



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Máster en Ingeniería  
Hidráulica y Medio  
Ambiente

---

Título del Trabajo Fin de Máster:

***ESTUDIO HIDROLÓGICO E  
HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES  
A SU PASO BAJO PUENTE DEL  
TRANVÍA VILLAJOSYOSA-BENIDORM***

Intensificación:

***ORDENACIÓN, RESTURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS***

Autor:

***MARTA ORÍO CUCHARERO***

Director/es:

***MARÍA LETICIA LÓPEZ SARDÁ/  
JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO***

Fecha: **NOVIEMBRE, 2011**



Título del Trabajo Fin de Máster:

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLAJYOSA-BENIDORM**  
**TÍTULO TRABAJO FIN DE MÁSTER APROBADO POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL MASTER**

Autor: **ORÍO CUCHARERO, MARTA**

Tipo	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	Lugar de Realización	Valencia
Director	María Leticia López Sardá	Fecha de Lectura	Curso 2011-12
Codirector1	José Andrés Torrent Bravo		
Codirector2			
Tutor			

**Resumen:**

*El Barranco Torres se encuentra ubicado entre los términos municipales de Villajoyosa, Finestrat y Benidorm en la provincia de Alicante; siendo atravesado transversalmente por diversas infraestructuras lineales hasta su desembocadura en el Mar Mediterráneo, como son la Autopista AP-7, la carretera convencional N-332, y la línea de Tranvía Villajoyosa- Benidorm.*

*La gota fría del pasado 12 de octubre de 2007 provocó lluvias torrenciales, generando inundaciones y graves daños en la cuenca. El río Girona se desbordó en las poblaciones alicantinas de: Beniarbeig, Vergel, Els Poblets y en la zona de Les Marines de Denia, alcanzando niveles superiores a los de las anteriores inundaciones.*

*La crecida causó, entre otros destrozos y una muerte, el derrumbe del puente de Beniarbeig, que unía esta localidad con Ondara. Este puente, de finales del siglo XIX - principios del siglo XX, de mampostería colapsó en la inundación, y dos de sus tres ojos se hundieron cediendo al ataque del agua.*

*A raíz de las intensas inundaciones, y siendo el puente sobre el Barranco Torres de similares características a las del puente de Beniarbeg (tipo y época de construcción, muy próximos, pertenecientes a la cuenca del Júcar, etc.), conviene analizar la capacidad de desagüe del puente sobre el Barranco Torres, así como conocer su viabilidad, estabilidad y seguridad frente a grandes avenidas; de esta necesidad nace el presente Trabajo Fin de Master.*

*El presente Trabajo Fin de Master tiene por objeto evaluar la magnitud de las avenidas de baja frecuencia obteniendo los hidrogramas de avenida de la cuenca drenante al puente sobre el Barranco Torres para así analizar la capacidad de desagüe del Barranco Torres en la confluencia con la estructura perteneciente a la línea de tranvía.*

*Se realiza con tal fin, el estudio hidrológico e hidráulico completo del Barranco Torres, obteniendo los caudales asociados a diversos periodos de retorno con los cuales se realiza posteriormente el estudio hidráulico del puente en cuestión, concluyendo con un análisis de riesgos.*



#### **SUMMARY**

*The Barranco Torres gully is located between the towns of Villajoyosa, Finestrat and Benidorm in the province of Alicante, being crossed transversally by several linear infra-structures, such as AP7 Motorway, N-332 road and the tram line Villajoyosa-Benidorm, until it reaches the Mediterranean Sea.*

*On the 12th of October of 2007 the meteorological event called Gota Fría produced torrential rains, causing flooding and enormous damages along the basin. The Girona river burst its banks along the towns of Beniarbeig, Vergel, Els Poblets and the area of Les Marines of Denia, reaching levels above the ones reached in previous floodings.*

*The flooding caused, among other damages, one death and the collapse of the Beniarbeig Bridge, which linked the towns of Beniarbeig and Ondara. Two out of three bays of the masonry bridge, dated late nineteenth century/beginning of the twentieth century, collapsed due to the flood.*

*The Barranco Torres gully is similar in nature (regarding type and date of construction, and also being both in the basin of the Júcar river) to the Beniarbeig bridge therefore as a direct result of this it seems appropriate to study the maximum flow of water that can successfully pass through the bridge.*

*The idea is to carry out an analytical study of the structures viability, stability and long term strength when subjected to abnormal or extreme volumes of water during storms or adverse weather.*

*The present scope was developed to evaluate the magnitude of a low frequency flood, obtaining the hydrograph for the standard flood of the basin flowing to the Barranco Torres gully bridge, so therefore we can analyze the maximum flow of water that can run through it without being detrimental to the structure as it merges with the tram line.*

*The aim of this Final Master Work is to develop the full hydrological and hydraulic study for the Barranco Torres gully. Obtaining the flow associated to different return periods will serve to produce the hydraulic study for the bridge in question complete with a risk assessment for this scenario.*



**RESUM**

*El Barranc Torres es troba ubicat entre els termes municipals de La vila joiosa, Finestrat i Benidorm en la província d'Alacant; sent travessat transversalment per diverses infraestructures lineals fins a la seua desembocadura en el Mar Mediterrani, com són l'Autopista AP-7, la carretera convencional N-332, i la línia de Tramvia Vilajoiosa- Benidorm.*

*La gota freda del passat 12 d'octubre de 2007 va provocar pluges torrencials, generant inundacions i greus danys en la conca. El riu Girona es va desbordar en les poblacions alacantines de: Beniarbeig, El verger, Els Poblets i en la zona dels Marines de Dénia, aconseguint nivells superiors als de les anteriors inundacions.*

*La crescuda va causar, entre altres destrosses i una mort, l'afonament del pont de Beniarbeig, que unia esta localitat amb Ondara. Aquest pont, de finals del segle XIX - principis del segle XX, de maçoneria va col·lapsar en la inundació, i dos dels seus tres ulls es van afonar cedint a l'atac de l'aigua.*

*Arran de les intenses inundacions, i sent el pont sobre el Barranc Torres de semblants característiques a les del pont de Beniarbeg (tipus i època de construcció, molt pròxims, pertanyent a la conca del Xúquer, etc.), convé analitzar la capacitat de desaigüe del pont sobre el Barranc Torres, així com conèixer la seua viabilitat, estabilitat i seguretat front a grans avingudes; aquesta necessitat naix el present Treball Fi de Màster.*

*El present Treball Fi de Màster té com a objecte avaluar la magnitud de les avingudes de baixa freqüència obtenint els hidrogramas d'avinguda de la conca aportant al pont amunt el Barranc Torres per a així analitzar la capacitat de desaigüe del Barranc Torres en la confluència amb l'estructura pertanyent a la línia de tramvia.*

*Es realitza amb tal fi, l'estudi hidrològic i hidràulic complet del Barranco Torres, obtenint els caudals associats a diversos períodes de retorn amb els quals es realitza posteriorment l'estudi hidràulic del pont en qüestió, concloent amb un anàlisi de riscos.*

**Palabras clave:**

**Cuenca vertiente, Caudales, Avenida, Puente, Riesgos**



**MEMORIA**

## Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1	Antecedentes.....	12
1.2	Objeto .....	15
1.3	Ubicación.....	15
1.4	Trabajos Realizados .....	22
1.4.1	Síntesis.....	22
1.4.2	Desarrollo de los trabajos.....	23
<b>2</b>	<b>MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE AVENIDAS .....</b>	<b>26</b>
2.1	Métodos basados en datos de Caudales.....	26
2.1.1	Métodos históricos.....	26
2.1.2	Métodos empíricos y curvas envolventes.....	27
2.1.3	Métodos estadísticos.....	27
2.2	Métodos basados en datos de lluvias. Métodos Hidrometeorológicos ..	27
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES.....</b>	<b>29</b>
3.1	Estaciones pluviométricas y fuentes de información .....	29
3.2	Análisis estadístico de las precipitaciones máximas de las estaciones .	30
3.2.1	Función Gumbel .....	31
3.2.2	Función SQRT- ET máx .....	31
3.2.3	GEV.....	33
3.3	Comparación de los distintos ajustes .....	33
3.4	Ponderación de los datos de las estaciones.....	38

<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA</b> .....	<b>41</b>
4.1	Definición de la cuenca.....	41
4.1.1	Modelo Digital de Elevaciones .....	41
4.1.2	Generar el Modelo Digital de Elevaciones en formato raster .....	41
4.1.3	Direcciones de Flujo y Acumulación de Flujo .....	43
4.1.4	Red de drenaje .....	45
4.1.5	Cuenca vertiente a los puntos de desagüe .....	46
4.2	Características Hidromorfométricas.....	46
<b>5</b>	<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO</b> .....	<b>51</b>
5.1	Cálculo del tiempo de concentración.....	51
5.2	Intensidad media de Precipitación .....	52
5.3	Umbral de Escorrentía.....	53
5.3.1	Contenido inicial de humedad .....	54
5.3.2	Tipo de suelo .....	55
5.3.3	Tipo de uso del terreno.....	55
5.3.4	Cálculo de Po .....	58
5.4	Coefficiente de Escorrentía .....	63
5.5	Cálculo de Caudales.....	63
<b>6</b>	<b>MODELACIÓN PSEUDODISTRIBUIDA DE CRECIDAS CON HEC-HMS</b>	
	<b>65</b>	
6.1	Componentes del sistema .....	66
6.1.1	Modelo de cuenca (Basin Model).....	66
6.1.2	Modelo meteorológico (Precipitation Model) .....	67

6.1.3	Parámetros de control de simulación (Control Specifications) .....	67
6.2	Métodos de modelación.....	68
6.2.1	Modelos de infiltración en subcuencas.....	68
6.2.2	Modelos de transformación en subcuencas .....	68
6.2.3	Modelos de flujo base en subcuencas.....	68
6.2.4	Modelos de propagación en cauces .....	68
6.3	Aplicación a la cuenca en estudio .....	69
6.3.1	Componentes del sistema .....	69
6.3.2	Modelo meteorológico (Precipitation Model) .....	70
6.3.3	Métodos de modelación .....	71
6.4	Resultados Obtenidos Método Hidrometeorológico .....	77
6.4.1	Caudal de Periodo de Retorno de 100 años .....	77
6.4.2	Caudal de Periodo de Retorno de 500 años .....	84
6.5	Resultados Obtenidos Método Soil Conservation Service.....	90
6.5.1	Caudal de Periodo de Retorno de 100 años .....	90
6.5.2	Caudal de Periodo de Retorno de 500 años .....	93
6.6	Comparativa de Resultados Obtenidos .....	96
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>98</b>
<b>8</b>	<b>ESTUDIO HIDRÁULICO. MODELACIÓN UNIDIMENSIONAL EN</b>	
	<b>RÉGIMEN PERMANENTE.....</b>	<b>100</b>
8.1	Modelación en HEC-RAS .....	100
8.1.1	Cálculo del perfil de la lámina de agua de un flujo en régimen permanente.....	101
8.1.2	Limitaciones del programa .....	104

8.1.3	Datos geométricos.....	104
8.1.4	Datos para flujo estacionario .....	106
8.2	Parámetros del modelo.....	108
8.2.1	Geometría en Planta .....	108
8.2.2	Rugosidad .....	108
8.2.3	Datos para flujo estacionario .....	108
8.3	Resultados obtenidos con el modelo hidráulico.....	109
8.4	Análisis de Riesgos .....	118
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDRÁULICO.....</b>	<b>130</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONES DEL TRABAJO FIN DE MASTER.....</b>	<b>132</b>

**Anejo 1: Ajustes estadísticos**

**Anejo 2: Resultados obtenidos del Modelo Hidráulico**

**Anejo 3: Planos**

**Bibliografía**

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Localización de las Estaciones Pluviométricas .....</i>	29
<i>Tabla 2. Parámetros de Máxima Verosimilitud Distribución Gumbel por Momentos, por estación .....</i>	31
<i>Tabla 3. Parámetros de Máxima Verosimilitud de la Distribución SQRT-ET máx, por estación .....</i>	32
<i>Tabla 4. Parámetros de Máxima Verosimilitud de la Distribución GEV para cada estación .....</i>	33
<i>Tabla 5. Valores de Pd de cada distribución en la Estación 8-033A .....</i>	34
<i>Tabla 6. Valores de Pd de cada distribución en la Estación 8-038.....</i>	35
<i>Tabla 7. Test de comprobación Kolmogorov- Smirnov para Estación 8-033 A</i>	36
<i>Tabla 8. Test de comprobación Kolmogorov- Smirnov para Estación 8-038...</i>	36
<i>Tabla 9. Máximas precipitaciones diarias por Estación según Mapa de Ministerio de Fomento.....</i>	37
<i>Tabla 10. Factor de ponderación Polígonos de Thiessen .....</i>	39
<i>Tabla 11. Cuadro resumen de Precipitaciones Máximas adoptadas para el cálculo de Caudales .....</i>	40
<i>Tabla 12. Características principales de la cuenca vertiente al punto de estudio .....</i>	47
<i>Tabla 13. Factor corrector areal para la cuenca.....</i>	50
<i>Tabla 14. Precipitación diaria máxima corregida (areal) en la cuenca Torres en función del Periodo de retorno .....</i>	50
<i>Tabla 15. Tiempos de concentración .....</i>	52
<i>Tabla 16. Condiciones de Humedad del S.C.S .....</i>	54
<i>Tabla 17. Capacidad de Drenaje según tipo de suelo.....</i>	55

<i>Tabla 18. Valores medios del parámetro <math>P_o</math> en condiciones medias de humedad</i> .....	56
<i>Tabla 19. Estimación de <math>P_o</math> en las distintas subcuencas</i> .....	62
<i>Tabla 20. Estimación del número de curva en las distintas subcuencas</i> .....	62
<i>Tabla 21. Coeficiente de escorrentía</i> .....	64
<i>Tabla 22. Intensidades de cálculo</i> .....	64
<i>Tabla 23. Caudales obtenidos por el método hidrometeorológico, racional</i> .....	64
<i>Tabla 24. Tiempos de concentración y <math>T_{Lag}</math> de las subcuencas</i> .....	73
<i>Tabla 25. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según el Método Racional</i> .....	98
<i>Tabla 26. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según el Método Pseudo-distribuido</i> .....	99
<i>Tabla 27. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según SCS</i> .....	99
<i>Tabla 27. Resultados Hidráulicos para <math>Q_{T100}</math></i> .....	117
<i>Tabla 28. Resultados Hidráulicos para <math>Q_{T500}</math></i> .....	117
<i>Tabla 29. Velocidad máxima admisible en función de la naturaleza del lecho</i> .....	120
<i>Tabla 30. Máxima erosión en pila para calado de <math>Q_{T500}</math></i> .....	127
<i>Tabla 31. Diámetro de escollera en pilas para protección</i> .....	128
<i>Tabla 32. Parámetros Hidráulicos Aguas Arriba del puente</i> .....	130
<i>Tabla 33. Parámetros Hidráulicos Aguas Abajo del puente, Condiciones de Humedad Medias</i> .....	131

## Índice de Fotografías

<i>Fotografía 1. Vista 1 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg.....</i>	13
<i>Fotografía 2. Vista 2 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg.....</i>	13
<i>Fotografía 3. Detalle de las pilas en la Crecida en el Puente de Beniarbieg....</i>	13
<i>Fotografía 4. Vista 1 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg hundido .....</i>	14
<i>Fotografía 5. Vista 2 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg hundido .....</i>	14
<i>Fotografía 6. Vista 3 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg hundido .....</i>	14
<i>Fotografía 7. Puente sobre el Barranco Torres visto desde aguas arriba y aguas abajo.....</i>	19
<i>Fotografía 8. Detalle de estribo del puente .....</i>	19
<i>Fotografía 9. Detalle de pila del puente.....</i>	20
<i>Fotografía 10. Vegetación en la cuenca del Barranco Torres .....</i>	20
<i>Fotografía 11. Cauce del Barranco Torres en el entorno del Puente .....</i>	21
<i>Fotografía 12. Sección del puente sobre el Barranco Torres existente vista desde aguas arriba.....</i>	112

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Mapa de situación. Términos municipales .....</i>	15
<i>Figura 2. Mapa de situación. Barranco Torres .....</i>	16
<i>Figura 3. Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar .....</i>	17
<i>Figura 4. Relieve de las Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar.....</i>	18
<i>Figura 5. Relieve y características de de las Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar .....</i>	18
<i>Figura 6. Precipitaciones diarias máximas de Estación 8-033 A, según distribuciones .....</i>	34



*Figura 7. Precipitaciones diarias máximas de Estación 8-038, según distribuciones* ..... 35

*Figura 8. Mapas de isolíneas del Ministerio de Fomento* ..... 37

*Figura 9. Cartografía de la zona de estudio visualizada en Arc Gis 9.2* ..... 41

*Figura 10. TIN de la zona de estudio, en Arc Gis 9.2*..... 42

*Figura 11. MDE de la zona de estudio, en Arc Gis 9.2*..... 43

*Figura 12. Direcciones de flujo de la zona de estudio en Arc Gis 9.2* ..... 44

*Figura 13. Acumulación de flujo en la zona de estudio en Arc Gis 9.2*..... 44

*Figura 14. Red de drenaje en la zona de estudio*..... 45

*Figura 15. Cuenca drenante en el punto de desagüe del Barranco Torres*.... 46

*Figura 16. Cuencas y subcuencas drenantes en el punto de desagüe* ..... 47

*Figura 17. Relación entre la intensidad de lluvia horaria y diaria* ..... 53

*Figura 18. Factor corrector del umbral de esorrentía.* ..... 57

*Figura 19. Mapa de cultivos en la cuenca de estudio*..... 58

*Figura 20. Subcuencas en que se divide la Cuenca del Barranco Torres*..... 59

*Figura 21. Mapa de pendientes en Subcuencas del Barranco Torres*..... 60

*Figura 22. Mapa de Po Cuenca Torres Completa* ..... 60

*Figura 23. Mapa de Po en la subcuenca Torres 1*..... 61

*Figura 24. Mapa de Po en la subcuenca Torres 2*..... 61

*Figura 25. Mapa de Po en la subcuenca Torres 3*..... 62

*Figura 26. Esquema de cálculo de la cuenca Torres en HEC HMS*..... 69

*Figura 27. Hietograma del SCS Tipo II para 100 años de periodo de retorno.* 70

*Figura 28. Hietograma del SCS Tipo II para 500 años de periodo de retorno.* 70

*Figura 29. Hidrograma Unitario del SCS ..... 72*

*Figura 30. Hipótesis de almacenamiento en cuña..... 73*

*Figura 31. Hidrograma de Subcuenca 1 para el caudal de T=100 años ..... 77*

*Figura 32. Precipitación en Subcuenca 1 para el caudal de T=100 años ..... 78*

*Figura 33. Escorrentía en Subcuenca 1 para el caudal de T=100 años..... 78*

*Figura 34. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 1 para el caudal de T=100 años ..... 78*

*Figura 35. Hidrograma de Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años ..... 79*

*Figura 36. Precipitación en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años ..... 79*

*Figura 37. Escorrentía en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años..... 80*

*Figura 38. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años ..... 80*

*Figura 39. Hidrograma en la confluencia de subcuencas 1 y 2 para el caudal de T=100 años ..... 80*

*Figura 40. Hidrograma de Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años ..... 81*

*Figura 41. Precipitación en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años ..... 81*

*Figura 42. Escorrentía en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años..... 82*

*Figura 43. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años ..... 82*

*Figura 44. Hidrograma  $Q_{T100}$  ..... 83*

*Figura 45. Hidrograma de Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años ..... 84*

*Figura 46. Precipitación en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años ..... 84*

*Figura 47. Escorrentía en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años..... 85*

*Figura 48. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años ..... 85*

<i>Figura 49. Hidrograma de Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años .....</i>	85
<i>Figura 50. Precipitación en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años .....</i>	86
<i>Figura 51. Escorrentía en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años.....</i>	86
<i>Figura 52. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años .....</i>	86
<i>Figura 53. Hidrograma en la confluencia de subcuencas 1 y 2 para el caudal de T=500 años .....</i>	87
<i>Figura 54. Hidrograma de Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años .....</i>	87
<i>Figura 55. Precipitación en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años .....</i>	88
<i>Figura 56. Escorrentía en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años.....</i>	88
<i>Figura 57. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años .....</i>	88
<i>Figura 58. Hidrograma <math>Q_{T500}</math> .....</i>	89
<i>Figura 59. Hidrograma <math>Q_{T100}</math>. SCS (I).....</i>	90
<i>Figura 60. Hidrograma <math>Q_{T100}</math>. SCS (II).....</i>	91
<i>Figura 61. Hidrograma <math>Q_{T100}</math>. SCS (III).....</i>	92
<i>Figura 62. Hidrograma <math>Q_{T500}</math>. SCS (I).....</i>	93
<i>Figura 63. Hidrograma <math>Q_{T500}</math>. SCS (II).....</i>	94
<i>Figura 64. Hidrograma <math>Q_{T500}</math>. SCS (III).....</i>	95
<i>Figura 65. Caudales en el punto de vertido.....</i>	96
<i>Figura 59. Barranco Torres Modelo Digital de Elevaciones .....</i>	110
<i>Figura 60. Barranco Torres Esquema en planta. Ssecciones transversales en ArcGis .....</i>	110
<i>Figura 61. Barranco Torres Esquema en planta. Distribución de secciones en Hec Ras .....</i>	111

*Figura 62. Sección del puente sobre el Barranco Torres en el Modelo de Hec Ras..... 112*

*Figura 63. Sección hidráulica del puente (aguas arriba y aguas abajo) para  $Q_{T100}$ . Condiciones de humedad Medias..... 113*

*Figura 64. Sección hidráulica del puente (aguas arriba y aguas abajo) para  $Q_{T500}$ . Condiciones de humedad Medias..... 113*

*Figura 65. Lámina de agua en el puente para  $Q_{T100}$ ..... 114*

*Figura 66. Lámina de agua en el puente para  $Q_{T500}$ ..... 114*

*Figura 67. Perfil longitudinal para  $Q_{T100}$ ..... 115*

*Figura 68. Perfil longitudinal para  $Q_{T500}$ ..... 116*

*Figura 69. Erosión General en cauce..... 123*

*Figura 70. Erosión Local en pilas de puente ..... 124*

*Figura 71. Tipología típica de un fallo por erosión local ..... 124*

*Figura 72. Lámina de agua y Erosión Local en pilas de puente por Remanso Hidráulico ..... 125*

*Figura 73. Colocación correcta e incorrecta de la protección de escollera en pila ..... 127*

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La cuenca mediterránea se caracteriza por su capacidad de generación de avenidas de gran magnitud, provocadas generalmente por lluvias de tipo convectivo, de carácter torrencial, que se presentan más frecuentemente en la estación otoñal.

Durante estos episodios de avenida, poco frecuentes, los caudales circulantes son varios órdenes de magnitud superiores a los caudales medios observados.

La gota fría del pasado 12 de octubre de 2007 provocó lluvias torrenciales, generando inundaciones y graves daños en la cuenca. El río Girona se desbordó en las poblaciones alicantinas de: Beniarbeig, Vergel, Els Poblets y en la zona de Les Marines de Denia, alcanzando niveles superiores a los de las anteriores inundaciones.

La crecida causó, entre otros destrozos y una muerte, el derrumbe del puente de Beniarbeig, que unía esta localidad con Ondara.

Este puente, de finales del siglo XIX - principios del siglo XX, de mampostería colapsó en la inundación, y dos de sus tres ojos se hundieron cediendo al ataque del agua.

Así pues, a raíz de estas intensas inundaciones, y siendo el puente sobre el Barranco Torres de similares características a las del puente de Beniarbeg (mismo tipo de construcción, ambos realizados a finales del siglo XIX, se encuentran muy próximos, pertenecen ambos a la cuenca del Júcar, etc.), se cree conveniente analizar la capacidad de desagüe del puente sobre el Barranco Torres en aras de conocer su viabilidad, estabilidad y seguridad frente a grandes avenidas, y de esta necesidad nace el presente Trabajo Fin de Master.

Se adjuntan a continuación diversas fotos del puente de Beniarbeig en la inundación de 2007.



*Fotografía 1. Vista 1 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg*



*Fotografía 2. Vista 2 de la Crecida en el Puente de Beniarbieg*



*Fotografía 3. Detalle de las pilas en la Crecida en el Puente de Beniarbieg*





*Fotografía 4. Vista 1 de la Crecida en el Puente de Beniariieg hundido*



*Fotografía 5. Vista 2 de la Crecida en el Puente de Beniariieg hundido*



*Fotografía 6. Vista 3 de la Crecida en el Puente de Beniariieg hundido*

## 1.2 Objeto

El presente Trabajo Fin de Master tiene por objeto evaluar la magnitud de las avenidas de baja frecuencia obteniendo los hidrogramas de avenida de la cuenca drenante al puente sobre el Barranco Torres para así analizar la capacidad de desagüe del Barranco Torres en la confluencia con la estructura perteneciente a la línea de tranvía.

Se realizará con tal fin, el estudio hidrológico e hidráulico completo del Barranco Torres, obteniendo los caudales asociados a diversos periodos de retorno con los cuales se realiza posteriormente el estudio hidráulico del puente en cuestión.

## 1.3 Ubicación

El Barranco Torres se encuentra ubicado entre los términos municipales de Villajoyosa, Finestrat y Benidorm en la provincia de Alicante. El Barranco Torres es atravesado transversalmente por diversas infraestructuras lineales hasta su desembocadura en el Mar Mediterráneo, como son la Autopista AP-7, la carretera convencional N-332, y la línea de Tranvía Villajoyosa- Benidorm.

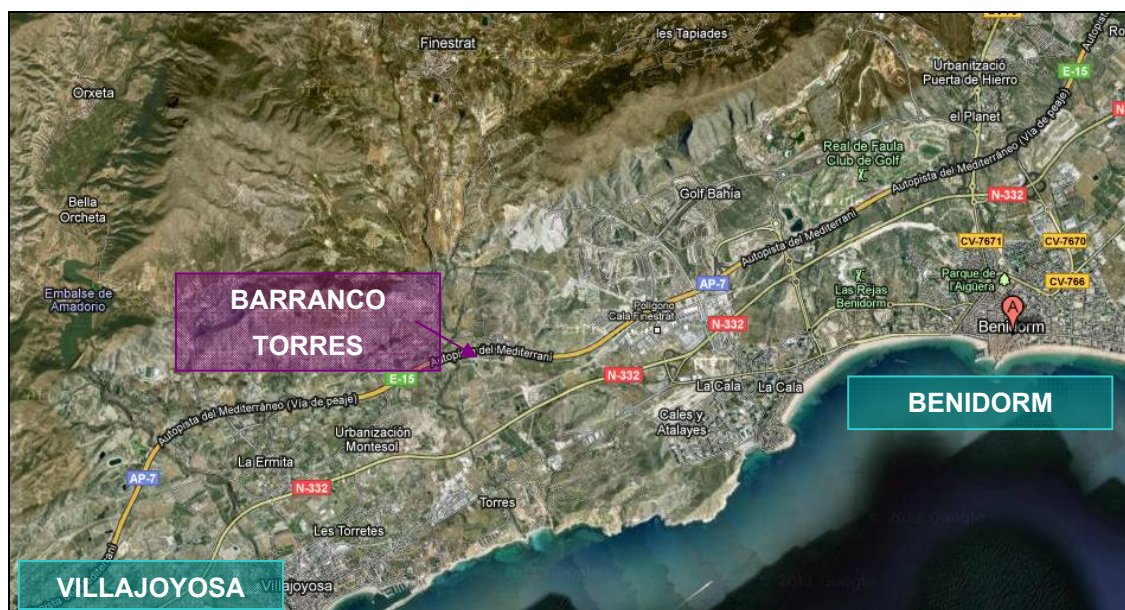


Figura 1. Mapa de situación. Términos municipales





Figura 2. Mapa de situación. Barranco Torres

El Barranco Torres pertenece a la cuenca del Río Júcar, exactamente a una subcuenca Interfluvio, limítrofe a las subcuencas Amatorio y Algar. Esta subcuenca se engloba en los términos municipales de Finestrat, Villajoyosa y Benidorm, con una extensión total de 140,83 km<sup>2</sup>.

El puente sobre el Torres tiene una longitud de 70 m distribuidos en dos vanos de 20 m, por lo que cuenta con dos estribos y una pila en el cauce de 3,7 m. El arranque de la cimentación de la pila se encuentra en el cauce del río mientras que la de los estribos se localiza sobre las márgenes del barranco. Se presentan a continuación diversas imágenes del puente sobre el Barranco Torres y su entorno.

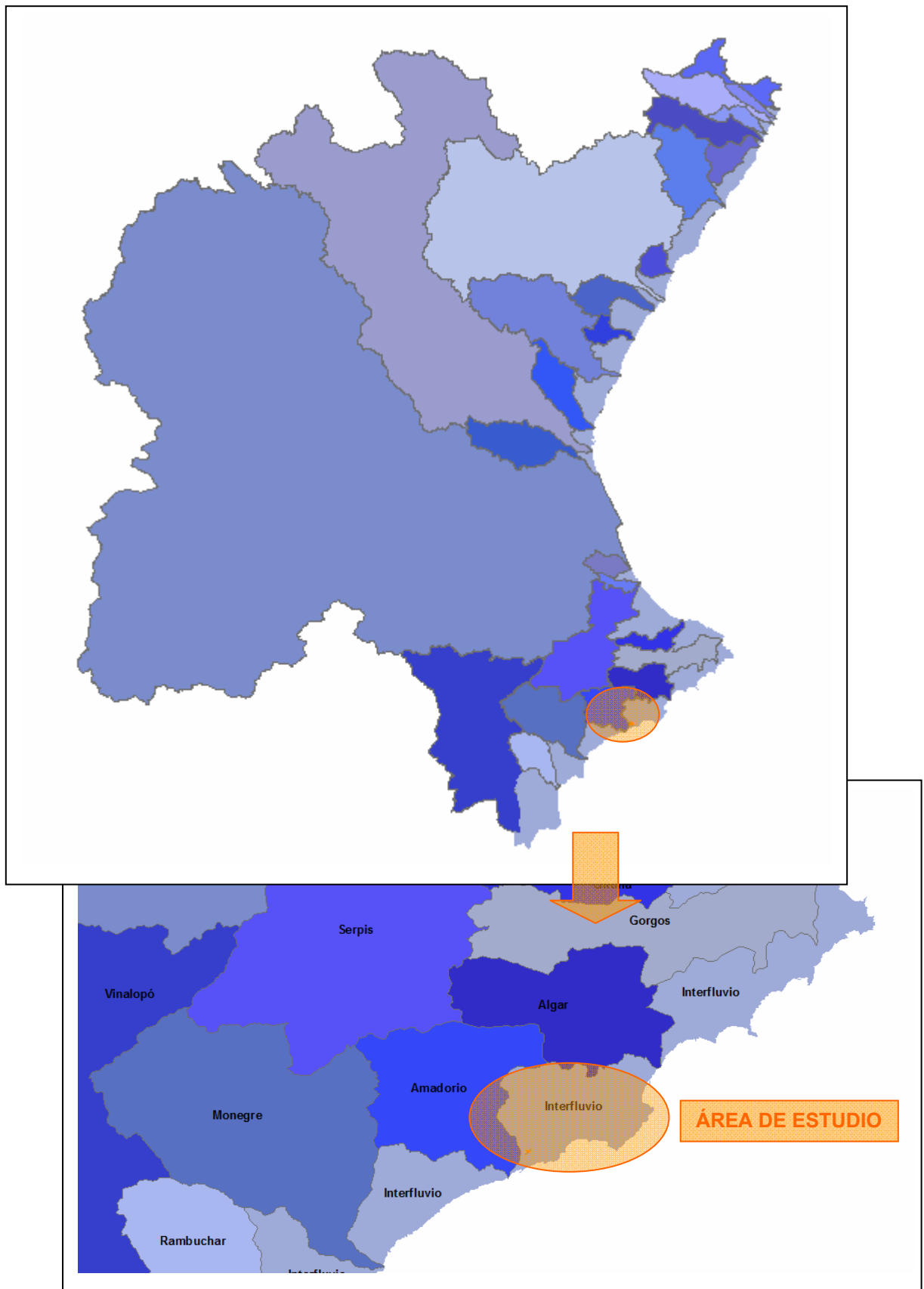


Figura 3. Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar



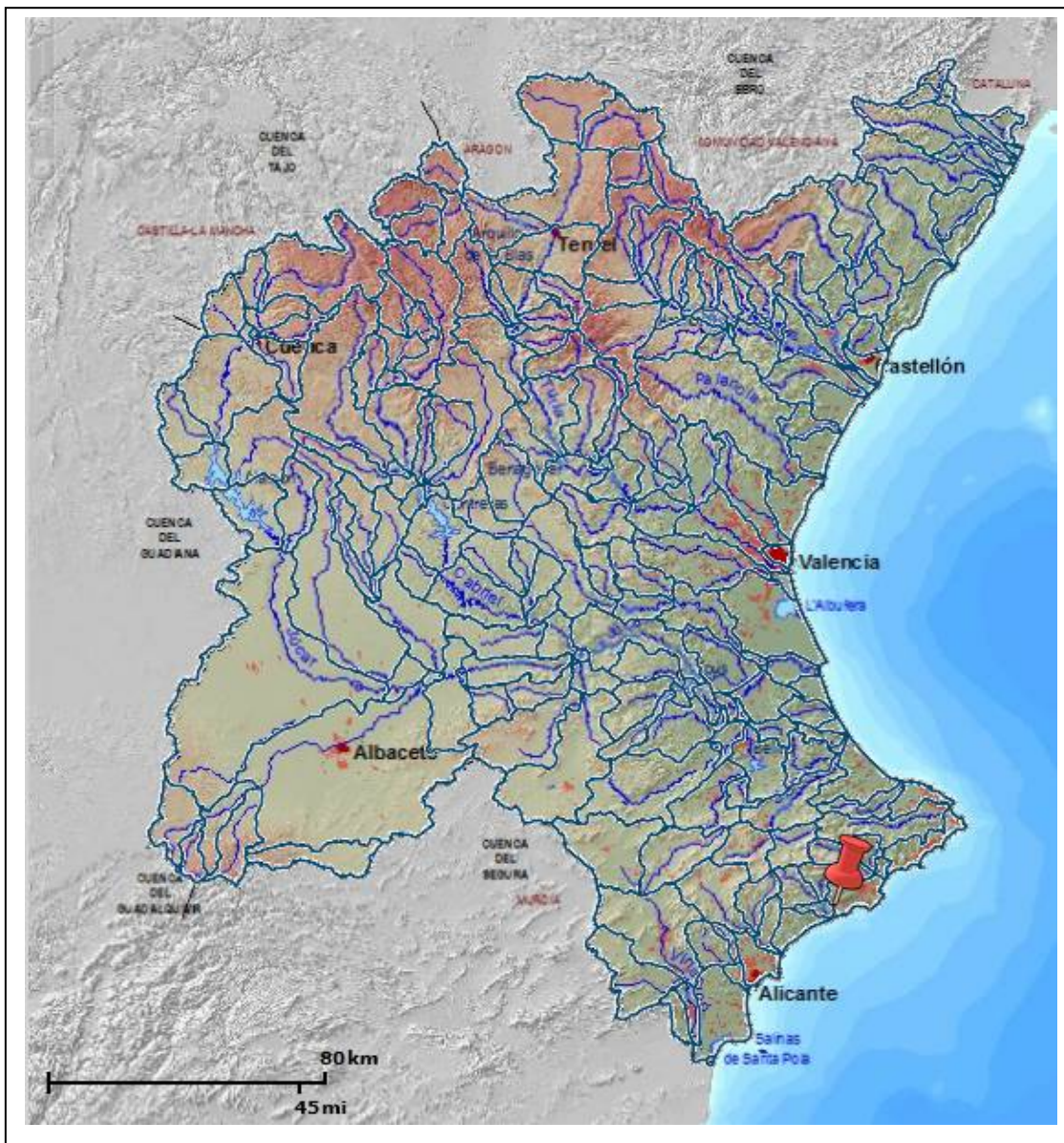


Figura 4. Relieve de las Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar

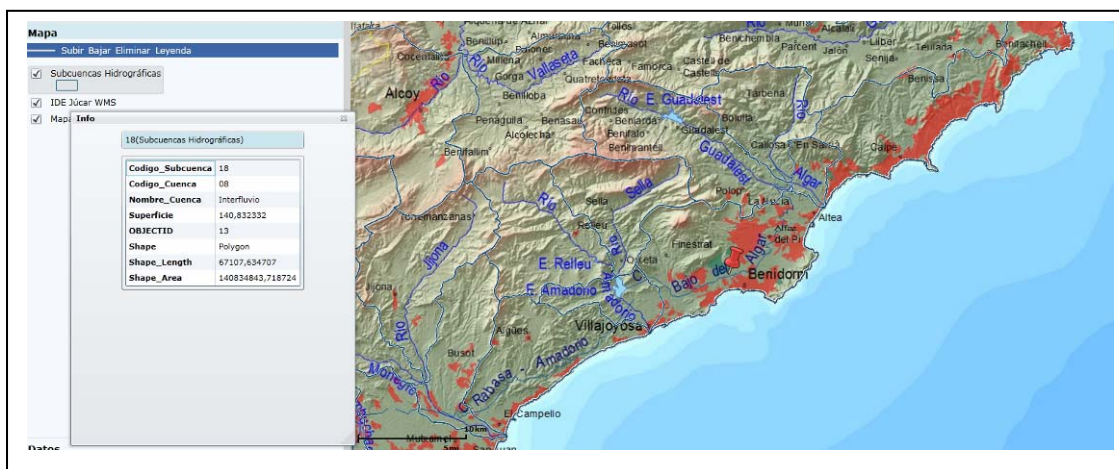


Figura 5. Relieve y características de de las Subcuencas de la Cuenca del Río Júcar



## FOTOGRAFÍAS DEL PUENTE SOBRE EL BARRANCO TORRES



*Fotografía 7. Puente sobre el Barranco Torres visto desde aguas arriba y aguas abajo*



*Fotografía 8. Detalle de estribo del puente*



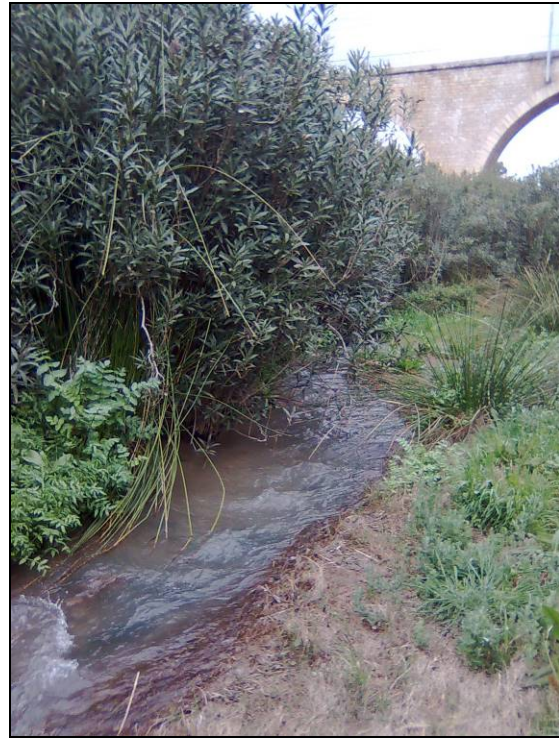


*Fotografía 9. Detalle de pila del puente*



*Fotografía 10. Vegetación en la cuenca del Barranco Torres*





*Fotografía 11. Cauce del Barranco Torres en el entorno del Puente*

## 1.4 Trabajos Realizados

### 1.4.1 Síntesis

Se realiza el estudio siguiendo los pasos que a continuación se exponen:

#### 1. Recopilación de información

- En primera instancia, se recopila toda aquella información gráfica que pudiera ser de utilidad, como cartografías, mapas de isolíneas, PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana).
- Se recopilan datos meteorológicos solicitados a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- Recopilación de diversa bibliografía y normativa vigente que resulte de interés, resaltando la *Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial del Ministerio de Fomento*.

#### 2. Tratamiento de datos pluviométricos

Se utilizan principalmente dos métodos:

- Tratamiento estadístico que utiliza series anuales de máximos.
- Interpretación del “Mapa de isolíneas”.

#### 3. Delimitación de cuencas

Se grafían la cuenca y subcuencas vertientes a la zona de estudio, calculando los parámetros geométricos que las caracterizan, así como sus respectivos tiempos de concentración.

#### 4. Determinación de parámetros geomorfológicos

Se distinguen aquellas zonas de las cuencas de pendiente superior o inferior al 3 %, así como los diferentes usos del suelo y tipos de vegetación con el fin de obtener el valor de umbral de escorrentía.

El umbral de escorrentía determina la cantidad de agua que es capaz de filtrar el terreno en cada caso, y en consecuencia, la cantidad que discurre superficialmente.

#### 5. Cálculo del caudal

Los cálculos de caudales, para diversos periodos de retorno se realizan conforme a lo expuesto en la *Instrucción de Carreteras 5.2-I.C.*

#### 6. Comportamiento hidráulico de la infraestructura

Una vez se determinan los caudales generados por la cuenca del Barranco Torres para diversos periodos de retorno, se analiza el comportamiento del mismo a su paso por el puente del tranvía.

### 1.4.2 Desarrollo de los trabajos

El presente Trabajo Fin de Master se divide en dos partes principales.

En una primera parte se modela la cuenca del Barranco Torres en el punto de desagüe para obtener su hidrograma de salida.

En la segunda se determinan los calados provocados por esos caudales a su paso por el puente objeto de análisis.

Para la primera parte, el estudio hidrológico, cobra especial relevancia el conocimiento exhaustivo de las características físicas de la cuenca, como son: elevaciones, usos del suelo, vegetación, hidrología, infraestructuras y edificaciones presentes en el terreno, etc.

Es por lo tanto fundamental que la información de base cartográfica obtenida sea de precisión, y además cotejarla con visita a campo para refrendarla, para así poder realizar un modelo digital del terreno de calidad.



A partir de este modelo digital se determinan las características de la cuenca para el estudio hidrológico e hidráulico.

Se utiliza el software informático Arc-Gis 9.2. para procesar y modelizar la cuenca de estudio dotándola de todas características necesarias en el análisis hidrológico.

Una vez obtenido el modelo de la cuenca se importa al programa HEC-HMS mediante la extensión del HEC-GeoHMS, el cual es un software específico para este procedimiento.

Por otra parte, se realiza el análisis pluviométrico de la zona, mediante métodos estadísticos para conocer los datos de lluvias particularizados para la cuenca.

Se presenta así otro pilar fundamental en el estudio: establecer las precipitaciones extremas para la cuenca del Barranco Torres basándose en las registradas en las estaciones más cercanas a la cuenca.

A partir de las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno se construyen los hietogramas de diseño para cada periodo de retorno en la cuenca. Se analizan distintos caudales correspondientes a diferentes periodos de retorno en la cuenca mediante el modelo hidrológico HEC HMS.

Para ello se le introducirán los hietogramas de diseño para el periodo de retorno deseado.

Por lo tanto, gracias al programa HEC-HMS se integran los datos físicos de la cuenca y datos de las precipitaciones, para calcular el hidrograma de salida que produce la cuenca en el punto de vertido, en distintas hipótesis de cálculo (diferentes hipótesis de lluvias correspondientes a distintos periodos de retorno, condiciones de contorno variables, etc.).

El programa permite determinar también las características de este hidrograma para adecuarlas a las necesidades del estudio.

En la segunda parte, el estudio hidráulico, se debe reproducir la geometría del terreno para el cálculo hidráulico mediante el modelo unidimensional HEC RAS.

Esta geometría del terreno se obtiene también a partir del modelo digital del terreno procesado mediante Arc-Gis. Así pues, para la realización de esta

primera parte del estudio se requiere, principalmente, de la utilización de dos software: HEC-HMS y Arc-Gis. El primero es un modelo hidrológico semidistribuido, y el segundo es un software de procesamiento geoespacial, con el que se definen las características de la cuenca.

El proceso seguido es el siguiente: una vez obtenidos los caudales vertientes, se realiza el estudio hidráulico del Barranco a su paso por el puente, se utiliza el software Arc-Gis para definir las características de la zona.

Mediante la extensión HEC-GeoRAS se procede a dotar a los archivos procedentes de Arc-Gis de la información necesaria para definir los parámetros necesarios: la línea de agua, las llanuras de inundación y las secciones transversales en la traza del barranco, etc.

Posteriormente se exporta el modelo al programa HEC-RAS, el cual arroja los resultados finales de los calados del cauce en el entorno del puente.

## 2 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE AVENIDAS

En la actualidad existen dos grandes grupos de métodos de estimación de avenidas: los métodos de tipo determinístico y los de tipo probabilístico.

En los métodos de tipo determinístico, se calculan de forma unívoca los caudales de la máxima avenida en base a datos fundamentalmente hidrometeorológicos, destacando entre ellos el método de la “*Avenida Máxima Probable*”.

Sin embargo, en los métodos de tipo probabilístico se realiza un estudio en base a los datos disponibles, ya sean lluvias y/o caudales.

A su vez, los métodos probabilísticos se pueden dividir en dos grandes familias:

- Métodos basados en datos de caudales.
- Métodos basados en datos de lluvias.

Los métodos hidrometeorológicos de transformación lluvia-escorrentía permiten estudiar el comportamiento hidrológico de una superficie como respuesta a la acción de una precipitación, teniendo en cuenta las características de la propia superficie (humedad, vegetación, presencia de nieve, etc.).

Dentro de los métodos hidrometeorológicos, los modelos agregados consideran que la transformación lluvia-escorrentía se produce en toda la superficie de manera unitaria.

Los métodos simplificados de los modelos agregados calculan el caudal punta del hidrograma, es decir, el caudal máximo de escorrentía superficial suponiendo una precipitación de intensidad constante, tanto en el espacio como en el tiempo, en toda la cuenca.

### 2.1 Métodos basados en datos de Caudales

#### 2.1.1 Métodos históricos

Los métodos históricos consisten en estudios históricos de avenidas. Presentan incertidumbres en las valoraciones cuantitativas y/o cualitativas de las avenidas históricas aunque suponen una fuente importante de información para tener

unas referencias temporales más amplias, y para incorporar los datos hidrológicos históricos a las series hidrológicas, tanto locales como regionales, aumentando así la confianza en la extrapolación estadística.

### **2.1.2 Métodos empíricos y curvas envolventes**

Consisten en la aplicación de fórmulas empíricas y curvas envolventes calibradas para cuencas determinadas.

Los resultados deben utilizarse únicamente como ordenes de magnitud y como referencia y contraste de los resultados obtenidos con la aplicación de los otros métodos hidrológicos analíticos.

### **2.1.3 Métodos estadísticos**

En estos métodos se considera que el caudal es una variable aleatoria que puede ser estudiada mediante leyes estadísticas de fenómenos extremos.

Sin embargo, para que las extrapolaciones presenten cierto grado de confianza es necesario disponer de registros de caudales lo suficientemente largos.

## **2.2 Métodos basados en datos de lluvias. Métodos Hidrometeorológicos**

Estos métodos presentan la gran ventaja de estudiar el comportamiento hidrológico de una cuenca como respuesta a la acción de la precipitación, teniendo en cuenta el estado en el que se encuentra la propia cuenca (humedad, vegetación, etc.).

Estos métodos estudian por separado cada una de las fases del fenómeno:

- Análisis de la evolución espacio-temporal de las lluvias.
- Transformación de la lluvia en escorrentía.
- Concentración y transporte de la escorrentía.

En el presente Trabajo Fin de Master se emplea esta metodología para la obtención de los hidrogramas de avenidas asociados a diferentes periodos de retorno, pues los datos más completos disponibles son registros de precipitación en estaciones del entorno de la cuenca e información hidrológica sobre ésta.

Se emplea en un primer paso el método simplificado denominado Método Racional, para la estimación del caudal punta de avenida.

A continuación, en un segundo paso, se utiliza un método pseudo-distribuido de simulación, que combina el empleo de modelos de respuesta (hidrogramas) de las distintas subcuencas en que se subdivide la cuenca completa, junto con modelos de transporte que simulan la propagación de los hidrogramas a lo largo de los distintos tramos de cauce.

### 3 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

#### 3.1 Estaciones pluviométricas y fuentes de información

Se seleccionan para el estudio hidrológico las tres estaciones del Instituto Nacional de Meteorología que se definen a continuación:

Estación	Localidad	X U.T.M. (m)	Y U.T.M. (m)
8-033 A	Relleu	734734	4275352
8-025	Alicante Ciudad Jardín	718907	4249542
8-038	Altea	758157	4277864

Tabla 1. Localización de las Estaciones Pluviométricas

El criterio de selección es priorizar de entre las estaciones más cercanas al ámbito de estudio las que posean un número suficiente de datos (mínimo de 30 años), es decir el mayor número de años con datos pluviométricos completos disponible.

Una vez ubicadas las estaciones pluviométricas de la zona de estudio, se analizan las áreas de influencia de cada estación según el Método de los Polígonos de Thiessen (tal y como se explica en el apartado “Ponderación de los datos de las estaciones”), obteniendo que la única Estación pluviométrica que no afecta a ambas cuencas vertientes a la vía es la 8-025, por lo que no se cuenta con la misma para la determinación de la pluviometría de la zona.

Además, se consultan las siguientes fuentes de información:

- “Mapa de riesgo de inundación a escala regional en la Comunidad Valenciana”, elaborado por la Consellería d’Obres Publiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana en el año 1997.
- “Plan de Acción Territorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana”, elaborado por la Consellería d’Obres Publiques, Urbanisme i Transports de la Generalitat Valenciana en el año 2002.

- “Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España peninsular”, publicado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.
- Mapas de Cultivos y Aprovechamientos, publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a escala 1:50.000.
- Mapas Geológicos de España, publicados por el Instituto Tecnológico Geominero de España, a escala 1:50.000.

### 3.2 Análisis estadístico de las precipitaciones máximas de las estaciones

Se analizan las siguientes distribuciones:

- Gumbel, por el método de los momentos
- SQRT-Etmax, por el método de máxima verosimilitud
- GEV.

Posteriormente al ajuste de las distribuciones se realizó el test de comprobación de Kolmogorov-Smirnov, obteniendo los correspondientes niveles de confianza. Toda la información aquí expuesta se amplía en el Anejo de cálculos posterior donde se incluyen: los datos de partida, los ajustes estadísticos, el test de comprobación y las gráficas resumen de cada una de las estaciones pluviométricas referidas.

Los estimadores estadísticos de los parámetros muestrales son:

Media muestral (mm): 
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Varianza muestral (mm<sup>2</sup>): 
$$S_x^2 = \frac{1}{1-n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

Coefficiente de sesgo muestral (adimensional): 
$$g = \frac{n}{(n-1) \cdot (n-2)} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^3}{S_x^3}$$

### 3.2.1 Función Gumbel

Para la estimación de los parámetros de la función Gumbel se utiliza el Método de los Momentos, igualando los parámetros muestrales (media, varianza y coeficiente de asimetría) a las expresiones de estos estadísticos, en función de los parámetros de la función de distribución.

La ley de probabilidad tipo Gumbel es la particularización de la función “General Extreme Value” cuando el parámetro  $\beta$  toma el valor cero.

De esta forma, la ley de probabilidad queda definida por la siguiente función de distribución, siendo  $x$  el valor de la precipitación diaria máxima anual:

$$F_X(x) = e^{-\lambda e^{-\theta \cdot x}}$$

Los dos parámetros  $\lambda$  y  $\theta$  se relacionan con los estadísticos de primer ( $\mu$ ) y segundo ( $\sigma^2$ ) orden mediante las siguientes expresiones:

$$\mu = \frac{(\ln(\lambda) + 0,5772)}{\theta}$$

$$\sigma^2 = \frac{\pi^2}{6 \cdot \theta^2}$$

El valor del sesgo es fijo e igual a:  $\gamma = 1,1396$

Despejando en estas ecuaciones se obtienen los siguientes valores de los parámetros de la función:

ESTACIÓN	$\lambda$	$\theta$
8- 033A	6,126	0,043
8- 038	8,438	0,038

Tabla 2. Parámetros de Máxima Verosimilitud Distribución Gumbel por Momentos, por estación

### 3.2.2 Función SQRT- ET máx

Esta distribución propuesta por Etoh, T. *et al* en 1986, está derivada explícitamente para precipitaciones máximas diarias.

En la función SQRT-ET máx, los cuantiles estimados son similares a los de la distribución Gumbel para períodos de retorno bajos y medios, alcanzando



valores superiores para períodos de retorno altos. Proporciona resultados más realistas dado el comportamiento de las lluvias en la cuenca y siempre más conservadores que los obtenidos por la función de Gumbel.

Cuenta con sólo dos parámetros y su expresión es:

$$F(x) = \text{Pr ob}(X > x) = \exp\left(-K \cdot \left(1 + \sqrt{\alpha \cdot x}\right) \cdot \exp\left(-\sqrt{\alpha \cdot x}\right)\right)$$

Donde  $\alpha$  (parámetro de escala) y  $K$  (parámetro de frecuencia) definen la ley y deben ser ajustados a los datos muestrales.

Por otra parte, la función de distribución SQRT-ET máx, admite variantes, como la presentada en el estudio máximo de precipitaciones de 24 horas en España publicado por el CEDEX (MAXPLU), en el cual se utiliza ésta función de ajuste, utilizando los datos regionalizados.

Con el programa Maxpluwin, elaborado por el CEDEX, se obtiene el coeficiente de variación de cada estación ( $C_v$ ), la media de las precipitaciones diarias máximas anuales en cada estación y el cuantil para el periodo de retorno requerido.

Aunque el  $C_v$  es bastante fiable la media conviene actualizarla teniendo en cuenta los datos recogidos después de la elaboración de dicho estudio. Por tanto no se utiliza la media dada por el programa Maxpluwin sino la media resultante de los datos aportados en las series de cada estación.

En base a los resultados de este estudio regional se ajusta una distribución SQRT-ET máx para cada estación.

Con la media y el coeficiente  $C_v$  se ajustan los parámetros  $k$  y  $\alpha$  de cada estación y se obtienen los cuantiles para los distintos periodos de retorno requeridos.

ESTACIÓN	k	$\alpha$
8- 033A	37,846	0,726
8- 038	37,846	0,557

Tabla 3. Parámetros de Máxima Verosimilitud de la Distribución SQRT-ET máx, por estación

### 3.2.3 GEV

La “General Extreme Value” es una función de distribución de tres parámetros de expresión:

$$F(x) = \exp \left[ - \left( 1 - \beta \frac{x - x_0}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\beta}} \right]$$

Los tres parámetros a determinar  $(x_0, \alpha, \beta)$  se relacionan con los estadísticos de primer ( $\mu$ ), segundo ( $\sigma^2$ ) y tercer orden ( $\gamma$ ) mediante las siguientes expresiones:

$$\mu = x_0 + \frac{\alpha}{\beta} [1 - \Gamma(\beta + 1)] \quad \sigma^2 = \left( \frac{\alpha}{\beta} \right)^2 [\Gamma(2 \cdot \beta + 1) - \Gamma^2(\beta + 1)]$$

$$\gamma = \pm \frac{\Gamma(1 + 3\beta) - 3\Gamma(1 + 2\beta) \cdot \Gamma(1 + \beta) + 2\Gamma^3(1 + 2\beta)}{[\Gamma(1 + 2\beta) - \Gamma^2(1 + \beta)]^{\frac{3}{2}}}$$

Siendo  $\Gamma$  la función gamma.

Se plantean las siguientes igualdades:

$$\mu = \bar{X}$$

$$\mu = \sigma^2 = S_x^2$$

$$\mu = \gamma = g$$

Despejando de las ecuaciones anteriores se obtienen los parámetros.

ESTACIÓN	$x_0$	$\alpha$	$\beta$
8- 033A	41,647	21,292	-0,058
8- 038	56,492	25,858	-0,019

Tabla 4. Parámetros de Máxima Verosimilitud de la Distribución GEV para cada estación

### 3.3 Comparación de los distintos ajustes

Los resultados obtenidos mediante los cuatro métodos expuestos, se presentan a continuación para cada una de las estaciones.

Se adjuntan tanto gráficas de Precipitaciones Máximas Diarias respecto al Periodo de retorno, como tablas en las que se plasman los resultados según cada función de distribución.

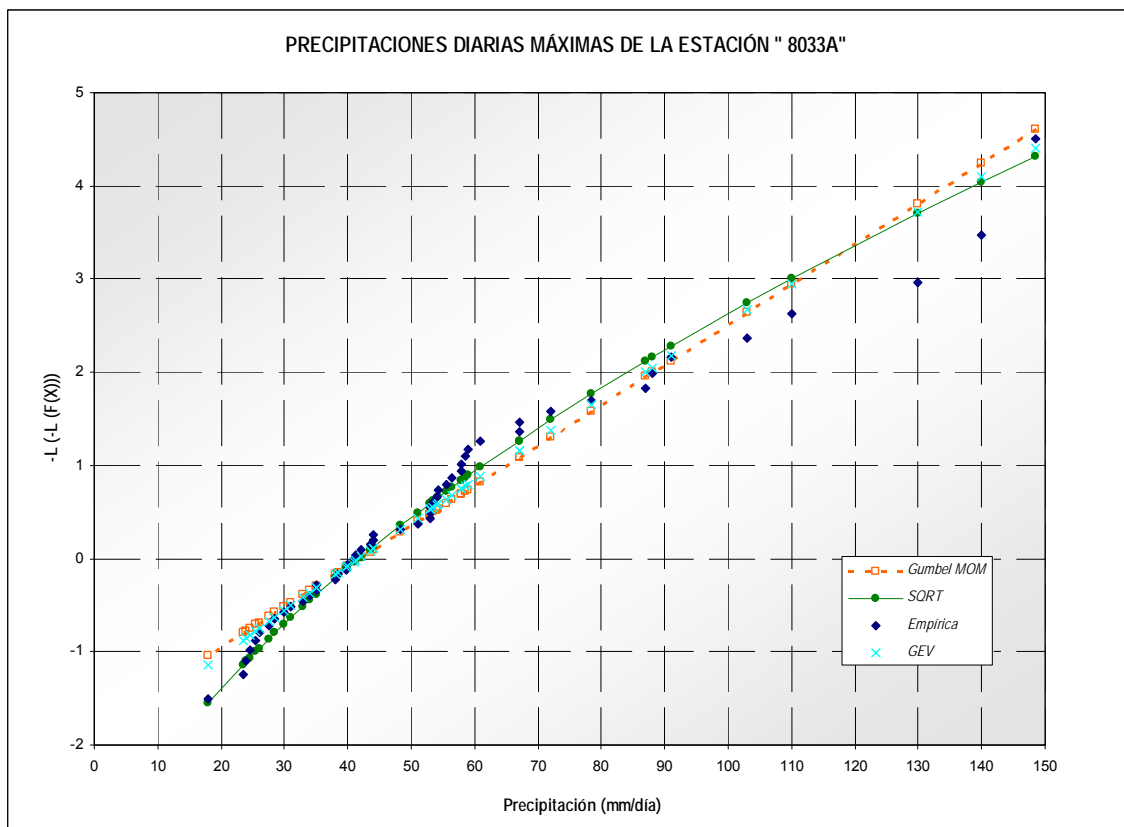


Figura 6. Precipitaciones diarias máximas de Estación 8-033 A, según distribuciones

ESTACIÓN 8-033 A	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN (Pd en mm/h)			
	PERIODO DE RETORNO (años)	Gumbel	SQRTE-ET máx	GEV
	1000	201,49	239,75	222,26
	500	185,46	213,35	200,71
	200	164,25	180,61	173,49
	100	148,18	157,48	153,79
	50	132,04	135,72	134,80
	25	115,79	115,30	116,42
	10	93,88	90,17	92,80
	5	76,54	72,25	75,00
	2	50,36	48,50	49,53

Tabla 5. Valores de Pd de cada distribución en la Estación 8-033A

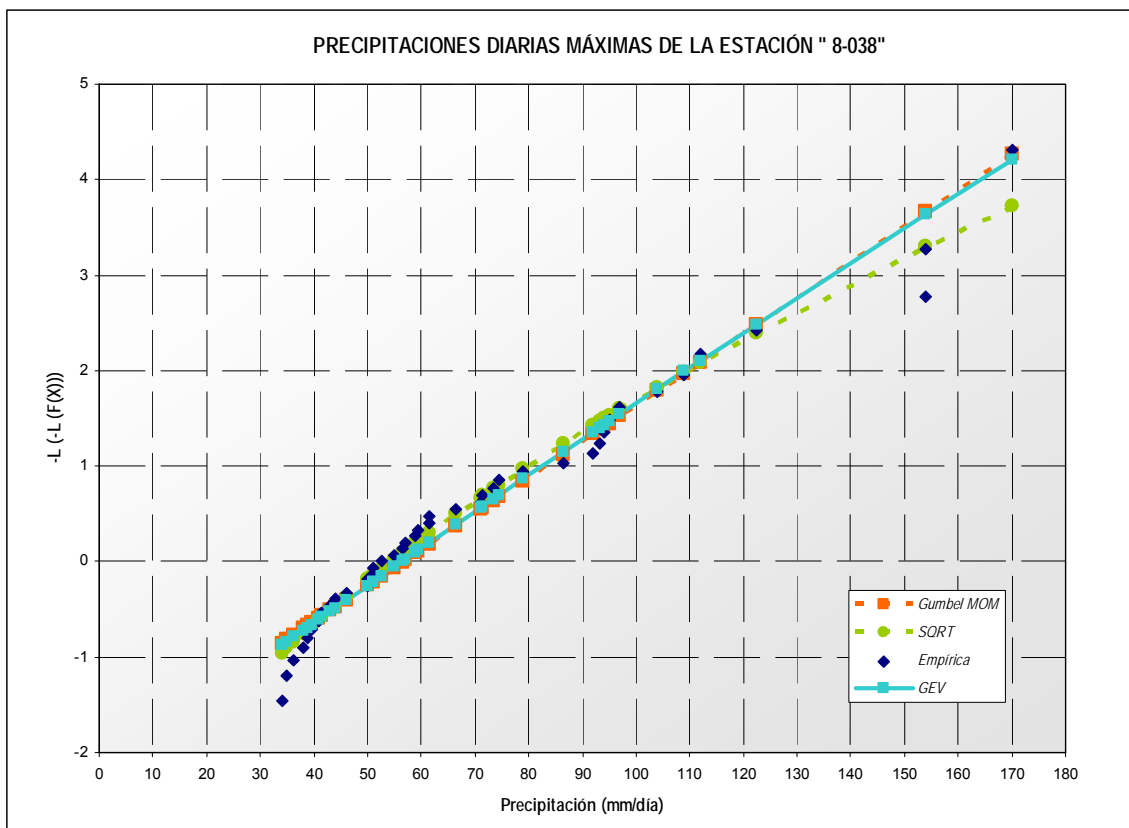


Figura 7. Precipitaciones diarias máximas de Estación 8-038, según distribuciones

ESTACIÓN 8-038	FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN (Pd en mm/h)			
	PERIODO DE RETORNO (años)	Gumbel	SQRT-ET máx	GEV
	1000	239,92	312,82	247,60
	500	221,51	278,34	227,23
	200	197,15	235,60	200,70
	100	178,69	205,39	180,90
	50	160,16	176,99	161,30
	25	141,49	150,33	141,81
	10	116,33	117,53	115,97
	5	96,42	94,15	95,85
	2	66,34	63,21	66,02

Tabla 6. Valores de Pd de cada distribución en la Estación 8-038

## Test de comprobación de Kolmogorov-Smirnov

En cuanto al Test de Comprobación de Kolmogorov – Smirnov, se presentan los resultados de los estadísticos así como los Niveles de Confianza (NC), en porcentaje para cada una de las distribuciones ajustadas para las tres estaciones seleccionadas.

ESTACIÓN N° 8 033 A	GUMBEL	SQRT	GEV
D=	0,114	0,071	0,098
t= $D \cdot n^{(0.5)}$	0,953	0,597	0,817
<b>NIVEL DE CONFIANZA , NC=</b>	<b>0,324</b>	<b>0,868</b>	<b>0,516</b>

Tabla 7. Test de comprobación Kolmogorov- Smirnov para Estación 8-033 A

ESTACIÓN N° 8 038	GUMBEL	SQRT	GEV
D=	0,099	0,061	0,096
t= $D \cdot n^{(0.5)}$	0,713	0,442	0,696
<b>NIVEL DE CONFIANZA , NC=</b>	<b>0,690</b>	<b>0,990</b>	<b>0,712</b>

Tabla 8. Test de comprobación Kolmogorov- Smirnov para Estación 8-038

En cuanto al resultado del test de comprobación, tal y como se puede observar en la tabla presentada, la distribución SQRT-ET max tiene un nivel de confianza superior al resto de las distribuciones en las dos estaciones empleadas.

## Contraste con los mapas de Isolíneas del Ministerio de Fomento

El mapa representa dos familias de líneas que definen el valor medio de la ley de frecuencias de máximas precipitaciones diarias puntuales (Pm) y el coeficiente de variación Cv de dicha ley.

La siguiente imagen reproduce un fragmento, correspondiente a la zona donde se ubican las obras de este proyecto. El mapa sirve como base de cálculo de las máximas precipitaciones diarias.

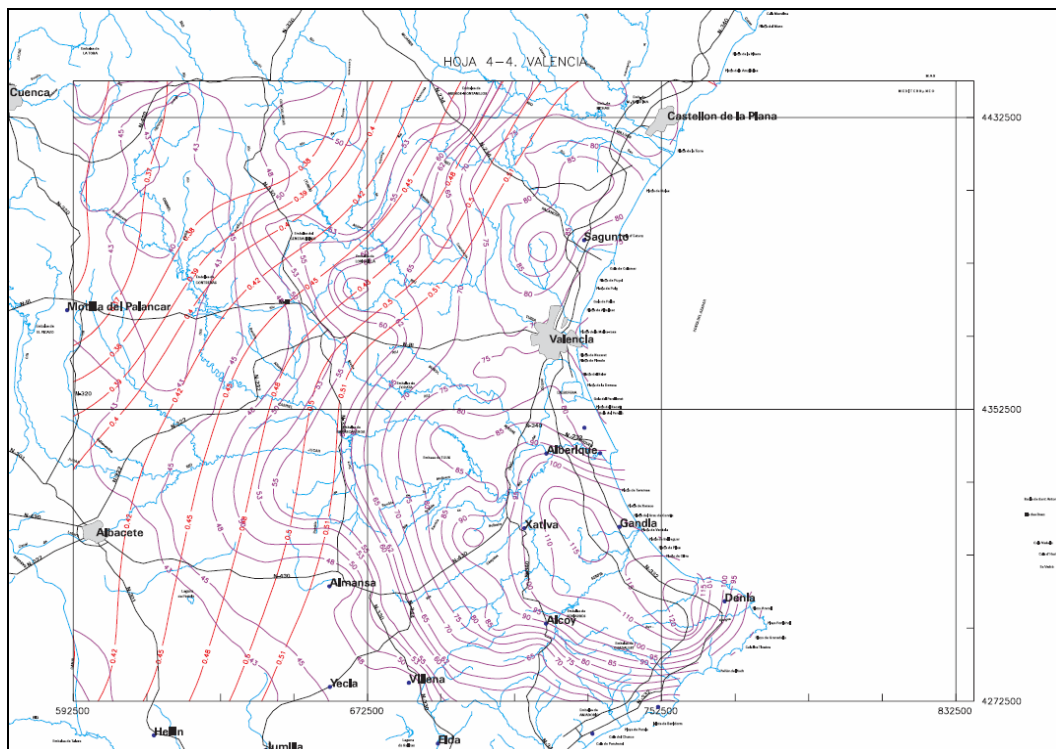


Figura 8. Mapas de isolinías del Ministerio de Fomento

El parámetro  $C_v$  permite determinar el factor  $K_T$ , función de  $C_v$  y  $T$ , que multiplicado por el valor medio  $P$ , da como resultado la precipitación máxima diaria asociada a cada período de retorno  $T$ .

Los resultados obtenidos mediante este método son:

MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS (mm/h)		
PERIODO DE RETORNO (años)	ESTACIÓN "8-033 A"	ESTACIÓN "8-038"
1000	282	312
500	251	278
200	212	235
100	185	206
50	160	177
25	135	150
10	106	118
5	85	94
2	57	63

Tabla 9. Máximas precipitaciones diarias por Estación según Mapa de Ministerio de Fomento

### 3.4 Ponderación de los datos de las estaciones

La determinación del volumen de agua precipitado sobre un área dada es de constante aplicación en hidrología y dicho volumen puede determinarse para una tormenta o para una sucesión de tormentas caídas en un período de duración fija, como puede ser un mes, un trimestre (coincidente con una estación climática) o un año.

Una vez obtenidos los valores de precipitación para cada estación pluviométrica, se pretende asignar las precipitaciones máximas diarias ponderadas para la zona de estudio, para lo cual se lleva a cabo la ponderación según el Método de los Polígonos de Thiessen.

Este método requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro.

En primer lugar se trazan triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

A partir de allí se trazan las mediatrices a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforman una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación.

El área de influencia de cada estación considerada "Polígono" está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca relacionada con su pluviómetro.

Se obtiene la precipitación media del área de estudio según la siguiente expresión:

$$P_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i * P_{ij}}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

$P_{mj}$  = Precipitación media del área en estudio, en el tiempo j (mm).

$S_i$  = Superficie de la influencia de la estación i ( $\text{Km}^2$ ).

$P_{ij}$  = Precipitación de la estación i, en el tiempo j (mm).

Una vez analizadas las áreas de influencia de cada estación, y tal y como se puede observar en el plano del Anejo, se obtiene que la única Estación pluviométrica que no afecta a ambas cuencas vertientes a la vía es la 8-025, por lo que no se cuenta con la misma para la determinación de la pluviometría de la zona.

La cuenca del Barranco Torres se haya influenciada casi totalmente por la estación 8-033 A. El factor de ponderación a aplicar a los datos de Pd es el que se expone en la siguiente tabla:

Estación	Factor Ponderación
	Cuenca Torres
8-033 A	0,97
8-038	0,03

Tabla 10. Factor de ponderación Polígonos de Thiessen

### Precipitaciones máximas adoptadas para el cálculo de caudales

En la presentación de cada función se expuso brevemente cuales eran las características de cada función.

Así, la distribución GUMBEL es una distribución muy rígida capaz de representar una sola población.

La distribución GEV es una función aplicable a ambientes mediterráneos y aunque es mucho más flexible que la distribución Gumbel (tiene un parámetro más que ésta) también es una distribución pensada para reproducir una única población.

La distribución GEV da valores muy similares a la distribución Gumbel. Esta distribución es algo más flexible que la Gumbel pero también se separa de los datos ordinarios para poder acercarse a los extraordinarios cuando estos existen.

Además presenta un mayor número de parámetros.

Una vez estudiadas las diferentes distribuciones estadísticas, y comparadas con los datos que aportan los mapas de isolíneas del Ministerio de Fomento, se adoptan los valores extraídos de la distribución SQRT-ET max para ambas



estaciones: 8038 y 8033 A, debido al alto nivel de confianza extraído del test de comprobación de Kolgomorov-Smirnov.

A continuación se presenta una tabla de resultados en la que se muestran para cada periodo de retorno estudiado, el valor máximo de Precipitación Máxima Diaria (mm/h), una vez realizadas las ponderaciones pertinentes.

PERIODO DE RETORNO (años)	Pd (mm/h)
1000	241,94
500	215,30
200	182,26
100	158,92
50	136,96
25	116,35
10	90,99
5	72,91
2	48,94

Tabla 11. Cuadro resumen de Precipitaciones Máximas adoptadas para el cálculo de Caudales

## 4 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA

### 4.1 Definición de la cuenca

Se recurre al programa informático Arc Gis y el módulo Hec-Geo HMS para realizar el análisis de la cuenca vertiente al área de estudio, para lo cual se emplea la metodología que a continuación se expone.

#### 4.1.1 Modelo Digital de Elevaciones

En primer lugar, se requiere obtener un Modelo Digital de Elevaciones de la zona (MDE) en formato *raster*, para lo cual se procesa la cartografía 1:10.000 de la zona de estudio (hojas 847-848-821-822); en UTM y referenciada al huso 30 en formato vectorial *Shapefile*.

El formato de representación digital vectorial representa los objetos espaciales codificando de forma explícita sus fronteras y dependiendo del tipo de geometría que permite definir correctamente la información.

Este modelo de representación es similar al que se suele utilizar en los mapas.

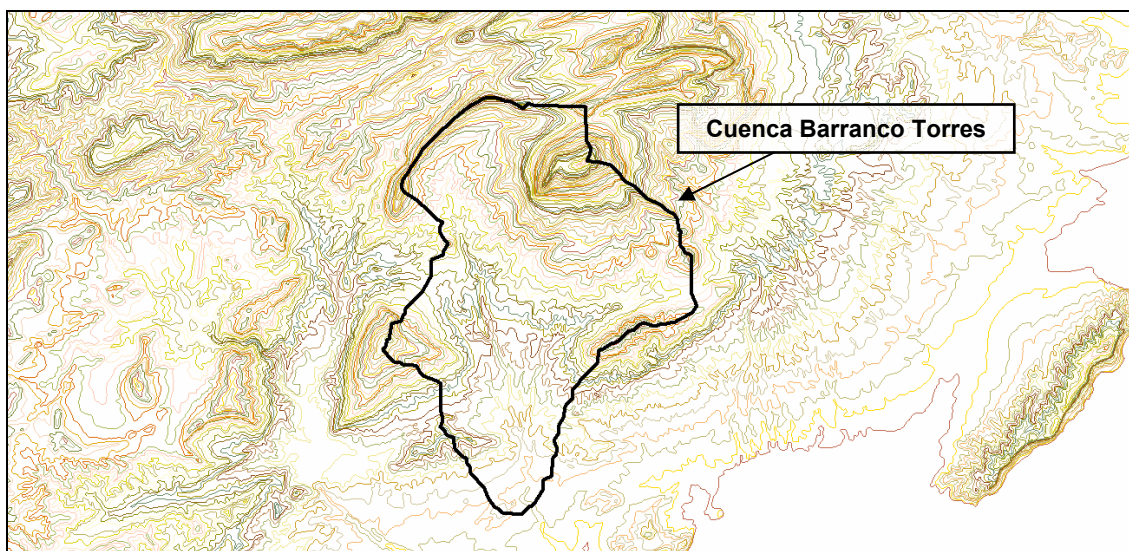


Figura 9. Cartografía de la zona de estudio visualizada en Arc Gis 9.2

#### 4.1.2 Generar el Modelo Digital de Elevaciones en formato raster

Una vez procesada la información de partida se introduce en el programa como una capa vectorial de curvas de nivel.

El formato de representación digital raster es el dual lógico del planteamiento vectorial. Se procede mediante la codificación del interior de los objetos quedando sus límites implícitamente representados. Para realizar esta codificación se superpone una rejilla de unidades regulares, donde a cada “celda” de esta rejilla se le asigna un valor dependiente del tipo de información a la que representa.

Se genera una red de triángulos irregulares (TIN) de elevaciones del terreno, con la finalidad de depurar las posibles depresiones o errores inherentes al raster.

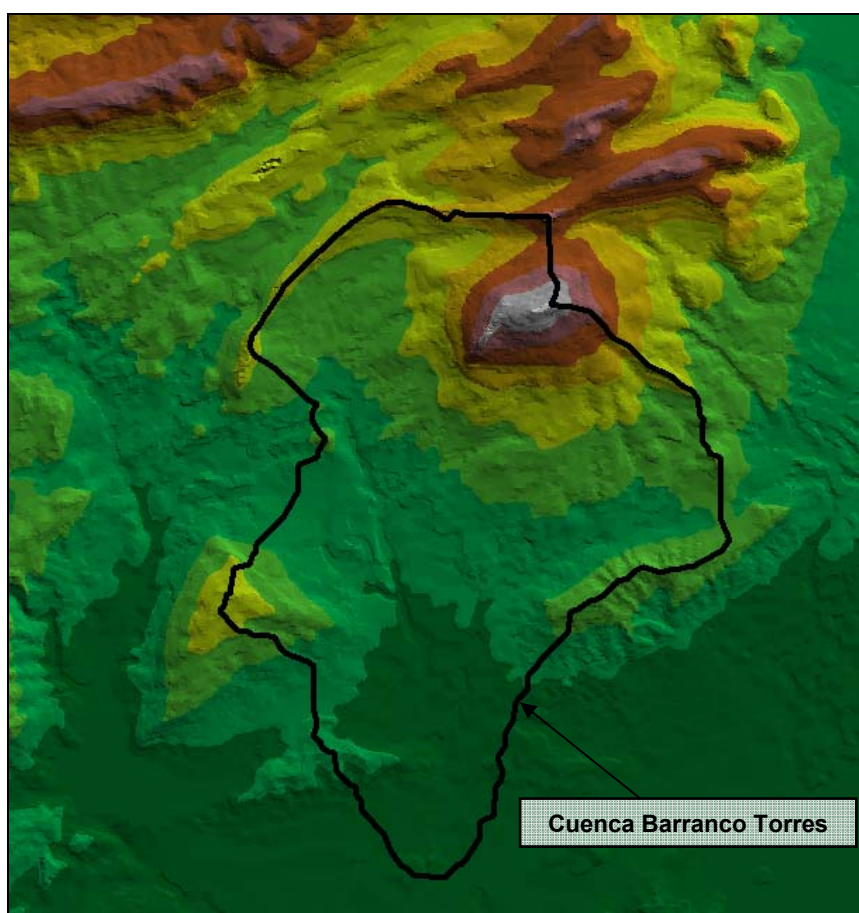


Figura 10. TIN de la zona de estudio, en Arc Gis 9.2

A partir del TIN obtenido anteriormente se convierte a formato raster con dimensión de celda de 25 m de lado.

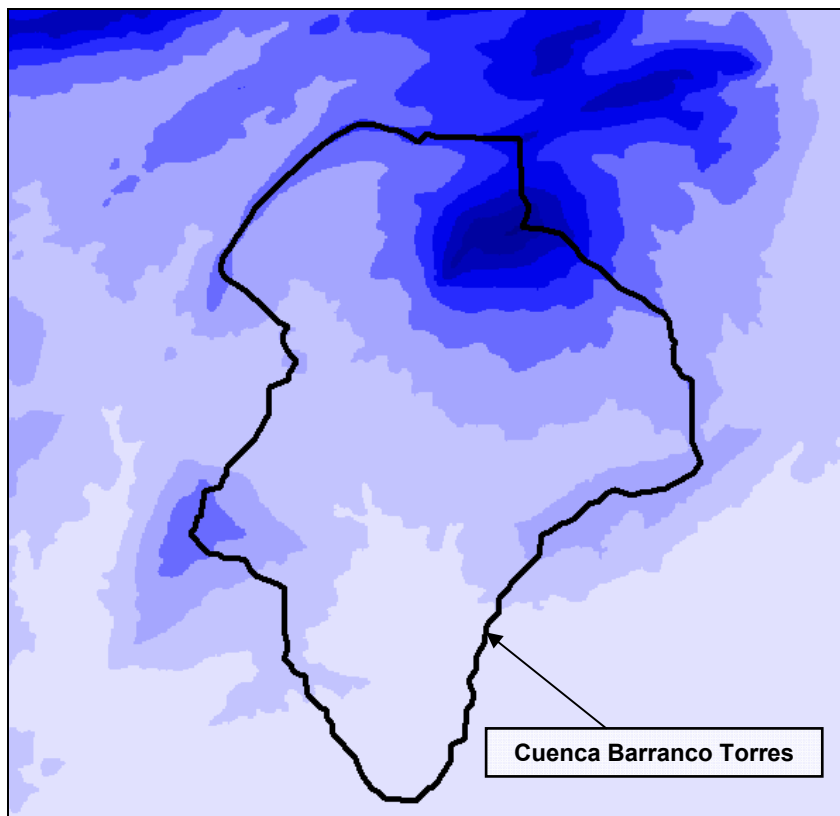


Figura 11. MDE de la zona de estudio, en Arc Gis 9.2

#### 4.1.3 Direcciones de Flujo y Acumulación de Flujo

Se calculan las direcciones de flujo de cada una de las celdas del Modelo Digital de Elevaciones (en adelante MDE).

En este paso se define la dirección de mayor pendiente, evaluando celda a celda las cotas de las celdas circundantes a cada una de ellas.

A partir de las direcciones de flujo, se obtiene una capa raster de celdas drenantes acumuladas en el MDE.

En este paso se determina el número de celdas que drenan a cada celda.

Como se puede observar en las siguientes imágenes, ya se vislumbra los principales recorridos del agua en el terreno analizado.

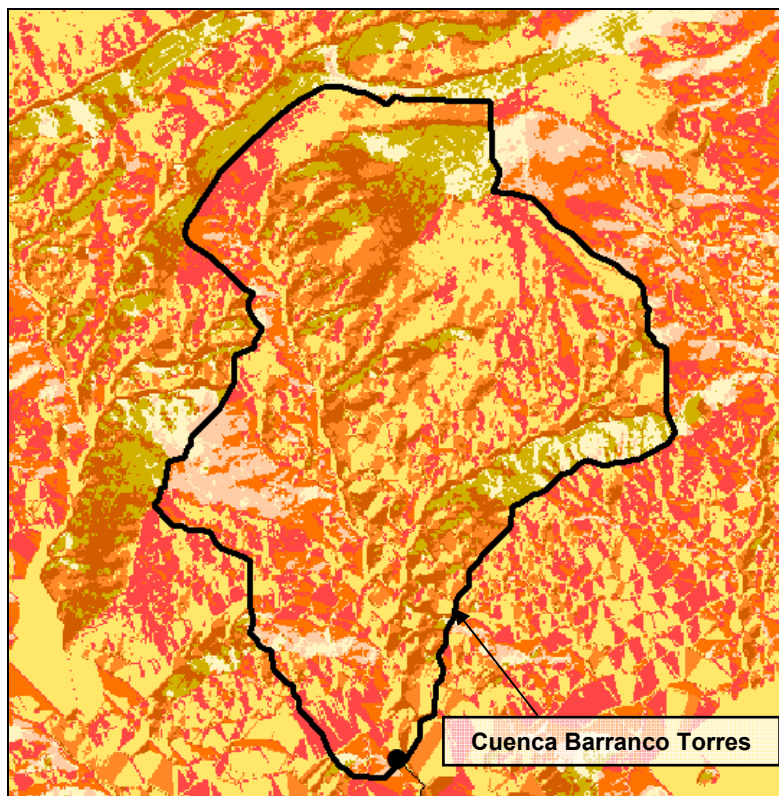


Figura 12. Direcciones de flujo de la zona de estudio en Arc Gis 9.2

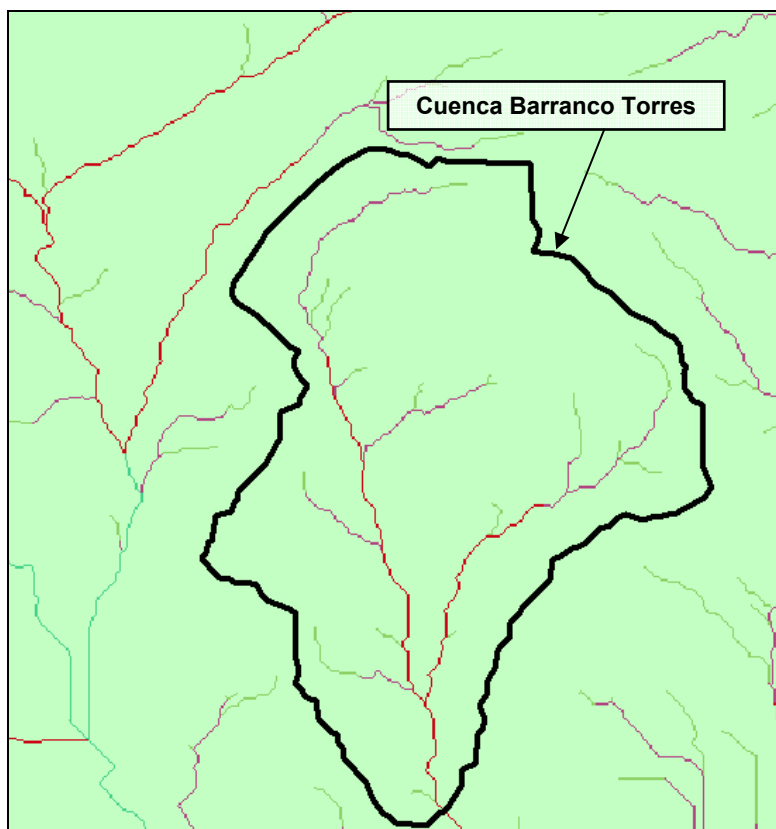


Figura 13. Acumulación de flujo en la zona de estudio en Arc Gis 9.2



#### 4.1.4 Red de drenaje

La red de drenaje que se va a procesar depende del área umbral definida, es decir, del número mínimo de celdas acumuladas impuestas para ser considerada cada celda perteneciente o no a la red de drenaje. Por lo tanto, a mayor número de área acumulada, la longitud total de la red de drenaje es inferior.

El umbral puede especificarse como área en unidades del MDE o como número de celdas.

El valor por defecto es del 1% de la mayor área de drenaje de toda la cuenca.

Se presenta a continuación la red de drenaje de la zona obtenida, junto con la traza del tranvía y la capa de curvas de nivel.

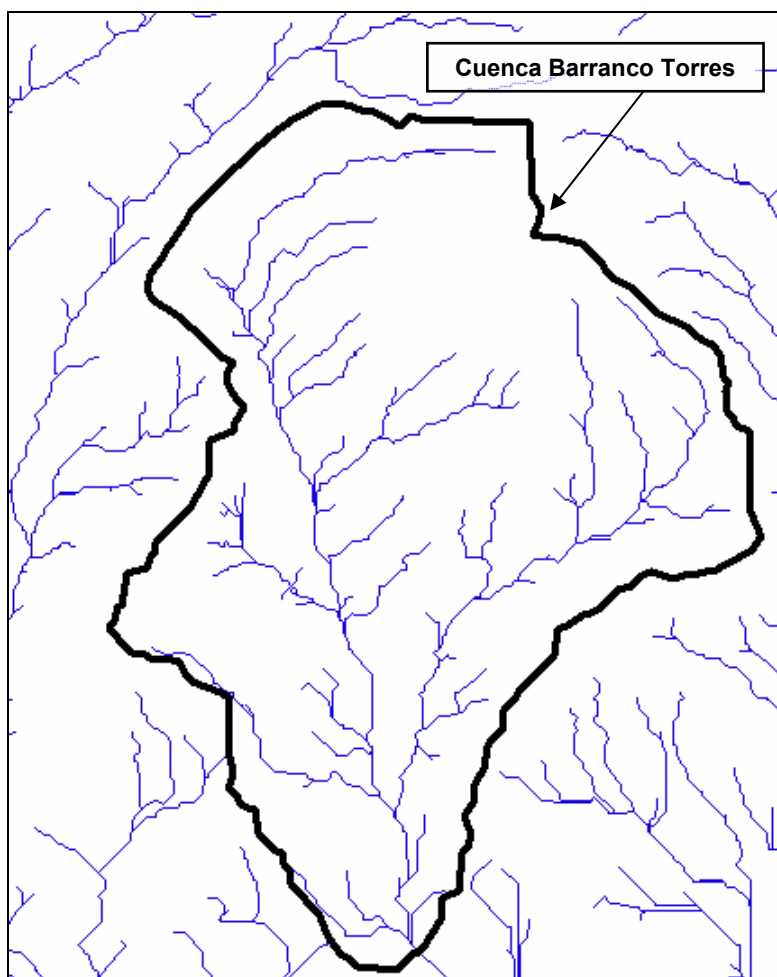


Figura 14. Red de drenaje en la zona de estudio

#### 4.1.5 Cuenca vertiente a los puntos de desagüe

Se procede a delimitar la cuenca vertiente al área de estudio:

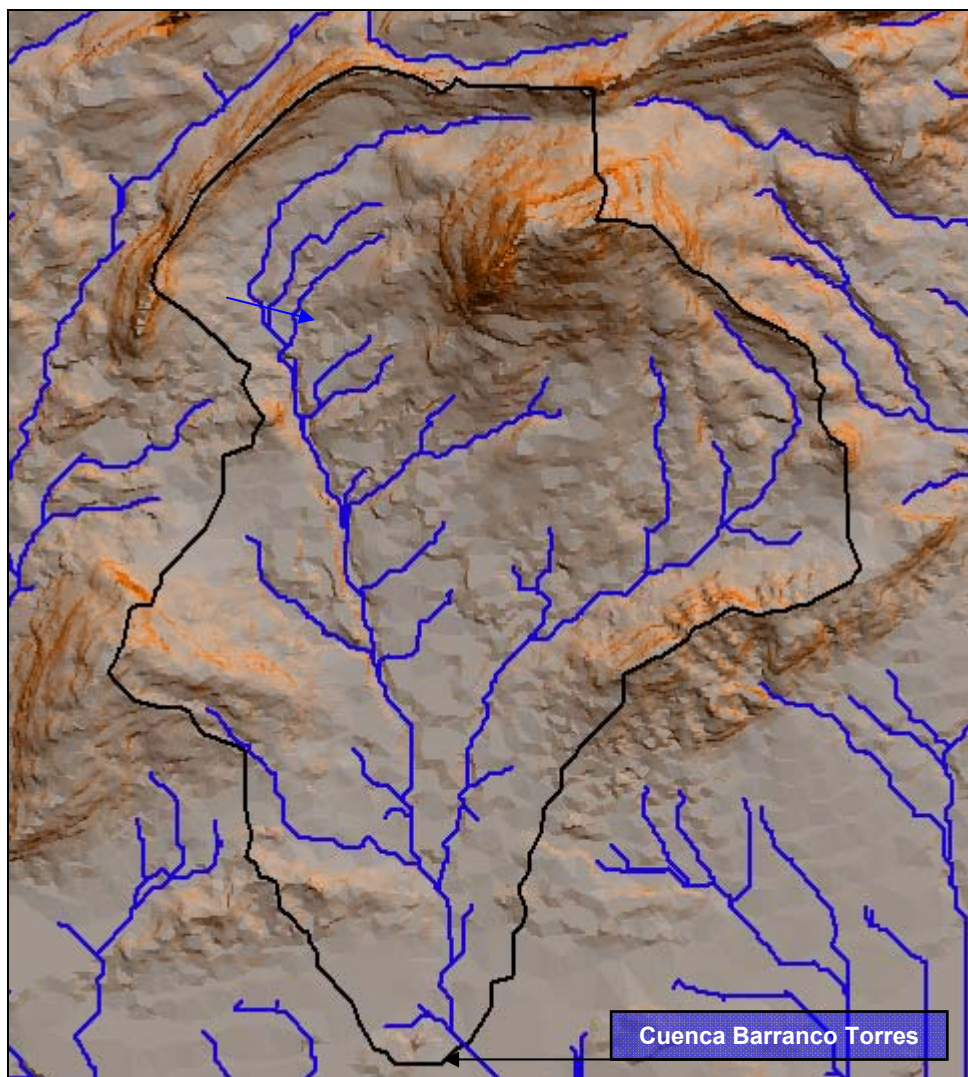


Figura 15. Cuenca drenante cerrada en el puente sobre el Barranco Torres

#### 4.2 Características Hidromorfométricas

Las características hidromorfométricas sirven para caracterizar una cuenca desde el punto de vista físico.

En la determinación de la cuenca influye la escala de trabajo, por lo que el error cometido se traslada a la determinación de las características hidromorfométricas de la cuenca.

Sin embargo, la precisión obtenida en la mayoría de los casos es suficiente si se tiene en cuenta la incertidumbre que acompaña a los estudios hidrológicos.

A fin de reducir el error en la determinación de la cuenca, se trabaja con la cartografía a escala 1:10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano.

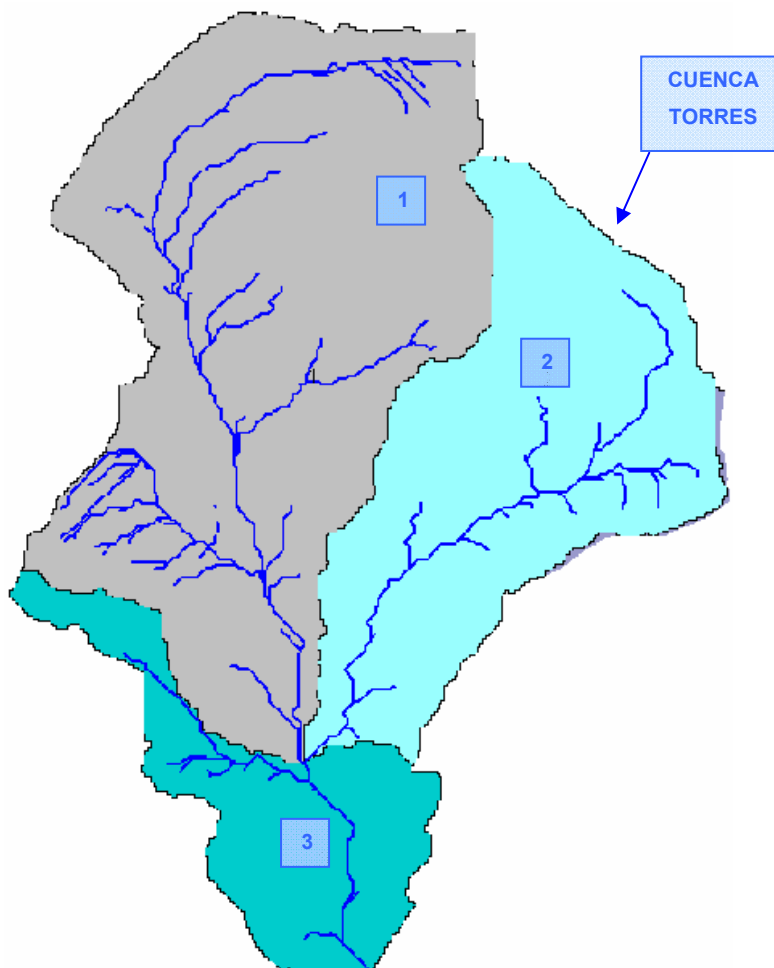


Figura 16. Cuencas y subcuencas drenantes, cerradas en el puente sobre el Barranco Torres

En la siguiente tabla se presentan las características de las subcuencas que conforman la Cuenca del Barranco Torres en el punto de desagüe de la traza del tranvía:

CUENCA	COTA( m)		DESNIVEL (m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	LONGITUD (Km)	PENDIENTE (m/m)
	MÁXIMA	MÍNIMA				
<b>TORRES</b>	<b>714</b>	<b>30</b>	<b>684</b>	<b>36,60</b>	<b>11,63</b>	<b>0,0588</b>
1	714	100	614	19,74	9,18	0,0566
2	674	100	574	11,59	6,80	0,0844
3	255	30	225	5,27	4,30	0,0776

Tabla 12. Características principales de la cuenca vertiente al punto de estudio

### **Características de tamaño**

#### SUPERFICIE

La superficie es el parámetro más importante de una cuenca. En realidad no es posible medir la superficie real de la cuenca en un mapa, si no que se aproxima por el área de la proyección de la cuenca.

El área de la cuenca estudiada es:  $A = 36,60 \text{ km}^2$

#### PERÍMETRO

Es la longitud del límite exterior de la cuenca. Su magnitud depende de la superficie y la forma de la cuenca.

El perímetro de la cuenca es de una longitud aproximada de:  $P = 28,71 \text{ km}$

### **Red de drenaje**

La definición de cauce principal viene asociada a una característica hidrológica; siendo el curso de la red de drenaje que vincula mayor flujo de agua, es decir, por el que circula un mayor caudal.

Habitualmente suele coincidir con el cauce de mayor longitud, pero no siempre es así, puesto que pueden existir superficies más generadoras de escorrentía asociadas a tramos más cortos.

Esta característica no se puede extraer de un mapa, por lo que es habitual aproximar la longitud del cauce principal por la longitud existente entre el desagüe de la cuenca y el punto más alejado de aquél siguiendo la red de drenaje.

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL  $L_{PPAL} = 11,63 \text{ km}$

### **Parámetros de relieve**

#### PENDIENTE MEDIA

Una vez obtenida la longitud, se determinan las cotas de los puntos de inicio (desagüe) y final de cauce principal, obteniéndose así la pendiente media como la relación entre la diferencia de cotas y la longitud del cauce.

$$J = \frac{H_{MAX} - H_{MIN}}{L_{PPAL}} \quad J = 0,0588 \text{ m / m}$$

### **Características de forma**

#### COEFICIENTE DE COMPACIDAD

Este coeficiente se debe a Gravelius, y es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo de la misma área que la cuenca:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad K_c = 1,33$$

Se trata de un coeficiente que da idea sobre la configuración geométrica de la cuenca, y por tanto del hidrograma de crecida (puesto que la forma de la cuenca afecta directamente al tiempo de respuesta).

Cuencas con la misma área y perímetros muy distintos, obviando otros factores, se comportan de modo muy diferente.

Si son cuencas alargadas, con pendientes fuertes e impermeables tienen hidrogramas más laminados ya que todo debe pasar por un mismo cauce; en cambio, en cuencas más redondeadas el hidrograma de respuesta esperado es brusco. Este coeficiente es siempre mayor que la unidad, tanto más próximo a ella cuanto la cuenca se aproxime más a la forma circular, pudiendo alcanzar valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

#### FACTOR DE FORMA

Este factor fue definido por Horton. Es el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud máxima (recorrido principal de la cuenca):

$$R_f = \frac{A}{L_m^2} \quad R_f = 0,271 \text{ km}^2 / \text{km}^2$$

#### RADIO DE ELONGACIÓN (Schumm)

$$R_e = 1.128 \cdot \frac{\sqrt{A}}{L_m} \quad R_e = 0,587 \text{ km} / \text{km}$$

#### RADIO DE CIRCULARIDAD

Es la superficie de la cuenca dividida por la superficie de un círculo cuyo perímetro coincide con el de la cuenca.

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2} \quad R_{ci} = 0,558 \text{ km}^2 / \text{km}^2$$



### **Factor de corrección areal de la precipitación**

Dado que la medición de la precipitación se realiza de forma puntual, no es esperable que dicha precipitación sea la misma en toda la cuenca de estudio. Por este motivo Témez propuso una ecuación empírica para la reducción de la precipitación diaria en función de área de la cuenca.

$$P_{d,corr} = P_{24} \cdot \left[ 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \right] \quad \text{si } 1 \leq A \leq 3.000 \text{ km}^2$$

$$P_{d,corr} = P_{24} \quad \text{si } A < 1 \text{ km}^2$$

Siendo:

$P_{d,corr}$ : Precipitación máxima diaria corregida correspondiente a un período de retorno T (mm)

$P_d$ : Precipitación máxima diaria correspondientes a un período de retorno T (en mm.)

Log A: Logaritmo decimal de la superficie de la cuenca A (en  $\text{km}^2$ )

CUENCA	ÁREA ( $\text{Km}^2$ )	ka
TORRES	36,60	0,896

Tabla 13. Factor corrector areal para la cuenca

Se aplica el coeficiente de corrección areal de la precipitación a los datos obtenidos y se obtiene la siguiente tabla.

<b>MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN CUENCA TORRES</b>			
PERIODO DE RETORNO (años)	$P_d$ (mm/h)	$K_a$	$P_d \text{ pond}$ (mm/h)
1000	241,94	0,896	216,78
500	215,30	0,896	192,91
200	182,26	0,896	163,30
100	158,92	0,896	142,39
50	136,96	0,896	122,71
25	116,35	0,896	104,25
10	90,99	0,896	81,53
5	72,91	0,896	65,32
2	48,94	0,896	43,85

Tabla 14. Precipitación diaria máxima corregida (areal) en la cuenca Torres en función del Período de retorno

## 5 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio de las cuencas vertientes en la zona de estudio sirve de soporte a los cálculos hidrológicos.

En un primer paso se utiliza el Método Racional modificado por Témez para obtener los caudales punta asociados a distintos periodos de retorno. Para el cálculo del caudal punta, se parte de los resultados de las precipitaciones máximas en 24 horas, determinando además los siguientes parámetros: características geométricas de la cuenca, superficie, longitud del curso principal, pendiente del curso principal, tiempo de concentración, intensidad de lluvia de un aguacero de duración igual de tiempo de concentración, y coeficiente de escorrentía.

El Método Racional asume que toda la cuenca desagua al mismo tiempo, sin discretizar los comportamientos de las subcuencas de las que se compone. Por lo tanto, los caudales no se aproximan a la realidad tanto como los que se calculan con otros modelos más avanzados, como los modelos pseudo-distribuidos, que se presenta en el apartado 6, pero se procede a realizar esta primera aproximación y después se comparan ambos resultados.

### 5.1 Cálculo del tiempo de concentración

La expresión que se emplea para determinar el tiempo de concentración es la recomendada por Témez, en la vigente *Instrucción 5.2.-I.C*:

$$T_c = 0,3 * (L / J^{1/4})^{0,76}$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración (horas).

$L$  = Longitud del cauce principal (km).

$J$  = Pendiente media del cauce principal (tanto por uno).

Esta es la duración de la lluvia más desfavorable para evaluar el caudal punta, sin embargo hay que tener en cuenta que las lluvias dependen de un conjunto de fenómenos climatológicos, que si bien pueden verse afectados por la altitud y la localización geográfica de la cuenca, no dependen de sus características hidromorfométricas.

Lluvias de esa duración son en realidad muy pesimistas conduciendo a valores de caudales poco reales. Por lo tanto se adoptan lluvias de 24h, valor que por otro lado es razonable en zonas mediterráneas.

Los resultados obtenidos en el proceso se muestran en el cuadro siguiente:

CUENCA	Tc (h)
TORRES	3,32
1	2,70
2	2,06
3	1,59

Tabla 15. Tiempos de concentración

La cuenca del tramo en estudio es pequeña ( $T_c < 6$  horas). Estas características hacen que sea apropiada la aplicación del método hidrometeorológico de cálculo recomendado en la vigente *Instrucción 5.2.-I.C.*

## 5.2 Intensidad media de Precipitación

La intensidad media  $I_t$  (mm/h) de precipitación a utilizar en el cálculo de los caudales por el método hidrometeorológico, se obtiene por aplicación de la fórmula:

$$I_{Tc} = I_d \cdot \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left[ \frac{28^{0,1} - T_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1} \right]}$$

Siendo:

$I_{Tc}$  (mm/h) = Intensidad media de la precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado para un intervalo igual al tiempo de concentración.

$I_d$  (mm/h) = Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado.

$I_1$  (mm/h) = Intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado.

$T_c$  (h) = Tiempo de concentración.

$I_1/I_d$  = Relación de intensidades obtenida en la fig. 2.2. de la Norma 5.2.-I.C.

El aguacero a efectos de cálculo queda definido por la intensidad  $I$  (mm/hora) de precipitación media, función de la duración del intervalo

considerado y de la intensidad de precipitación media diaria ( $P_d/24$ ) para un período de retorno determinado. La duración que se considera en los cálculos de la intensidad es igual a la duración de la tormenta (D).

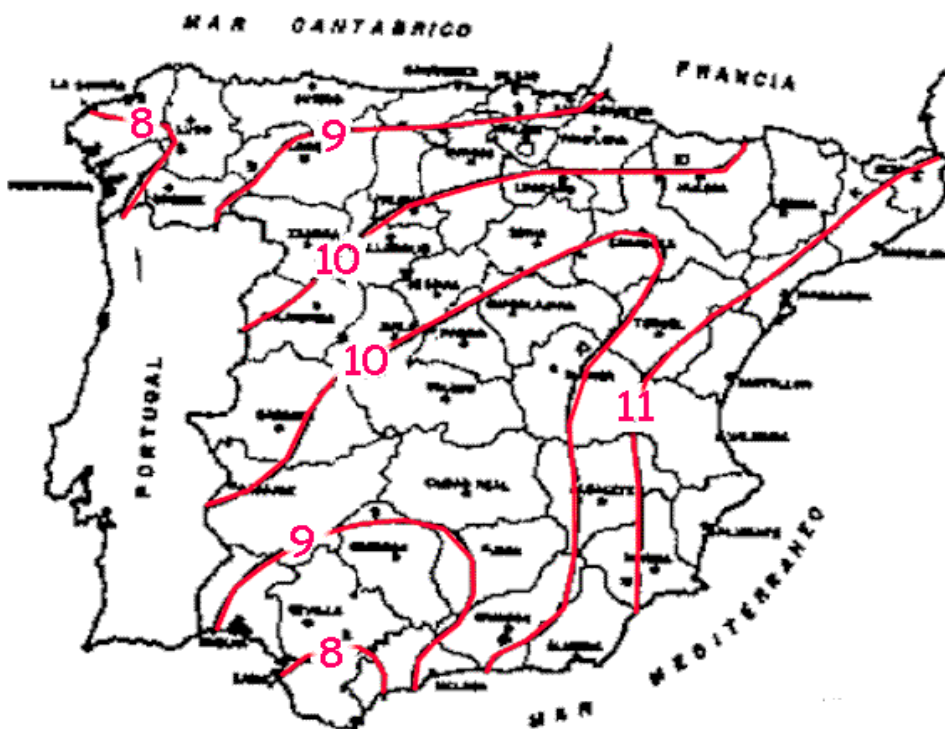


Figura 17. Relación entre la intensidad de lluvia horaria y diaria

- ⇒ BALEARES: ENTRE 11 y 12
- ⇒ CANARIAS
  - 8 EN LA VERTIENTE NORTE DE ISLAS DE MARCADO RELIEVE
  - 9 EN SU VERTIENTE SUR Y EN LAS ISLAS DE SUAVE TOPOGRAFIA
- ⇒ CEUTA Y MELILLA: ENTRE 10 Y 11

En este caso  $I_1/I_d = 11$ .

### 5.3 Umbral de Escorrentía

El umbral de escorrentía es la precipitación acumulada a partir de la cual, una vez empapado el terreno, el agua empieza a circular por la superficie en un flujo difuso. Este valor depende del estado inicial del suelo de la cuenca, ya que un suelo seco absorbe más que uno saturado.

Según las recomendaciones que determina el CEDEX (2000) en la publicación: “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas” se puede definir el estado previo de humedad del suelo en tres rangos:

- suelo tipo I (seco)
- suelo tipo II (medio)
- suelo tipo III (húmedo)

### 5.3.1 Contenido inicial de humedad

La condición de humedad se determina en función de la lluvia registrada en los 5 días antecedentes a la tormenta de diseño.

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL S.C.S.		
Precipitación total en mm en los 5 días anteriores		
CONDICIÓN	ESTACIÓN DE LATENCIA	ESTACIÓN DE CRECIMIENTO
I SECO	$P \leq 13$	$P \leq 36$
II MEDIO	$13 \leq P \leq 28$	$36 \leq P \leq 53$
III HUMEDO	$P \geq 28$	$P \geq 53$

Tabla 16. Condiciones de Humedad del S.C.S

Está comprobado que los resultados de caudales son muy sensibles al estado de humedad considerado. En España, en la *Instrucción 5.2.-I.C*,  $P_o$  está tabulado para condiciones medias de humedad inicial del complejo suelo-vegetación. Estos valores pueden modificarse en función de dicha variable.

La correspondencia entre el  $P_o$  y el número de curva (S.C.S) es:

$$CN(II) = \frac{5080}{50,8 + P_o}$$

Las equivalencias de CN entre las distintas condiciones de humedad son:

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)} \quad CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

En el presente trabajo asume como más adecuados para la zona los valores del umbral de escorrentía correspondientes a unas condiciones de humedad de referencia de tipo II (medias), tal y como recomienda la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC “Drenaje superficial”* para las condiciones típicas de humedad al inicio de las tormentas significativas en el área mediterránea.

Aún así se calculan y comparan los caudales para las tres condiciones de humedad definidas en las recomendaciones del CEDEX.

### 5.3.2 Tipo de suelo

En función del tipo de suelo y de su capacidad de drenaje se establece una clasificación del suelo en cuatro grupos según se indica en la siguiente tabla:

GRUPO	INFILTRACION	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
	(cuando están muy húmedos)			
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno- limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa	Bueno a moderado
			Franca	
			Franco-arcillosa- arenosa	
			Franco- limosa	
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
			Franco- arcillo	
			-limosa Arcillo-arenosa	
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 17. Capacidad de Drenaje según tipo de suelo

### 5.3.3 Tipo de uso del terreno

Para cada grupo de suelo,  $P_0$  depende de las características hidrológicas del suelo, de la pendiente y del uso al que se destina. Para condiciones de humedad medias los valores de  $P_0$  habitualmente utilizados se recogen en la siguiente tabla.



USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	>3	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	>3	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	>3	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	>3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	<3	R/N	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	>3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	>3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	<3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares Aprovechamiento forestal	>3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	<3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
		Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33

Tabla 18. Valores medios del parámetro  $P_o$  en condiciones medias de humedad

1. N: denota cultivo según las curvas de nivel.

R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

2. \*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.

3. Las zonas abancaladas se incluyen entre las de pendiente menor del 3%.

Para el cálculo del CN en una cuenca de superficie total A, se divide ésta en diferentes subáreas  $A_i$  correspondientes a combinaciones de tipo y usos del suelo distintos y se obtiene un  $P_{o,i}$  asociado a cada subárea.

El umbral de escorrentía ( $P_{o,i}$ ) obtenido siguiendo la metodología anterior es mayorado por el coeficiente corrector propuesto por el CEDEX en 1994. Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, y es ligeramente inferior al coeficiente corrector utilizado en la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial"*, por lo que los resultados son más restrictivos y quedan del lado de la seguridad.



Figura 18. Factor corrector del umbral de escorrentía.

Fuente: CEDEX, 1994

El valor del coeficiente que tomaremos en este caso es de 2,3 tal y como se puede comprobar en la figura anterior. En base al umbral de escorrentía se calcula su  $CN_i$  equivalente para cada caso. Así pues, el número de curva total viene dado por la expresión:

$$CN = \frac{1}{A} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} A_i \cdot CN_i$$

### 5.3.4 Cálculo de $P_o$

El umbral de escorrentía depende de los siguientes factores:

- Tipo de suelo
- Grado de desarrollo y tipo de cubierta vegetal
- Pendiente del terreno
- Estado de humedad inicial del complejo suelo-vegetación.

#### Tipo de suelo

El tipo de suelo que encontramos quedaría englobado dentro del tipo de suelo B.

#### Grado de desarrollo y tipo de cubierta vegetal

MAPA DE CULTIVOS EN LA ZONA:

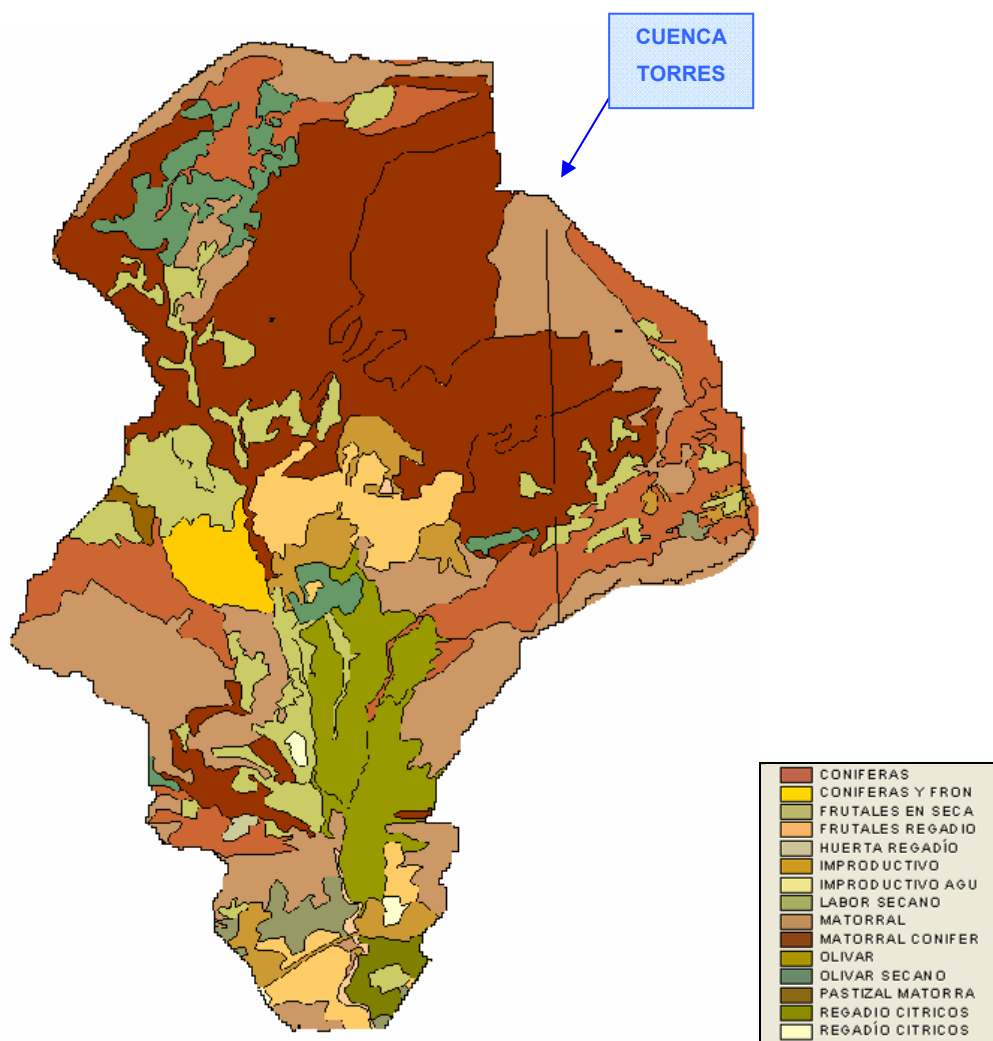


Figura 19. Mapa de cultivos en la cuenca de estudio

### Estado de humedad inicial del complejo suelo-vegetación y pendiente

El estado de la humedad inicial se tiene en cuenta con el coeficiente corrector de Témez como se ha indicado anteriormente.

A cada tipo de vegetación se le asigna un  $P_0$  según la tabla de valores de  $P_0$  en función de si la región considerada es de pendiente mayor o menor del 3%.

Se obtiene un  $P_0$  para cada región y a su vez se ponderan los  $P_0$  de las regiones de una misma cuenca para obtener el  $P_0$  de la cuenca en cuestión.

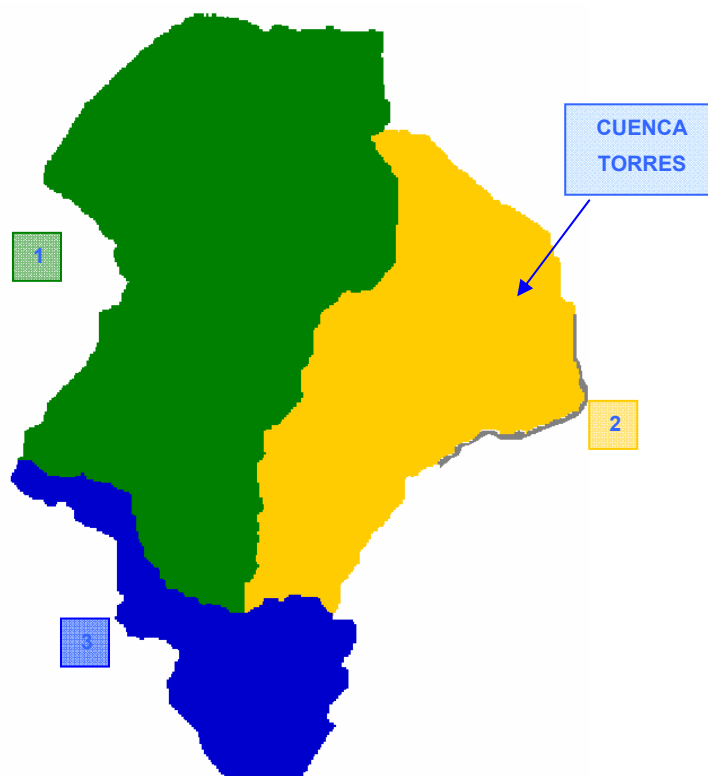


Figura 20. Subcuencas en que se divide la Cuenca del Barranco Torres

Mapa de pendientes en las cuencas:

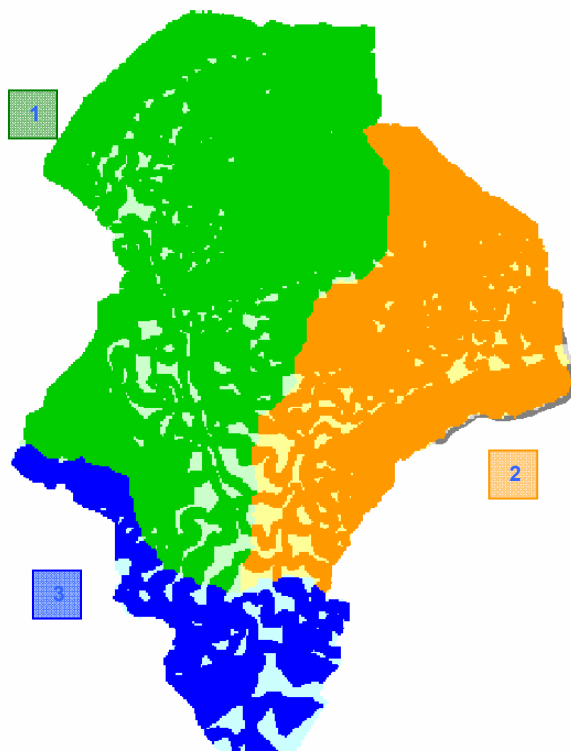


Figura 21. Mapa de pendientes en Subcuencas del Barranco Torres

Una vez obtenidos los diversos mapas, se procesan mediante los algoritmos correspondientes para compilar el Mapa de Po total, discretizado en celdas de 25 m, definido para cada área de las cuencas y subcuencas.

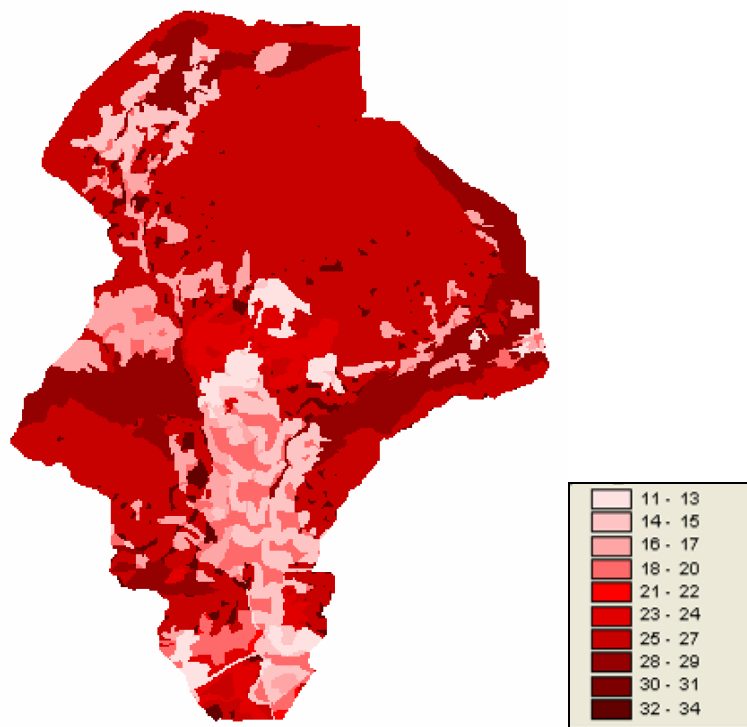


Figura 22. Mapa de Po Cuenca Torres Completa

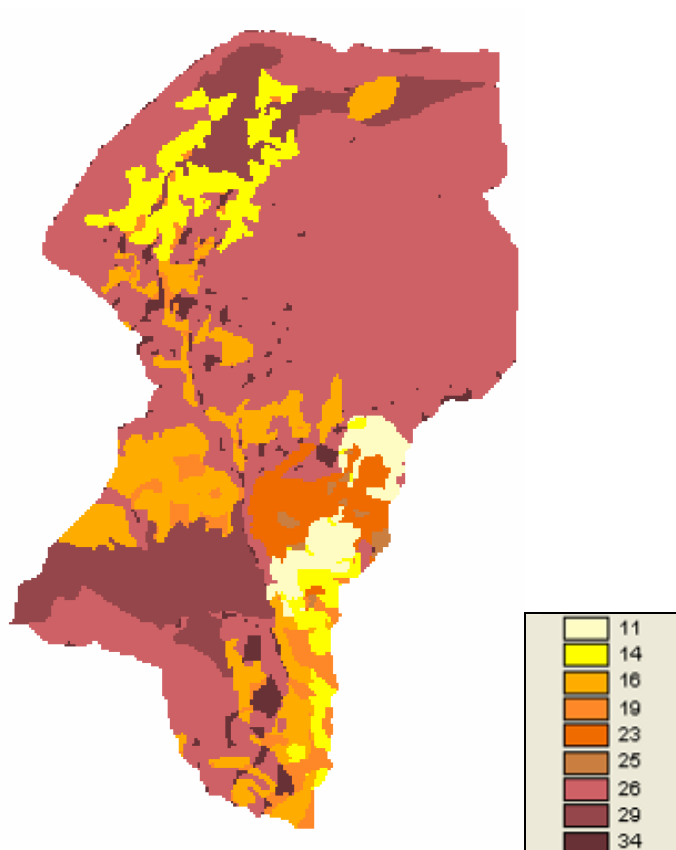


Figura 23. Mapa de Po en la subcuenca Torres 1  
Po ponderado 1= 23,91

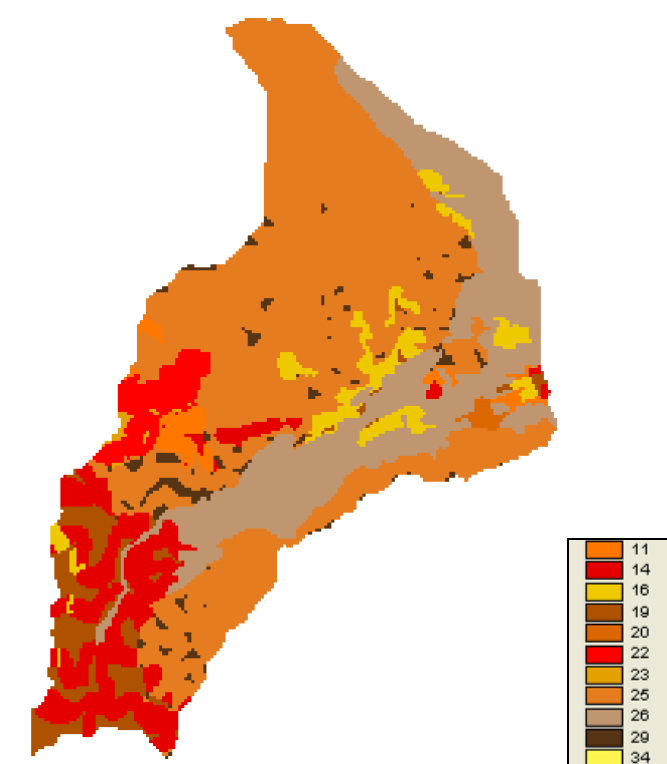


Figura 24. Mapa de Po en la subcuenca Torres 2  
Po ponderado 2= 24,41



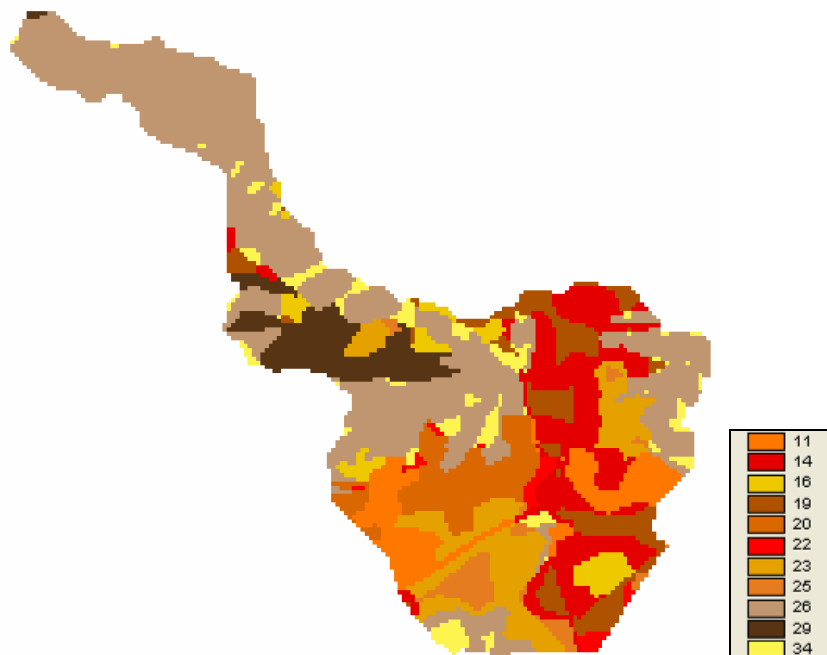


Figura 25. Mapa de  $P_o$  en la subcuenca Torres 3  
 $P_o$  ponderado  $3= 22,38$

El valor de  $P_o$  ponderado para cada subcuenca se corrige mediante el coeficiente del CEDEX (1994), que en este caso es igual a 2,3.

Se muestran los resultados obtenidos:

CUENCA	$P_o$	$K'$	$P_o$ corregido
<b>TORRES</b>	<b>23,85</b>	<b>2,30</b>	<b>54,86</b>
1	23,91	2,30	54,99
2	24,41	2,30	56,14
3	22,38	2,30	51,47

Tabla 19. Estimación de  $P_o$  en las distintas subcuencas

CUENCA	$P_o$	CN (II)	CN (I)	CN (III)
<b>TORRES</b>	<b>23,85</b>	<b>68,05</b>	<b>47,22</b>	<b>83,05</b>
1	23,91	68,00	47,16	83,01
2	24,41	67,54	46,64	82,72
3	22,38	69,42	48,81	83,92

Tabla 20. Estimación del número de curva en las distintas subcuencas

## 5.4 Coeficiente de Escorrentía

El volumen de agua que escurre nunca es igual al que precipita, ya que una parte del agua es recogida por el subsuelo o retenida en plantas, etc. La proporción de agua precipitada que escurre se conoce como coeficiente de escorrentía y depende del relieve de la cuenca y de la naturaleza y uso de su superficie. En resumen, el coeficiente de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación.

El valor del coeficiente de escorrentía (C) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\left[ \left( \frac{P_d}{P_o} \right) - 1 \right] \cdot \left[ \left( \frac{P_d}{P_o} \right) + 23 \right]}{\left[ \left( \frac{P_d}{P_o} \right) + 11 \right]^2}$$

Siendo:

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

Po = Umbral de escorrentía (mm)

Pd = Precipitación total diaria (mm) para el periodo de retorno considerado

## 5.5 Cálculo de Caudales

Para el cálculo del caudal se utiliza la fórmula del método hidrometeorológico racional modificado:

$$Q = \frac{C * I * A * k}{3.6}$$

Donde:

Q = caudal pico en m<sup>3</sup>/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de la tormenta de diseño en mm/h

A = superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>

K = coeficiente de uniformidad temporal y se determina:  $k = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$

Siendo Tc el Tiempo de concentración:

El Tiempo de concentración (Tc) es el transcurrido desde el final de la lluvia neta hasta el final del hidrograma superficial generado por ella.

Es igual al mayor tiempo de viaje en la cuenca, excluyendo la escorrentía subterránea, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = 0,3 * (L / J^{1/4})^{0,76}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (horas).

L = Longitud del cauce principal (km).

J = Pendiente media del cauce principal (tanto por uno).

Se muestran en las siguientes tablas los resultados de los coeficientes y variables obtenidos, realizados con el fin de obtener los caudales en cada una de las cuencas para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b> ( Condiciones humedad Tipo II)						
Cuenca	C <sub>5</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>25</sub>	C <sub>50</sub>	C <sub>100</sub>	C <sub>500</sub>
TORRES	0,03	0,08	0,13	0,18	0,22	0,32

Tabla 21. Coeficiente de escorrentía.

<b>INTENSIDADES DE CÁLCULO (mm/h)</b> ( Condiciones humedad Tipo II)							
Cuenca	I <sub>1</sub> /I <sub>d</sub>	It <sub>5</sub>	It <sub>10</sub>	It <sub>25</sub>	It <sub>50</sub>	It <sub>100</sub>	It <sub>500</sub>
TORRES	11,30	14,08	17,58	22,47	26,45	30,70	41,59

Tabla 22. Intensidades de cálculo

<b>CAUDALES DE CÁLCULO (m³/seg)</b> ( Condiciones humedad Tipo II)						
Cuenca	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
TORRES	5,52	16,95	38,24	59,52	85,66	166,32

Tabla 23. Caudales obtenidos por el método hidrometeorológico, racional

## 6 MODELACIÓN PSEUDODISTRIBUIDA DE CRECIDAS CON HEC-HMS

A partir de los datos elaborados, se realiza a continuación un análisis exhaustivo de las crecidas a partir del software informático HEC- HMS.

Una vez ejecutado el Método Racional y con la finalidad de simular el proceso lluvia-escorrentía durante eventos de tormenta, así como comparar los resultados obtenidos hasta ahora, se hace uso del software informático HEC- HMS en el siguiente apartado.

Se trata de un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico), a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa.

Es un programa complejo, el cual permite el cálculo del hidrograma producido por una cuenca mediante inputs como son datos físicos de la cuenca, datos de precipitaciones...etc. Además permite establecer varias subcuencas, realizando los cálculos de escorrentía directa particularizados para cada una de las subcuencas, finalmente es capaz de componer los hidrogramas generando un hidrograma de salida de la cuenca.

Se utiliza esta herramienta con el objeto de conocer el caudal desaguado por la cuenca del Barranco Torres en el punto de vertido, la intersección del barranco con la traza del tranvía, con mayor precisión que la aportada por el método racional, el cual supone que toda la cuenca se desagua simultáneamente.

Esta premisa es la más desfavorable posible, y por lo tanto la que determina el mayor valor de caudal aportante, pero en situaciones de cuencas de elevada área las cuales se pueden descomponer en otras subcuencas, esta hipótesis se aleja de la realidad, pudiendo mayorar excesivamente los resultados.

Puesto que la cuenca del Barranco Torres la conforman tres subcuencas, se ejecuta el programa HEC- HMS en la misma, para los caudales de avenida correspondientes a 100 y 500 años de periodo de retorno.

## 6.1 Componentes del sistema

*U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System* es un software diseñado para simular procesos de precipitación-escorrentía en sistemas hidrológicos.

El programa posee un completo entorno de trabajo integrado: base de datos, utilidades de entrada de datos, simulación y herramientas interactivas de consulta de resultados.

El programa consta de tres partes principales:

- Modelo de Cuencas
- Modelo Meteorológico
- Especificaciones de Control

En la primera parte, el modelo de cuencas, se debe especificar las características físicas de la cuenca; en la segunda, modelo meteorológico, se introducen los datos pluviométricos y en la tercera, especificaciones de control, los tiempos computacionales. A continuación se expone brevemente en qué consiste este software y los modelos que simula.

### 6.1.1 Modelo de cuenca (Basin Model)

Esta es la parte más importante del programa, donde se definen las características hidrológicas y geomorfológicas de las cuencas y los métodos de cálculo. En él se conceptualiza el sistema hidrológico (cuencas, subcuencas, cursos fluviales, etc.).

Los elementos disponibles son:

- Subcuencas (subbasin).
- Tramos de propagación (reach).
- Embalses (reservoir).
- Confluencias de flujo (junction).
- Divergencias de flujo (diversion).
- Fuentes (source).
- Sumideros (sink).

Los componentes básicos de la modelación son:

- Submodelo de generación o infiltración (loss rate method).
- Submodelo de transformación de lluvia neta en escorrentía (runoff transformation method).
- Submodelo de precipitación (precipitation model).
- Submodelo de propagación en cauces (routing reach method).

El primer paso para realizar la modelización de la cuenca consiste en la construcción del Modelo Digital del Elevaciones.

El software utilizado para ello es el programa Arc-Gis 9.2, con el que se consiguen importar los datos de la cuenca al programa HEC-HMS.

Para este cometido es necesario el uso de la extensión HEC-GeoHMS.

### **6.1.2 Modelo meteorológico (Precipitation Model)**

Implementa el análisis de datos meteorológicos, incluyendo precipitación y evapotranspiración.

Los componentes básicos son:

- Submodelo de precipitación (precipitation model).
- Submodelo de evapotranspiración (evapotranspiration method).

Entre los modelos de precipitación se encuentran los siguientes:

- User Hyetograph.
- User Gage Weighting.
- Inverse-Distance Gage Weighting.
- Gridded Precipitation.
- Frequency Storm.
- Standard Project Storm- Eastern U.S.
- S.C.S. Hypothetical Storm.

### **6.1.3 Parámetros de control de simulación (Control Specifications)**

En esta utilidad se especifican los parámetros temporales de la simulación:

- Fecha y hora de inicio de la simulación
- Fecha y hora de fin de la simulación
- Lapso de tiempo computacional



La simulación se realiza combinando el modelo de cuenca, el meteorológico y los parámetros de control.

## **6.2 Métodos de modelación**

Las distintas posibilidades que permite modelar el sistema son:

### **6.2.1 Modelos de infiltración en subcuencas**

- Deficit and constant
- Inicial and Constant
- Green and Ampt
- S.C.S. Curve Number
- Gridded S.C.S. Curve Number
- Soil Moisture Accounting

### **6.2.2 Modelos de transformación en subcuencas**

- Clark Unit Hydrograph.
- Kinematic Wave.
- Snyder Unit Hydrograph.
- S.C.S. Unit Hydrograph.
- User –Specified Unit Hydrograph.
- User –Specified S-Graph.

### **6.2.3 Modelos de flujo base en subcuencas**

- Constant Monthly.
- Linear reservoir.
- Recession.
- Bound Recession.

### **6.2.4 Modelos de propagación en cauces**

- Lag.
- Muskingum.
- Modified Pulse.
- Kinematic Wave.
- Muskingum – Cunge 8-Point Section.
- Muskingum – Cunge Standar Section.

## 6.3 Aplicación a la cuenca en estudio

### 6.3.1 Componentes del sistema

#### Modelo de cuenca (Basin Model)

La geometría del modelo de cuenca se elabora a partir de la disposición relativa entre las subcuencas. A cada subcuenca se le asocia un elemento tipo *subbasin* y se conectan entre sí respetando su posición en la cuenca.

El programa calcula el hidrograma de cada una de las subcuencas en su punto de desagüe, sin considerar la propagación por el recorrido de su cauce principal. Los tramos de propagación aparecen en el modelo cuando existen subcuencas aguas arriba de otra a cuyo cauce desaguan. Para simular el paso de los hidrogramas de las cuencas situadas más aguas arriba por la subcuenca a la que drenan debe introducirse en el modelo un elemento tipo *reach*. Al final de este tramo debe conectarse la subcuenca a través de la cuál se produce la propagación. El desagüe de la cuenca o exutorio se considera en el azud de más aguas abajo y se representa por un elemento tipo *sink*.

Con estas consideraciones el modelo que representa a la cuenca en estudio es el siguiente:

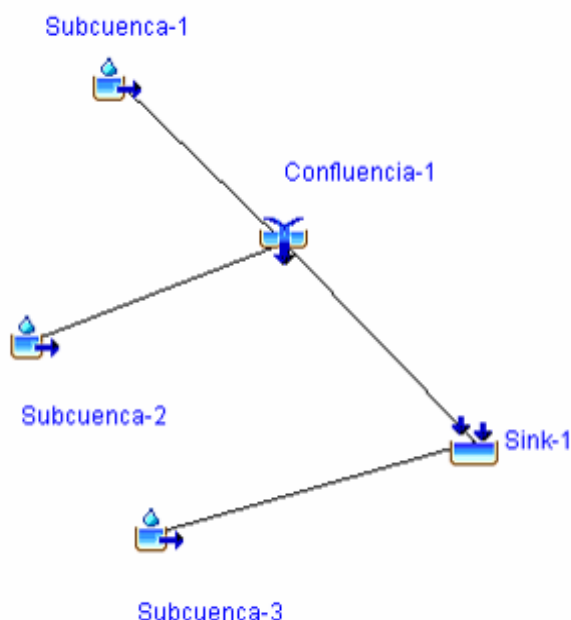


Figura 26. Esquema de cálculo de la cuenca Torres en HEC HMS

### 6.3.2 Modelo meteorológico (Precipitation Model)

En este caso se utiliza como modelo de precipitación el hietograma tipo II del SCS (SCS Hypothetical Storm). En cada modelo generado se puede asociar una tormenta o una combinación de ellas a parte o a la totalidad de la cuenca. Para cada periodo de retorno se elabora un modelo de precipitación del tipo SCS Hypothetical Storm, tipo II, en el que se asigna el hietograma correspondiente a todas las subcuencas existentes en el modelo de la cuenca.

Este hietograma se ajusta muy bien a las precipitaciones convectivas de la región mediterránea. A continuación se adjuntan los hietogramas correspondientes a 100 y 500 años de periodo de retorno.

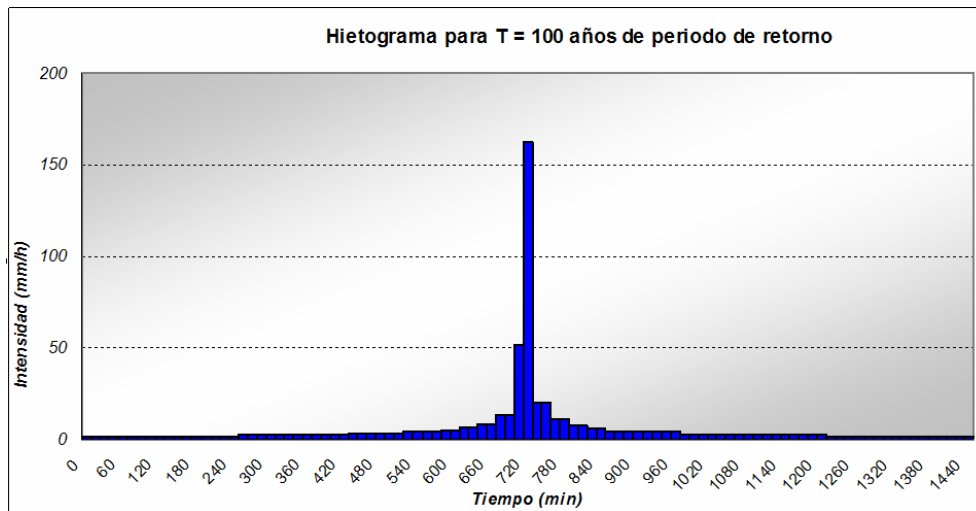


Figura 27. Hietograma del SCS Tipo II para 100 años de periodo de retorno

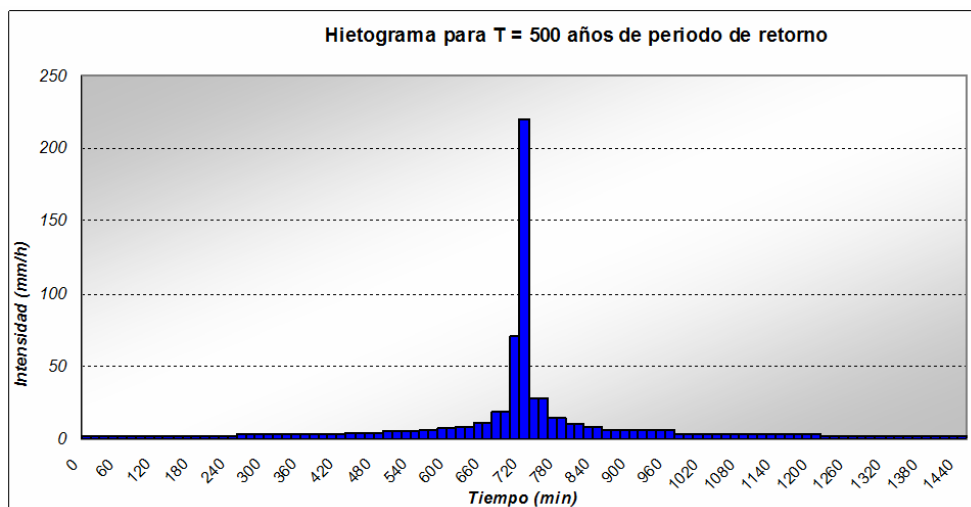


Figura 28. Hietograma del SCS Tipo II para 500 años de periodo de retorno

El modelo de precipitación se asigna a toda la cuenca de forma simultánea.

### Parámetros de control de simulación (Control Specifications)

Los parámetros de control permiten al usuario definir el tiempo de simulación de los hidrogramas. Debe especificarse el inicio y el final de la tormenta así como el inicio y el final del tiempo de observación de la lluvia y de los hidrogramas. El tiempo inicial de observación debe coincidir con el tiempo de inicio de la lluvia.

Otro parámetro de control no menos importante es el incremento de tiempo que el programa utiliza para realizar los cálculos. Este incremento de tiempo se recomienda que sea igual al de la discretización de la lluvia y debe cumplir la condición de  $\Delta t \leq 29\% \cdot t_{lag}$  para que el algoritmo de resolución sea estable.

En este caso se usa un tiempo de simulación total de 30 horas, con un intervalo de discretización de 72 segundos (1,2 minutos).

#### **6.3.3 Métodos de modelación**

##### Modelos de infiltración en subcuencas: S.C.S. Curve Number

El modelo que se utiliza para simular la infiltración en la cuenca es el modelo del número de curva del S.C.S. (S.C.S. Curve Number). Este modelo estima el exceso de precipitación basándose en un único parámetro que depende de la precipitación acumulada, el tipo de terreno, los usos del suelo y la humedad antecedente.

Además, las tablas existentes para su estimación están muy experimentadas. La formulación original del S.C.S. fue desarrollada a partir del número de curva (CN) pero en España suele utilizarse dicho método en función de un parámetro diferente,  $P_o$ .

Números de curva  $CN = 0$  indican permeabilidad total mientras que  $CN = 100$  corresponden al caso totalmente impermeable.  $P_o$  y el número de curva mantiene una relación biunívoca mediante la expresión:

$$CN(P_o) = \frac{5080}{50.8 + P_o}$$

El modelo depende de un único parámetro  $P_0$ , por lo que los resultados son altamente sensibles a la estimación de dicho parámetro.

El modelo asume la existencia de un umbral por debajo del cual las precipitaciones no provocan escorrentía. Una vez rebasado este umbral, que actúa como intercepción inicial, comienza el encharcamiento y la escorrentía en superficie. En el modelo S.C.S. la capacidad de abstracción de un suelo y por lo tanto de generación de escorrentía depende de los mismos factores que afectan la infiltración de los suelos.

Los números de curva se obtienen para cada cuenca a partir de los correspondientes valores promediados del umbral de escorrentía, y corregidos por el coeficiente propuesto por el CEDEX (1994).

#### Modelos de transformación en subcuencas: S.C.S. Unit Hydrograph

El modelo utilizado para simular la transformación de la lluvia en escorrentía es el modelo del S.C.S: (S.C.S. Unit Hydrograph). Simplemente requiere conocer el área de cada subcuenca, el número de curva del SCS, el porcentaje impermeable del total de la superficie de la subcuenca y el tiempo  $T_{lag}$  (Tiempo de desfase al Pico).

El tiempo de desfase al pico se puede estimar con la siguiente expresión:

$$T_{lag} = \frac{3}{8} \cdot T_c - \frac{1}{8} \cdot D$$

con  $D = 1,2$  minutos (discretización de tiempo utilizada en el análisis).

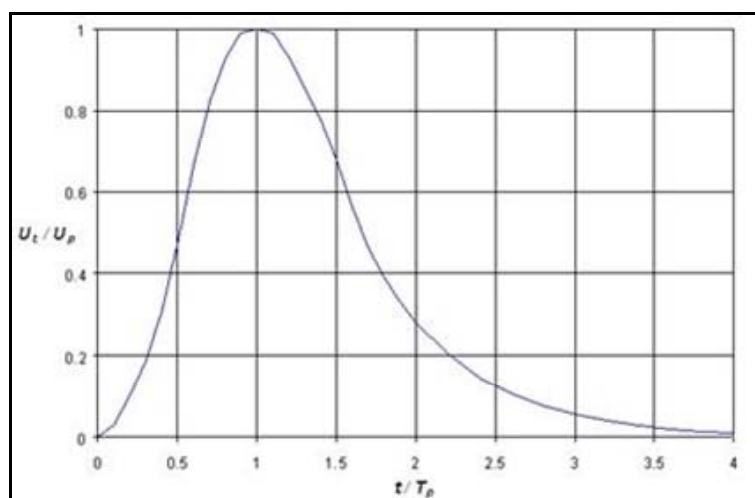


Figura 29. Hidrograma Unitario del SCS

Los tiempos de concentración y de Lag en cada una de las cuencas son:

CUENCA	$T_c$ (h)	$T_{Lag}$ (h)
1	2,70	1,01
2	2,06	0,77
3	1,59	0,60

Tabla 24. Tiempos de concentración y  $T_{Lag}$  de las subcuencas

### Modelos de flujo base en subcuencas

El flujo base son las aportaciones de los acuíferos a los ríos y lagos. En este estudio se considera que el flujo base es despreciable.

### Modelos de propagación en cauces: Modelo de Muskingum

Los modelos de propagación de caudales pretenden determinar el hidrograma de caudal en un punto de un curso de agua utilizando hidrogramas conocidos en uno o más puntos aguas arriba.

El modelo de mayor aceptación para la propagación de hidrogramas en cauces naturales es el de Muskingum. El método de Muskingum fue presentado por McCarthy (1938) y maneja relaciones caudal-almacenamiento variables.

Este método modela el almacenamiento en un cauce mediante la combinación de dos tipos de almacenamientos:

- Un almacenamiento prismático, formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo del cauce prismático.
- Un almacenamiento en cuña, formado por la diferencia entre los caudales de entrada y salida, o bien, por la pendiente de la lámina de agua en el tramo considerado.

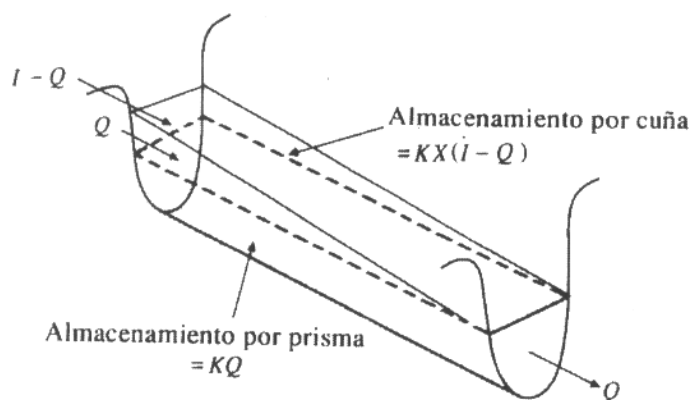


Figura 30. Hipótesis de almacenamiento en cuña



El volumen de almacenamiento prismático es proporcional al caudal de salida, ya que supone que el caudal de salida es proporcional al área de la sección del cauce:

$$S_p = K \cdot Q.$$

El valor de K se considera igual al tiempo de tránsito de la onda de avenida a través del tramo.

El volumen de almacenamiento por cuña es proporcional a la diferencia entre las entradas y las salidas:

$$S_c = K \cdot X \cdot (I - Q).$$

Donde X es un factor de ponderación tal que puede tomar valores entre 0 y 0,5, en función de la forma de almacenamiento en cuña.

Cuando X=0, no existe cuña, no hay curva de remanso y el almacenamiento en el cauce es tipo embalse:

$$S = K \cdot Q.$$

En este caso se produciría la máxima atenuación posible.

Cuando X=0,5, se dice que la cuña está completamente desarrollada y no existiría atenuación alguna del pico.

En cauces naturales muy caudalosos y de baja pendiente, X suele ser próximo a 0 y es más cercano a 0,5 cuanto más pendiente y menos caudal tenga el cauce.

Como se puede observar, el efecto del almacenamiento sobre un hidrograma que se propaga aguas abajo es, por un lado, el de modificar la forma del hidrograma, retrasando el tiempo al pico, aumentando el tiempo base y disminuyendo el caudal punta y, por otro lado, el de retrasar el comienzo del hidrograma, especialmente si se trata de cauces muy largos, donde la onda de avenida debe viajar una distancia considerable.

El almacenamiento total en el tramo del cauce sería entonces:

$$S = K \cdot [X \cdot I + (1 - X) \cdot Q]$$

Esta ecuación representa el modelo lineal de almacenamiento para la propagación de avenidas en cauces por el método de Muskingum.

Si se aplica la ecuación de Muskingum y la ecuación de la continuidad para calcular la variación de almacenamiento a través de un tramo entre dos instantes, 1 y 2, al comienzo y final de un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , y se igualan resulta una expresión discretizada tanto en tiempo como en espacio:

$$K \cdot [X(I_2 - I_1) + (1 - X) \cdot (Q_2 - Q_1)] = \frac{I_1 - I_2}{2} \cdot \Delta t - \frac{Q_1 + Q_2}{2} \cdot \Delta t$$

*Estimación de los parámetros K y X.*

Los parámetros K y X deberían calibrarse a partir de hidrogramas observados en un río, sin embargo estos hidrogramas no suelen registrarse por lo que su valor es estimativo.

El valor de X en los ríos españoles, en general poco caudalosos, se puede tomar como media un valor de 0.25 a 0.35.

Se adopta un valor de  $X=0.25$  para los tres tramos.

El valor de K se estima como el tiempo de viaje de la onda de avenida a través del tramo.

Se considera que la onda viaja a una velocidad media de  $V=1,2$  m/s, siendo el valor de K en cada uno de los tramos el siguiente:

*Tramo de propagación*

$$L_2 = 2,02 \text{ km}$$

$$K_2 = \frac{2020}{1,2} = 1683,33 \text{ s} = 0,47 \text{ h}$$

*Estabilidad del programa para la resolución del modelo de Muskingum*

El programa HEC-HMS implementa este modelo en diferencias finitas de modo que el programa sólo es estable si se verifica la siguiente relación:

$$\frac{1}{2 \cdot (1 - X)} \leq \frac{K}{N \cdot \Delta t} \leq \frac{1}{2 \cdot X}$$

Donde:

K, X son los parámetros del modelo de Muskingum

N es el número de subtramos en el que se discretiza un tramo de propagación para aplicar la ecuación.

$\Delta t$  es el incremento de tiempo considerado para el cálculo (el mismo para el cual se discretiza la lluvia)

Además para que el programa no de errores en la simulación de los hidrogramas debe verificarse que la discretización temporal utilizada para los hietogramas cumpla:

$$\Delta t \leq 29\% \cdot t_{lag}$$

Conocidos los tiempos de desfase ( $t_{lag}$ ) de cada una de las subcuencas debe verificarse la condición anterior para cada una de ellas, por lo que la subcuenca de menor  $t_{lag}$  es la que determine la mínima discretización a emplear.

El incremento de tiempo mínimo resulta ser:

$$\Delta t \leq 0,29 \cdot 0,70 = 0,20 \text{ h}$$

Se adopta:  $\Delta t = 0,20 \text{ h}$

En base a este incremento de tiempo y los valores estimados de K, y adoptando un valor medio de  $X = 0,25$ , para cada tramo se determina la discretización espacial en subtramos, N, de cada tramo, para que el programa sea estable.

*Tramo de propagación*

$$\frac{1}{(1-0,2)} \leq \frac{0,47}{N_1 \cdot 0,2} \leq \frac{1}{2 \cdot 0,2}$$

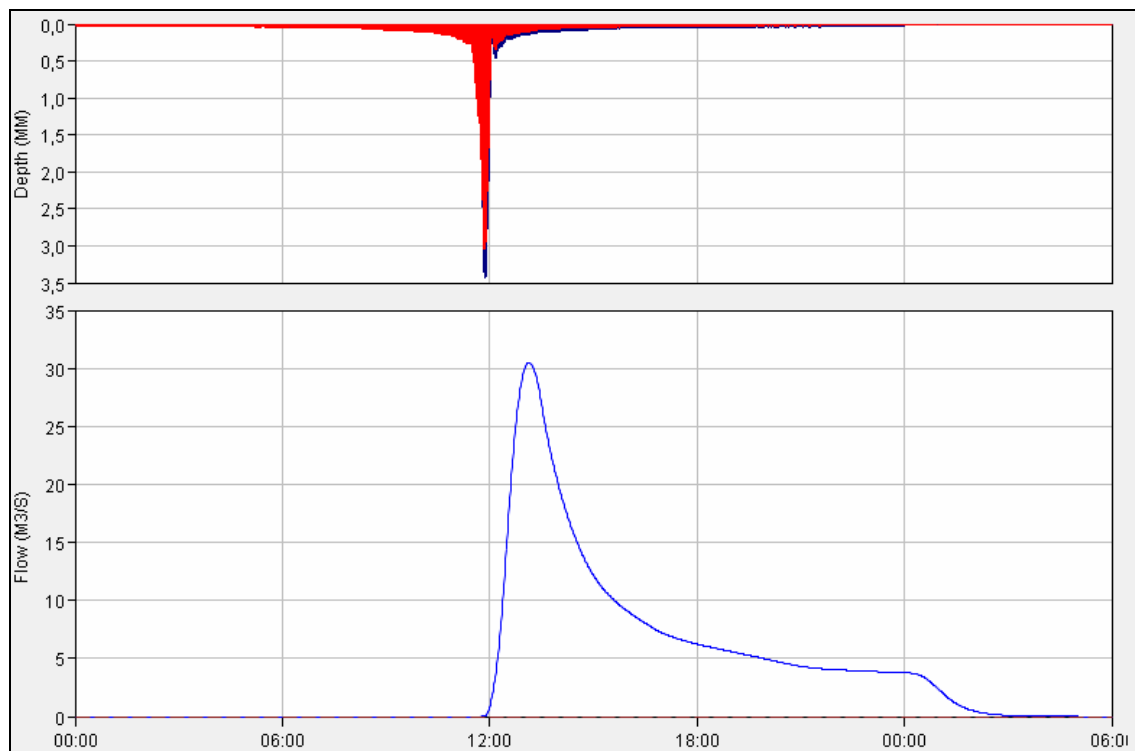
Se toma  $N_1 = 1$

## 6.4 Resultados Obtenidos Método Hidrometeorológico

### 6.4.1 Caudal de Periodo de Retorno de 100 años

Se presentan a continuación los resultados obtenidos para las tres subcuencas, así como en el punto de desagüe.

#### Subcuenca 1:



Computed Results			
Peak Discharge :	30,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01ene2009, 13:08
Total Precipitation :	142,00 (MM)	Total Direct Runoff :	20,92 (MM)
Total Loss :	121,08 (MM)	Total Baseflow :	0,00 (MM)
Total Excess :	20,92 (MM)	Discharge :	20,92 (MM)

Figura 31. Hidrograma de Subcuenca 1 para el caudal de  $T=100$  años

El caudal pico de descarga de la subcuenca para 100 años de periodo de retorno es de  $30,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

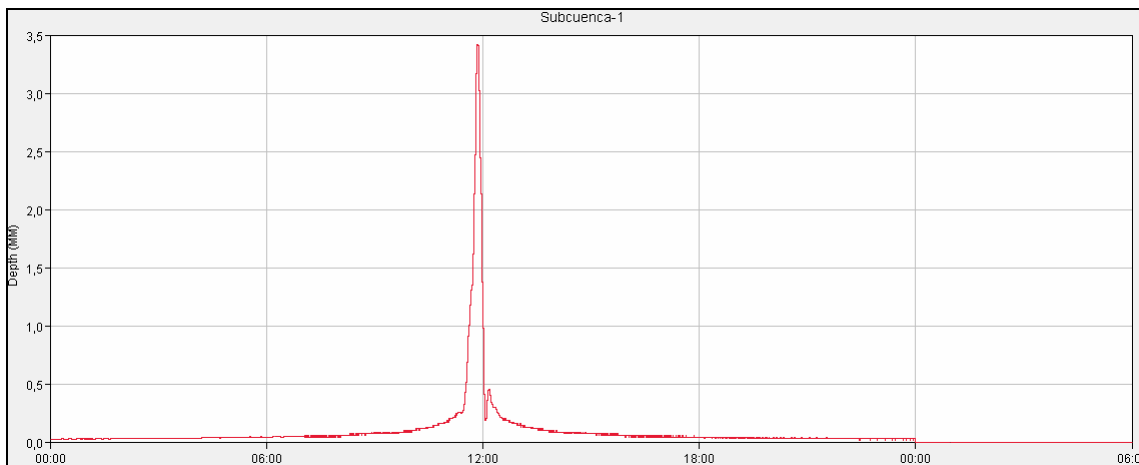


Figura 32. Precipitación en Subcuenca 1 para el caudal de  $T=100$  años

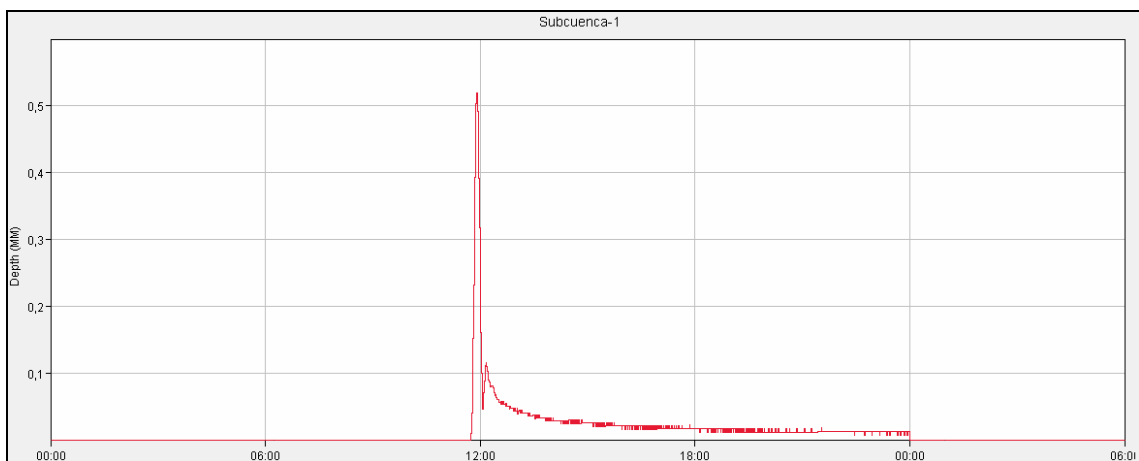


Figura 33. Escorrentía en Subcuenca 1 para el caudal de  $T=100$  años

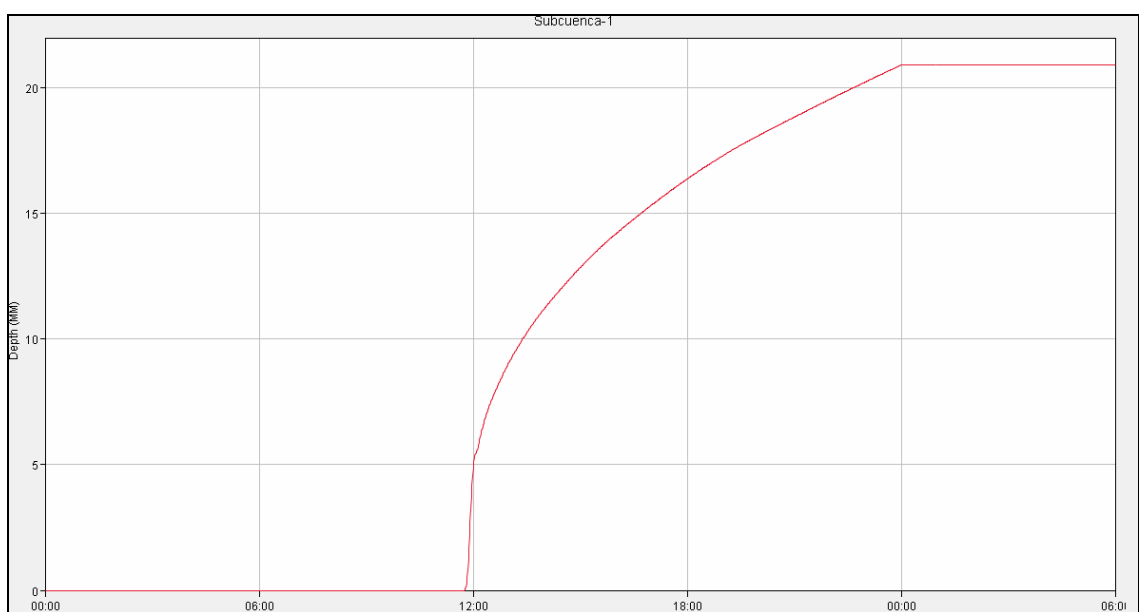
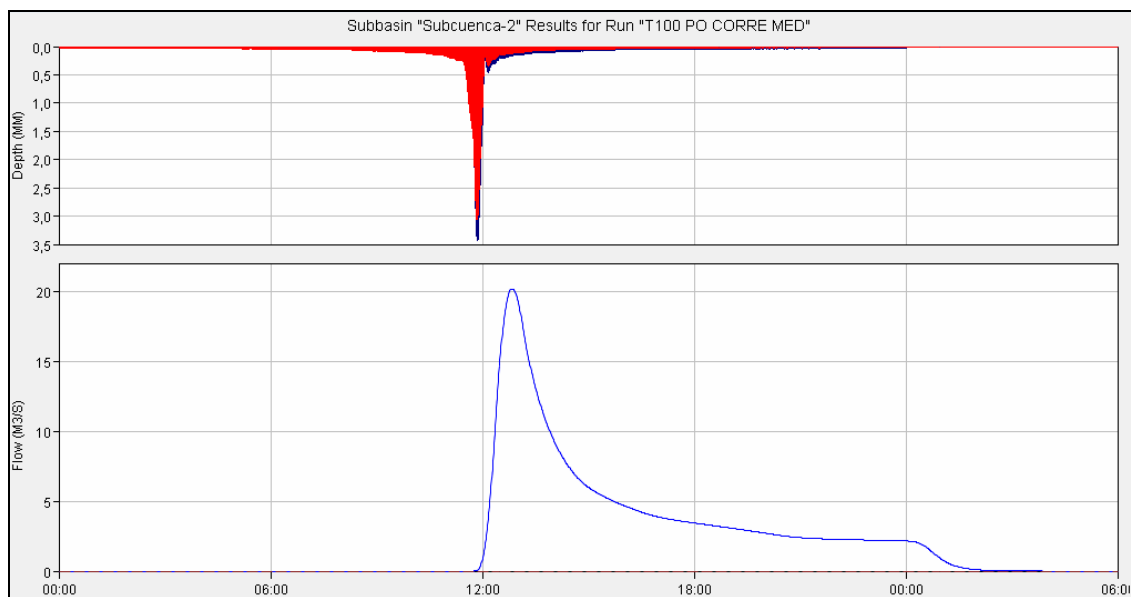


Figura 34. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 1 para el caudal de  $T=100$  años

**Subcuenca 2:**



Computed Results			
Peak Discharge :	20,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01ene2009, 12:51
Total Precipitation :	142,00 (MM)	Total Direct Runoff :	20,11 (MM)
Total Loss :	121,89 (MM)	Total Baseflow :	0,00 (MM)
Total Excess :	20,11 (MM)	Discharge :	20,11 (MM)

Figura 35. Hidrograma de Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años

El caudal pico de descarga de la subcuenca 2 para 100 años de periodo de retorno es de 20,2 m<sup>3</sup>/s.

En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

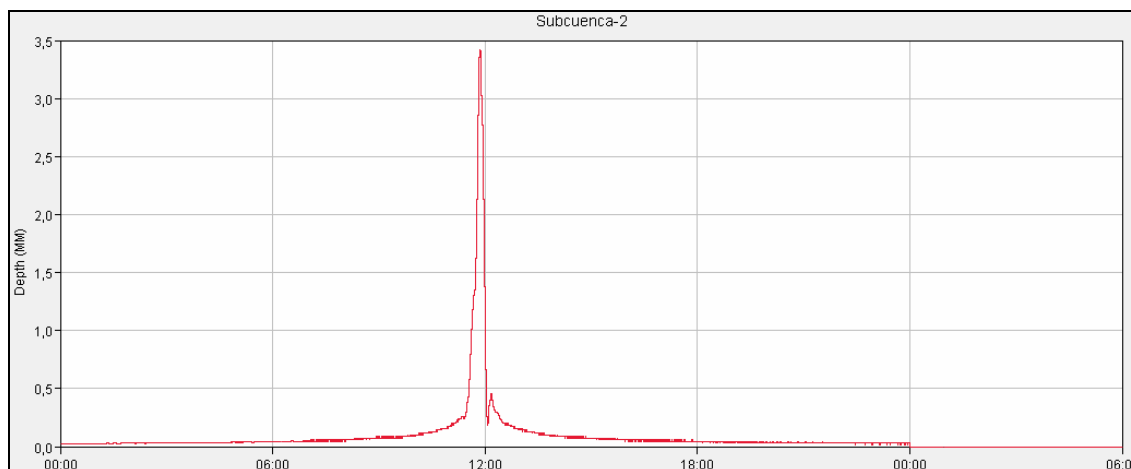


Figura 36. Precipitación en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años

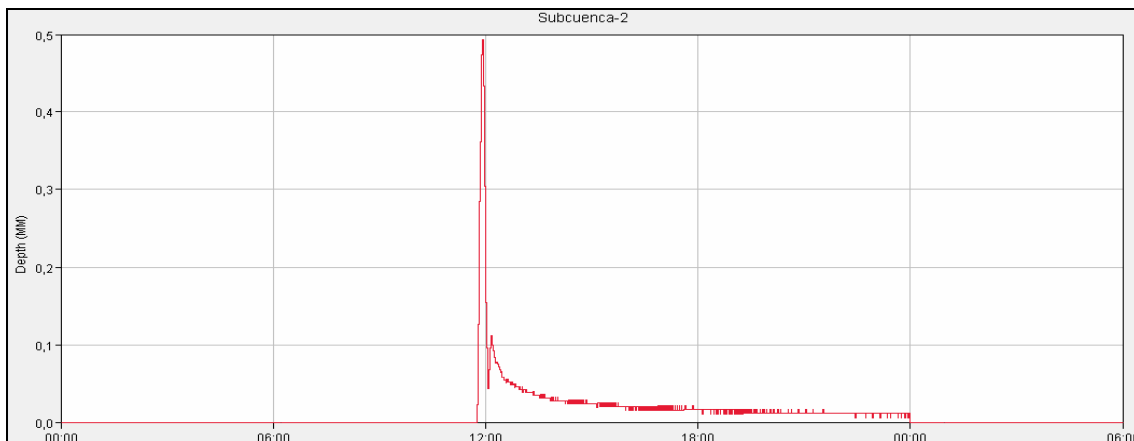


Figura 37. Escorrentía en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años

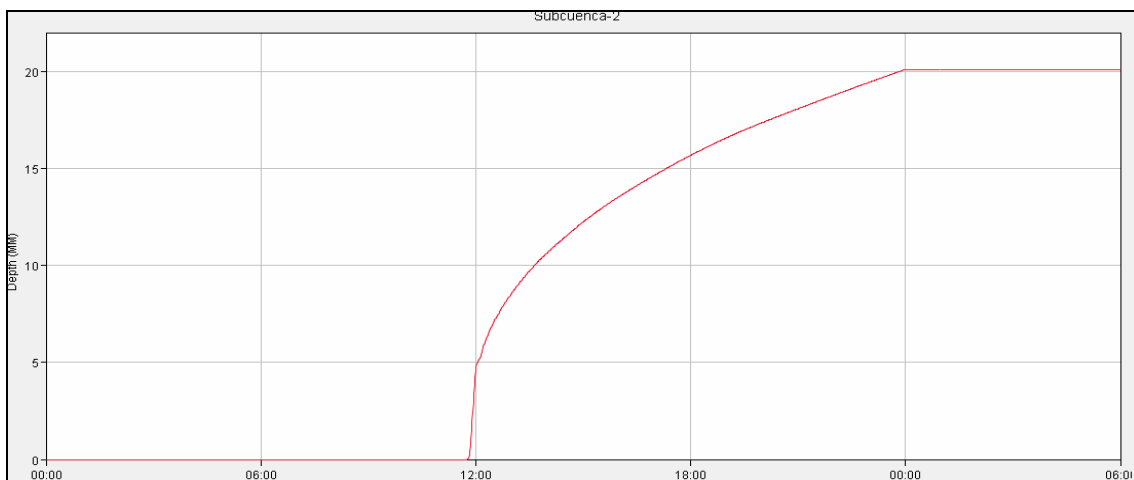
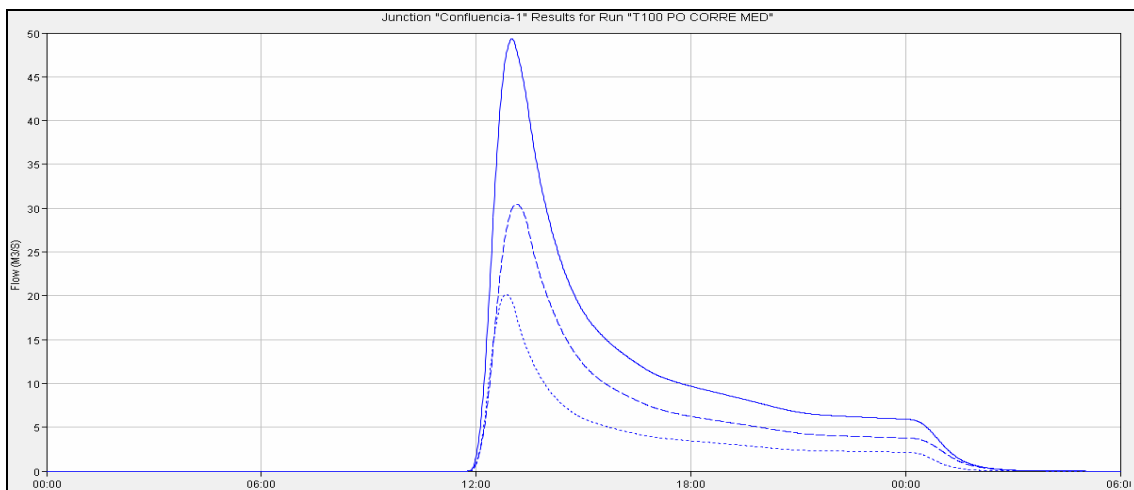


Figura 38. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años

**Confluencia 1:**

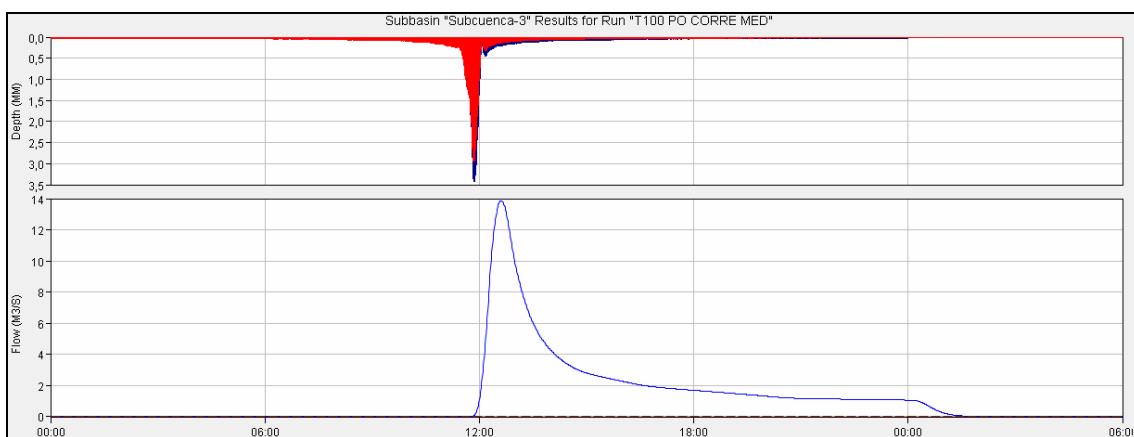


Computed Results	
Peak Outflow : 49,3 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 13:00
Total Outflow : 20,62 (MM)	

Figura 39. Hidrograma en la confluencia de subcuencas 1 y 2 para el caudal de T=100 años



**Subcuenca 3:**



Computed Results			
Peak Discharge :	13,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01ene2009, 12:36
Total Precipitation :	142,00 (MM)	Total Direct Runoff :	23,55 (MM)
Total Loss :	118,45 (MM)	Total Baseflow :	0,00 (MM)
Total Excess :	23,55 (MM)	Discharge :	23,55 (MM)

Figura 40. Hidrograma de Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años

El caudal pico de descarga de la subcuenca 3 para 100 años de periodo de retorno es de 13,9 m<sup>3</sup>/s.

En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

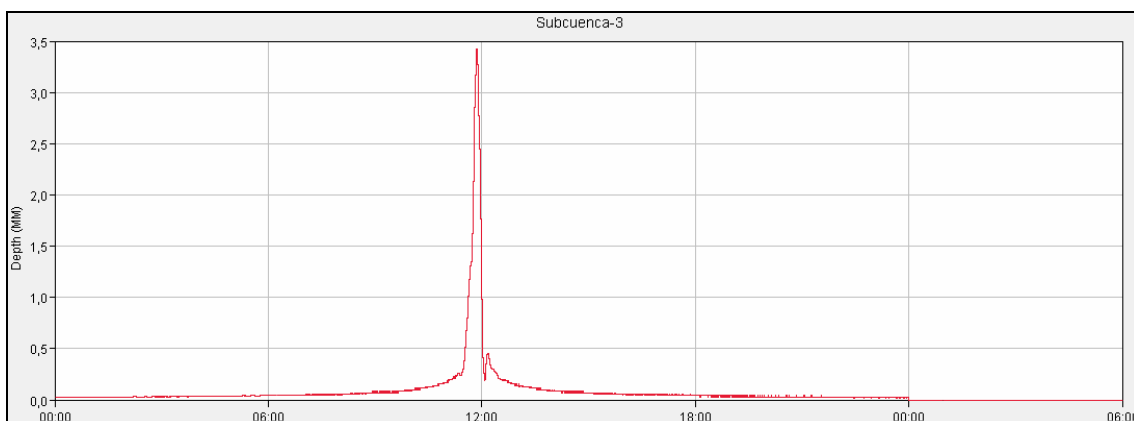


Figura 41. Precipitación en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años

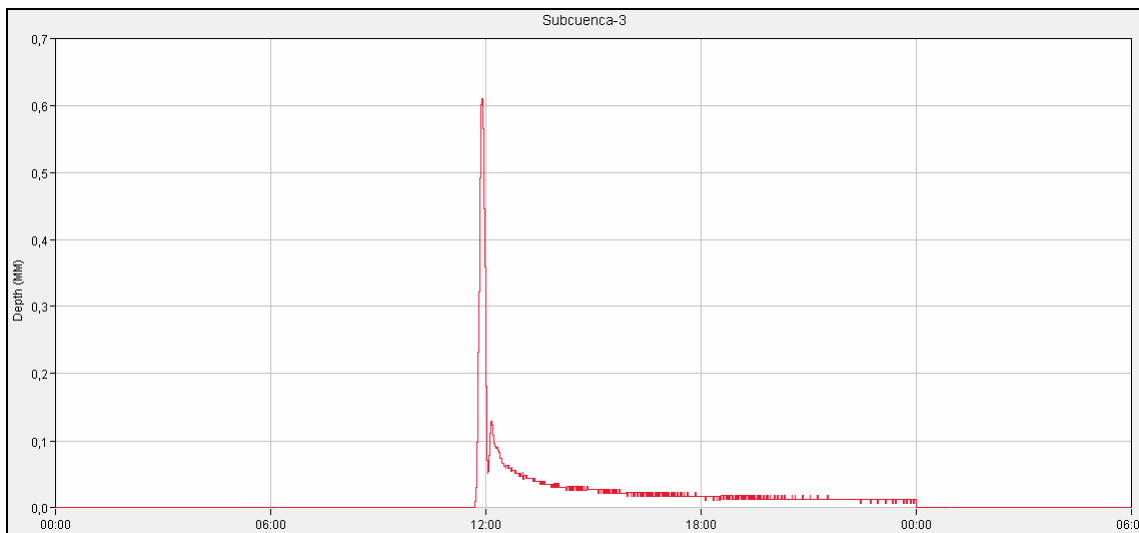


Figura 42. Escorrentía en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años

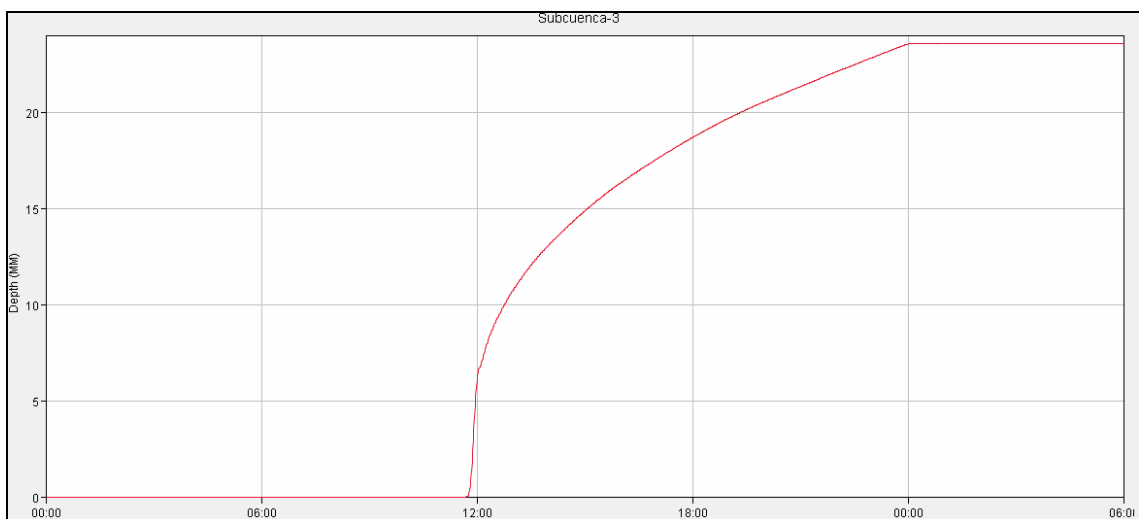


Figura 43. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 3 para el caudal de T=100 años

**Punto de desagüe:**

El caudal pico en el punto de desagüe para 100 años de periodo de retorno es de 59,7 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	30,5	01ene2009, 13:08	20,92
Subcuenca-2	11,59	20,2	01ene2009, 12:51	20,11
Confluencia-1	31,33	49,3	01ene2009, 13:00	20,62
Subcuenca-3	5,29	13,9	01ene2009, 12:36	23,55
Sink-1	36,62	59,7	01ene2009, 12:54	21,04

Computed Results  
 Peak Outflow : 59,7 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:54  
 Total Outflow : 21,04 (MM)

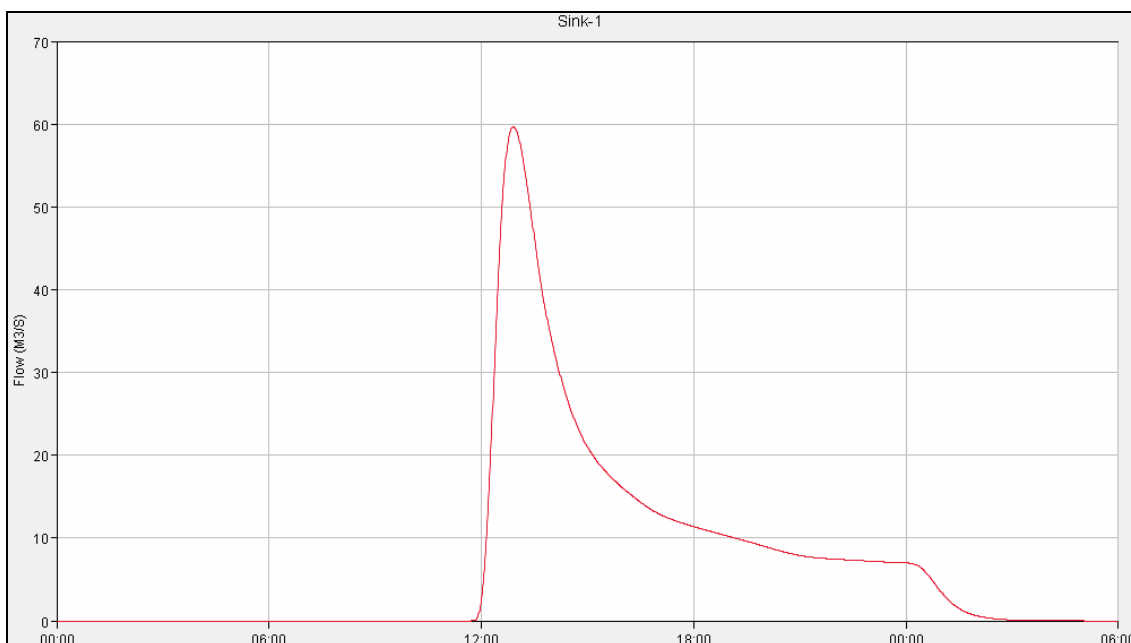
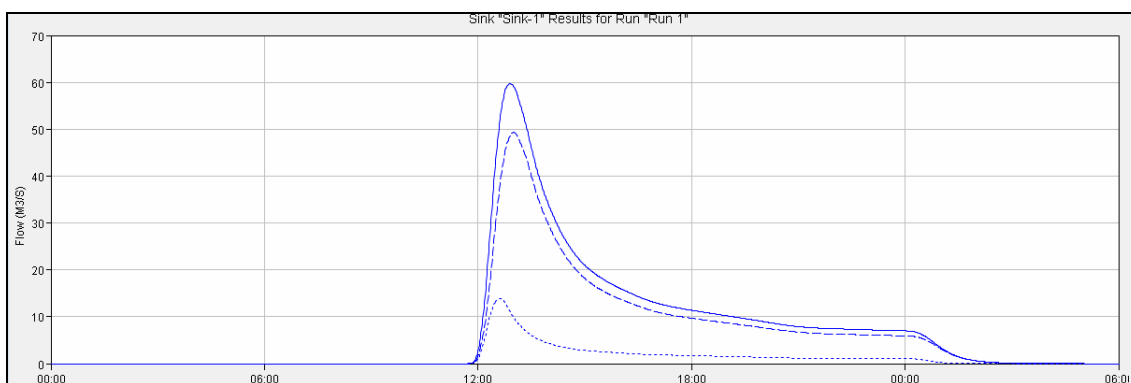
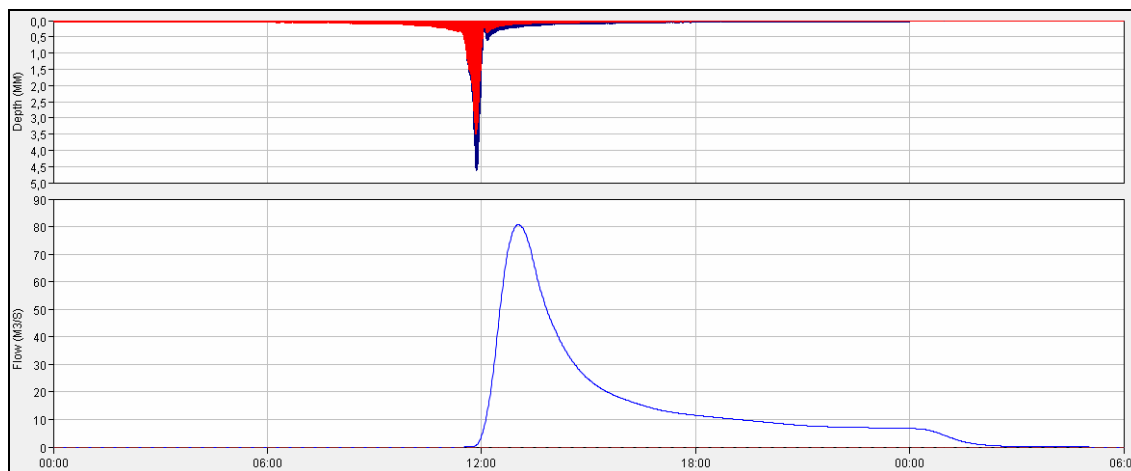


Figura 44. Hidrograma Q<sub>T100</sub>

### 6.4.2 Caudal de Periodo de Retorno de 500 años

#### Subcuenca 1:



Computed Results			
Peak Discharge :	80,8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01ene2009, 13:02
Total Precipitation :	192,00 (MM)	Total Direct Runoff :	45,57 (MM)
Total Loss :	146,43 (MM)	Total Baseflow :	0,00 (MM)
Total Excess :	45,57 (MM)	Discharge :	45,57 (MM)

Figura 45. Hidrograma de Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años

El caudal pico de descarga de la subcuenca 1 para 500 años de periodo de retorno es de 80,8 m<sup>3</sup>/s.

En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

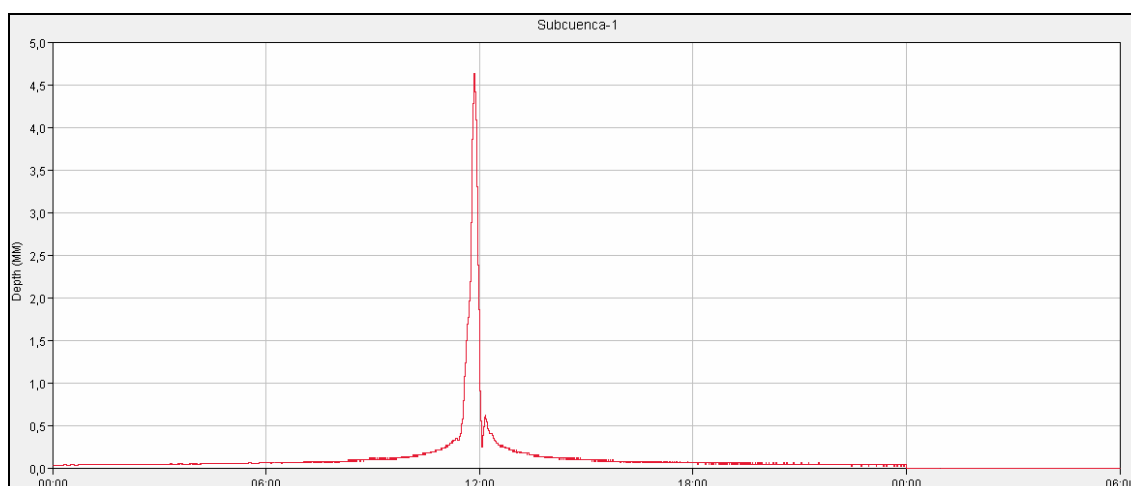


Figura 46. Precipitación en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años

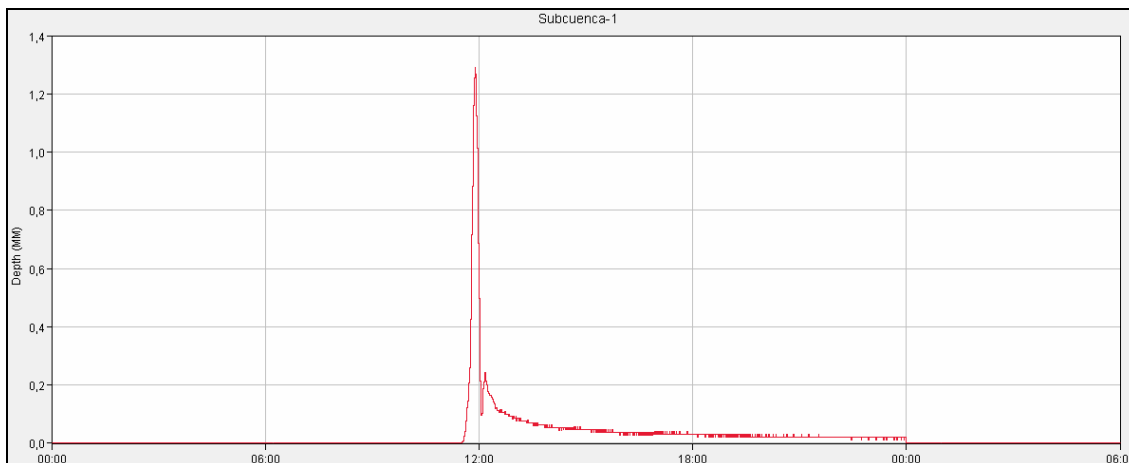


Figura 47. Escorrentía en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años

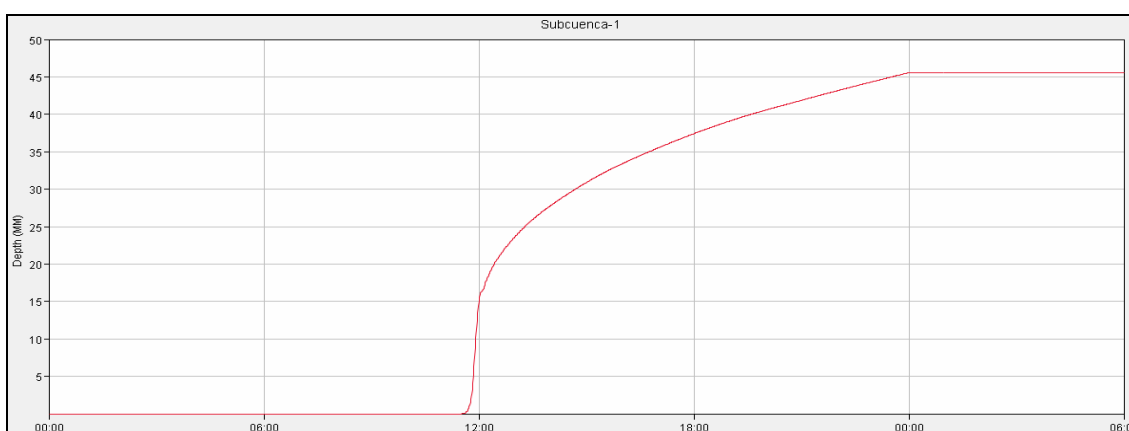
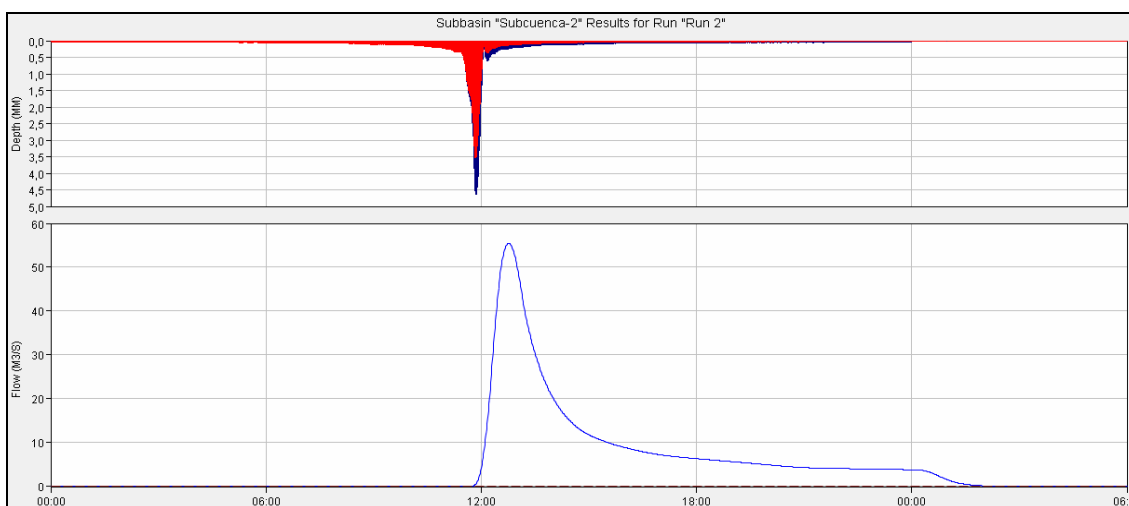


Figura 48. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 1 para el caudal de T=500 años

**Subcuenca 2:**



Computed Results			
Peak Discharge :	55,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge :	01ene2009, 12:46
Total Precipitation :	192,00 (MM)	Total Direct Runoff :	44,30 (MM)
Total Loss :	147,70 (MM)	Total Baseflow :	0,00 (MM)
Total Excess :	44,30 (MM)	Discharge :	44,30 (MM)

Figura 49. Hidrograma de Subcuenca 2 para el caudal de T=100 años

El caudal pico de descarga de la subcuenca 2 para 500 años de periodo de retorno es de  $55,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

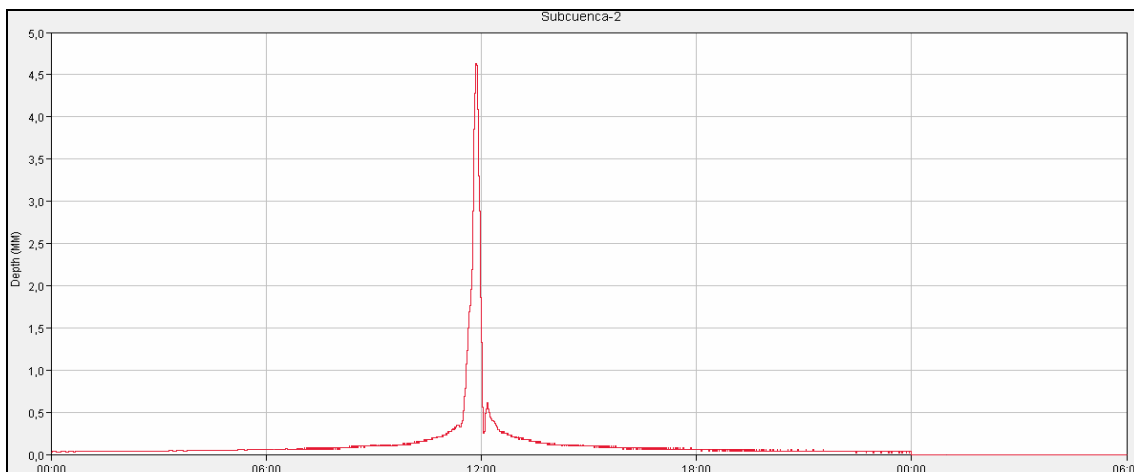


Figura 50. Precipitación en Subcuenca 2 para el caudal de  $T=100$  años

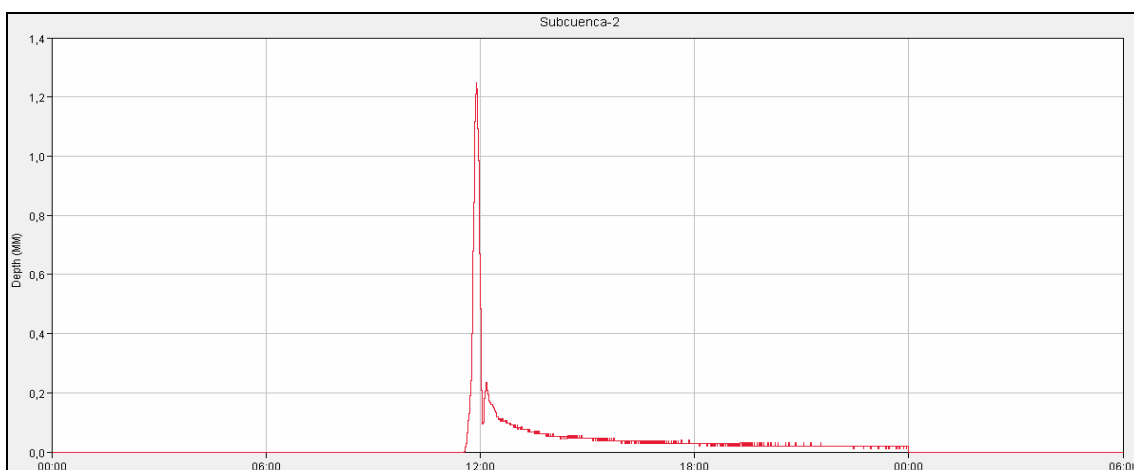


Figura 51. Escorrentía en Subcuenca 2 para el caudal de  $T=100$  años

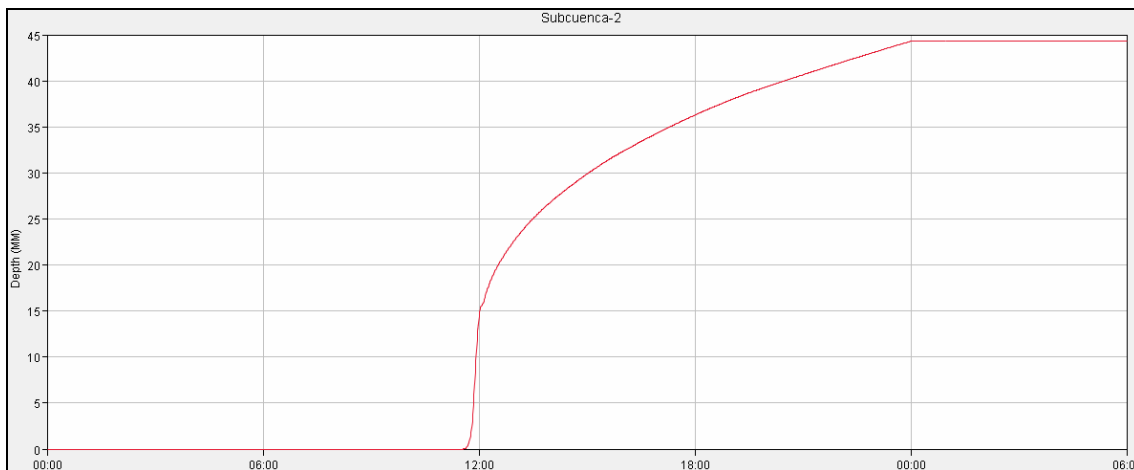


Figura 52. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 2 para el caudal de  $T=100$  años

### Confluencia 1:

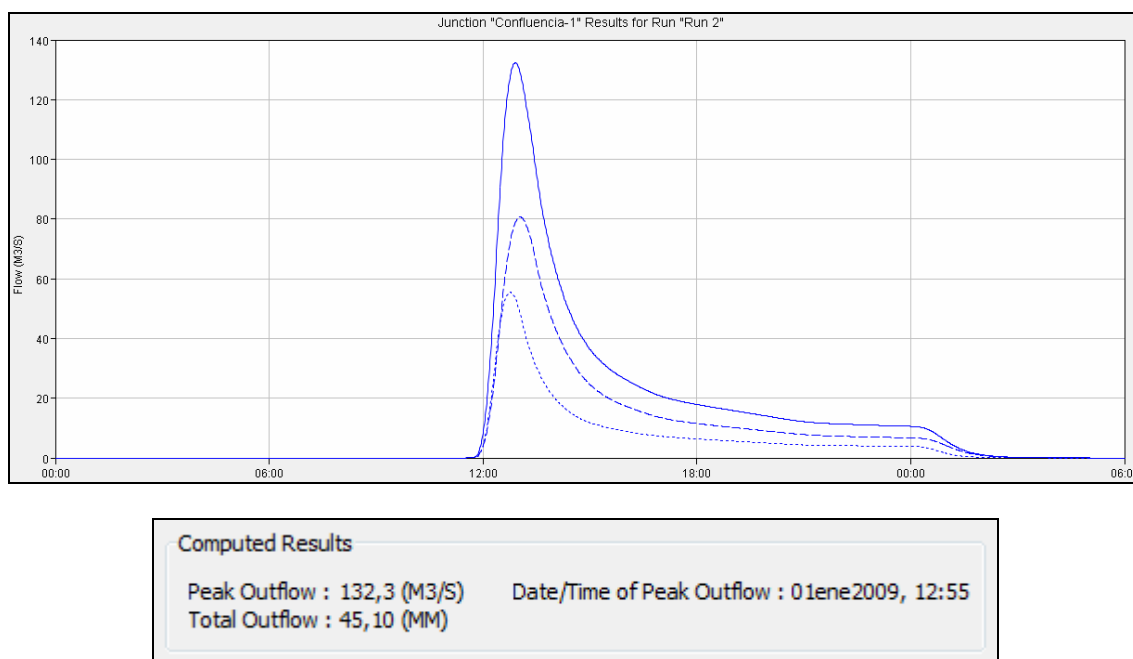


Figura 53. Hidrograma en la confluencia de subcuencas 1 y 2 para el caudal de T=500 años

### Subcuenca 3:

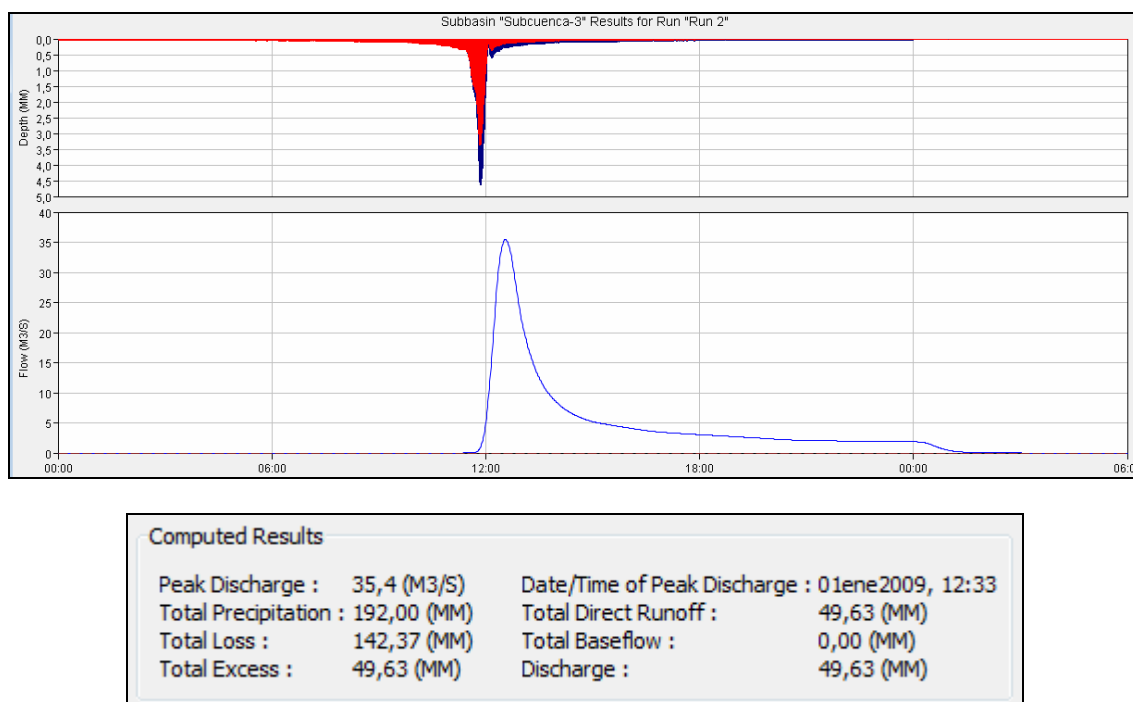


Figura 54. Hidrograma de Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años

El caudal pico de descarga de la subcuenca 3 para 100 años de periodo de retorno es de 35,4 m<sup>3</sup>/s.



En las siguientes gráficas se pueden observar las variables: precipitación, escorrentía y escorrentía acumulada para esta subcuenca.

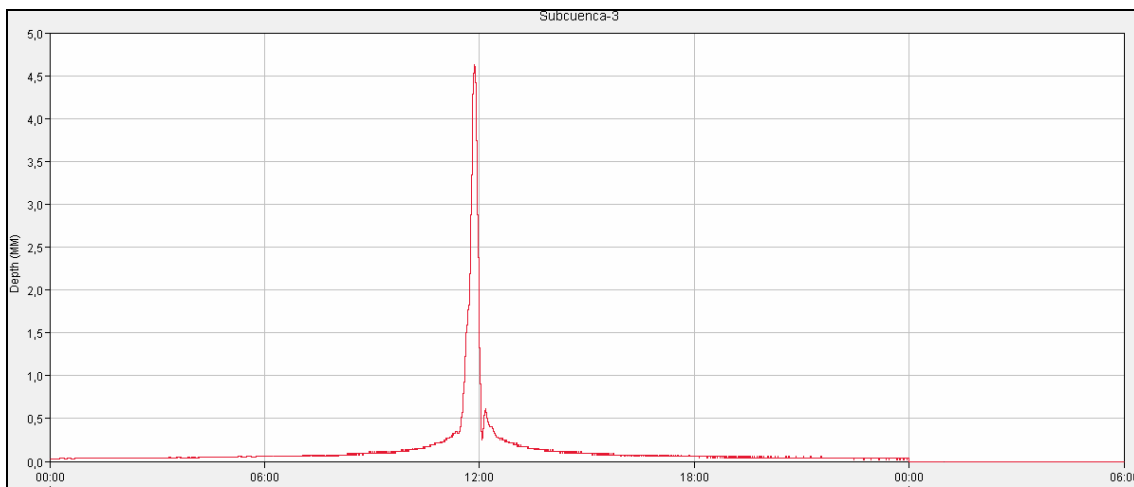


Figura 55. Precipitación en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años

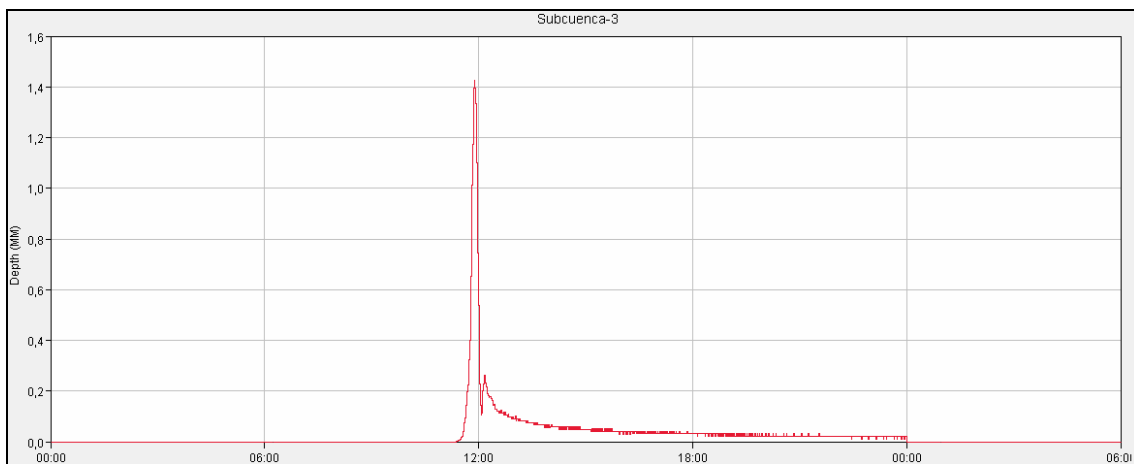


Figura 56. Escorrentía en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años

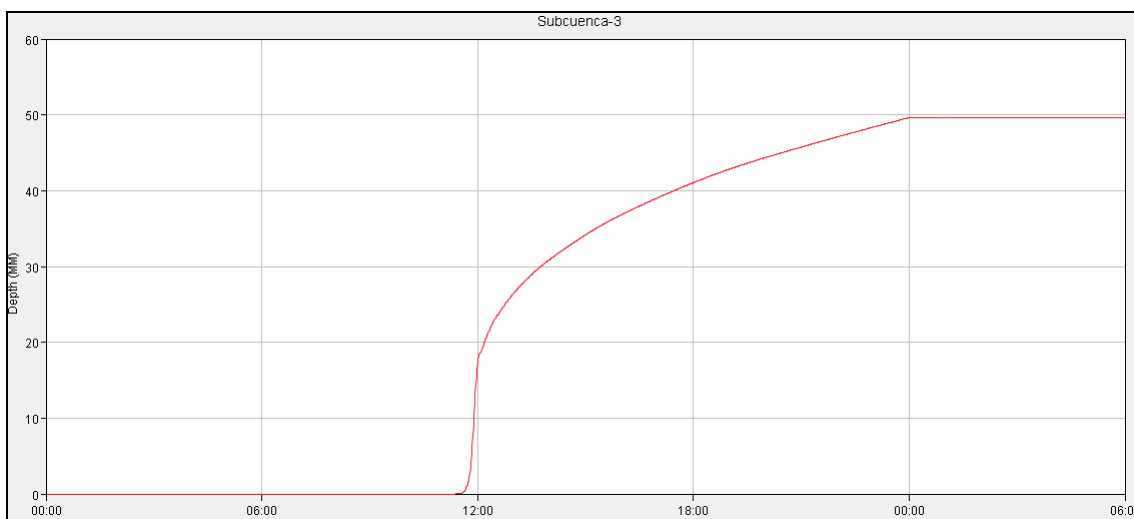


Figura 57. Escorrentía Acumulada en Subcuenca 3 para el caudal de T=500 años

**Punto de desagüe:**

El caudal pico en el punto de desagüe para 100 años de periodo de retorno es de 159,6 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	80,8	01ene2009, 13:02	45,57
Subcuenca-2	11,59	55,5	01ene2009, 12:46	44,30
Confluencia-1	31,33	132,3	01ene2009, 12:55	45,10
Subcuenca-3	5,29	35,4	01ene2009, 12:33	49,63
Sink-1	36,62	159,6	01ene2009, 12:49	45,75

Computed Results  
 Peak Outflow : 159,6 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:49  
 Total Outflow : 45,75 (MM)

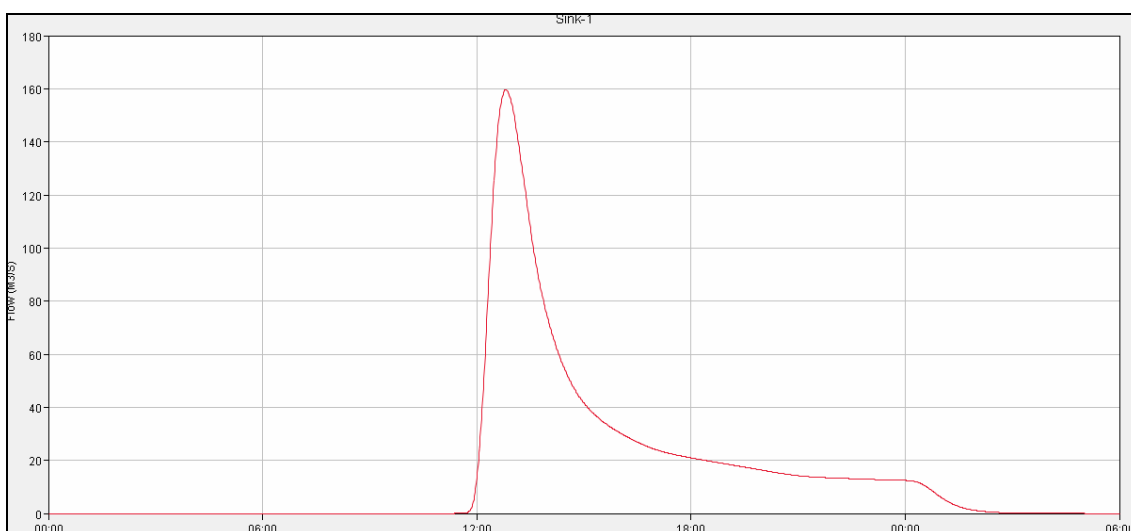
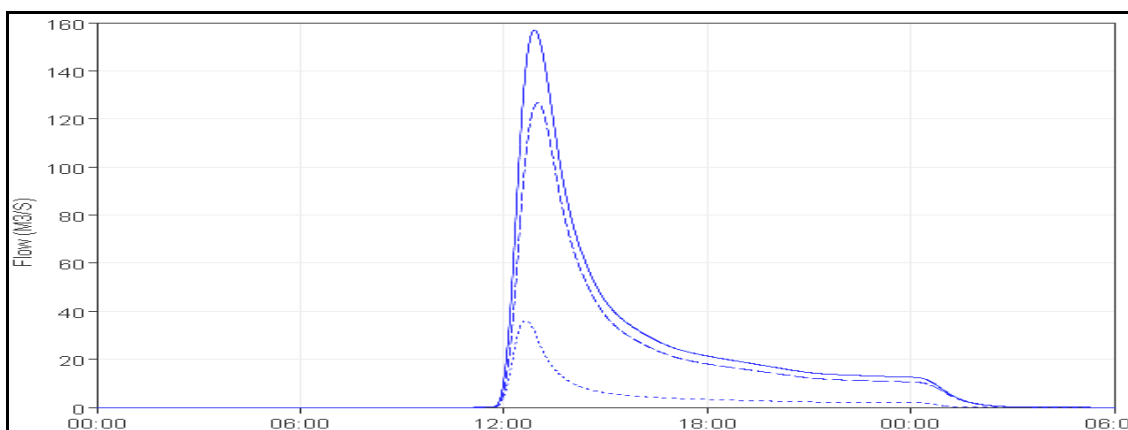


Figura 58. Hidrograma  $Q_{T500}$

## 6.5 Resultados Obtenidos Método Soil Conservation Service

Se aplica la modelación mediante el software informático Hec-Hms a las cuencas de estudio con los parámetros definitorios de la escorrentía obtenidos gracias a la metodología de cálculo del SCS (*Tabla 20*).

Se recuerda que los números de curva para dichas cuencas son:

Los resultados obtenidos en el punto de desagüe para los periodos de retorno de 100 y 500 años se exponen a continuación.

### 6.5.1 Caudal de Periodo de Retorno de 100 años

#### a) Números De Curva “CN(I)”

El caudal pico en el punto de desagüe para 100 años de periodo de retorno es  $54 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	27,6	01ene2009, 13:09	19,58
Subcuenca-2	11,59	18,2	01ene2009, 12:51	18,79
Confluencia-1	31,33	44,6	01ene2009, 13:01	19,29
Subcuenca-3	5,29	12,6	01ene2009, 12:37	22,17
Sink-1	36,62	54,0	01ene2009, 12:55	19,70

Computed Results	
Peak Outflow : 54,0 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:55
Total Outflow : 19,70 (MM)	

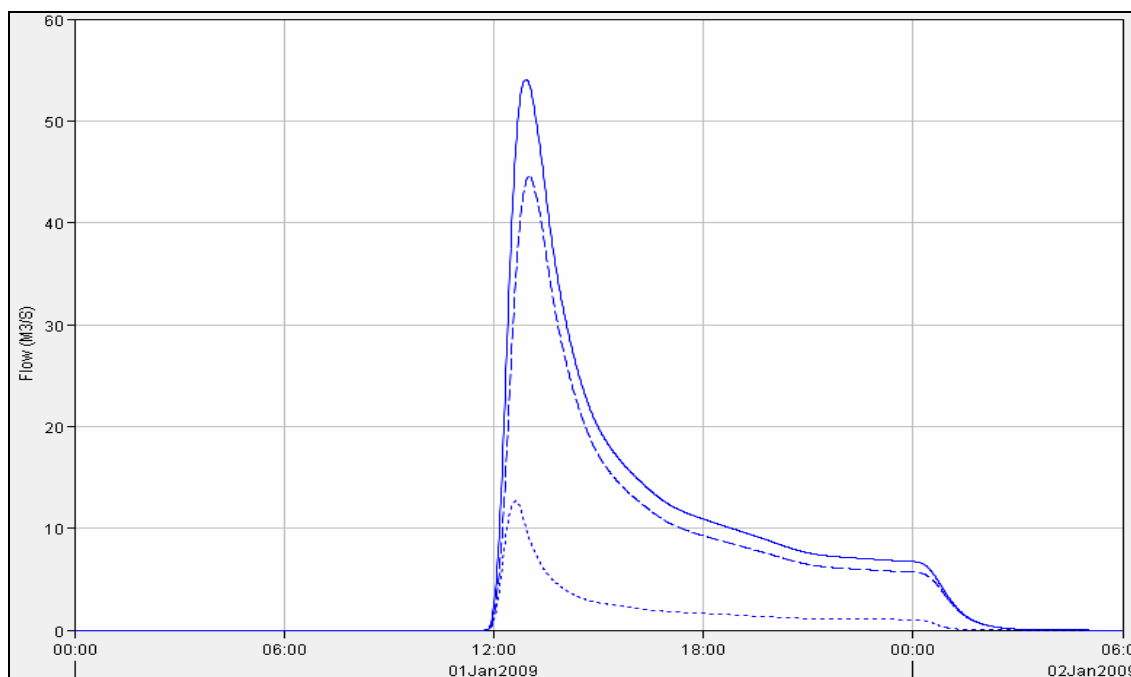


Figura 59. Hidrograma  $Q_{T100}$ . SCS (I).

b) *Números De Curva “CN(II)”*

El caudal pico en el punto de desagüe para 100 años de periodo de retorno es 239,9 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	120,7	01ene2009, 12:57	58,69
Subcuenca-2	11,59	84,8	01ene2009, 12:42	57,69
Confluencia-1	31,33	199,8	01ene2009, 12:50	58,32
Subcuenca-3	5,29	50,2	01ene2009, 12:30	61,81
Sink-1	36,62	239,9	01ene2009, 12:45	58,82

Computed Results  
 Peak Outflow : 239,9 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:45  
 Total Outflow : 58,82 (MM)

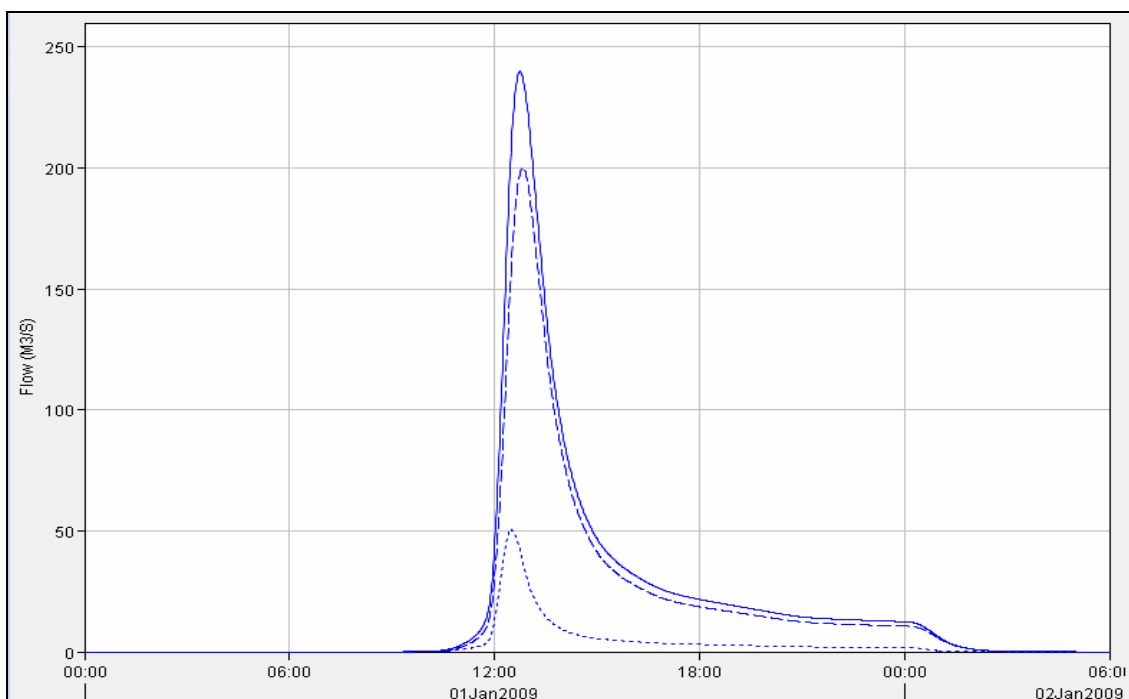


Figura 60. Hidrograma  $Q_{T100}$ . SCS (II)

c) *Números De Curva “CN(III)”*

El caudal pico en el punto de desagüe para 100 años de periodo de retorno es 402,7 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	202,2	01ene2009, 12:54	94,34
Subcuenca-2	11,59	143,5	01ene2009, 12:39	93,59
Confluencia-1	31,33	337,0	01ene2009, 12:46	94,06
Subcuenca-3	5,29	80,7	01ene2009, 12:28	96,69
Sink-1	36,62	402,7	01ene2009, 12:42	94,44

Computed Results  
 Peak Outflow : 402,7 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:42  
 Total Outflow : 94,44 (MM)

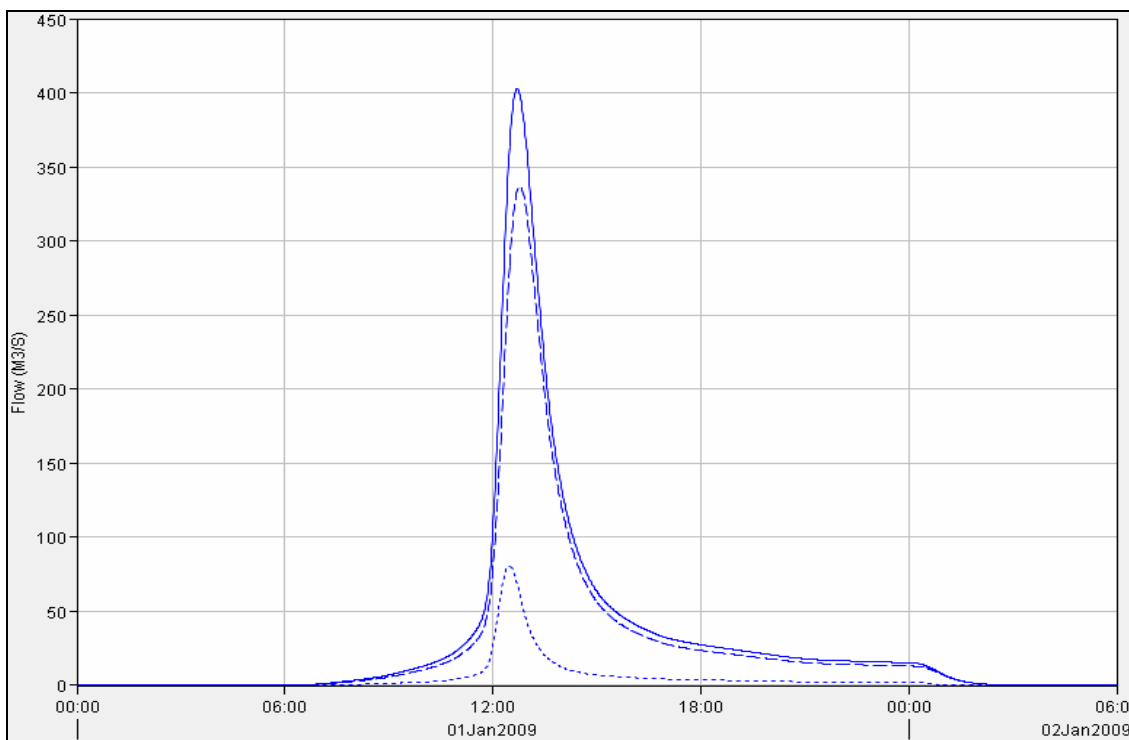


Figura 61. Hidrograma  $Q_{T100}$ . SCS (III)

### 6.5.2 Caudal de Periodo de Retorno de 500 años

a) *Números De Curva “CN(I)”*

El caudal pico en el punto de desagüe para 500 años de periodo de retorno es 149,7 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	75,8	01ene2009, 13:03	43,48
Subcuenca-2	11,59	51,9	01ene2009, 12:46	42,23
Confluencia-1	31,33	124,0	01ene2009, 12:55	43,02
Subcuenca-3	5,29	33,4	01ene2009, 12:33	47,50
Sink-1	36,62	149,7	01ene2009, 12:49	43,66

Computed Results  
 Peak Outflow : 149,7 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:49  
 Total Outflow : 43,66 (MM)

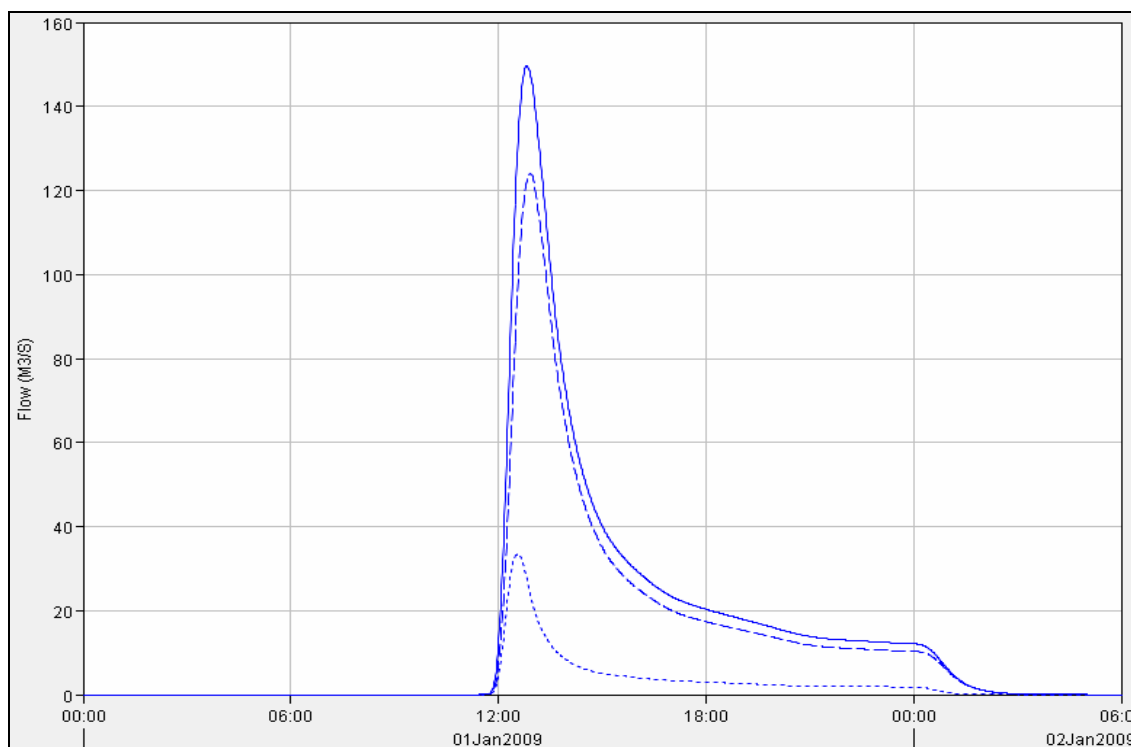


Figura 62. Hidrograma  $Q_{T500}$ - SCS (I)

b) *Números De Curva “CN(II)”*

El caudal pico en el punto de desagüe para 500 años de periodo de retorno es 413,9 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	208,0	01ene2009, 12:56	98,24
Subcuenca-2	11,59	146,9	01ene2009, 12:40	96,96
Confluencia-1	31,33	345,5	01ene2009, 12:48	97,76
Subcuenca-3	5,29	84,9	01ene2009, 12:29	102,20
Sink-1	36,62	413,9	01ene2009, 12:43	98,41

Computed Results  
 Peak Outflow : 413,9 (M3/S)      Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:43  
 Total Outflow : 98,41 (MM)

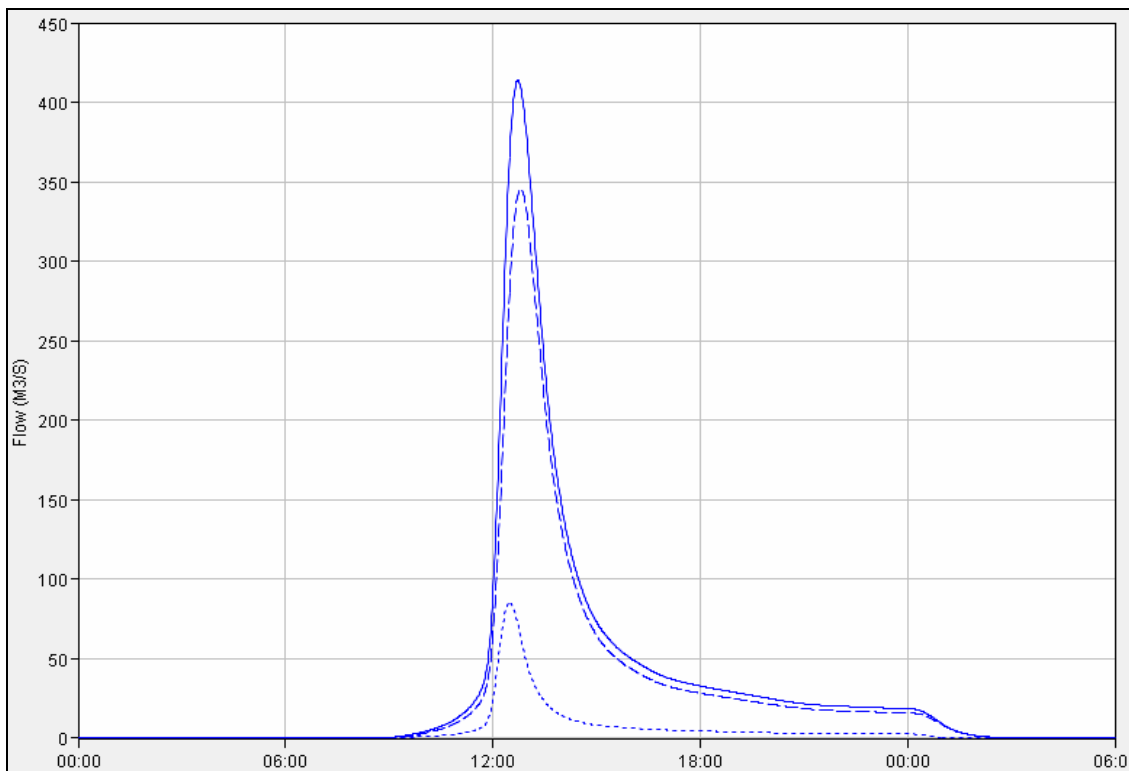


Figura 63. Hidrograma  $Q_{T500}$ . SCS (II)



c) *Números De Curva “CN(III)”*

El caudal pico en el punto de desagüe para 500 años de periodo de retorno es 599,4 m<sup>3</sup>/s.

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca-1	19,74	301,0	01ene2009, 12:53	141,19
Subcuenca-2	11,59	213,9	01ene2009, 12:39	140,34
Confluencia-1	31,33	502,3	01ene2009, 12:46	140,87
Subcuenca-3	5,29	119,1	01ene2009, 12:28	143,85
Sink-1	36,62	599,4	01ene2009, 12:42	141,30

Computed Results	
Peak Outflow : 599,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Outflow : 01ene2009, 12:42
Total Outflow : 141,30 (MM)	

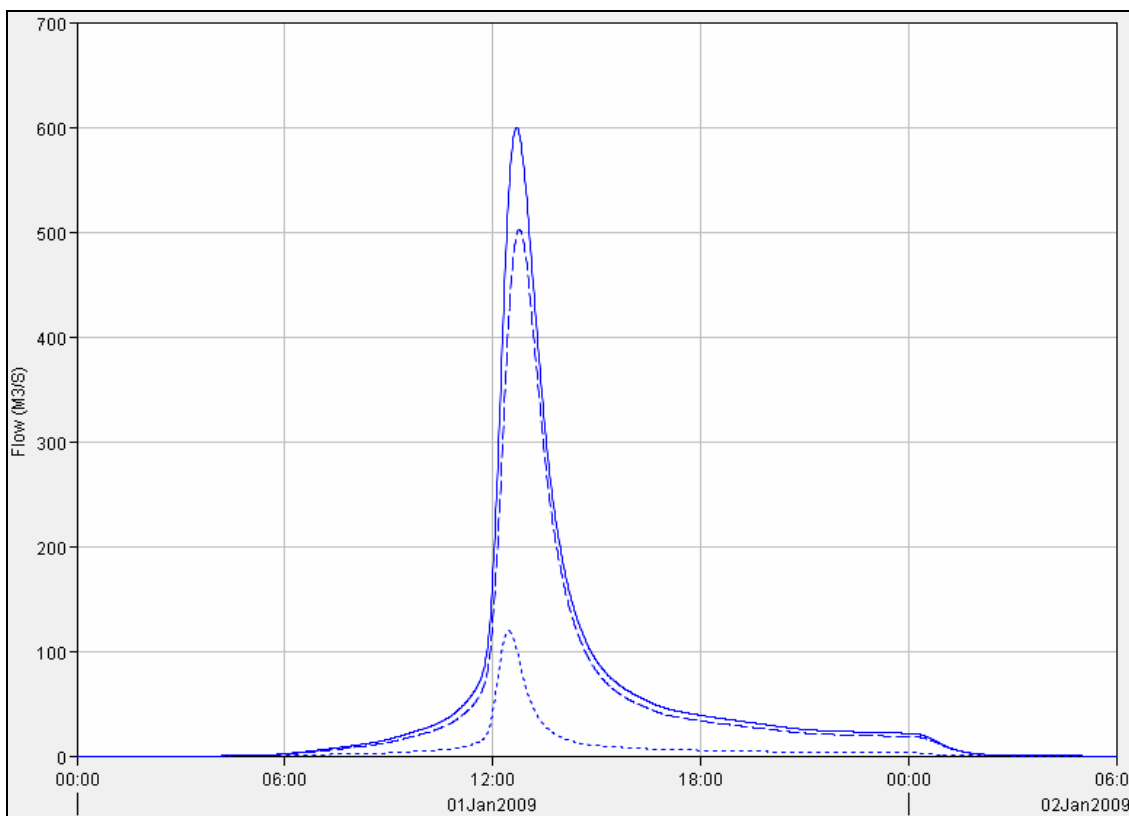


Figura 64. Hidrograma  $Q_{T500}$ . SCS (III)

## 6.6 Comparativa de Resultados Obtenidos

Se ha calculado el caudal punta en la confluencia del barranco con el puente estudiado mediante el método racional modificado por Témez y mediante el del SCS.

Se presenta a continuación una gráfica con los resultados obtenidos.

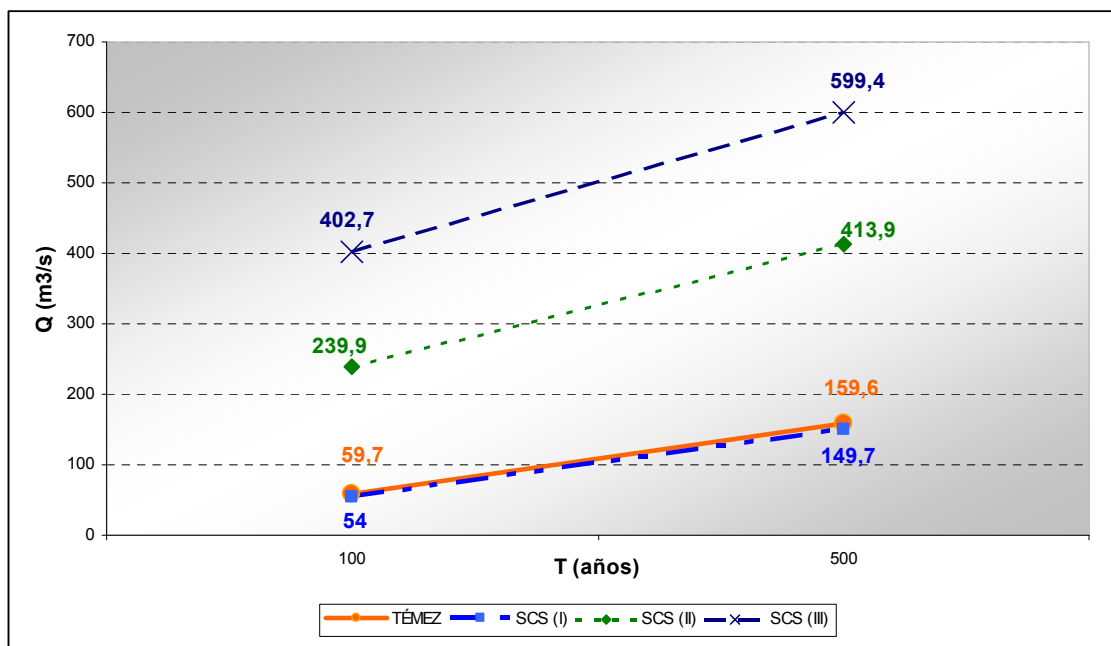


Figura 65. Caudales en el punto de vertido

El método americano contempla la variabilidad de generación de caudales a partir de las diferentes condiciones de humedad previa del suelo, por lo tanto los resultados de caudales para condiciones previas de humedad normales, secas o húmedas con muy diversos.

Hay que tener en cuenta que los valores de caudal conseguidos con CN(II) corresponden a condiciones normales del terreno, es decir, en condiciones antecedentes de humedad normales. En la región que se está estudiando, se ha comprobado que las lluvias tienen carácter torrencial, (episodios de escasa duración temporal y elevada precipitación) sobretodo en la época otoñal donde se produce el fenómeno llamado “gota fría”.

Por esta razón, se opta por elegir las condiciones de humedad previa del terreno inferiores, secas, que lógicamente generará el menor de los caudales posibles porque el terreno al no estar empapado posee gran cantidad de poros vacíos que absorben mayor cantidad de agua precipitada.

Los valores de caudal para CN(I), tal y como se puede apreciar en la gráfica anterior son del orden de magnitud de los obtenidos por el método hidrometeorológico, donde, se recuerda que se aplicó un factor corrector de humedad cuantificado por Témez para España.

## 7 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico que se realiza comienza con el estudio de la zona, se ubican las estaciones pluviométricas más cercanas al área con número suficiente de datos con la finalidad de poder realizar un análisis estadístico del que extraer los datos de precipitaciones máximas adoptadas para el cálculo de caudales.

Las estaciones elegidas para el estudio, de las que se solicitaron datos al organismo AEMET, son: 8- 038, y 8- 033 A.

Una vez procesados los datos, mediante el test de comprobación de Kolgomorov-Smirnov, se concluye que la distribución óptima es la distribución SQRT-ET max y por lo tanto es la que se adopta para calcular las precipitaciones máximas para el cálculo de caudales de avenida.

A continuación se presenta una tabla resumen en la que se muestran para cada periodo de retorno estudiado, el valor máximo de Precipitación Máxima Diaria (mm/h) de entre las distribuciones empleadas para la estación meteorológica elegida.

Se identifican las subcuencas del Barranco Torres, y se definen las características hidromorfométricas más importantes.

A partir de estos datos, se emplea en un primer paso el método simplificado denominado Método Racional modificado, para la estimación de los caudales punta de avenida, cuyos resultados en modo de tabla resumen se presentan a continuación:

<b>CAUDAL PUNTA DE AVENIDA (m<sup>3</sup>/s)</b>	
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>Método Racional</b>
100	85,66
500	166,32

*Tabla 25. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según el Método Racional*

En un segundo paso, se utiliza un método pseudo-distribuido de simulación, que combina el empleo de modelos de respuesta (hidrogramas) de las distintas subcuencas en que se subdivide la cuenca completa, junto con modelos de

transporte que simulan la propagación de los hidrogramas a lo largo de los distintos tramos de cauce.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

<b>CAUDAL PUNTA DE AVENIDA (m<sup>3</sup>/s)</b>	
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>Método Racional</b>
100	59,7
500	159,6

Tabla 26. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según el Método Pseudo-distribuido

Se comparan los caudales obtenidos por ambos métodos, racional y pseudo-distribuido y se observa que el método pseudo-distribuido conduce a valores del caudal pico mayores que los obtenidos por el método racional para ambos periodos de retorno.

Por otra parte, se calculan los caudales vertientes al punto de desagüe mediante el método del SCS, el cual tiene en cuenta las condiciones de humedad previas del suelo en los cinco días anteriores al aguacero analizado.

Se observa la gran variabilidad de los datos obtenidos, y se adoptan los caudales correspondientes a condiciones de humedad previas secas, debido a las características de la zona.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

<b>CAUDAL PUNTA DE AVENIDA (m<sup>3</sup>/s)</b>			
<b>Periodo de retorno (años)</b>	<b>SCS CN(I)</b>	<b>SCS CN(II)</b>	<b>SCS CN(III)</b>
100	54,0	239,9	402,7
500	149,7	413,9	599,4

Tabla 27. Caudales punta de avenida de 100 y 500 años según SCS

Se opta por escoger el modelo pseudo-distribuido por considerarlo más preciso, así como los caudales provenientes del método racional modificado por Témez en lugar del los del SCS(I), por estar del lado de la seguridad.

## **8 ESTUDIO HIDRÁULICO. MODELACIÓN UNIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN PERMANENTE**

El objetivo del estudio hidráulico es determinar las características del flujo y en particular la altura de la lámina de agua y la extensión de la zona de inundación como consecuencia de las avenidas de periodos de retorno de 100 y 500 años.

Según criterio de la Confederación Hidrográfica del Júcar, para cualquier actuación que afecte al Dominio Público Hidráulico o a su zona de policía, y en caso particular de construcción de un puente sobre cauce público, se debe realizar un estudio hidrológico e hidráulico de la zona con cálculos de 500 años de periodo de retorno si se tratase de zona urbana y de 100 años en zona rural.

Actualmente la zona de estudio se clasifica como “no urbanizable”, por lo tanto se adopta un caudal de diseño de 100 años de periodo de retorno.

No obstante, se comprueba también el funcionamiento hidráulico de la estructura para 500 años de periodo de retorno, periodo de retorno que se utiliza para estudiar los daños catastróficos en caso de avenidas.

Una vez recabada la información previa y, contrastada con los datos con visitas a campo, se introducen los datos del cauce en los programas informáticos hidráulicos (Hec Geo Ras y Hec Ras), con el propósito de conocer el comportamiento hidráulico del flujo en el entorno de la actuación antes y después de la construcción del tranvía.

El estudio hidráulico se realiza implementando un modelo del tramo a estudiar con el programa informático Hydrologic Engineering Center’s River Analysis System (HEC-RAS) del Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers.

### **8.1 Modelación en HEC-RAS**

El programa permite la modelación hidráulica de un río natural, encauzamiento o canal artificial con flujo unidimensional, permanente, gradualmente variado con geometría prismática o no.

La aplicación del modelo responde a un esquema iterativo de paso directo, en el que se resuelve progresivamente entre sucesivas secciones del río, la ecuación de conservación de la energía para fluidos, considerándose las pérdidas de energía entre secciones por efecto de las contracciones y expansiones y por efecto de la fricción.

Además, en particular, el modelo está capacitado para evaluar las pérdidas de carga ocasionadas por la presencia de puentes y otras infraestructuras hidráulicas que se interpongan al paso de la corriente.

Para resolver la ecuación de conservación de la energía, el modelo precisa de la definición geométrica del cauce por el cual tiene lugar el tránsito hidráulico.

Se introducen en el modelo tantas secciones como sean necesarias hasta conseguir una adecuada definición geométrica del tramo a modelizar. Transversalmente, la ordenación de valores de cota y distancia a uno de los extremos de referencia se hace en orden creciente iniciándose en la margen izquierda y finalizando en la margen derecha, en el sentido de la corriente.

Longitudinalmente, se numeran de aguas abajo hacia aguas arriba, introduciéndose preferentemente los perfiles transversales en la dirección perpendicular a la corriente, abarcándose todo el perímetro mojado.

### 8.1.1 Cálculo del perfil de la lámina de agua de un flujo en régimen permanente

El programa permite el cálculo del perfil de la lámina de agua de un flujo gradualmente variado en régimen permanente subcrítico, supercrítico o mixto.

El procedimiento básico de cálculo se basa en resolver la ecuación de la energía aplicada al flujo unidimensional.

La expresión de esta ecuación viene dada por:

$$y_2 + z_2 + \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = y_1 + z_1 + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + h_e$$



Donde:

$y_1, y_2$ : calado del agua en la sección transversal.

$z_1, z_2$ : cota de la solera.

$v_1, v_2$ : velocidad media (caudal/sección mojada).

$\alpha_1, \alpha_2$ : coeficientes del término de velocidades.

$g$ : aceleración de la gravedad.

$h_e$ : pérdidas de energía entre la sección 1 y la sección 2.

Las pérdidas de energía consideradas son las pérdidas por fricción, por contracciones y por expansiones. La pérdida de energía entre dos secciones viene dada por la expresión siguiente:

$$h_e = L \cdot S_f + C \cdot \left| \frac{\alpha_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} \right|$$

$L$ : longitud del tramo ponderada.

$S_f$ : pendiente de fricción entre dos secciones.

$C$ : coeficiente de pérdidas por expansión o contracción.

La longitud del tramo  $L$  viene dada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{L_{lob} \cdot Q_{lob} + L_{ch} \cdot Q_{ch} + L_{rob} \cdot Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}}$$

Donde:

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$ : longitud de la banqueta izquierda, cauce principal y banqueta derecha del tramo considerado.

$Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob}$ : media aritmética de los caudales calculados para la margen izquierda, el cauce principal y la margen derecha, respectivamente.

El proceso de cálculo requiere que la sección mojada se subdivida en subsecciones en las cuales pueda asumirse una distribución de velocidades uniformes.

El valor del caudal en cada una de las subsecciones viene dado por la ecuación de Manning:

$$Q = k \cdot S_f^{1/2} \quad k = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3}$$

Donde:

k: factor de capacidad por subdivisión

n: coeficiente de rugosidad de Manning en la subsección.

A área de la superficie mojada en la subsección.

R: radio hidráulico en la subsección.

El programa permite tener en cuenta dos métodos de subdivisión de las banquetas izquierda y derecha de la sección transversal, siendo la opción por defecto la que subdivide cada una de las banquetas en tantas subsecciones como cambios del coeficiente de Manning existan en la sección transversal.

El otro método consiste en dividir la subsección en tantas partes como puntos de entrada definan el contorno de la sección. Una vez calculados los coeficientes  $k_j$  en cada una de las subsecciones, el coeficiente  $k_i$  de la banqueta se calcula como la suma de los coeficientes  $k_j$  correspondientes a las subsecciones en que se encuentre dividida.

El coeficiente de la sección transversal mojada completa se obtiene sumando los tres coeficientes  $k_i$  correspondientes a la banqueta izquierda, el cauce principal y la banqueta derecha.

El cauce principal no puede ser dividido por lo que la variación de n en él se aborda por composición obteniendo un coeficiente  $n_c$  equivalente:

$$n_c = \left[ \frac{\sum_{i=1}^N P_i \cdot n_i^{1.5}}{P} \right]^{2/3}$$

Donde:

$n_c$  coeficiente de rugosidad equivalente.

P: perímetro mojado del cauce principal completo.

$P_i$ : perímetro mojado de la subdivisión i.

$n_i$ : Coeficiente de rugosidad de la subdivisión i.

Para el cálculo de las pérdidas por fricción entre dos secciones, el programa tiene implementado varios métodos siendo la opción por defecto:

$$S_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{k_1 + k_2} \right)^2$$

La ecuación de momentos es utilizada en situaciones donde el perfil de la lámina de agua es rápidamente variado.

Estas situaciones incluyen el cálculo del flujo mixto (p.e. en saltos hidráulicos), en hidráulica de puentes y en la evaluación de los perfiles en la confluencia de ríos.

$$\frac{Q_2^2 \cdot \beta_2}{g \cdot A_2} + A_2 \cdot \bar{y}_2 + \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot S_o - \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot \bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \cdot \beta_1}{g \cdot A_1} + A_1 \cdot \bar{y}_1$$

El efecto de obstrucciones como puentes, vertederos, compuertas y estructuras en las llanuras de inundación pueden ser tenidas en cuenta en los cálculos.

### 8.1.2 Limitaciones del programa

En el análisis con HEC-RAS se asumen las siguientes hipótesis:

- El flujo es permanente.
- El flujo es gradualmente variado, excepto en estructuras hidráulicas tales como puentes, vertederos y compuertas. En estas secciones, donde el flujo puede ser rápidamente variado, se utiliza la ecuación de momentos u otra ecuación empírica.
- El flujo es unidimensional.
- Las pendientes de los ríos y canales deben ser pequeñas, es decir menores de 1:10.

### 8.1.3 Datos geométricos

#### *Determinación del límite de estudio*

En el estudio hidráulico de un tramo, una correcta modelización no debe limitarse al tramo en cuestión, sino que éste debe ser ampliado tanto hacia aguas arriba como hacia aguas abajo.

La delimitación del tramo a modelizar debe establecerse teniendo en cuenta dos aspectos:

- Efecto de la condición de contorno.

La independencia de los resultados está garantizada cuando la cota de lámina de agua en la sección de aguas abajo del tramo de estudio converja a un valor consistente, con independencia de la condición de contorno establecida para el tramo modelizado.

- Efecto aguas arriba.

Cuando en el tramo de estudio existen obstrucciones (puentes, encauzamientos,...) sus efectos sobre la lámina de agua pueden transmitirse hacia aguas arriba (en régimen lento), más allá del tramo de estudio. En estos casos resulta necesario prolongar hacia aguas arriba el tramo modelizado, para poder conocer el efecto de estas obstrucciones en la lámina de agua.

El tramo modelizado debe prolongarse hacia aguas arriba, hasta que en la sección extrema el efecto de las modificaciones sobre la cota de lámina de agua no sea apreciable. Si el régimen es rápido, lo expuesto para aguas abajo puede aplicarse hacia aguas abajo.

### *Esquema del sistema*

El esquema con el que se modeliza el sistema río debe reproducir como se unen los distintos tramos del río y sus afluentes.

Las confluencias entre tramos son consideradas como nudos. Los nudos deben ser localizados donde dos o más tramos se unan.

### *Geometría de la sección transversal*

La geometría para el análisis del flujo se define a partir de secciones transversales localizadas a intervalos y por la longitud existente entre ellos. Las secciones transversales deben ser lo más perpendiculares posibles a la dirección principal del flujo e incluir las llanuras de inundación en el caso de que estas existan.

Conviene que las secciones consideradas sean representativas por lo que es necesario incluir una sección transversal en el modelo allá donde se producen cambios de pendiente, formas, rugosidades o donde aparecen estructuras que puedan interferir en el flujo.

Además, debe tenerse en cuenta que el espaciamiento máximo entre secciones transversales es función del tamaño del cauce, pendiente y de la uniformidad de las secciones (forma).

Cada sección en HEC-RAS se identifica por el río y tramo al que pertenece así como por una estación.

La estación debe ser un valor consistente de modo que las estaciones son números crecientes desde aguas abajo hacia agua arriba.

Cada sección transversal se describe mediante coordenadas X (distancias) e Y (cotas).

Otros datos que deben introducirse para cada sección son: distancia a la sección inmediatamente situada aguas abajo, coeficiente de rugosidad y coeficientes de contracción y expansión.

#### **8.1.4 Datos para flujo estacionario**

Para llevar a cabo los cálculos del perfil de la lámina de agua en régimen estacionario es necesario introducir tres tipos de datos: régimen del flujo, condiciones de contorno y caudales.

##### *Régimen del flujo*

Los cálculos se inician a partir de una sección con condiciones de contorno definidas, prosiguiendo hacia aguas arriba si el régimen es lento y hacia aguas abajo si se trata de un régimen rápido.

Cuando el régimen pueda pasar de uno a otro, el régimen a seleccionar es el régimen mixto. El régimen debe ser especificado por el usuario.

#### *Condiciones de contorno*

El usuario debe introducir las condiciones de contorno, en la sección extrema de aguas abajo si el régimen es lento, en la de aguas arriba si es rápido y en ambas si es mixto.

Las condiciones de contorno que pueden ser consideradas son:

- Cota de la lámina de agua
- Calado crítico
- Calado normal
- Curvas de gasto

#### *Caudales*

Los datos de caudales se introducen desde aguas arriba hacia aguas abajo, y una vez introducido un caudal en la primera sección de un tramo dicho caudal es el que circule hasta que un nuevo valor sea introducido en una sección distinta situada aguas debajo de la inicial.

En este caso, el nuevo valor pasa a ser el caudal circulante, no adicionándose al anterior.

Los caudales que genera la escorrentía superficial asociada a cada periodo de retorno considerado son los obtenidos en el estudio hidrológico.

Dichos caudales son los caudales punta que drenan al exutorio (punto de desagüe) de cada una de las cuencas consideradas.

## 8.2 Parámetros del modelo

### 8.2.1 Geometría en Planta

Para determinar la geometría del cauce con precisión se realiza un levantamiento topográfico que consiste en la toma de perfiles transversales del cauce en el tramo de estudio.

En base a los perfiles transversales y a la cartografía disponible se elabora un modelo geométrico del tramo en HEC-RAS. En planos se adjunta el plano de cuencas y la cartografía de detalle de la zona de estudio.

### 8.2.2 Rugosidad

La rugosidad es un factor de difícil estimación que es decisivo en los resultados del cálculo hidráulico. Aunque existen varios métodos para su estimación ninguno de ellos es riguroso.

Así pues, en el presente trabajo, dicho parámetro se estima por tres métodos distintos con el fin de comparar los resultados y adoptar un valor de compromiso.

Los métodos que se emplean para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning son:

- Fórmula experimental a partir de la fórmula de Manning
- Fórmula empírica de Manning- Strickler
- Asignado un valor del coeficiente de rugosidad por similitud al coeficiente tabulado en el libro "Roughness Characteristics of natural Channels" de Barnes (1967) para distintos ríos.

Del análisis realizado se le adopta un valor para el coeficiente de rugosidad de 0,045 en el centro del barranco y de 0,060 en las orillas, cuya vegetación es mayor.

### 8.2.3 Datos para flujo estacionario

Se supone régimen lento, hipótesis que se verifica posteriormente. Como condición de contorno se asume calado normal en el extremo aguas abajo. Los caudales de cálculo del tramo son los obtenidos del estudio hidrológico.

### **8.3 Resultados obtenidos con el modelo hidráulico**

A continuación se presenta la distribución de secciones y las tablas resumen de los resultados obtenidos de la modelación hidráulica para los periodos de retorno de 100 y 500 años.

Los resultados obtenidos se adjuntan tanto de forma gráfica en los planos que acompañan al presente Estudio, como en tablas donde se recogen los parámetros más significativos en las distintas secciones analizadas:

- Identificación de la sección analizada (River Sta)
- Caudal circulante por el tramo (Q total)
- Cota del lecho del barranco (Min Ch El)
- Cota de la lámina de agua (W.S. Elev)
- Cota del calado en régimen crítico (Crit W.S.)
- Cota de la línea de energía (E.G. Elev)
- Pendiente de la línea de energía (E.G. Slope)
- Velocidad media de la corriente (Vel Chnl)
- Sección mojada (Flow Area)
- Anchura en superficie de la lámina de agua (Top Width)
- N° de Froude (Froude # Chl)

Se realiza un MDE del terreno más exhaustivo en el entorno del puente, completando la cartografía de base con topografía del terreno a escala mayor.

Así pues, se obtiene el detalle requerido para el estudio pormenorizado del puente.

El Modelo Digital de Elevaciones del entorno del puente es el siguiente:



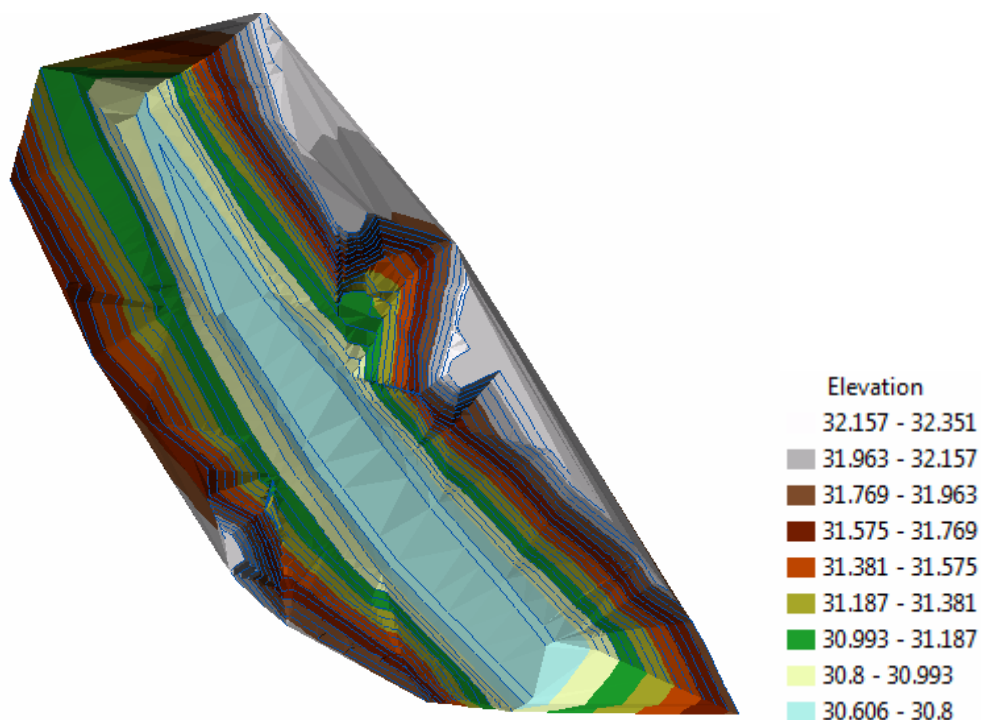


Figura 66. Barranco Torres Modelo Digital de Elevaciones

A continuación y mediante los módulos informáticos se realizan cortes transversales a la traza del barranco para determinar la línea de agua y las secciones perpendiculares a la línea de corriente que necesita el programa HEC-RAS para realizar la modelación hidráulica de las mismas.

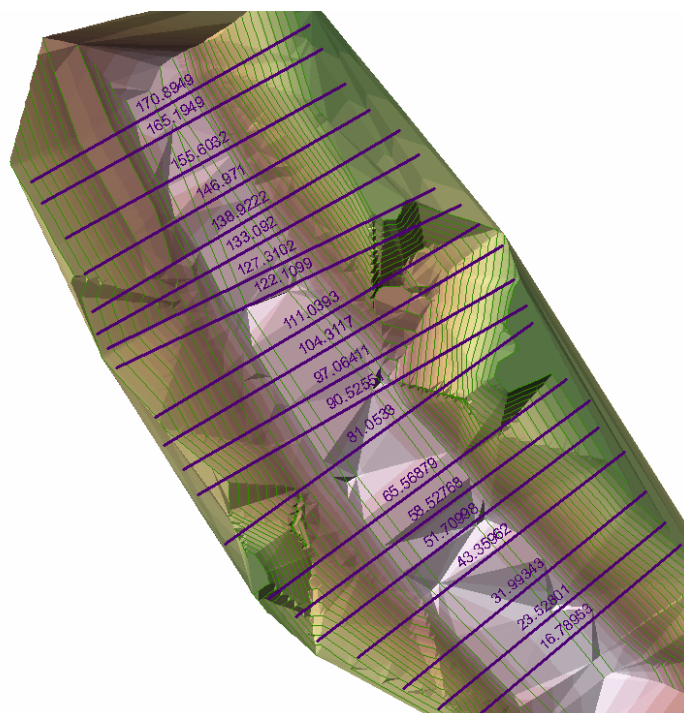


Figura 67. Barranco Torres Esquema en planta. Ssecciones transversales en ArcGis

### HEC-RAS

Se presenta en la siguiente imagen la distribución de secciones una vez importada al programa HEC-RAS:

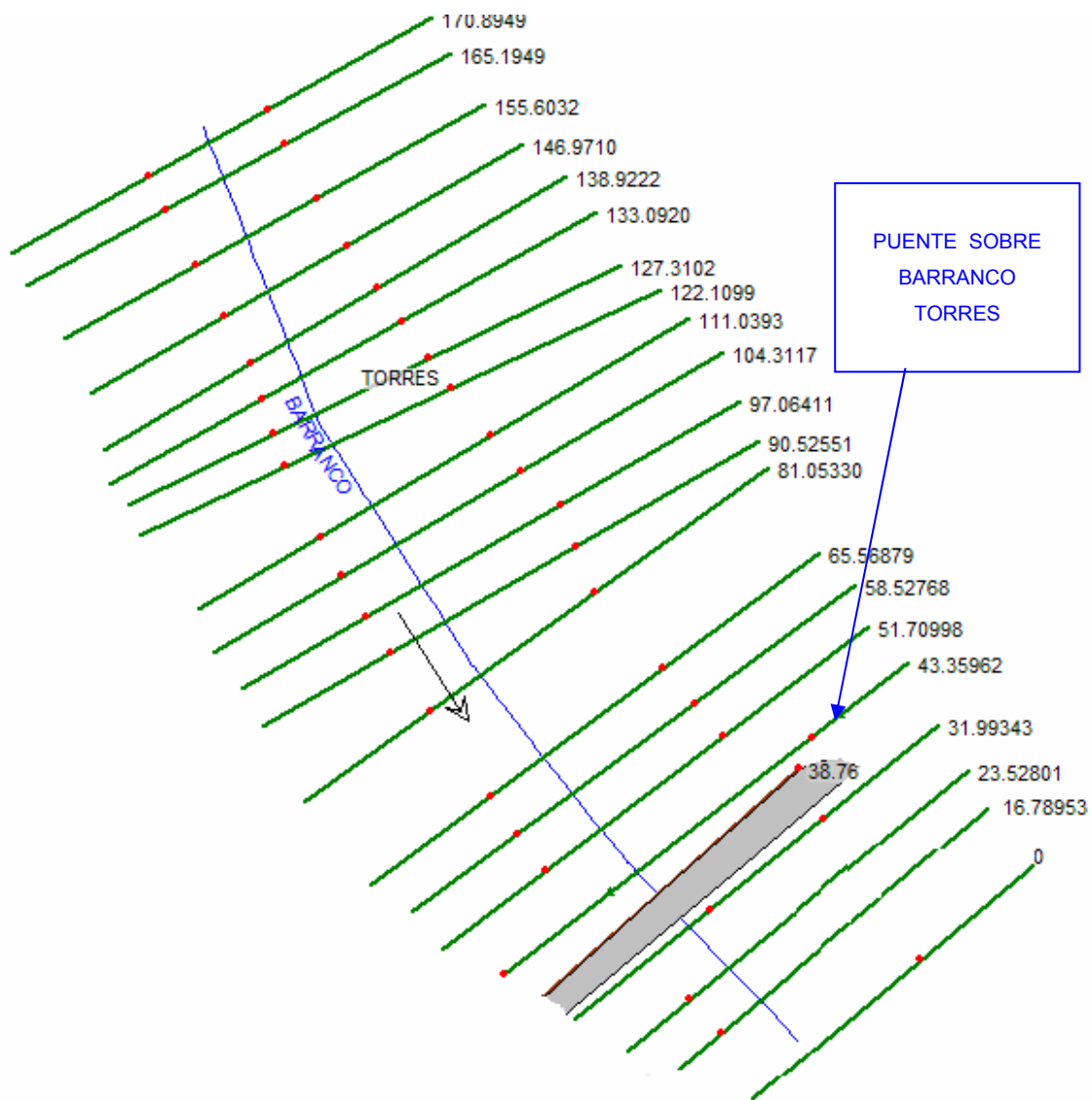


Figura 68. Barranco Torres Esquema en planta. Distribución de secciones en Hec Ras

Las secciones consideradas en el modelo son un total de 20.

Posteriormente se interpolan cada 1 m dichas secciones en ambos casos para mejorar el modelo.

Se debe tener en cuenta que la sección “170,90” (equivalente al P.K. 0+000) es la situada más hacia aguas arriba del tramo en estudio y la sección “0” es la situada más hacia aguas abajo del tramo en estudio.

La sección “37,74” es donde se encuentra el puente, el cual se puede apreciar en las siguientes imágenes:



Fotografía 12. Sección del puente sobre el Barranco Torres existente vista desde aguas arriba

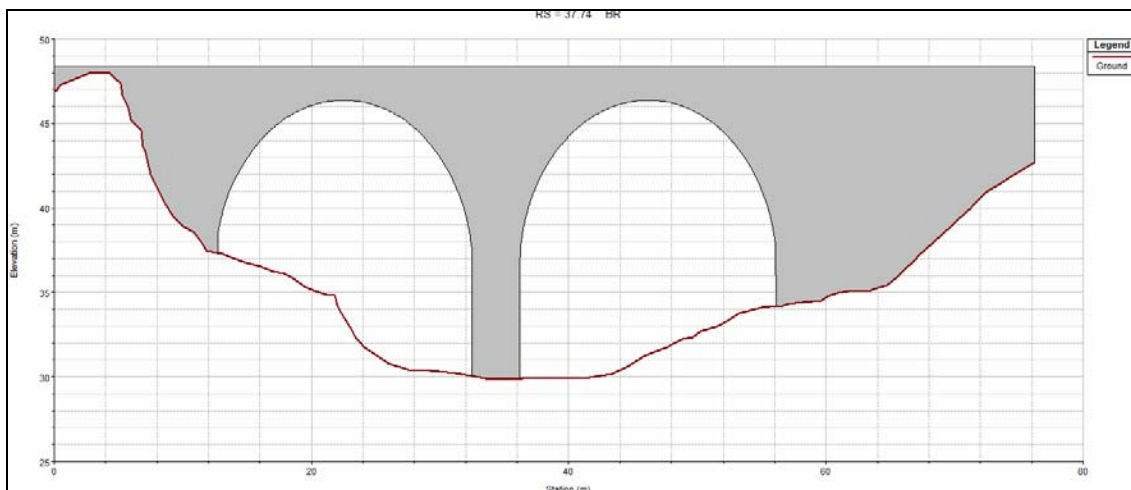


Figura 69. Sección del puente sobre el Barranco Torres en el Modelo de Hec Ras

## RESULTADO DE LÁMINA DE AGUA EN EL PUENTE

Se procesa el modelo hidráulico con los caudales de avenida de 100 y 500 años de periodo de retorno.

Los resultados completos del programa se adjuntan en el Anejos.

En cualquier caso se realiza un análisis de la sección hidráulica transversal en la intersección del Barranco Torres con la estructura.

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74		Profile: PF 1		
E.G. US. (m)	31.93	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	31.76	E.G. Elev (m)	31.90	31.80
Q Total (m3/s)	59.70	W.S. Elev (m)	31.51	31.28
Q Bridge (m3/s)	59.70	Crit W.S. (m)	31.35	31.28
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1.62	1.46
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.77	3.20
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	21.52	18.65
Weir Submerg		Froude # Chl	0.70	0.85
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	31.25	30.67
Min El Weir Flow (m)	48.40	Hydr Depth (m)	1.16	1.05
Min El Prs (m)	46.37	W.P. Total (m)	22.14	20.96
Delta EG (m)	0.25	Conv. Total (m3/s)	469.2	383.4
Delta WS (m)	0.32	Top Width (m)	18.53	17.72
BR Open Area (m2)	469.10	Frctn Loss (m)	0.09	0.03
BR Open Vel (m/s)	3.20	C & E Loss (m)	0.01	0.08
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	154.31	211.61
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Figura 70. Sección hidráulica del puente (aguas arriba y aguas abajo) para  $Q_{T100}$ .  
Condiciones de humedad Medias

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74		Profile: PF 2		
E.G. US. (m)	33.30	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	33.00	E.G. Elev (m)	33.27	33.17
Q Total (m3/s)	159.60	W.S. Elev (m)	32.64	32.26
Q Bridge (m3/s)	159.60	Crit W.S. (m)	32.35	32.26
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	2.75	2.43
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	3.52	4.18
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	45.38	38.20
Weir Submerg		Froude # Chl	0.68	0.87
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	108.89	107.25
Min El Weir Flow (m)	48.40	Hydr Depth (m)	1.95	1.71
Min El Prs (m)	46.37	W.P. Total (m)	29.76	27.98
Delta EG (m)	0.40	Conv. Total (m3/s)	1335.9	1094.0
Delta WS (m)	0.63	Top Width (m)	23.24	22.32
BR Open Area (m2)	469.10	Frctn Loss (m)	0.08	0.03
BR Open Vel (m/s)	4.18	C & E Loss (m)	0.03	0.11
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	213.41	284.91
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Figura 71. Sección hidráulica del puente (aguas arriba y aguas abajo) para  $Q_{T500}$ .  
Condiciones de humedad Medias

Sección transversal en el puente para  $Q_{T100} = 59,7 \text{ m}^3/\text{s}$

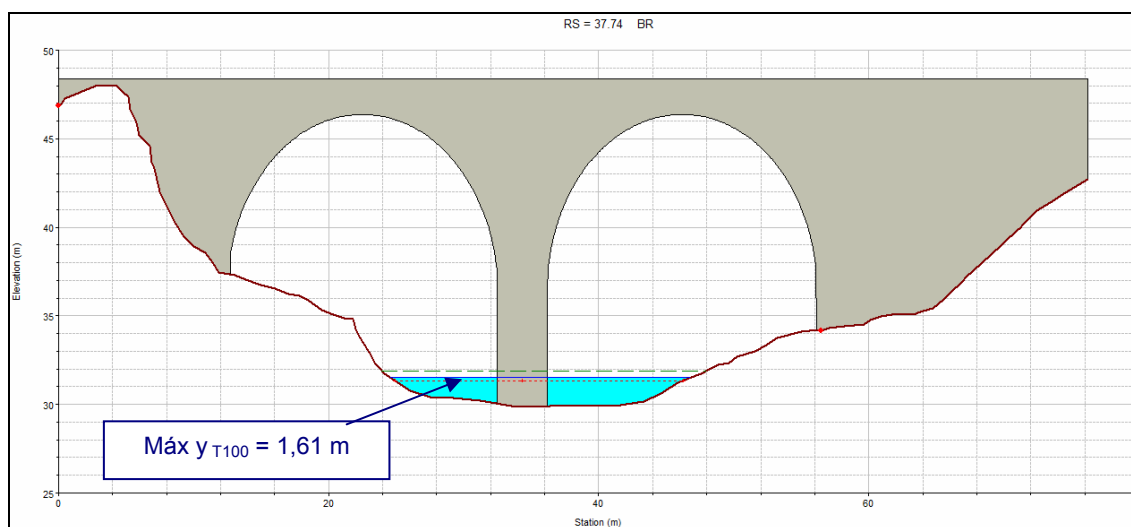


Figura 72. Lámina de agua en el puente para  $Q_{T100}$

Sección transversal en el puente para  $Q_{T500} = 159,6 \text{ m}^3/\text{s}$ :

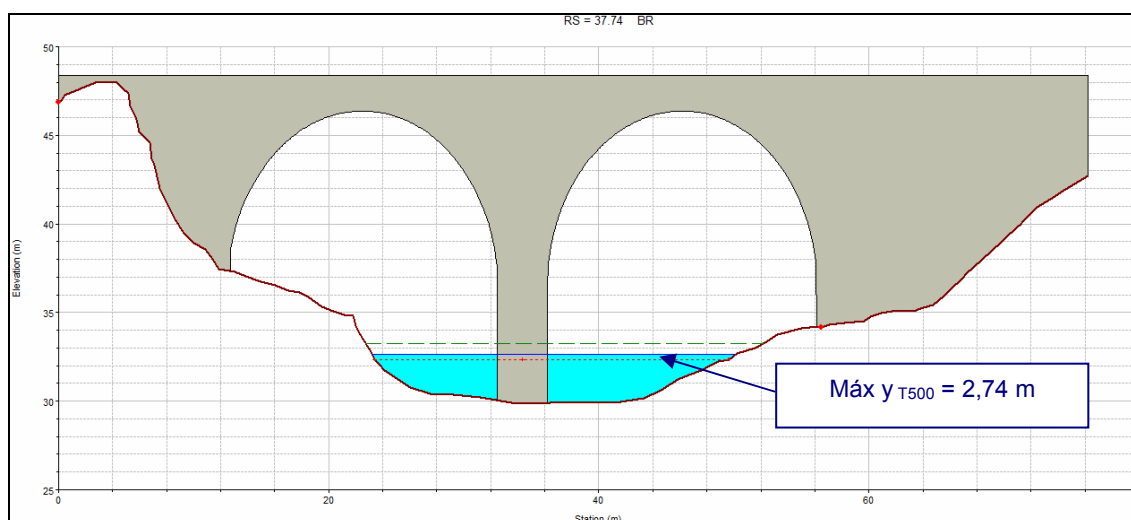


Figura 73. Lámina de agua en el puente para  $Q_{T500}$

Tal y como se puede ver en las imágenes, la cota de la lámina de agua para un caudal correspondiente a 100 años de periodo de retorno es de 31,51 m aproximadamente; mientras que para el caudal de 500 años asciende a 32,64 m aproximadamente. Lo cual supone un calado de 2,74 m para 500 años de periodo de retorno y de 1,61 m para 100 años de periodo de retorno.

Perfil longitudinal en puente sobre el Barranco Torres:

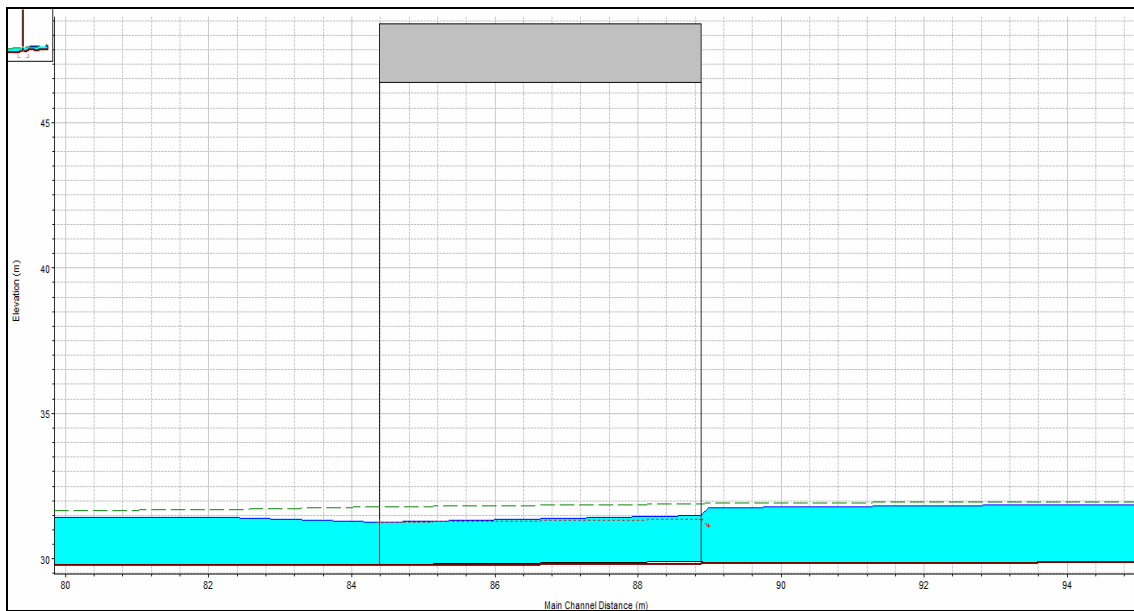
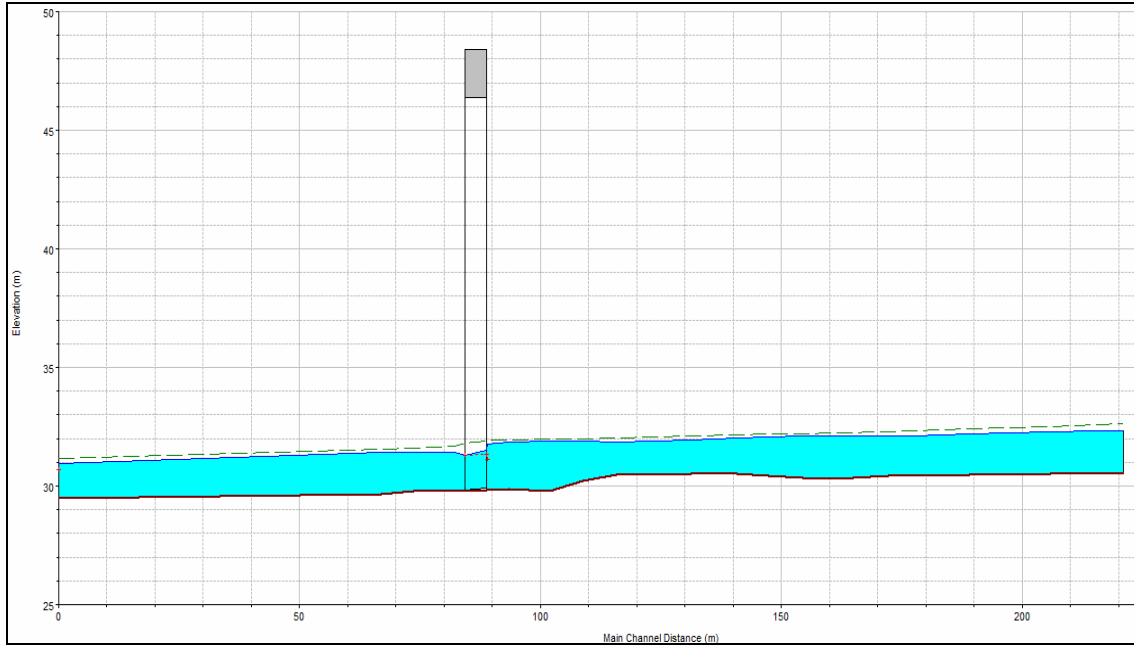


Figura 74. Perfil longitudinal para  $Q_{T100}$



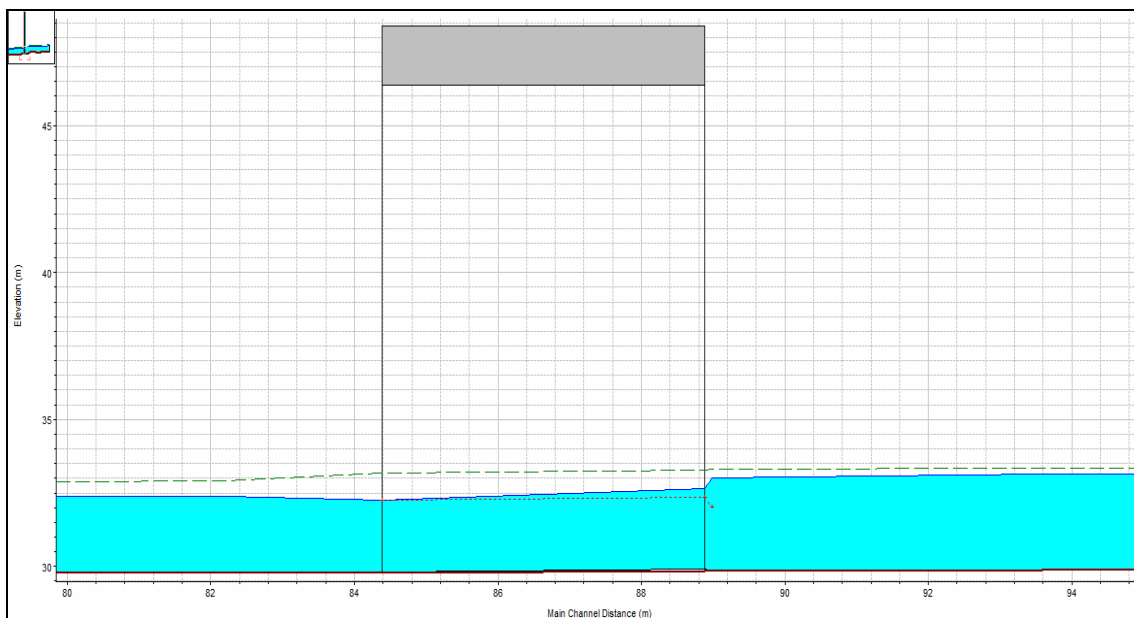
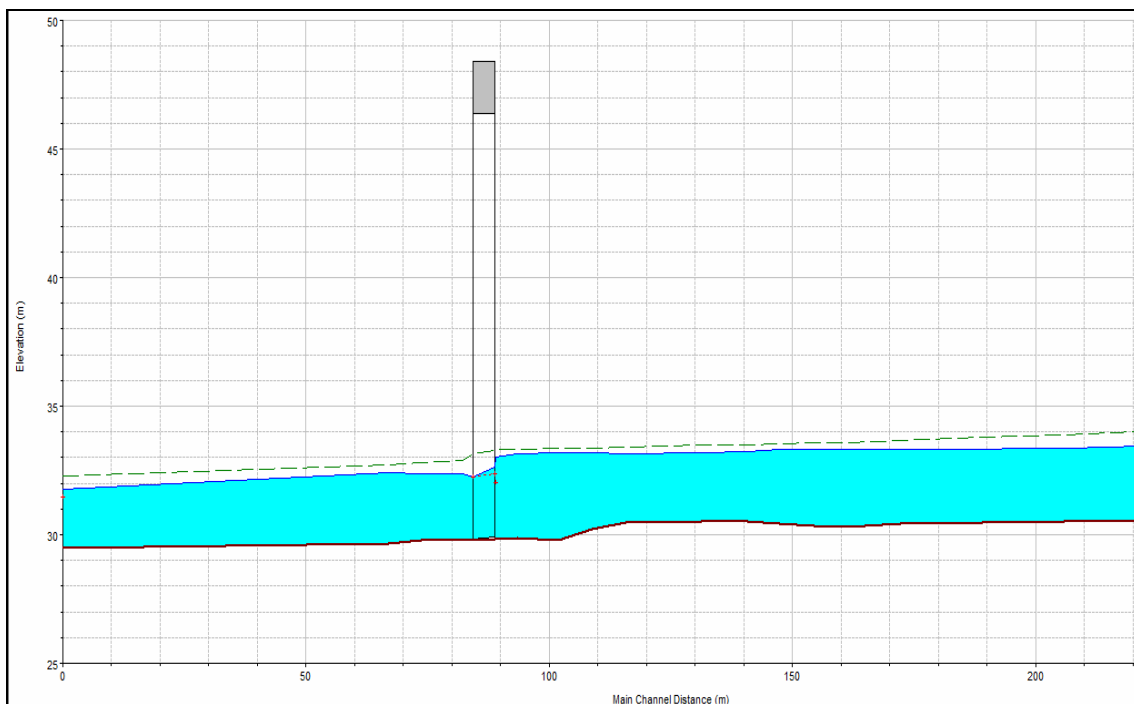


Figura 75. Perfil longitudinal para  $Q_{T500}$

TABLAS DE RESULTADOS

Caudal de 100 años de periodo de retorno:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	170.8949	PF 1	59.70	30.54	32.34		32.62	0.007271	2.31	25.79	18.29	0.62
TORRES	165.1949	PF 1	59.70	30.52	32.31		32.57	0.007065	2.28	26.13	18.47	0.61
TORRES	155.6032	PF 1	59.70	30.50	32.26		32.51	0.005133	2.20	27.12	19.01	0.59
TORRES	146.9710	PF 1	59.70	30.48	32.22		32.46	0.006166	2.14	27.91	19.72	0.57
TORRES	138.9222	PF 1	59.70	30.46	32.18		32.41	0.005969	2.09	28.53	20.40	0.56
TORRES	133.0920	PF 1	59.70	30.44	32.15		32.37	0.005764	2.05	29.14	21.01	0.56
TORRES	127.3102	PF 1	59.70	30.43	32.13		32.33	0.005552	1.99	30.01	22.11	0.55
TORRES	122.1099	PF 1	59.70	30.41	32.11		32.30	0.005167	1.91	31.24	23.24	0.53
TORRES	111.0393	PF 1	59.70	30.30	32.10		32.24	0.003205	1.62	36.80	24.28	0.42
TORRES	104.3117	PF 1	59.70	30.35	32.09		32.21	0.002986	1.54	38.65	26.20	0.41
TORRES	97.06411	PF 1	59.70	30.41	32.07		32.19	0.003289	1.57	38.04	27.11	0.42
TORRES	90.52551	PF 1	59.70	30.50	32.01		32.16	0.004612	1.75	34.21	26.73	0.49
TORRES	81.05330	PF 1	59.70	30.50	31.94		32.11	0.005512	1.85	32.32	26.58	0.53
TORRES	65.56879	PF 1	59.70	30.49	31.87		32.03	0.004816	1.74	34.31	27.91	0.50
TORRES	58.52768	PF 1	59.70	30.20	31.88		31.99	0.002719	1.45	41.05	28.41	0.39
TORRES	51.70998	PF 1	59.70	29.80	31.88		31.97	0.001807	1.27	47.06	29.07	0.32
TORRES	43.35962	PF 1	59.70	29.89	31.85		31.95	0.002418	1.39	43.04	29.57	0.37
TORRES	38.76	PF 1	59.70	29.84	31.76	31.13	31.93	0.004303	1.80	33.17	23.56	0.48
TORRES	37.74		Bridge									
TORRES	31.99343	PF 1	59.70	29.77	31.44		31.68	0.007463	2.18	27.43	22.20	0.62
TORRES	23.52801	PF 1	59.70	29.79	31.42		31.61	0.005213	1.92	31.08	23.03	0.53
TORRES	16.78953	PF 1	59.70	29.67	31.44		31.56	0.003540	1.59	37.50	27.75	0.44
TORRES	0	PF 1	59.70	29.49	30.93	30.68	31.18	0.010005	2.22	26.92	26.68	0.70

Tabla 28. Resultados Hidráulicos para  $Q_{T100}$

Caudal de 500 años de periodo de retorno:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	170.8949	PF 2	159.60	30.54	33.45		34.02	0.007875	3.34	48.10	21.94	0.70
TORRES	165.1949	PF 2	159.60	30.52	33.41		33.97	0.007651	3.32	48.52	22.05	0.69
TORRES	155.6032	PF 2	159.60	30.50	33.38		33.90	0.005538	3.21	50.19	22.53	0.66
TORRES	146.9710	PF 2	159.60	30.48	33.35		33.84	0.006378	3.10	52.09	23.46	0.63
TORRES	138.9222	PF 2	159.60	30.46	33.32		33.78	0.006014	3.01	53.90	24.89	0.62
TORRES	133.0920	PF 2	159.60	30.44	33.32		33.73	0.005571	2.85	56.59	26.86	0.59
TORRES	127.3102	PF 2	159.60	30.43	33.32		33.69	0.004938	2.68	60.41	28.98	0.56
TORRES	122.1099	PF 2	159.60	30.41	33.33		33.65	0.004432	2.52	63.93	30.45	0.53
TORRES	111.0393	PF 2	159.60	30.30	33.33		33.59	0.003380	2.25	71.32	31.89	0.47
TORRES	104.3117	PF 2	159.60	30.35	33.33		33.56	0.002921	2.12	75.76	33.49	0.44
TORRES	97.06411	PF 2	159.60	30.41	33.32		33.53	0.002900	2.05	78.67	37.78	0.43
TORRES	90.52551	PF 2	159.60	30.50	33.25		33.51	0.003663	2.24	71.66	33.34	0.48
TORRES	81.05330	PF 2	159.60	30.50	33.20		33.47	0.003784	2.31	69.47	32.27	0.49
TORRES	65.56879	PF 2	159.60	30.49	33.17		33.41	0.003307	2.17	73.76	33.15	0.46
TORRES	58.52768	PF 2	159.60	30.20	33.18		33.37	0.002480	1.97	81.22	33.55	0.40
TORRES	51.70998	PF 2	159.60	29.80	33.18		33.35	0.001955	1.81	88.10	34.05	0.36
TORRES	43.35962	PF 2	159.60	29.89	33.15		33.33	0.002327	1.88	85.02	35.56	0.39
TORRES	38.76	PF 2	159.60	29.84	33.00	32.04	33.30	0.004250	2.44	65.42	28.54	0.51
TORRES	37.74		Bridge									
TORRES	31.99343	PF 2	159.60	29.77	32.37		32.90	0.008165	3.23	50.17	26.42	0.71
TORRES	23.52801	PF 2	159.60	29.79	32.38		32.80	0.007239	2.86	55.71	28.74	0.66
TORRES	16.78953	PF 2	159.60	29.67	32.43		32.73	0.004325	2.42	66.06	29.35	0.51
TORRES	0	PF 2	159.60	29.49	31.78	31.47	32.29	0.010004	3.16	50.44	28.68	0.76

Tabla 29. Resultados Hidráulicos para  $Q_{T500}$



## 8.4 Análisis de Riesgos

Se procede a continuación a realizar las comprobaciones de riesgos en las avenidas que determina vigente Instrucción 5.2. IC “Drenaje Superficial”. Según la misma:

*Las obras de drenaje transversal incluidas en el ámbito de la Instrucción pueden dividirse en dos grupos:*

*Las conocidas comúnmente por "pequeñas obras de desagüe", cuya sección resulta determinante para el desagüe del cauce, y que están generalmente provistas de una solera.*

*Los puentes, viaductos y, en general, las obras de paso de grandes dimensiones -relacionadas con cauces y caudales más importantes y permanentes, mayor altura, etc.- cuya sección no resulta determinante para el desagüe del cauce, pero que presentan otros problemas (sobreelevaciones de la lámina de agua, erosiones bajo apoyos, etc.). No suelen tener solera.*

Se determinan a continuación los parámetros: riesgo de obstrucción, elevación de la lámina de agua y velocidad de la corriente en el puente estudiado.

### **Riesgo de obstrucción**

Según la normativa vigente Instrucción 5.2. IC “Drenaje Superficial”:

*Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial pueden verse alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente.*

*El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal, fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente, dependerá de las características de los cauces y zonas inundables, y puede clasificarse en las categorías siguientes:*

*Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de parecido tamaño.*

*Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.*

*Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño y en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.*

*Si el riesgo fuera alto, se deberá procurar que las obras de drenaje transversal no funcionen a sección llena, dejando entre su intradós y el nivel máximo del agua un resguardo mínimo de 1,5 m, mantenido en una anchura no inferior a 12 m. Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad.*

En la estructura sobre el Barranco Torres, esta distancia es de 13,7 m en la situación más desfavorable, caudal de 500 años de periodo de retorno. Por lo tanto se cumplen los condicionantes exigidos en cualquier caso.

### **Sobreelevación del nivel de la corriente**

Según la normativa vigente Instrucción 5.2. IC "Drenaje Superficial":

*Los daños materiales a terceros producibles por la inundación de zona aledañas a la carretera debida a la sobreelevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de desagüe transversal, no deberán tener la consideración de catastróficos y, entre los que no la tengan, deberán ser admisibles.*

*Donde los daños a terceros no se consideren catastróficos, siendo fundamentalmente agrícolas, se podrán considerar admisibles los niveles de inundación, sin otra justificación, si se cumpliera al menos una de las condiciones siguientes:*

- *Que la sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la presencia de la carretera no exceda de 50 cm.*
- *Que la superficie afectada negativamente por la diferencia de inundación debida a la citada sobreelevación no exceda de la dada por:  $S = K * L$*

*Siendo:*

*S: superficie (Ha), sin contabilizar la parte de ella en que los daños puedan considerarse irrelevantes.*

*L: luz total (m) de la obra de drenaje transversal.*

*K: coeficiente, que normalmente podrá tomarse igual a 0,1, pero que, según la importancia de los daños medios previsibles por*

*unidad de superficie, podrá elevarse hasta 0,2 si éstos fueran singularmente bajos, o reducirse a 0,05 si fueran singularmente altos*

*Los daños a terceros se considerarán catastróficos cuando se de alguna de las circunstancias siguientes:*

*-Riesgo de pérdida de vidas humanas o graves daños personales.*

*-Afecciones a núcleos poblados o industriales.*

En ningún caso se alcanza una sobreelevación del nivel de la corriente de 0,5 m. Por lo tanto, el puente en caso de avenida no causará daños catastróficos en el entorno, no apreciándose cambios significativos en el régimen hidráulico del barranco debidos a la estructura.

### **Velocidad de la corriente**

Según la normativa vigente Instrucción 5.2. IC “Drenaje Superficial”:

*En los elementos del drenaje superficial la velocidad del agua no deberá causar daños por erosión ni por aterramiento.*

*Se podrá considerar que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en la tabla siguiente en función de la naturaleza de dicha superficie:*

<b>NATURALEZA DE LA SUPERFICIE</b>	<b>Máxima velocidad admisible (m/s)</b>
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0,20-0,60
Arena arcillosa dura, margas duras	0,60-0,90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1,20-1,50
Hierba	1,20-1,80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1,40-2,40
Mampostería, rocas duras	3,00-4,50
Hormigón	4,50-6,00

*Tabla 30. Velocidad máxima admisible en función de la naturaleza del lecho*

*Si la corriente pudiera arrastrar materias en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad no provoque su sedimentación, o*

*se dispondrán depósitos (areneros) para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.*

Las velocidades generadas en el entorno del puente para 100 años de periodo de retorno están entorno a 3,20 m/s y de 4,18 m/s para 500 años.

Tratándose de un suelo formado por sedimentos aluviales, que se ajusta a la definición de “Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal” de la tabla anterior, cabe esperar que se produzcan erosiones en el lecho del barranco, e incluso daños en las pilas del puente que podría generar descalce y colapso del puente.

A no ser que el puente se cimente sobre roca firme, que no es el caso, la socavación producida bajo sus pilas y estribos por el caudal de referencia puede poner en peligro su estabilidad.

Debe tenerse en cuenta que la máxima erosión previsible es igual a la suma de la general que tenga lugar en el cauce independientemente de la presencia del puente, más la producida por ésta.

Entre los dispositivos de control se consideran muy eficaces las protecciones de escollera.

Se procede a calcular a continuación la erosión en el puente.

## EROSIÓN EN EL PUENTE

En general el lecho del río está formado por material no cohesivo de diferente tamaño: arenas, gravas, bolos, etc.

En condiciones ordinarias permanece en reposo pero durante las crecidas cuando el caudal sobrepasa el valor crítico de comienzo de arrastre las partículas del fondo son transportadas por las aguas y el caudal sólido crece simultáneamente con el líquido.

Las partículas unas veces se mueven en las proximidades del lecho, con el que están en contacto continuo o intermitente, es lo que se llama acarreo; y otras se incorporan a la masa fluida en cuyo seno permanecen en virtud de las componentes ascendentes de la velocidad turbulenta, suspensión. En la práctica suelen coexistir los dos modos de transporte aunque en proporciones muy variables de unos a otros casos.

Cuanto mayor es el caudal y menor el tamaño de las partículas, tanto mayor es la proporción de caudal sólido en suspensión.

Con material grueso o en condiciones próximas a las de comienzo de arrastre, la casi totalidad del transporte es por acarreo.

Estos fenómenos pueden producirse en puntos del cauce no alterados por obra alguna, pero si la presencia de un puente modifica con sus pilas y estribos el flujo natural de un río, en su entorno se producirán unas erosiones singulares (erosión local), que se sumarán a las generales propias del tramo (positivas, negativas o nulas).

La importancia relativa de ambos tipos de socavación (general y local) varía ampliamente dependiendo de los casos.

### **Erosión General**

La erosión general es aquella que ocurre independientemente de la existencia del puente.

Tiene a su vez dos modalidades: la erosión transitoria en crecidas, que es una fluctuación del fondo en el sentido de un descenso o erosión seguido más tarde de un ascenso o relleno del fondo y, en segundo lugar, la erosión a largo plazo de un río, es decir, su tendencia “evolutiva” a descender como fruto de un desequilibrio fluvial, a menudo causado por obras humanas (por ejemplo una presa aguas arriba del puente).

Existen diversos métodos de cálculo de la erosión, tanto general como localizada. En este Trabajo Fin de Master, la erosión general, se calcula según la publicación del MOPT, “Control de la erosión fluvial en puentes”.

Este método admite que durante la avenida de cálculo se alcanza el calado y dado por las fórmulas de régimen.

Conocida la cota de agua durante la avenida y restándole el calado antes mencionado se obtiene la cota del lecho del río, cuya posición respecto al fondo del cauce detectado en aguas bajas define la erosión previsible.

TABLA 4-1  
Factor mayorante  $K$  del calado medio

Tramo recto de cauce	1,25
Codo moderado	1,50
Codo acusado	1,75
Codo abrupto	2,00

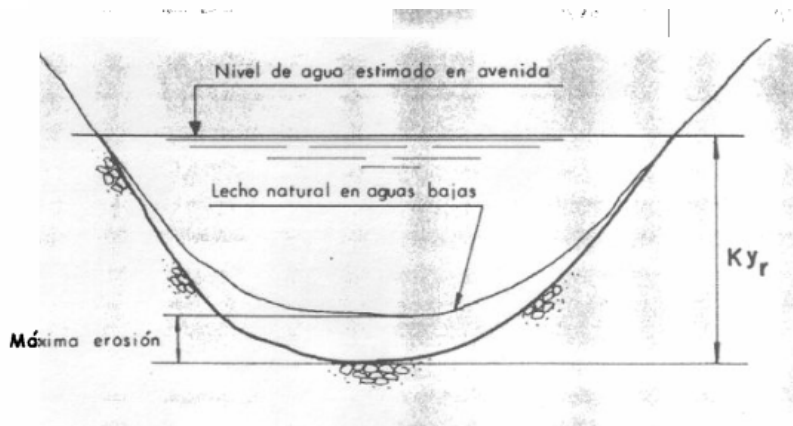


Figura 76. Erosión General en cauce

El calado  $y_r$  definido como el medio en la sección, es igual a 2,74 m para el caudal de 500 años de periodo de retorno y a 1,61 m para el caudal de 100 años de periodo de retorno.

Se multiplican estos datos por el coeficiente mayorante 1,25 por tratarse de un tramo recto; resultan valores de  $k \cdot y_r$  de 3,43 y 2,01 m, por lo que la **máxima erosión es de 0,69 m.**

### Erosión Local

Además de la erosión general en el lecho, las pilas del puente provocan en el cauce cierta erosión local.

Las pilas y los estribos del puente provocan una contracción de la lámina de agua y la correspondiente concentración de caudal, pero además, un factor decisivo en el proceso de erosión local son los movimientos secundarios con componente vertical que tienen lugar a causa de la alteración del régimen hidrostático de presiones en las inmediaciones de los obstáculos.

El fenómeno presenta especial intensidad en la zona frontal con puntos de parada, donde el movimiento descendente del agua desde la superficie hacia el fondo inicia un vórtice que circunvala la obra, que en el caso de las pilas tiene forma de herradura:

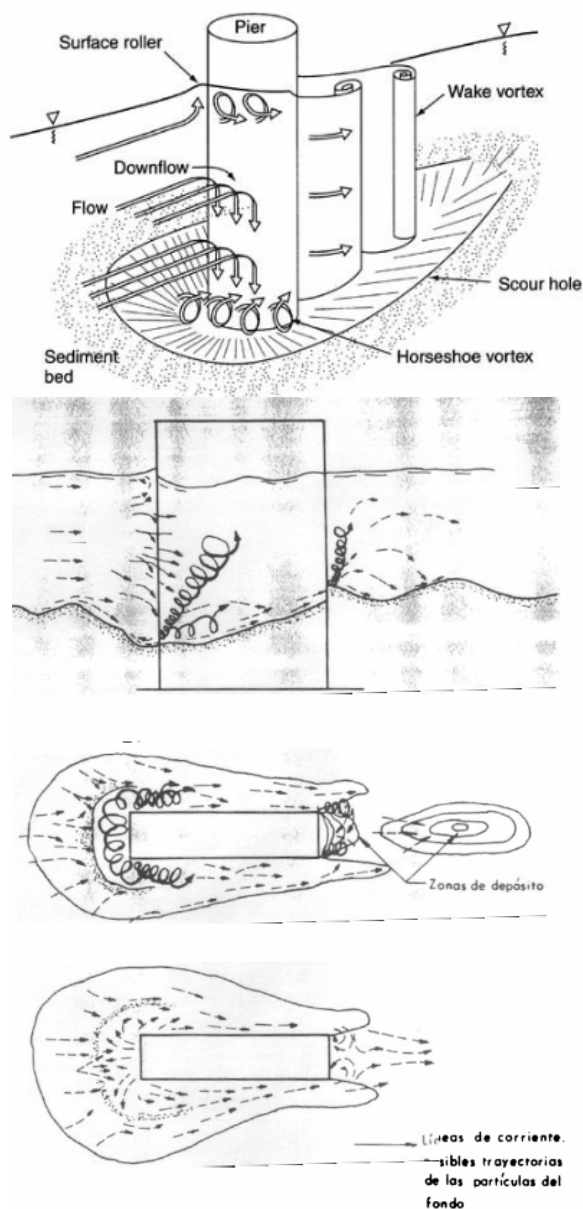


Figura 77. Erosión Local en pilas de puente

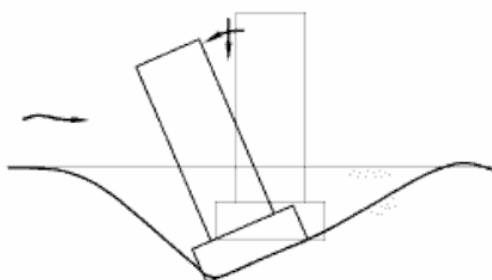


Figura 78. Tipología típica de un fallo por erosión local

Los movimientos ascendentes que se producen aguas abajo completan el complejo esquema de circulación secundaria.

Si la velocidad es suficientemente alta para provocar el movimiento de las partículas del lecho a las proximidades del obstáculo llega el material

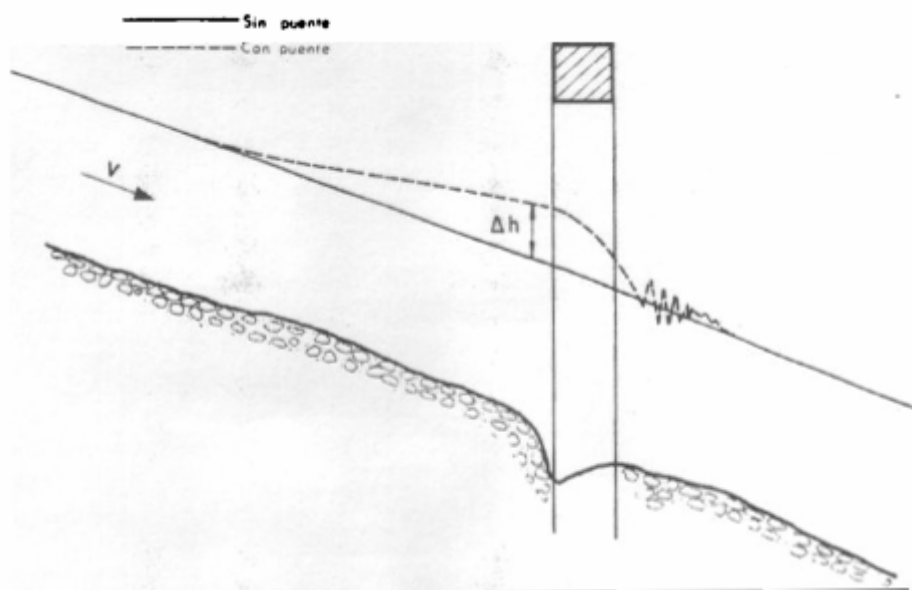
transportado desde aguas arriba y el fondo evoluciona en función del balance sólido hasta que éste se haga nulo y se alcance una nueva situación de equilibrio.

### Efectos del Remanso Hidráulico en el puente

En condiciones de humedad altas, y caudal de 500 años de periodo de retorno se produce un remanso en el entorno del puente, lo cual origina más alteraciones en la lámina de agua.

La presencia del puente lleva consigo contracciones y expansiones tridimensionales de la corriente que originan una pérdida de carga singular adicional.

La lámina líquida aguas arriba se sobreeleva en relación a la que habría si el puente no existiera, amortiguándose tal efecto con la distancia al obstáculo según la curva de remanso, hasta que se hace despreciable.



*Figura 79. Lámina de agua y Erosión Local en pilas de puente por Remanso Hidráulico*

El remanso tiene importancia porque incrementa las inundaciones y las erosiones, puesto que modifica el calado y reparto de caudal.

Además el frenado de la corriente aguas arriba hace que se retenga en esa zona parte del caudal sólido, provocando aterramiento, que así se le resta al tramo de aguas abajo, donde se produce socavación.



Sin embargo la magnitud de las sobreelevaciones no es tan relevante porque la erosión local incrementa la profundidad de la sección y por lo tanto la capacidad de desagüe.

### Cálculo de la erosión local en el puente

En este Trabajo Fin de Master, de entre los múltiples métodos de cálculo existentes (Inglis, Yaroslavtsev, Artamanor, Blench, Coleman, Larras, Shen, etc.), se adopta el procedimiento de análisis de las erosiones en puentes de Laursen, investigador del Iowa Institute of Hydraulic Research, tal y como se refleja en la publicación “Control de la erosión fluvial en puentes”, del año 1988.

El método define la máxima profundidad de erosión  $e$ , medida desde el fondo general del cauce en el tramo como:

$$\frac{e}{b^*} = 1,5 \left[ \frac{y}{b^*} \right]^{1/3}$$

ó bien:

$$e = 1,5 b^{*2/3} y^{1/3}$$

Siendo:

$y$ = calado

$$b^* = b \left( \cos \alpha + \frac{L'}{b} \sin \alpha \right)$$

$\alpha$ = ángulo formado por la línea de corriente y la pila

El factor con mayor incidencia en la profundidad de erosión es la anchura de la proyección de la pila del puente en dirección perpendicular a la corriente ( $b^*$ ), que si no hay ángulo de ataque coincide con el de la pila, y en caso contrario el ángulo  $\alpha$  destaca también por su relevancia.

El calado interviene también en la cuantificación de la erosión local pero en menor potencia que el ancho de la pila.

La forma de la pila, las características del material del fondo, la velocidad, etc., o son despreciables o su incidencia en el fenómeno es secundaria.

Así pues la máxima profundidad de erosión local en las pilas depende fundamentalmente de las características inherentes a la propia obra y

sobretudo de su anchura y alineación con la corriente, y sólo secundariamente de los caudales del río.

La erosión en la pila ocasionada por el caudal correspondiente al periodo de retorno de 500 años es:

MÁXIMA EROSIÓN EN PILA		
y	1,95	m
b	3,65	m
$\alpha$	0	rad
b*	3,65	m
y/b*	0,75	
e	4,14	m

Tabla 31. Máxima erosión en pila para calado de  $Q_{T500}$

La erosión en los estribos es despreciable, puesto que la obstrucción al flujo que genera es escasa. Con la finalidad de proteger el cauce frente a la erosión originada por el puente se pueden colocar mantos de escollera alrededor de las pilas.

El manto de escollera no se coloca en el fondo del cauce, sino donde es efectivo para proteger de la erosión local en el fondo del río durante la avenida. La profundidad de cauce dada por la suma de la erosión general y el estrechamiento se puede considerar perdida, no merece la pena defenderla.

Si la escollera se coloca en la superficie queda demasiado prominente en la avenida y puede agravar el efecto de obstáculo a la corriente o desprenderse, descender y quedarse desmantelada.

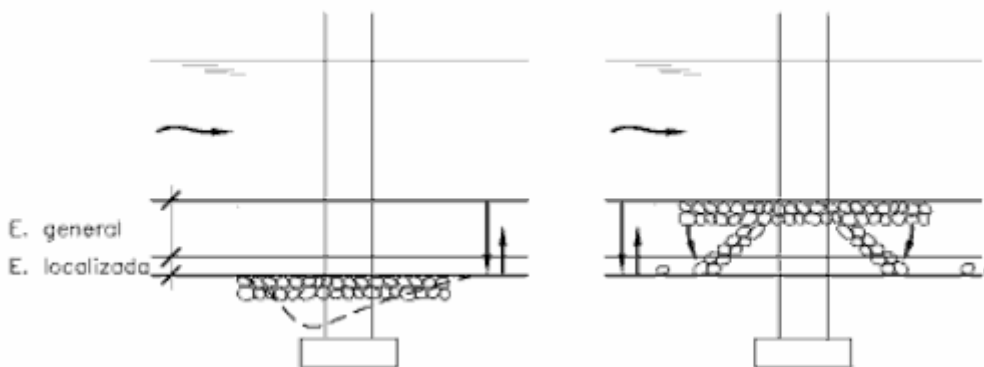


Figura 80. Colocación correcta e incorrecta de la protección de escollera en pila

El manto de escollera consigue que no se desarrolle la erosión local y así aumenta la seguridad de una cimentación dada.

La dimensión en planta del manto se define por su anchura, entendiéndose por tal la distancia desde el borde de la protección hasta el contorno del apoyo del puente. Se recomienda una anchura igual al valor de máxima erosión local “e”.

En cuanto al tamaño de los bloques de escollera, se calcula según la fórmula:

$$\frac{v_0}{\sqrt{\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} g d}} = 1,5 k \left[ \frac{R}{d} \right]^{1/6}$$

Siendo:

V0= velocidad media de comienzo de arrastre en la vertical del punto

R= Radio hidráulico

K= factor adimensional (0,85 - 0,95)

d= diámetro de la esfera de igual volumen que el elemento representativo del diámetro de fondo

Y= peso específico del fluido

Y S= peso específico del material

g= aceleración de la gravedad

En este caso, para las condiciones más desfavorables: humedad alta previa, y caudal de 500 años de periodo de retorno se obtienen los siguientes resultados.

DIÁMETO ESCOLLERA EN PILAS		
Vo	4,18	m/s
gs	2.400	kg/m <sup>3</sup>
g	1.000	kg/m <sup>3</sup>
K	0,95	-
R	1,83	m
<b>d</b>	<b>0,37</b>	<b>m</b>

Tabla 32. Diámetro de escollera en pilas para protección

Para que los mantos de escollera puedan considerarse protecciones, es preciso que consten al menos de dos capas.

Si las piedras fueran esféricas e iguales es condición equivaldría a 1,84d; pero en la realidad la forma de la escollera se asemeja mas a un elipsoide de revolución.

Para suplir esas deficiencias se aplica un valor para el espesor de las capas de escollera ( $\epsilon_0$ ), igual a dos veces el diámetro de esfera equivalente:  $\epsilon_0 = 2 \cdot d$ .

Puesto que los elementos de escollera no poseen todos la misma dimensión, sino que presentan una curva granulométrica mas o menos abierta, se admite la existencia de elementos de diferente tamaño teniendo la precaución previa de aumentar el espesor calculado según la fórmula:

$$\epsilon_c = \epsilon_0 \cdot (1 + C/100)$$

Siendo "C" el porcentaje de elementos con peso inferior al de cálculo.

En cualquier caso, puesto que debe cumplirse que  $C < 50$  y  $P \text{ mínimo} > 1/3 P$ , se llega a un valor de espesor de capa de protección de escollera de  **$\epsilon_c = 1,09$  m.**

El manto de escollera se debe extender alrededor de la pila como una aureola, con una anchura como máximo del orden del valor de la erosión local. Otro criterio es que la aureola tenga una anchura igual a 2,5 d.

## 9 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HIDRÁULICO

### Caudal

Según criterio de la Confederación Hidrográfica del Júcar, para cualquier actuación que afecte al Dominio Público Hidráulico o a su zona de policía, y en caso particular de construcción de un puente sobre cauce público, se debe realizar un estudio hidrológico e hidráulico de la zona con cálculos de 500 años de periodo de retorno si se tratase de zona urbana y de 100 años en zona rural.

Por otra parte, la Ley de Aguas de 1985 y sus reglamentos definen el cauce (dominio público) como el espacio ocupado por la máxima crecida ordinaria, definida como: “la media de los máximos caudales anuales durante diez años consecutivos representativos”, y la zona inundable como el área ocupada por las aguas en la avenida de periodo de retorno de 500 años.

Por lo tanto, puesto que la zona de estudio se clasifica como “no urbanizable”, según la Confederación Hidrográfica del Júcar se adopta el caudal de diseño de 100 años de periodo de retorno.

No obstante, se comprueba también el funcionamiento hidráulico de la estructura para 500 años de periodo de retorno para definir la zona inundable ajustada a la Ley de Aguas de 1985.

### Parámetros hidráulicos

Se presentan tablas comparativas de los parámetros: velocidad, calado y número de Froude en el entorno del puente, para los periodos de retorno de 100 y 500 años, en condiciones medias de humedad.

Condiciones de Humedad previas medias:

<b>SECCIÓN HIDRÁULICA. PUENTE BARRANCO TORRES. Aguas Arriba</b>		
	<b>Q T100 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q T500(m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>y (m)</b>	1,16	1,71
<b>v (m/s)</b>	2,77	3,52
<b>Froude</b>	0,70	0,68

Tabla 33. Parámetros Hidráulicos Aguas Arriba del puente

<b>SECCIÓN HIDRÁULICA. PUENTE BARRANCO TORRES. Aguas Abajo</b>		
	<b>Q T100 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Q T500 (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>y (m)</b>	1,05	1,71
<b>v (m/s)</b>	3,20	4,18
<b>Froude</b>	0,85	0,87

Tabla 34. *Parámetros Hidráulicos Aguas Abajo del puente, Condiciones de Humedad Medias*

Se observa que:

- No existe afección significativa al barranco en el entorno del puente
- El tramo se rige por régimen lento en todo momento (número de Froude inferior a la unidad).

### **Riesgos en avenida**

Para evitar posibles riesgos de colapso por erosión local en la pila del puente, los cuales son función de la cimentación del puente cuyas características se desconocen, se recomienda una protección de escollera en dos capas con un espesor total de la misma de 1,09 m (cálculos en el apartado 8.4.).

## 10 CONCLUSIONES DEL TRABAJO FIN DE MASTER

El presente Trabajo Fin de Master realizado se ha compuesto de dos fases:

- ▶ Estudio Hidrológico
- ▶ Estudio Hidráulico

### Estudio Hidrológico

- En primer lugar se realiza una fase de recopilación de información de la zona de estudio: cartografía, usos del suelo, calificación y clasificación del suelo en el área, riesgos de inundación determinados en el PATRICOVA, etc.

- Se realizan visitas a campo para comprobar la información obtenida.

- Se solicitan datos de lluvias de las estaciones pluviométricas más cercanas al área con número suficiente de datos para la realización de un profundo análisis estadístico del que extraer los datos de precipitaciones máximas adoptadas para el cálculo de caudales de avenida.

Se eligen las estaciones: 8- 038, y 8- 033. Una vez procesados los datos pluviométricos de dichas estaciones, se realiza el test de comprobación de Kolgomorov-Smirnov para concretar la distribución óptima, que en este caso es la distribución SQRT-ET max.

Se adoptan las lluvias máximas generadas a partir de esta distribución para después calcular los caudales de avenida.

- Se procesan los datos del terreno en el software informático Arc-Gis, y se limitan y estudian las subcuencas que componen la cuenca del

Barranco Torres en el punto de desagüe, el puente del tranvía Villajoyosa- Benidorm.

- Se definen los caudales vertientes en la zona de estudio para los distintos periodos de retorno analizados siguiendo el denominado Método Racional.

En la estimación de los caudales punta se estudian además las condiciones de humedad previas del suelo antes de la avenida.

Las condiciones de humedad previas en la zona se adecuan a condiciones medias, tal y como marca *Instrucción de Drenaje Superficial 5.2*, aunque se calculan los caudales correspondientes a las condiciones de humedad previas altas y secas para cuantificar la variabilidad de los resultados.

- A modo de contraste y mejor definición de los caudales, se utiliza otro método de cálculo, en este caso un método pseudo-distribuido de simulación.

Este modelo combina el empleo de modelos de respuesta (hidrogramas) de las distintas subcuencas en que se subdivide la cuenca completa, junto con modelos de transporte que simulan la propagación de los hidrogramas a lo largo de los distintos tramos de cauce. El estudio se sirve de los programas informáticos HEC-HMS y HEC- Geo HMS.

- Se comparan los caudales obtenidos por ambos métodos, racional y pseudo-distribuido.

Se observa que el método pseudo-distribuido conduce a valores del caudal pico menores que los obtenidos por el método racional para periodos de retorno bajos, mientras que para periodos de retorno altos los valores del caudal pico que arroja el modelo pseudo-



distribuido son superiores a los que se estiman con el método racional.

Se opta por escoger los caudales extraídos del modelo pseudo-distribuido por considerarlo más preciso, y son los que se usan en el modelo hidráulico del Barranco Torres en el entorno del puente.

### **Estudio Hidráulico**

- Se realiza una modelación bidimensional del Barranco en el entorno del puente gracias a una topografía de detalle y los programas y módulos informáticos: HEC-RAS y HEC-Geo RAS, para los caudales dados.
  
- Una vez analizados los resultados se analiza la velocidad de la corriente, sobreelevaciones y riesgos de obstrucción. Aunque no existe la posibilidad de daños catastróficos colindantes sí aparecen erosiones en el lecho del cauce debido a las altas velocidades de la corriente.
  
- Por lo tanto, se calculan los valores de erosión local y generalizada que se producen en los episodios de avenida máxima, y se recomienda la ejecución de una protección de escollera en el puente para minimizar los riesgos.

## **Anejo 1: Ajustes estadísticos**

ESTACIÓN Nº 8 033 A											
PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN ORDENADA		DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA		DISTRIBUCIÓN GUMBEL		DISTRIBUCIÓN SORT		DISTRIBUCIÓN TCEV	
AÑO	P MÁX (mm)	Nº AÑO	P MÁX (mm)	PROB.	T (AÑOS)	PROB.	T (AÑOS)	PROB.	T (AÑOS)	PROBABILIDAD	PERIODO RETORNO
1955	44	1971	148,5	0,989	91,286	0,990	101,407	0,987	75,522	0,988	82,646
1956	54	1997	140	0,969	32,769	0,986	70,350	0,983	57,502	0,983	60,599
1957	30	1979	130	0,950	19,969	0,978	45,813	0,976	41,355	0,976	41,806
1958	48,3	1962	110	0,930	14,360	0,949	19,573	0,952	20,729	0,949	19,529
1962	110	1987	103	0,911	11,211	0,931	14,590	0,938	16,107	0,933	14,888
1963	28,5	1968	91	0,891	9,194	0,888	8,889	0,903	10,318	0,893	9,318
1964	38	1980	88	0,872	7,793	0,873	7,870	0,891	9,208	0,879	8,286
1965	35	1986	87	0,852	6,762	0,868	7,559	0,887	8,864	0,875	7,969
1966	72	1967	78,5	0,833	5,972	0,815	5,395	0,843	6,385	0,825	5,723
1967	78,5	1966	72	0,813	5,347	0,762	4,205	0,798	4,951	0,776	4,457
1968	91	1969	67	0,793	4,841	0,714	3,494	0,754	4,066	0,729	3,690
1969	67	2007	67	0,774	4,422	0,714	3,494	0,754	4,066	0,729	3,690
1970	43,5	1975	61	0,754	4,070	0,646	2,824	0,689	3,212	0,662	2,960
1971	148,5	1989	59	0,735	3,770	0,621	2,637	0,663	2,971	0,637	2,755
1972	41,3	1982	58,5	0,715	3,511	0,614	2,593	0,657	2,913	0,631	2,707
1973	54,3	1977	58	0,696	3,285	0,608	2,550	0,650	2,857	0,624	2,659
1974	51	2002	58	0,676	3,087	0,608	2,550	0,650	2,857	0,624	2,659
1975	61	2006	56,5	0,656	2,911	0,588	2,427	0,629	2,696	0,604	2,524
1976	39,7	1985	55,5	0,637	2,754	0,574	2,349	0,615	2,595	0,590	2,438
1977	58	1973	54,3	0,617	2,613	0,558	2,260	0,596	2,478	0,573	2,340
1978	35	1956	54	0,598	2,486	0,553	2,239	0,592	2,450	0,568	2,316
1979	130	2001	53,5	0,578	2,371	0,546	2,204	0,584	2,404	0,561	2,278
1980	88	1992	53	0,559	2,266	0,539	2,169	0,576	2,359	0,554	2,240
1981	38,5	1993	53	0,539	2,170	0,539	2,169	0,576	2,359	0,554	2,240
1982	58,5	2003	53	0,520	2,081	0,539	2,169	0,576	2,359	0,554	2,240
1983	40	1974	51	0,500	2,000	0,510	2,040	0,543	2,189	0,523	2,097
1984	42	1958	48,3	0,480	1,925	0,469	1,883	0,496	1,982	0,480	1,924
1985	55,5	1955	44	0,461	1,855	0,402	1,671	0,413	1,704	0,408	1,690
1986	87	2000	44	0,441	1,790	0,402	1,671	0,413	1,704	0,408	1,690
1987	103	1970	43,5	0,422	1,729	0,394	1,649	0,403	1,676	0,400	1,666
1988	34	1984	42	0,402	1,673	0,370	1,587	0,373	1,594	0,374	1,597
1989	59	1972	41,3	0,383	1,620	0,359	1,559	0,358	1,559	0,362	1,567
1990	27,5	1998	41	0,363	1,570	0,354	1,548	0,352	1,544	0,357	1,554
1991	24,5	1983	40	0,344	1,523	0,338	1,511	0,331	1,496	0,339	1,514
1992	53	1976	39,7	0,324	1,479	0,333	1,500	0,325	1,482	0,334	1,502
1993	53	1981	38,5	0,304	1,438	0,314	1,458	0,300	1,429	0,313	1,457
1994	18	1964	38	0,285	1,398	0,306	1,442	0,290	1,408	0,305	1,439
1995	25,5	1965	35	0,265	1,361	0,260	1,351	0,228	1,295	0,254	1,341
1996	33	1978	35	0,246	1,326	0,260	1,351	0,228	1,295	0,254	1,341

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLAJYOSA-BENIDORM

1997	140	1988	34	0,226	1,292	0,245	1,325	0,208	1,262	0,238	1,312
1998	41	1996	33	0,207	1,260	0,230	1,299	0,188	1,232	0,221	1,284
1999	24	2008	31	0,187	1,230	0,202	1,253	0,151	1,178	0,190	1,235
2000	44	1957	30	0,167	1,201	0,188	1,231	0,133	1,154	0,175	1,212
2001	53,5	1963	28,5	0,148	1,174	0,168	1,202	0,108	1,122	0,153	1,181
2002	58	1990	27,5	0,128	1,147	0,155	1,184	0,093	1,103	0,140	1,162
2003	53	2005	26	0,109	1,122	0,137	1,159	0,072	1,078	0,120	1,137
2004	23,5	1995	25,5	0,089	1,098	0,131	1,151	0,066	1,071	0,114	1,129
2005	26	1991	24,5	0,070	1,075	0,120	1,136	0,055	1,058	0,102	1,114
2006	56,5	1999	24	0,050	1,053	0,114	1,129	0,049	1,052	0,097	1,107
2007	67	2004	23,5	0,031	1,031	0,109	1,122	0,044	1,046	0,091	1,100
2008	31	1994	18	0,011	1,011	0,060	1,064	0,009	1,009	0,043	1,045

ESTACIÓN Nº 8 038											
PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN ORDENADA		DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA		DISTRIBUCIÓN GUMBEL		DISTRIBUCIÓN SORT		DISTRIBUCIÓN TCEV	
AÑO	P MÁX (mm)	Nº AÑO	P MÁX (mm)	PROB.	T (AÑOS)	PROB.	T (AÑOS)	PROB.	T (AÑOS)	PROBABILIDAD	PERIODO RETORNO
1952	122,4	1989	170	0,987	75,214	0,986	72,216	0,976	42,077	0,985	68,062
1953	93,3	1971	154	0,963	27,000	0,975	39,747	0,964	27,692	0,974	38,578
1954	41,5	1986	154	0,939	16,453	0,975	39,747	0,964	27,692	0,974	38,578
1955	52,5	1952	122,4	0,915	11,831	0,920	12,438	0,913	11,539	0,920	12,544
1956	95	1988	112	0,892	9,237	0,883	8,574	0,883	8,527	0,885	8,703
1957	39,5	1974	109	0,868	7,576	0,870	7,713	0,872	7,806	0,872	7,840
1958	51	1964	104	0,844	6,421	0,846	6,479	0,851	6,728	0,848	6,596
1959	56,5	1973	97	0,821	5,571	0,804	5,100	0,817	5,455	0,808	5,198
1960	79	1956	95	0,797	4,921	0,790	4,769	0,805	5,136	0,794	4,860
1961	59	1965	94	0,773	4,406	0,783	4,613	0,799	4,983	0,787	4,701
1962	55	1953	93,3	0,749	3,989	0,778	4,507	0,795	4,879	0,782	4,593
1963	36,3	1985	92	0,726	3,644	0,768	4,317	0,787	4,691	0,773	4,399
1964	104	1983	86,5	0,702	3,354	0,723	3,612	0,748	3,972	0,728	3,677
1965	94	1960	79	0,678	3,106	0,650	2,861	0,684	3,168	0,656	2,906
1966	50	1978	74,5	0,654	2,893	0,601	2,505	0,639	2,770	0,606	2,539
1967	61,5	1980	73,4	0,631	2,707	0,588	2,427	0,627	2,681	0,593	2,458
1968	61,6	1984	71,5	0,607	2,543	0,565	2,300	0,606	2,535	0,570	2,328
1969	51	1990	71	0,583	2,399	0,559	2,268	0,600	2,498	0,564	2,295
1970	41	1993	66,5	0,559	2,269	0,502	2,009	0,544	2,193	0,507	2,027
1971	154	1968	61,6	0,536	2,153	0,437	1,775	0,477	1,912	0,440	1,786
1972	57	1967	61,5	0,512	2,049	0,435	1,771	0,475	1,907	0,439	1,781
1973	97	1987	59,5	0,488	1,954	0,408	1,689	0,446	1,806	0,411	1,696
1974	109	1961	59	0,464	1,867	0,401	1,670	0,439	1,782	0,403	1,676
1975	50	1972	57	0,441	1,788	0,373	1,596	0,408	1,691	0,375	1,600
1976	44	1959	56,5	0,417	1,715	0,366	1,578	0,401	1,669	0,368	1,582
1977	38,7	1962	55	0,393	1,648	0,346	1,528	0,377	1,606	0,347	1,531
1978	74,5	1955	52,5	0,369	1,586	0,311	1,452	0,338	1,510	0,311	1,452
1979	46	1958	51	0,346	1,528	0,291	1,410	0,314	1,457	0,290	1,409
1980	73,4	1969	51	0,322	1,475	0,291	1,410	0,314	1,457	0,290	1,409
1981	34	1966	50	0,298	1,425	0,277	1,384	0,298	1,424	0,276	1,382
1982	38	1975	50	0,274	1,378	0,277	1,384	0,298	1,424	0,276	1,382
1983	86,5	1979	46	0,251	1,335	0,225	1,291	0,234	1,306	0,223	1,286
1984	71,5	1976	44	0,227	1,294	0,200	1,251	0,204	1,256	0,197	1,245
1985	92	1994	43	0,203	1,255	0,188	1,232	0,189	1,232	0,185	1,226
1986	154	1954	41,5	0,179	1,219	0,171	1,206	0,167	1,200	0,167	1,200
1987	59,5	1970	41	0,156	1,184	0,165	1,198	0,159	1,190	0,161	1,192
1988	112	1957	39,5	0,132	1,152	0,149	1,175	0,139	1,161	0,144	1,168
1989	170	1977	38,7	0,108	1,121	0,140	1,163	0,128	1,147	0,135	1,157
1990	71	1982	38	0,085	1,092	0,133	1,154	0,119	1,135	0,128	1,147

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLAJOSYOSA-BENIDORM

1991	35	1963	36,3	0,061	1,065	0,117	1,132	0,099	1,110	0,111	1,125
1993	66,5	1991	35	0,037	1,038	0,105	1,117	0,084	1,092	0,099	1,110
1994	43	1981	34	0,013	1,013	0,096	1,106	0,074	1,080	0,090	1,099

TEST DE COMPROBACIÓN KOLMOGOROV- SMIRNOV PARA ESTACIÓN Nº 8-033 A								
PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN ORDENADA		DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN SQRT	DIFERENCIA SQRT	DIFERENCIA TCEV
AÑO	P MÁX (mm)	Nº AÑO	P MÁX (mm)	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD		
1955	44,00	1971	148,50	0,9890	0,9901	0,9868	0,0023	0,0011
1956	54,00	1997	140,00	0,9695	0,9858	0,9826	0,0131	0,0140
1957	30,00	1979	130,00	0,9499	0,9782	0,9758	0,0259	0,0262
1958	48,30	1962	110,00	0,9304	0,9489	0,9518	0,0214	0,0184
1962	110,00	1987	103,00	0,9108	0,9315	0,9379	0,0271	0,0220
1963	28,50	1968	91,00	0,8912	0,8875	0,9031	0,0118	0,0014
1964	38,00	1980	88,00	0,8717	0,8729	0,8914	0,0197	0,0076
1965	35,00	1986	87,00	0,8521	0,8677	0,8872	0,0351	0,0224
1966	72,00	1967	78,50	0,8326	0,8147	0,8434	0,0108	0,0073
1967	78,50	1966	72,00	0,8130	0,7622	0,7980	0,0150	0,0374
1968	91,00	1969	67,00	0,7934	0,7138	0,7540	0,0394	0,0644
1969	67,00	2007	67,00	0,7739	0,7138	0,7540	0,0198	0,0449
1970	43,50	1975	61,00	0,7543	0,6459	0,6886	0,0657	0,0922
1971	148,50	1989	59,00	0,7347	0,6208	0,6634	0,0714	0,0977
1972	41,30	1982	58,50	0,7152	0,6144	0,6568	0,0584	0,0846
1973	54,30	1977	58,00	0,6956	0,6079	0,6500	0,0456	0,0716
1974	51,00	2002	58,00	0,6761	0,6079	0,6500	0,0260	0,0521
1975	61,00	2006	56,50	0,6565	0,5879	0,6291	0,0274	0,0528
1976	39,70	1985	55,50	0,6369	0,5743	0,6146	0,0223	0,0471
1977	58,00	1973	54,30	0,6174	0,5575	0,5965	0,0209	0,0447
1978	35,00	1956	54,00	0,5978	0,5533	0,5919	0,0059	0,0295
1979	130,00	2001	53,50	0,5782	0,5462	0,5840	0,0058	0,0173
1980	88,00	1992	53,00	0,5587	0,5390	0,5761	0,0174	0,0052
1981	38,50	1993	53,00	0,5391	0,5390	0,5761	0,0370	0,0144
1982	58,50	2003	53,00	0,5196	0,5390	0,5761	0,0565	0,0340
1983	40,00	1974	51,00	0,5000	0,5097	0,5431	0,0431	0,0231
1984	42,00	1958	48,30	0,4804	0,4689	0,4955	0,0151	0,0003
1985	55,50	1955	44,00	0,4609	0,4016	0,4132	0,0476	0,0525
1986	87,00	2000	44,00	0,4413	0,4016	0,4132	0,0281	0,0330
1987	103,00	1970	43,50	0,4218	0,3936	0,4032	0,0185	0,0220
1988	34,00	1984	42,00	0,4022	0,3698	0,3728	0,0294	0,0282
1989	59,00	1972	41,30	0,3826	0,3586	0,3584	0,0242	0,0207
1990	27,50	1998	41,00	0,3631	0,3539	0,3522	0,0108	0,0064
1991	24,50	1983	40,00	0,3435	0,3380	0,3315	0,0120	0,0041
1992	53,00	1976	39,70	0,3239	0,3332	0,3252	0,0013	0,0103
1993	53,00	1981	38,50	0,3044	0,3143	0,3002	0,0042	0,0091
1994	18,00	1964	38,00	0,2848	0,3064	0,2898	0,0050	0,0201
1995	25,50	1965	35,00	0,2653	0,2601	0,2279	0,0373	0,0112
1996	33,00	1978	35,00	0,2457	0,2601	0,2279	0,0178	0,0083

1997	140,00	1988	34,00	0,2261	0,2450	0,2079	0,0183	0,0114
1998	41,00	1996	33,00	0,2066	0,2302	0,1883	0,0183	0,0147
1999	24,00	2008	31,00	0,1870	0,2016	0,1508	0,0362	0,0030
2008	31,00	1957	30,00	0,1674	0,1878	0,1332	0,0343	0,0075
2001	53,50	1963	28,50	0,1479	0,1679	0,1084	0,0395	0,0054
2002	58,00	1990	27,50	0,1283	0,1552	0,0932	0,0351	0,0113
2003	53,00	2005	26,00	0,1088	0,1369	0,0725	0,0363	0,0114
2004	23,50	1995	25,50	0,0892	0,1311	0,0662	0,0230	0,0248
2005	26,00	1991	24,50	0,0696	0,1198	0,0545	0,0151	0,0325
2006	56,50	1999	24,00	0,0501	0,1144	0,0491	0,0009	0,0465
2007	67,00	2004	23,50	0,0305	0,1091	0,0441	0,0136	0,0605
2008	31,00	1994	18,00	0,0110	0,0602	0,0091	0,0019	0,0319
D=							<b>0,071</b>	<b>0,098</b>
t= D*n^(0.5)							<b>0,597</b>	<b>0,817</b>



TEST DE COMPROBACIÓN KOLMOGOROV- SMIRNOV PARA ESTACIÓN N° 8-038								
PRECIPITACIÓN		PRECIPITACIÓN ORDENADA		DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN SQRT	DIFERENCIA SQRT	DIFERENCIA TCEV
AÑO	P MÁX (mm)	N° AÑO	P MÁX (mm)	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD		
1952	122	1989	170	0,9867	0,9862	0,9762	0,0105	0,0014
1953	93	1971	154	0,9630	0,9748	0,9639	0,0009	0,0111
1954	42	1986	154	0,9392	0,9748	0,9639	0,0247	0,0349
1955	53	1952	122	0,9155	0,9196	0,9133	0,0021	0,0048
1956	95	1988	112	0,8917	0,8834	0,8827	0,0090	0,0066
1957	40	1974	109	0,8680	0,8703	0,8719	0,0039	0,0044
1958	51	1964	104	0,8443	0,8457	0,8514	0,0071	0,0041
1959	57	1973	97	0,8205	0,8039	0,8167	0,0038	0,0129
1960	79	1956	95	0,7968	0,7903	0,8053	0,0085	0,0025
1961	59	1965	94	0,7730	0,7832	0,7993	0,0263	0,0142
1962	55	1953	93	0,7493	0,7781	0,7950	0,0458	0,0330
1963	36	1985	92	0,7255	0,7684	0,7868	0,0613	0,0471
1964	104	1983	87	0,7018	0,7231	0,7483	0,0465	0,0263
1965	94	1960	79	0,6781	0,6505	0,6844	0,0063	0,0222
1966	50	1978	75	0,6543	0,6008	0,6390	0,0153	0,0482
1967	62	1980	73	0,6306	0,5880	0,6270	0,0036	0,0373
1968	62	1984	72	0,6068	0,5653	0,6055	0,0013	0,0365
1969	51	1990	71	0,5831	0,5592	0,5997	0,0166	0,0189
1970	41	1993	67	0,5594	0,5022	0,5440	0,0153	0,0528
1971	154	1968	62	0,5356	0,4368	0,4769	0,0587	0,0956
1972	57	1967	62	0,5119	0,4354	0,4755	0,0364	0,0733
1973	97	1987	60	0,4881	0,4080	0,4463	0,0419	0,0776
1974	109	1961	59	0,4644	0,4011	0,4388	0,0256	0,0609
1975	50	1972	57	0,4406	0,3734	0,4085	0,0322	0,0655
1976	44	1959	57	0,4169	0,3665	0,4008	0,0161	0,0489
1977	39	1962	55	0,3932	0,3457	0,3774	0,0157	0,0465
1978	75	1955	53	0,3694	0,3112	0,3379	0,0316	0,0582
1979	46	1958	51	0,3457	0,2908	0,3139	0,0318	0,0555
1980	73	1969	51	0,3219	0,2908	0,3139	0,0080	0,0317
1981	34	1966	50	0,2982	0,2774	0,2979	0,0003	0,0219
1982	38	1975	50	0,2745	0,2774	0,2979	0,0234	0,0019
1983	87	1979	46	0,2507	0,2251	0,2344	0,0163	0,0282
1984	72	1976	44	0,2270	0,2003	0,2035	0,0234	0,0300
1985	92	1994	43	0,2032	0,1883	0,1885	0,0147	0,0186
1986	154	1954	42	0,1795	0,1709	0,1666	0,0129	0,0128
1987	60	1970	41	0,1557	0,1653	0,1595	0,0038	0,0052
1988	112	1957	40	0,1320	0,1488	0,1388	0,0068	0,0121
1989	170	1977	39	0,1083	0,1404	0,1283	0,0200	0,0272
1990	71	1982	38	0,0845	0,1332	0,1193	0,0348	0,0436

1991	35	1963	36	0,0608	0,1166	0,0987	0,0379	0,0504
1993	67	1991	35	0,0370	0,1047	0,0842	0,0472	0,0621
1994	43	1981	34	0,0133	0,0960	0,0738	0,0605	0,0770
<b>D=</b>							<b>0,061</b>	<b>0,096</b>
<b>t= D*n^(0.5)</b>							<b>0,442</b>	<b>0,696</b>

## **Anejo 2: Resultados obtenidos del Modelo Hidráulico**

## **GRÁFICAS CAUDAL- PARÁMETROS HIDRÁULICOS BÁSICOS**

**Caudal- Elevación**

**Caudal- Número de Froude**

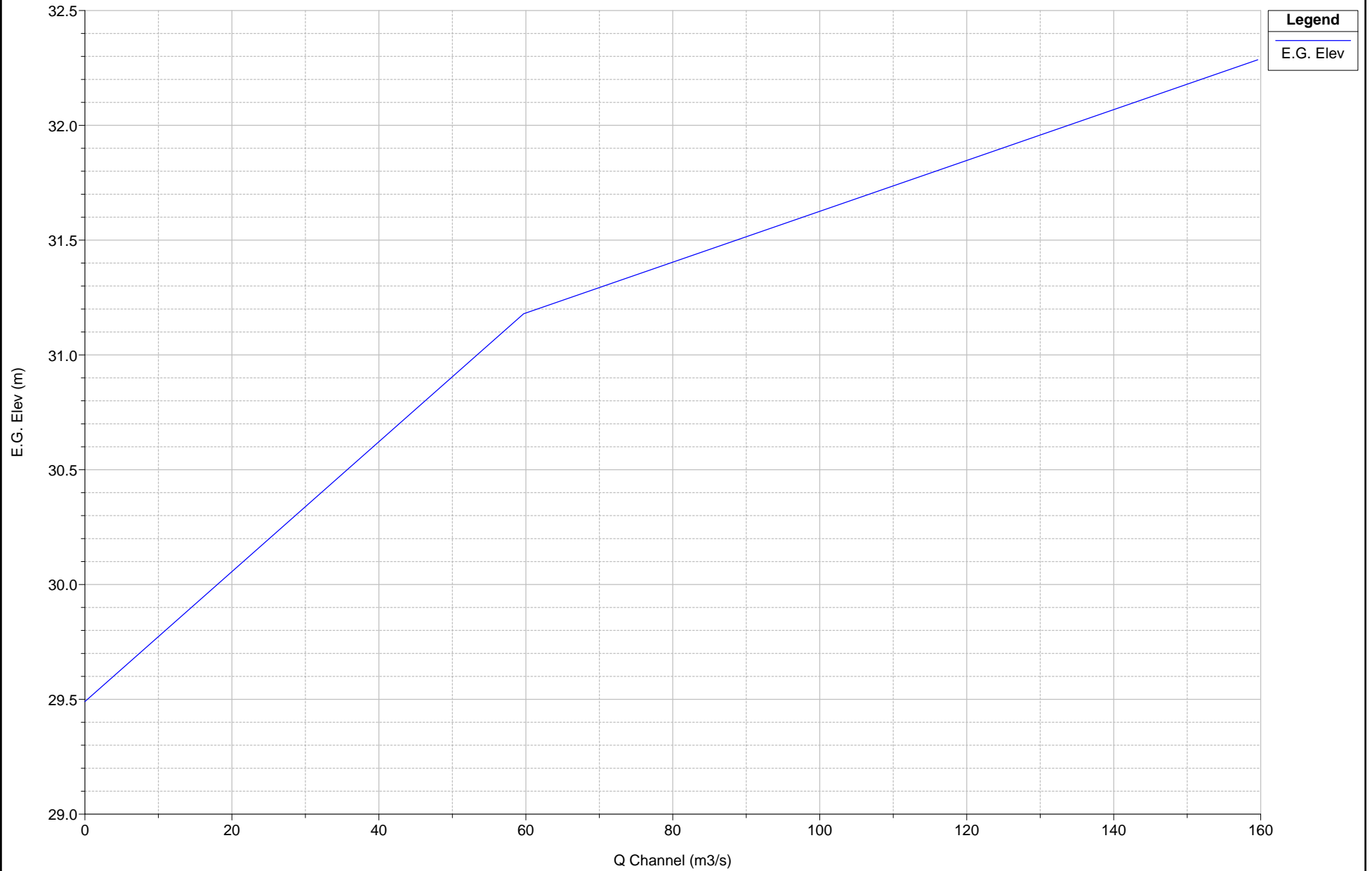
**Caudal- Elevación Línea de Energía**

**Caudal- Calado Crítico**

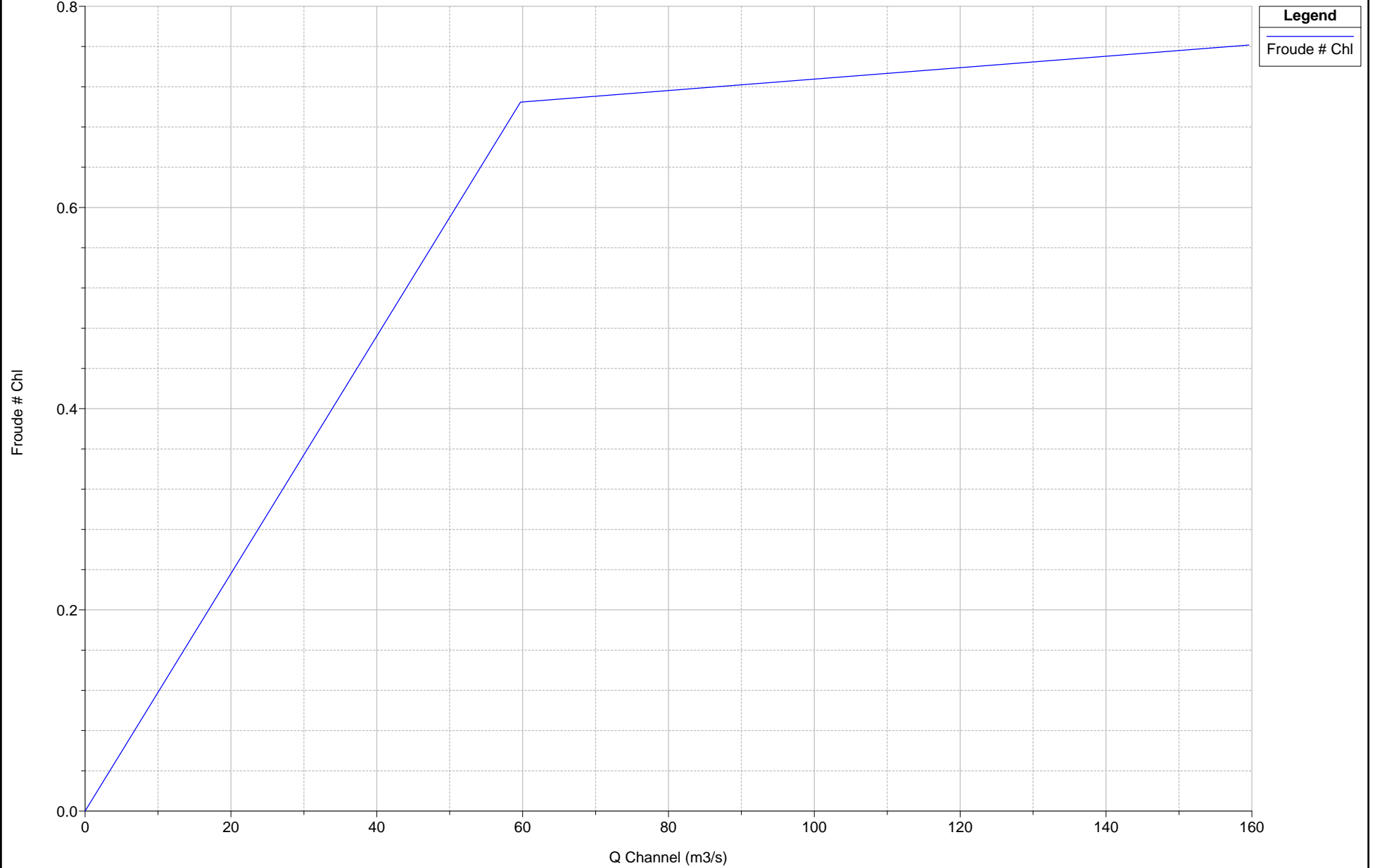
**Caudal- Calado Máximo**

**Caudal- Ancho de la Lámina de Agua**

RS = 0



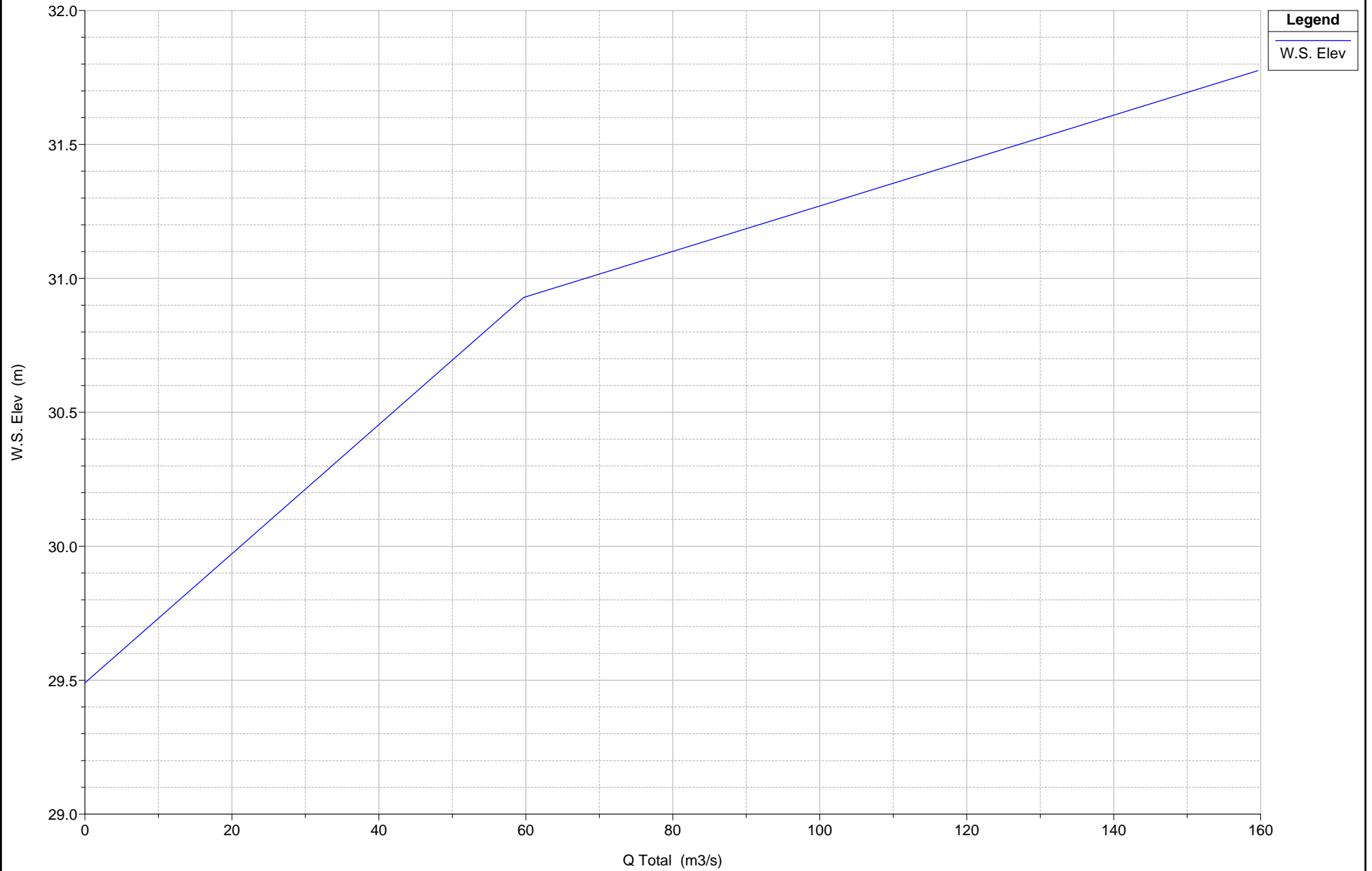
RS = 0



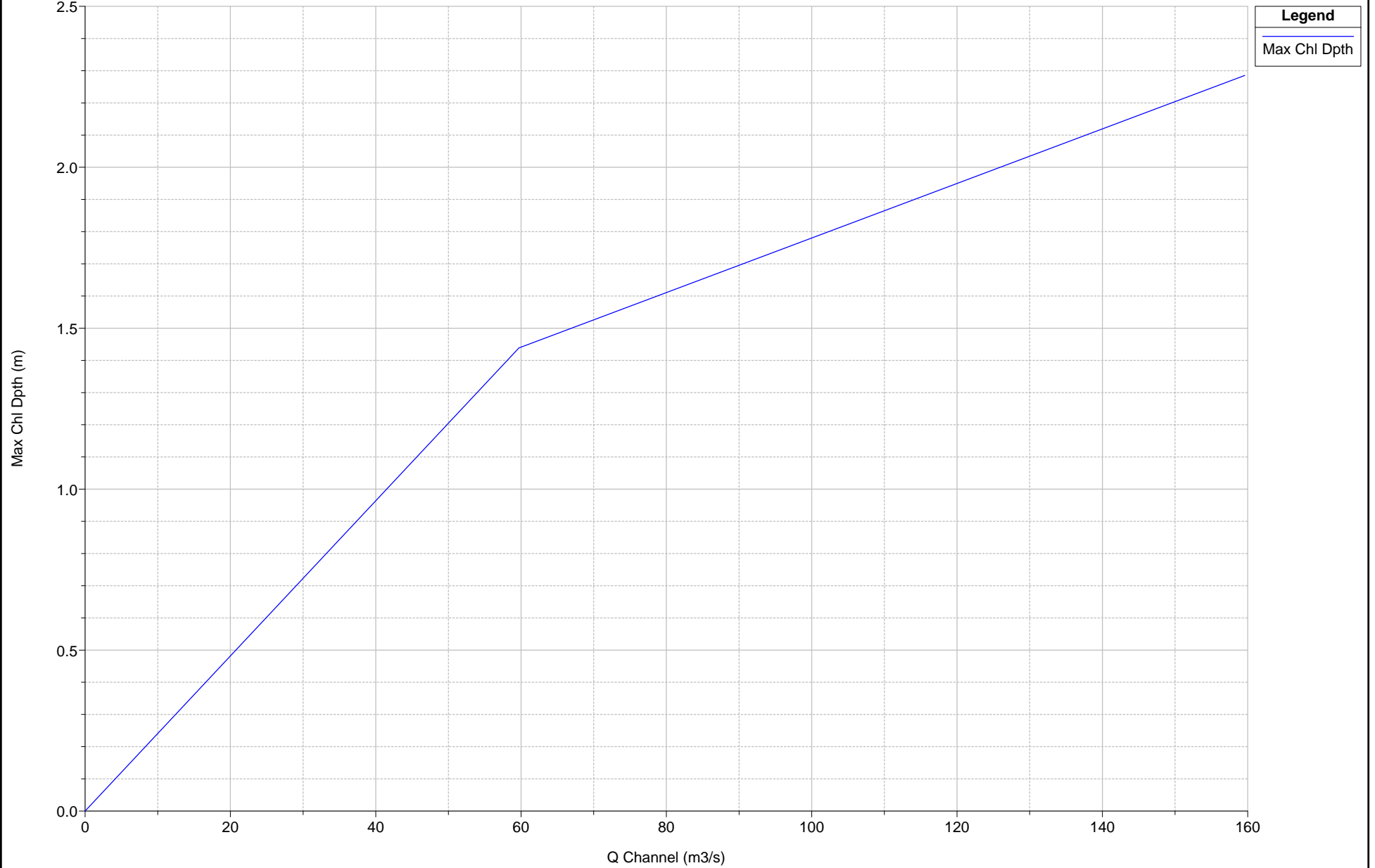
Legend

Froude # Chl

RS = 0



RS = 0

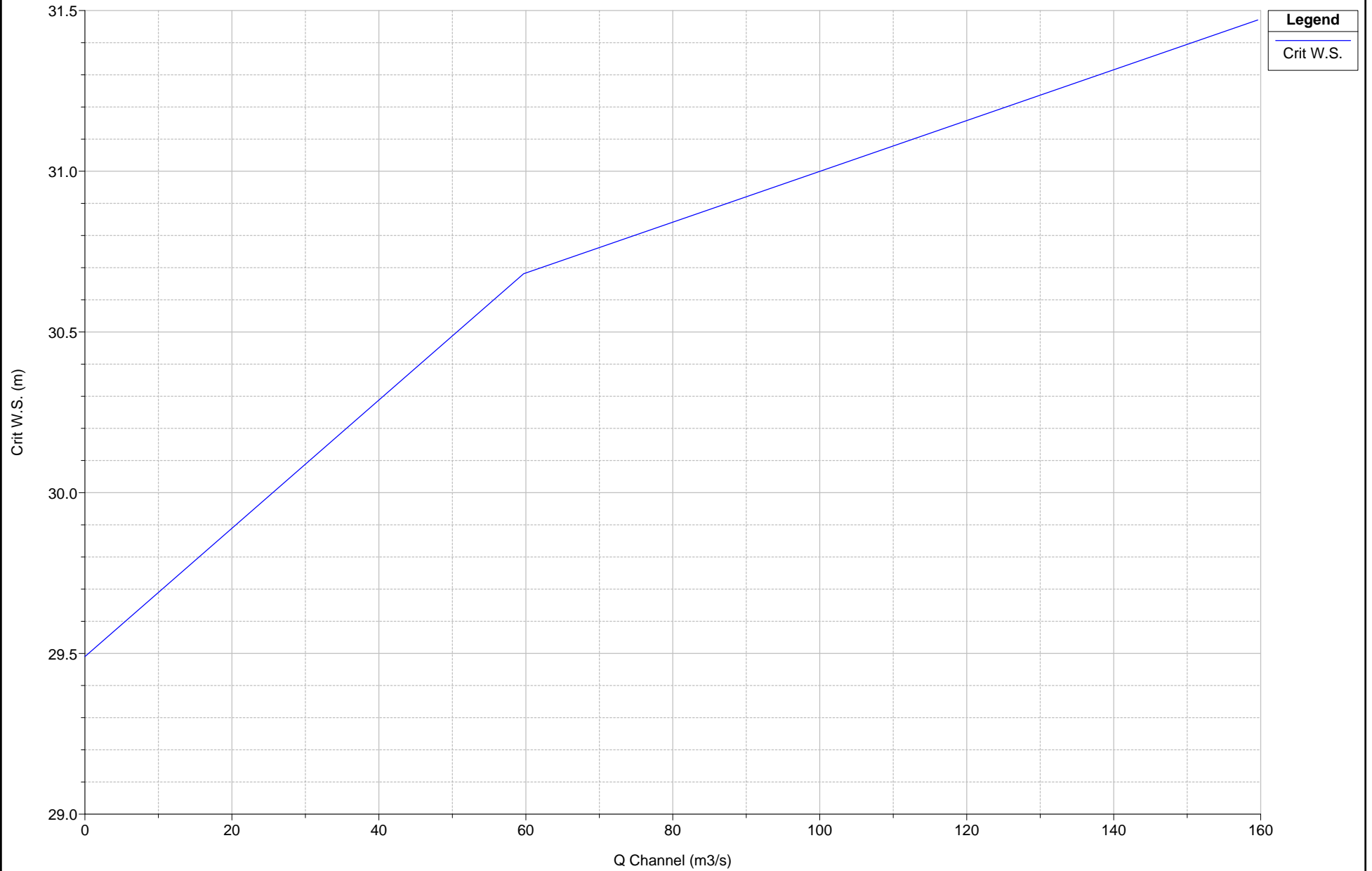


Legend

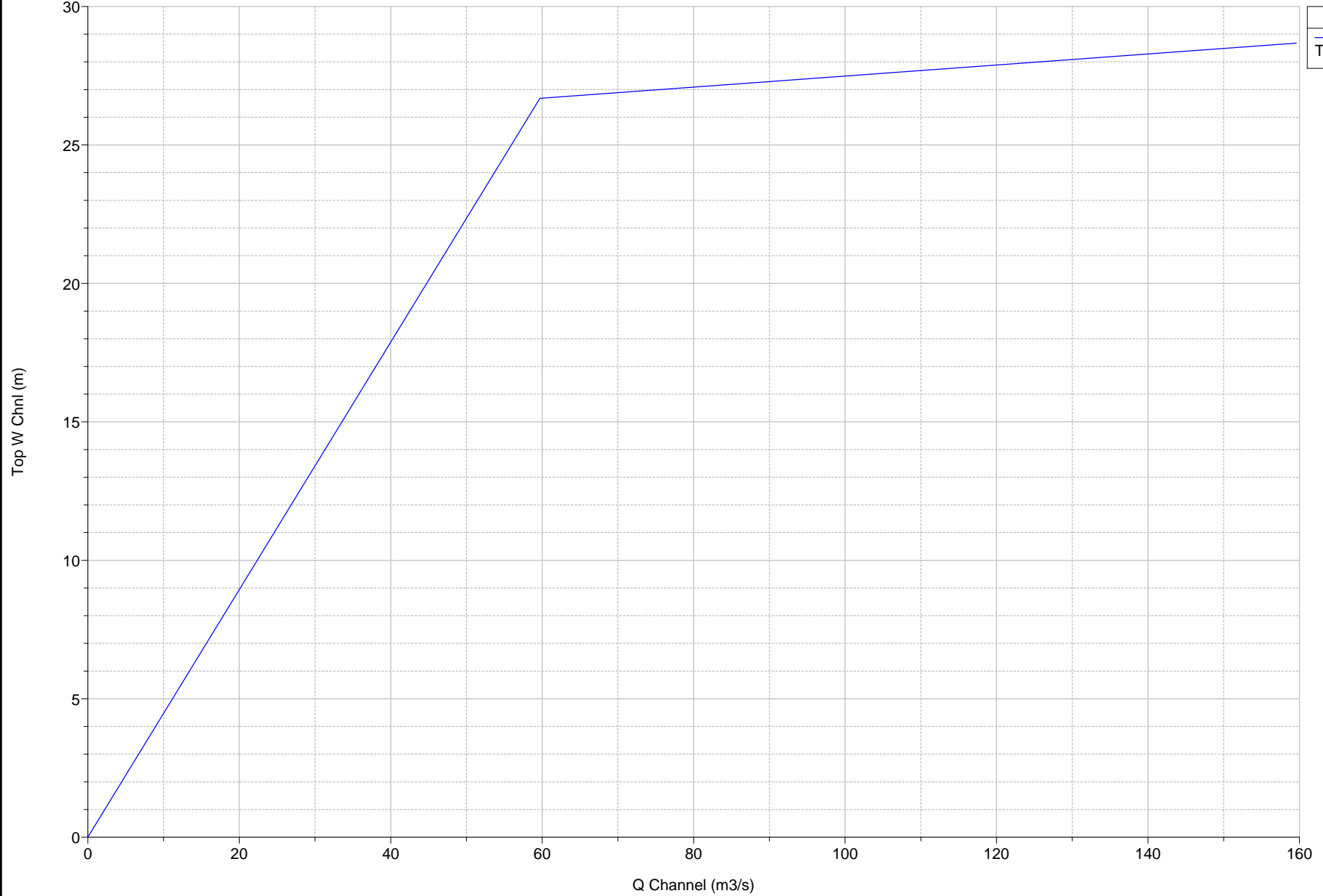
Max Chl Dpth



RS = 0



RS = 0



**Legend**

Top W Chnl

## **PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS**

**Tablas de resultados**

**Perfil longitudinal de la lámina de agua**

**Perfiles transversales de la lámina de agua**

**Distribución de velocidades transversal de la lámina de agua**

HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	170.8949	PF 1	59.70	30.54	32.42		32.66	0.006242	2.20	27.16	18.54	0.58
TORRES	169.944*	PF 1	59.70	30.54	32.41		32.66	0.006199	2.19	27.24	18.57	0.58
TORRES	168.994*	PF 1	59.70	30.53	32.41		32.65	0.006156	2.19	27.31	18.60	0.58
TORRES	168.044*	PF 1	59.70	30.53	32.40		32.64	0.006116	2.18	27.38	18.63	0.57
TORRES	167.094*	PF 1	59.70	30.53	32.40		32.64	0.006074	2.17	27.46	18.66	0.57
TORRES	166.144*	PF 1	59.70	30.52	32.39		32.63	0.006040	2.17	27.53	18.70	0.57
TORRES	165.1949	PF 1	59.70	30.52	32.39		32.63	0.005999	2.16	27.61	18.73	0.57
TORRES	164.235*	PF 1	59.70	30.52	32.38		32.62	0.005957	2.16	27.70	18.78	0.57
TORRES	163.276*	PF 1	59.70	30.52	32.38		32.61	0.005649	2.15	27.80	18.83	0.56
TORRES	162.317*	PF 1	59.70	30.51	32.37		32.61	0.005602	2.14	27.90	18.89	0.56
TORRES	161.358*	PF 1	59.70	30.51	32.37		32.60	0.005305	2.13	28.00	18.94	0.56
TORRES	160.399*	PF 1	59.70	30.51	32.37		32.59	0.005258	2.12	28.11	18.99	0.56
TORRES	159.439*	PF 1	59.70	30.51	32.36		32.59	0.004968	2.12	28.23	19.05	0.55
TORRES	158.480*	PF 1	59.70	30.51	32.36		32.58	0.004685	2.11	28.35	19.10	0.55
TORRES	157.521*	PF 1	59.70	30.50	32.35		32.58	0.004635	2.10	28.48	19.16	0.55
TORRES	156.562*	PF 1	59.70	30.50	32.35		32.57	0.004585	2.09	28.61	19.21	0.55
TORRES	155.6032	PF 1	59.70	30.50	32.35		32.57	0.004315	2.08	28.75	19.27	0.54
TORRES	154.644*	PF 1	59.70	30.50	32.34		32.56	0.004508	2.07	28.83	19.35	0.54
TORRES	153.684*	PF 1	59.70	30.50	32.34		32.56	0.004481	2.06	28.92	19.44	0.54
TORRES	152.725*	PF 1	59.70	30.49	32.34		32.55	0.004671	2.06	29.02	19.52	0.54
TORRES	151.766*	PF 1	59.70	30.49	32.33		32.55	0.004638	2.05	29.12	19.60	0.54
TORRES	150.807*	PF 1	59.70	30.49	32.33		32.54	0.004824	2.04	29.23	19.68	0.54
TORRES	149.848*	PF 1	59.70	30.49	32.33		32.54	0.004789	2.03	29.34	19.76	0.53
TORRES	148.889*	PF 1	59.70	30.48	32.32		32.53	0.004970	2.03	29.46	19.84	0.53
TORRES	147.930*	PF 1	59.70	30.48	32.32		32.53	0.004928	2.02	29.59	19.91	0.53
TORRES	146.9710	PF 1	59.70	30.48	32.32		32.52	0.005108	2.01	29.72	19.99	0.53
TORRES	146.076*	PF 1	59.70	30.48	32.31		32.52	0.005086	2.00	29.80	20.07	0.52
TORRES	145.182*	PF 1	59.70	30.48	32.31		32.51	0.005061	2.00	29.88	20.15	0.52
TORRES	144.288*	PF 1	59.70	30.47	32.30		32.51	0.005034	1.99	29.96	20.23	0.52
TORRES	143.393*	PF 1	59.70	30.47	32.30		32.50	0.005005	1.99	30.05	20.31	0.52
TORRES	142.499*	PF 1	59.70	30.47	32.30		32.50	0.004974	1.98	30.15	20.39	0.52
TORRES	141.605*	PF 1	59.70	30.47	32.29		32.49	0.004945	1.97	30.25	20.47	0.52
TORRES	140.710*	PF 1	59.70	30.46	32.29		32.49	0.004911	1.97	30.36	20.55	0.52
TORRES	139.816*	PF 1	59.70	30.46	32.29		32.48	0.004877	1.96	30.47	20.63	0.51
TORRES	138.9222	PF 1	59.70	30.46	32.28		32.48	0.004835	1.95	30.59	20.71	0.51
TORRES	137.950*	PF 1	59.70	30.46	32.28		32.47	0.004810	1.94	30.72	20.87	0.51
TORRES	136.978*	PF 1	59.70	30.45	32.28		32.47	0.004780	1.94	30.85	21.01	0.51
TORRES	136.007*	PF 1	59.70	30.45	32.27		32.46	0.004749	1.93	30.98	21.15	0.51
TORRES	135.035*	PF 1	59.70	30.45	32.27		32.46	0.004712	1.92	31.12	21.27	0.51
TORRES	134.063*	PF 1	59.70	30.44	32.26		32.45	0.004673	1.91	31.25	21.37	0.50
TORRES	133.0920	PF 1	59.70	30.44	32.26		32.44	0.004629	1.90	31.40	21.45	0.50
TORRES	132.128*	PF 1	59.70	30.44	32.26		32.44	0.004590	1.89	31.59	21.69	0.50
TORRES	131.164*	PF 1	59.70	30.44	32.25		32.43	0.004554	1.88	31.79	21.93	0.50
TORRES	130.201*	PF 1	59.70	30.43	32.25		32.43	0.004518	1.87	31.98	22.15	0.50
TORRES	129.237*	PF 1	59.70	30.43	32.25		32.42	0.004483	1.86	32.17	22.37	0.49
TORRES	128.273*	PF 1	59.70	30.43	32.25		32.42	0.004449	1.85	32.35	22.57	0.49
TORRES	127.3102	PF 1	59.70	30.43	32.24		32.41	0.004415	1.84	32.53	22.76	0.49
TORRES	126.443*	PF 1	59.70	30.43	32.24		32.41	0.004351	1.82	32.78	22.96	0.49
TORRES	125.576*	PF 1	59.70	30.42	32.24		32.40	0.004291	1.81	33.02	23.17	0.48
TORRES	124.710*	PF 1	59.70	30.42	32.24		32.40	0.004231	1.79	33.26	23.37	0.48
TORRES	123.843*	PF 1	59.70	30.42	32.23		32.40	0.004175	1.78	33.50	23.56	0.48
TORRES	122.976*	PF 1	59.70	30.41	32.23		32.39	0.004119	1.77	33.75	23.76	0.47
TORRES	122.1099	PF 1	59.70	30.41	32.23		32.39	0.004067	1.76	33.98	23.95	0.47
TORRES	121.187*	PF 1	59.70	30.40	32.21		32.38	0.004532	1.82	32.89	23.97	0.49
TORRES	120.264*	PF 1	59.70	30.39	32.20		32.38	0.004941	1.86	32.05	23.99	0.51
TORRES	119.342*	PF 1	59.70	30.38	32.19		32.37	0.005247	1.90	31.49	24.03	0.53
TORRES	118.419*	PF 1	59.70	30.37	32.18		32.37	0.005441	1.91	31.20	24.16	0.54
TORRES	117.497*	PF 1	59.70	30.36	32.17		32.36	0.005473	1.91	31.21	24.30	0.54
TORRES	116.574*	PF 1	59.70	30.36	32.17		32.35	0.005354	1.90	31.49	24.45	0.53
TORRES	115.652*	PF 1	59.70	30.35	32.17		32.35	0.005086	1.86	32.06	24.61	0.52
TORRES	114.729*	PF 1	59.70	30.34	32.17		32.34	0.004708	1.81	32.90	24.75	0.50
TORRES	113.806*	PF 1	59.70	30.33	32.18		32.33	0.004245	1.75	34.02	24.88	0.48
TORRES	112.884*	PF 1	59.70	30.32	32.18		32.33	0.003748	1.69	35.39	24.95	0.45
TORRES	111.961*	PF 1	59.70	30.31	32.19		32.32	0.003203	1.61	37.05	24.78	0.42
TORRES	111.0393	PF 1	59.70	30.30	32.19		32.31	0.002728	1.53	38.97	24.82	0.39
TORRES	110.078*	PF 1	59.70	30.31	32.19		32.31	0.002704	1.52	39.22	25.10	0.39
TORRES	109.117*	PF 1	59.70	30.31	32.19		32.31	0.002680	1.51	39.49	25.40	0.39
TORRES	108.156*	PF 1	59.70	30.32	32.19		32.30	0.002653	1.50	39.77	25.69	0.39
TORRES	107.195*	PF 1	59.70	30.33	32.19		32.30	0.002627	1.49	40.05	25.97	0.38
TORRES	106.233*	PF 1	59.70	30.34	32.19		32.30	0.002592	1.48	40.36	26.24	0.38
TORRES	105.272*	PF 1	59.70	30.34	32.18		32.29	0.002557	1.47	40.69	26.51	0.38
TORRES	104.3117	PF 1	59.70	30.35	32.18		32.29	0.002517	1.45	41.04	26.77	0.38
TORRES	103.405*	PF 1	59.70	30.36	32.17		32.29	0.003099	1.54	38.69	27.16	0.41
TORRES	102.499*	PF 1	59.70	30.37	32.15		32.28	0.003598	1.61	37.00	27.23	0.44
TORRES	101.593*	PF 1	59.70	30.37	32.14		32.28	0.003977	1.66	35.92	27.29	0.46
TORRES	100.687*	PF 1	59.70	30.38	32.13		32.27	0.004141	1.68	35.52	27.33	0.47
TORRES	99.7819*	PF 1	59.70	30.39	32.13		32.27	0.004068	1.67	35.74	27.35	0.47
TORRES	98.8760*	PF 1	59.70	30.39	32.13		32.26	0.003776	1.63	36.58	27.38	0.45
TORRES	97.9700*	PF 1	59.70	30.40	32.13		32.26	0.003346	1.57	38.02	27.48	0.43
TORRES	97.06411	PF 1	59.70	30.41	32.14		32.25	0.002849	1.49	40.04	27.66	0.40
TORRES	96.1300*	PF 1	59.70	30.42	32.13		32.25	0.002955	1.51	39.55	27.61	0.40

HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	95.1959*	PF 1	59.70	30.44	32.13		32.25	0.003065	1.53	39.08	27.54	0.41
TORRES	94.2618*	PF 1	59.70	30.45	32.12		32.24	0.003186	1.55	38.59	27.47	0.42
TORRES	93.3277*	PF 1	59.70	30.46	32.12		32.24	0.003313	1.57	38.11	27.40	0.42
TORRES	92.3936*	PF 1	59.70	30.47	32.11		32.24	0.003454	1.59	37.61	27.33	0.43
TORRES	91.4595*	PF 1	59.70	30.49	32.10		32.23	0.003607	1.61	37.10	27.25	0.44
TORRES	90.52551	PF 1	59.70	30.50	32.10		32.23	0.003778	1.63	36.57	27.17	0.45
TORRES	89.5782*	PF 1	59.70	30.50	32.08		32.23	0.004279	1.70	35.15	27.07	0.48
TORRES	88.6310*	PF 1	59.70	30.50	32.06		32.22	0.004776	1.76	33.96	27.02	0.50
TORRES	87.6838*	PF 1	59.70	30.50	32.05		32.21	0.005237	1.81	33.00	27.01	0.52
TORRES	86.7366*	PF 1	59.70	30.50	32.04		32.21	0.005586	1.85	32.34	27.00	0.54
TORRES	85.7894*	PF 1	59.70	30.50	32.03		32.20	0.005792	1.87	31.98	26.99	0.55
TORRES	84.8421*	PF 1	59.70	30.50	32.02		32.20	0.005823	1.87	31.91	26.97	0.55
TORRES	83.8949*	PF 1	59.70	30.50	32.02		32.19	0.005699	1.86	32.11	26.97	0.54
TORRES	82.9477*	PF 1	59.70	30.50	32.01		32.19	0.005434	1.83	32.59	26.96	0.53
TORRES	82.0005*	PF 1	59.70	30.50	32.01		32.18	0.005033	1.79	33.35	26.92	0.51
TORRES	81.05330	PF 1	59.70	30.50	32.02		32.17	0.004563	1.74	34.39	26.90	0.49
TORRES	80.0855*	PF 1	59.70	30.50	32.00		32.16	0.005010	1.79	33.43	26.98	0.51
TORRES	79.1177*	PF 1	59.70	30.50	31.99		32.16	0.005505	1.83	32.56	27.18	0.53
TORRES	78.1499*	PF 1	59.70	30.50	31.97		32.15	0.005914	1.87	31.87	27.24	0.55
TORRES	77.1821*	PF 1	59.70	30.50	31.96		32.15	0.006277	1.91	31.30	27.26	0.57
TORRES	76.2143*	PF 1	59.70	30.50	31.95		32.14	0.006595	1.93	30.86	27.33	0.58
TORRES	75.2466*	PF 1	59.70	30.50	31.94		32.14	0.006812	1.95	30.58	27.39	0.59
TORRES	74.2788*	PF 1	59.70	30.50	31.93		32.13	0.006941	1.96	30.44	27.45	0.59
TORRES	73.3110*	PF 1	59.70	30.49	31.93		32.12	0.006955	1.96	30.45	27.51	0.59
TORRES	72.3432*	PF 1	59.70	30.49	31.92		32.12	0.006870	1.95	30.60	27.57	0.59
TORRES	71.3754*	PF 1	59.70	30.49	31.92		32.11	0.006697	1.93	30.87	27.63	0.58
TORRES	70.4077*	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.10	0.006430	1.91	31.29	27.69	0.57
TORRES	69.4399*	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.09	0.006089	1.87	31.85	27.76	0.56
TORRES	68.4721*	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.08	0.005689	1.83	32.55	27.83	0.54
TORRES	67.5043*	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.07	0.005257	1.79	33.39	27.91	0.52
TORRES	66.5365*	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.07	0.004809	1.74	34.35	27.98	0.50
TORRES	65.56879	PF 1	59.70	30.49	31.91		32.06	0.004359	1.68	35.44	28.06	0.48
TORRES	64.6886*	PF 1	59.70	30.45	31.90		32.05	0.004822	1.74	34.35	28.11	0.50
TORRES	63.8085*	PF 1	59.70	30.42	31.89		32.05	0.005080	1.77	33.82	28.18	0.51
TORRES	62.9283*	PF 1	59.70	30.38	31.89		32.04	0.005061	1.76	33.86	28.23	0.51
TORRES	62.0482*	PF 1	59.70	30.34	31.89		32.04	0.004791	1.73	34.45	28.29	0.50
TORRES	61.1680*	PF 1	59.70	30.31	31.89		32.03	0.004335	1.68	35.54	28.36	0.48
TORRES	60.2879*	PF 1	59.70	30.27	31.89		32.02	0.003765	1.61	37.14	28.42	0.45
TORRES	59.4078*	PF 1	59.70	30.24	31.90		32.02	0.003161	1.52	39.22	28.50	0.41
TORRES	58.52768	PF 1	59.70	30.20	31.91		32.01	0.002577	1.43	41.78	28.50	0.38
TORRES	57.5537*	PF 1	59.70	30.14	31.90		32.01	0.002855	1.48	40.40	28.42	0.40
TORRES	56.5797*	PF 1	59.70	30.09	31.89		32.00	0.003048	1.50	39.73	28.70	0.41
TORRES	55.6058*	PF 1	59.70	30.03	31.89		32.00	0.003032	1.50	39.87	28.85	0.41
TORRES	54.6318*	PF 1	59.70	29.97	31.89		32.00	0.002841	1.47	40.73	28.95	0.39
TORRES	53.6578*	PF 1	59.70	29.91	31.89		31.99	0.002523	1.41	42.32	29.04	0.37
TORRES	52.6839*	PF 1	59.70	29.86	31.89		31.99	0.002142	1.34	44.59	29.10	0.35
TORRES	51.70998	PF 1	59.70	29.80	31.90		31.98	0.001752	1.26	47.55	29.14	0.31
TORRES	50.7821*	PF 1	59.70	29.81	31.89		31.98	0.002099	1.33	44.97	29.21	0.34
TORRES	49.8543*	PF 1	59.70	29.82	31.88		31.98	0.002315	1.38	43.33	28.74	0.36
TORRES	48.9265*	PF 1	59.70	29.83	31.87		31.97	0.002651	1.42	42.14	29.88	0.38
TORRES	47.9987*	PF 1	59.70	29.84	31.86		31.97	0.003079	1.47	40.68	30.74	0.41
TORRES	47.0708*	PF 1	59.70	29.85	31.85		31.97	0.002920	1.49	40.16	28.57	0.40
TORRES	46.1430*	PF 1	59.70	29.86	31.85		31.96	0.002680	1.47	40.66	27.62	0.39
TORRES	45.2152*	PF 1	59.70	29.87	31.85		31.96	0.002542	1.44	41.48	27.92	0.38
TORRES	44.2874*	PF 1	59.70	29.88	31.85		31.96	0.002473	1.41	42.36	28.87	0.37
TORRES	43.35962	PF 1	59.70	29.89	31.86		31.95	0.002388	1.38	43.23	29.61	0.36
TORRES	42.4396*	PF 1	59.70	29.88	31.82		31.95	0.003777	1.59	37.50	26.48	0.43
TORRES	41.5197*	PF 1	59.70	29.87	31.80		31.94	0.004534	1.68	35.52	24.05	0.44
TORRES	40.5998*	PF 1	59.70	29.86	31.79		31.94	0.005381	1.72	34.73	23.73	0.45
TORRES	39.6799*	PF 1	59.70	29.85	31.77		31.93	0.006459	1.76	34.00	23.84	0.47
TORRES	38.76	PF 1	59.70	29.84	31.76	31.13	31.93	0.004303	1.80	33.17	23.56	0.48
TORRES	37.74		Bridge									
TORRES	31.99343	PF 1	59.70	29.77	31.42		31.67	0.007831	2.21	26.99	22.10	0.64
TORRES	31.0528*	PF 1	59.70	29.77	31.41		31.66	0.007817	2.21	27.06	22.25	0.64
TORRES	30.1122*	PF 1	59.70	29.78	31.41		31.65	0.007829	2.20	27.18	22.53	0.64
TORRES	29.1716*	PF 1	59.70	29.78	31.40		31.64	0.007833	2.19	27.31	22.83	0.64
TORRES	28.2310*	PF 1	59.70	29.78	31.39		31.63	0.007744	2.17	27.47	22.94	0.63
TORRES	27.2904*	PF 1	59.70	29.78	31.39		31.62	0.007268	2.15	27.79	22.46	0.62
TORRES	26.3498*	PF 1	59.70	29.78	31.39		31.62	0.006941	2.11	28.30	22.69	0.60
TORRES	25.4092*	PF 1	59.70	29.79	31.39		31.61	0.006610	2.07	28.86	22.94	0.59
TORRES	24.4686*	PF 1	59.70	29.79	31.39		31.60	0.005998	2.02	29.54	22.56	0.56
TORRES	23.52801	PF 1	59.70	29.79	31.39		31.59	0.005614	1.97	30.30	22.86	0.55
TORRES	22.5653*	PF 1	59.70	29.77	31.39		31.58	0.005474	1.94	30.70	23.21	0.54
TORRES	21.6027*	PF 1	59.70	29.76	31.39		31.57	0.005474	1.91	31.21	24.27	0.54
TORRES	20.6400*	PF 1	59.70	29.74	31.39		31.57	0.005203	1.87	31.86	24.64	0.53
TORRES	19.6774*	PF 1	59.70	29.72	31.39		31.56	0.005036	1.83	32.63	25.60	0.52
TORRES	18.7148*	PF 1	59.70	29.70	31.39		31.55	0.004800	1.77	33.72	26.85	0.50
TORRES	17.7521*	PF 1	59.70	29.69	31.39		31.54	0.004336	1.70	35.04	27.37	0.48
TORRES	16.78953	PF 1	59.70	29.67	31.40		31.53	0.003862	1.64	36.46	27.65	0.46
TORRES	16.5389*	PF 1	59.70	29.67	31.39		31.53	0.003886	1.64	36.39	27.64	0.46
TORRES	16.2883*	PF 1	59.70	29.66	31.39		31.53	0.003912	1.64	36.31	27.63	0.46

HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	16.0377*	PF 1	59.70	29.66	31.39		31.52	0.003933	1.65	36.25	27.63	0.46
TORRES	15.7871*	PF 1	59.70	29.66	31.38		31.52	0.003958	1.65	36.17	27.62	0.46
TORRES	15.5365*	PF 1	59.70	29.66	31.38		31.52	0.003986	1.65	36.09	27.61	0.46
TORRES	15.2859*	PF 1	59.70	29.65	31.37		31.51	0.004012	1.66	36.02	27.60	0.46
TORRES	15.0354*	PF 1	59.70	29.65	31.37		31.51	0.004039	1.66	35.94	27.60	0.46
TORRES	14.7848*	PF 1	59.70	29.65	31.36		31.50	0.004068	1.66	35.86	27.59	0.47
TORRES	14.5342*	PF 1	59.70	29.65	31.36		31.50	0.004095	1.67	35.78	27.58	0.47
TORRES	14.2836*	PF 1	59.70	29.64	31.35		31.50	0.004123	1.67	35.70	27.57	0.47
TORRES	14.0330*	PF 1	59.70	29.64	31.35		31.49	0.004152	1.68	35.62	27.56	0.47
TORRES	13.7824*	PF 1	59.70	29.64	31.34		31.49	0.004185	1.68	35.53	27.56	0.47
TORRES	13.5318*	PF 1	59.70	29.64	31.34		31.48	0.004212	1.68	35.45	27.55	0.47
TORRES	13.2812*	PF 1	59.70	29.63	31.33		31.48	0.004243	1.69	35.37	27.54	0.48
TORRES	13.0306*	PF 1	59.70	29.63	31.33		31.47	0.004278	1.69	35.28	27.53	0.48
TORRES	12.7800*	PF 1	59.70	29.63	31.32		31.47	0.004310	1.70	35.19	27.52	0.48
TORRES	12.5295*	PF 1	59.70	29.62	31.32		31.47	0.004343	1.70	35.10	27.51	0.48
TORRES	12.2789*	PF 1	59.70	29.62	31.31		31.46	0.004381	1.71	35.01	27.50	0.48
TORRES	12.0283*	PF 1	59.70	29.62	31.31		31.46	0.004416	1.71	34.92	27.49	0.48
TORRES	11.7777*	PF 1	59.70	29.62	31.30		31.45	0.004451	1.71	34.83	27.48	0.49
TORRES	11.5271*	PF 1	59.70	29.61	31.30		31.45	0.004493	1.72	34.72	27.47	0.49
TORRES	11.2765*	PF 1	59.70	29.61	31.29		31.44	0.004531	1.72	34.63	27.46	0.49
TORRES	11.0259*	PF 1	59.70	29.61	31.29		31.44	0.004567	1.73	34.54	27.45	0.49
TORRES	10.7753*	PF 1	59.70	29.61	31.28		31.44	0.004610	1.73	34.44	27.45	0.49
TORRES	10.5247*	PF 1	59.70	29.60	31.28		31.43	0.004652	1.74	34.34	27.43	0.50
TORRES	10.2741*	PF 1	59.70	29.60	31.27		31.43	0.004695	1.74	34.24	27.42	0.50
TORRES	10.0236*	PF 1	59.70	29.60	31.27		31.42	0.004739	1.75	34.13	27.41	0.50
TORRES	9.77300*	PF 1	59.70	29.59	31.26		31.42	0.004786	1.75	34.03	27.40	0.50
TORRES	9.52242*	PF 1	59.70	29.59	31.25		31.41	0.004834	1.76	33.92	27.39	0.50
TORRES	9.27183*	PF 1	59.70	29.59	31.25		31.41	0.004882	1.77	33.81	27.38	0.51
TORRES	9.02124*	PF 1	59.70	29.59	31.24		31.40	0.004934	1.77	33.70	27.37	0.51
TORRES	8.77065*	PF 1	59.70	29.58	31.24		31.40	0.004987	1.78	33.58	27.36	0.51
TORRES	8.52006*	PF 1	59.70	29.58	31.23		31.39	0.005037	1.78	33.47	27.35	0.51
TORRES	8.26947*	PF 1	59.70	29.58	31.23		31.39	0.005096	1.79	33.35	27.33	0.52
TORRES	8.01888*	PF 1	59.70	29.58	31.22		31.38	0.005152	1.80	33.23	27.32	0.52
TORRES	7.76829*	PF 1	59.70	29.57	31.21		31.38	0.005211	1.80	33.11	27.31	0.52
TORRES	7.5177*	PF 1	59.70	29.57	31.21		31.37	0.005275	1.81	32.98	27.30	0.53
TORRES	7.26711*	PF 1	59.70	29.57	31.20		31.37	0.005340	1.82	32.86	27.29	0.53
TORRES	7.01652*	PF 1	59.70	29.56	31.19		31.36	0.005406	1.82	32.73	27.27	0.53
TORRES	6.76593*	PF 1	59.70	29.56	31.19		31.36	0.005477	1.83	32.59	27.26	0.53
TORRES	6.51533*	PF 1	59.70	29.56	31.18		31.35	0.005548	1.84	32.46	27.24	0.54
TORRES	6.26475*	PF 1	59.70	29.56	31.17		31.35	0.005621	1.85	32.32	27.23	0.54
TORRES	6.01416*	PF 1	59.70	29.55	31.17		31.34	0.005694	1.85	32.19	27.22	0.54
TORRES	5.76357*	PF 1	59.70	29.55	31.16		31.34	0.005777	1.86	32.04	27.20	0.55
TORRES	5.51298*	PF 1	59.70	29.55	31.15		31.33	0.005863	1.87	31.89	27.19	0.55
TORRES	5.26239*	PF 1	59.70	29.55	31.15		31.33	0.005949	1.88	31.74	27.17	0.56
TORRES	5.0118*	PF 1	59.70	29.54	31.14		31.32	0.006045	1.89	31.58	27.16	0.56
TORRES	4.76121*	PF 1	59.70	29.54	31.13		31.31	0.006142	1.90	31.42	27.14	0.56
TORRES	4.51062*	PF 1	59.70	29.54	31.12		31.31	0.006242	1.91	31.26	27.12	0.57
TORRES	4.26003*	PF 1	59.70	29.54	31.11		31.30	0.006351	1.92	31.09	27.11	0.57
TORRES	4.00943*	PF 1	59.70	29.53	31.11		31.30	0.006463	1.93	30.92	27.09	0.58
TORRES	3.75885*	PF 1	59.70	29.53	31.10		31.29	0.006581	1.94	30.74	27.07	0.58
TORRES	3.50826*	PF 1	59.70	29.53	31.09		31.28	0.006706	1.95	30.56	27.05	0.59
TORRES	3.25767*	PF 1	59.70	29.53	31.08		31.28	0.006837	1.97	30.37	27.03	0.59
TORRES	3.00708*	PF 1	59.70	29.52	31.07		31.27	0.006977	1.98	30.18	27.01	0.60
TORRES	2.75649*	PF 1	59.70	29.52	31.06		31.26	0.007132	1.99	29.97	26.99	0.60
TORRES	2.5059*	PF 1	59.70	29.52	31.05		31.26	0.007287	2.01	29.76	26.97	0.61
TORRES	2.25531*	PF 1	59.70	29.51	31.04		31.25	0.007454	2.02	29.55	26.95	0.62
TORRES	2.00472*	PF 1	59.70	29.51	31.03		31.24	0.007633	2.04	29.33	26.93	0.62
TORRES	1.75413*	PF 1	59.70	29.51	31.02		31.24	0.007833	2.05	29.09	26.90	0.63
TORRES	1.50354*	PF 1	59.70	29.51	31.01		31.23	0.008047	2.07	28.84	26.88	0.64
TORRES	1.25295*	PF 1	59.70	29.50	31.00		31.22	0.008271	2.09	28.59	26.85	0.65
TORRES	1.00236*	PF 1	59.70	29.50	30.99		31.21	0.008542	2.11	28.30	26.82	0.66
TORRES	.751770*	PF 1	59.70	29.50	30.97		31.21	0.008838	2.13	28.00	26.79	0.67
TORRES	.501179*	PF 1	59.70	29.49	30.96		31.20	0.009177	2.16	27.67	26.76	0.68
TORRES	.250589*	PF 1	59.70	29.49	30.95		31.19	0.009556	2.19	27.31	26.72	0.69
TORRES	0	PF 1	59.70	29.49	30.93	30.68	31.18	0.010005	2.22	26.92	26.68	0.70

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 170.8949 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.66	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.42	Reach Len. (m)	1.04	0.95	0.88
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		27.16	
E.G. Slope (m/m)	0.006242	Area (m2)		27.16	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	18.54	Top Width (m)		18.54	
Vel Total (m/s)	2.20	Avg. Vel. (m/s)		2.20	
Max Chl Dpth (m)	1.88	Hydr. Depth (m)		1.47	
Conv. Total (m3/s)	755.7	Conv. (m3/s)		755.7	
Length Wtd. (m)	0.95	Wetted Per. (m)		19.40	
Min Ch El (m)	30.54	Shear (N/m2)		85.72	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3463.97	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		7.29	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		5.57	0.00

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 165.1949 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.63	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.39	Reach Len. (m)	0.96	0.96	0.97
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		27.61	
E.G. Slope (m/m)	0.005999	Area (m2)		27.61	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	18.73	Top Width (m)		18.73	
Vel Total (m/s)	2.16	Avg. Vel. (m/s)		2.16	
Max Chl Dpth (m)	1.87	Hydr. Depth (m)		1.47	
Conv. Total (m3/s)	770.8	Conv. (m3/s)		770.8	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		19.62	
Min Ch El (m)	30.52	Shear (N/m2)		82.82	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3467.31	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		7.13	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		5.46	0.00

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 155.6032 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.040	
W.S. Elev (m)	32.35	Reach Len. (m)	0.90	0.96	1.01
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		28.75	
E.G. Slope (m/m)	0.004315	Area (m2)		28.75	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	19.27	Top Width (m)		19.27	
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)		2.08	
Max Chl Dpth (m)	1.85	Hydr. Depth (m)		1.49	
Conv. Total (m3/s)	908.8	Conv. (m3/s)		908.8	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		20.21	
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)		60.18	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3462.52	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		6.86	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		5.28	0.00

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 146.9710 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.52	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.21	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.32	Reach Len. (m)	0.84	0.89	0.96
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		29.72	
E.G. Slope (m/m)	0.005108	Area (m2)		29.72	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	19.99	Top Width (m)		19.99	
Vel Total (m/s)	2.01	Avg. Vel. (m/s)		2.01	
Max Chl Dpth (m)	1.84	Hydr. Depth (m)		1.49	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 146.9710 Profile: PF 1 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	835.3	Conv. (m3/s)		835.3	
Length Wtd. (m)	0.89	Wetted Per. (m)		20.90	
Min Ch El (m)	30.48	Shear (N/m2)		71.24	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3565.46	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		6.61	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		5.11	0.00

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 138.9222 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.19	Wt. n-Val.		0.045	0.000
W.S. Elev (m)	32.28	Reach Len. (m)	1.09	0.97	0.87
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		30.59	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.004835	Area (m2)		30.59	0.00
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	0.00
Top Width (m)	20.71	Top Width (m)		20.69	0.02
Vel Total (m/s)	1.95	Avg. Vel. (m/s)		1.95	0.03
Max Chl Dpth (m)	1.82	Hydr. Depth (m)		1.48	0.01
Conv. Total (m3/s)	858.6	Conv. (m3/s)		858.6	0.0
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)		21.55	0.02
Min Ch El (m)	30.46	Shear (N/m2)		67.31	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3862.78	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		6.37	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.95	0.00

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 133.0920 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.44	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.18	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.26	Reach Len. (m)	1.28	0.96	0.69
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		31.40	
E.G. Slope (m/m)	0.004629	Area (m2)		31.40	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	21.45	Top Width (m)		21.45	
Vel Total (m/s)	1.90	Avg. Vel. (m/s)		1.90	
Max Chl Dpth (m)	1.82	Hydr. Depth (m)		1.46	
Conv. Total (m3/s)	877.5	Conv. (m3/s)		877.5	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		22.26	
Min Ch El (m)	30.44	Shear (N/m2)		64.03	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3996.85	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		6.19	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.82	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 127.3102 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.41	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.17	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.24	Reach Len. (m)	3.39	0.87	0.82
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		32.53	
E.G. Slope (m/m)	0.004415	Area (m2)		32.53	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	22.76	Top Width (m)		22.76	
Vel Total (m/s)	1.84	Avg. Vel. (m/s)		1.84	
Max Chl Dpth (m)	1.81	Hydr. Depth (m)		1.43	
Conv. Total (m3/s)	898.5	Conv. (m3/s)		898.5	
Length Wtd. (m)	0.87	Wetted Per. (m)		23.47	
Min Ch El (m)	30.43	Shear (N/m2)		59.99	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3937.47	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		6.00	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.69	



Plan: P BARRANCO TORRES RS: 122.1099 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.16	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.23	Reach Len. (m)	1.22	0.92	1.18
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		33.98	
E.G. Slope (m/m)	0.004067	Area (m2)		33.98	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	23.95	Top Width (m)		23.95	
Vel Total (m/s)	1.76	Avg. Vel. (m/s)		1.76	
Max Chl Dpth (m)	1.82	Hydr. Depth (m)		1.42	
Conv. Total (m3/s)	936.1	Conv. (m3/s)		936.1	
Length Wtd. (m)	0.92	Wetted Per. (m)		24.62	
Min Ch El (m)	30.41	Shear (N/m2)		55.05	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4132.34	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		5.83	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.57	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 111.0393 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.12	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.19	Reach Len. (m)	0.14	0.96	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		38.97	
E.G. Slope (m/m)	0.002728	Area (m2)		38.97	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	24.82	Top Width (m)		24.82	
Vel Total (m/s)	1.53	Avg. Vel. (m/s)		1.53	
Max Chl Dpth (m)	1.89	Hydr. Depth (m)		1.57	
Conv. Total (m3/s)	1143.1	Conv. (m3/s)		1143.1	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		25.70	
Min Ch El (m)	30.30	Shear (N/m2)		40.57	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4086.38	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		5.46	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.30	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 104.3117 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.18	Reach Len. (m)	1.20	0.91	0.88
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		41.04	
E.G. Slope (m/m)	0.002517	Area (m2)		41.04	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	26.77	Top Width (m)		26.77	
Vel Total (m/s)	1.45	Avg. Vel. (m/s)		1.45	
Max Chl Dpth (m)	1.83	Hydr. Depth (m)		1.53	
Conv. Total (m3/s)	1189.9	Conv. (m3/s)		1189.9	
Length Wtd. (m)	0.91	Wetted Per. (m)		27.54	
Min Ch El (m)	30.35	Shear (N/m2)		36.79	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4252.51	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		5.19	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		4.13	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 97.06411 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.25	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.14	Reach Len. (m)	1.30	0.93	0.94
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		40.04	
E.G. Slope (m/m)	0.002849	Area (m2)		40.04	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	27.66	Top Width (m)		27.66	
Vel Total (m/s)	1.49	Avg. Vel. (m/s)		1.49	
Max Chl Dpth (m)	1.73	Hydr. Depth (m)		1.45	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 97.06411 Profile: PF 1 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	1118.5	Conv. (m3/s)		1118.5	
Length Wtd. (m)	0.93	Wetted Per. (m)		28.40	
Min Ch El (m)	30.41	Shear (N/m2)		39.38	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4127.55	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		4.92	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		3.93	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 90.52551 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.23	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.14	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.10	Reach Len. (m)	0.95	0.95	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		36.57	
E.G. Slope (m/m)	0.003778	Area (m2)		36.57	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	27.17	Top Width (m)		27.17	
Vel Total (m/s)	1.63	Avg. Vel. (m/s)		1.63	
Max Chl Dpth (m)	1.60	Hydr. Depth (m)		1.35	
Conv. Total (m3/s)	971.3	Conv. (m3/s)		971.3	
Length Wtd. (m)	0.95	Wetted Per. (m)		28.00	
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)		48.40	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4110.80	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		4.67	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		3.75	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 81.05330 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.17	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.15	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.02	Reach Len. (m)	1.16	0.97	1.06
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		34.39	
E.G. Slope (m/m)	0.004563	Area (m2)		34.39	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	26.90	Top Width (m)		26.90	
Vel Total (m/s)	1.74	Avg. Vel. (m/s)		1.74	
Max Chl Dpth (m)	1.52	Hydr. Depth (m)		1.28	
Conv. Total (m3/s)	883.8	Conv. (m3/s)		883.8	
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)		27.64	
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)		55.66	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4100.74	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		4.36	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		3.50	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 65.56879 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.06	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.14	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.91	Reach Len. (m)	0.89	0.88	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		35.44	
E.G. Slope (m/m)	0.004359	Area (m2)		35.44	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	28.06	Top Width (m)		28.06	
Vel Total (m/s)	1.68	Avg. Vel. (m/s)		1.68	
Max Chl Dpth (m)	1.42	Hydr. Depth (m)		1.26	
Conv. Total (m3/s)	904.3	Conv. (m3/s)		904.3	
Length Wtd. (m)	0.88	Wetted Per. (m)		28.80	
Min Ch El (m)	30.49	Shear (N/m2)		52.59	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	4013.12	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		3.86	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		3.07	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 58.52768 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	32.01	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.10	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.91	Reach Len. (m)	0.91	0.97	1.07
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		41.78	
E.G. Slope (m/m)	0.002577	Area (m2)		41.78	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	28.50	Top Width (m)		28.50	
Vel Total (m/s)	1.43	Avg. Vel. (m/s)		1.43	
Max Chl Dpth (m)	1.71	Hydr. Depth (m)		1.47	
Conv. Total (m3/s)	1176.0	Conv. (m3/s)		1176.0	
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)		29.30	
Min Ch El (m)	30.20	Shear (N/m2)		36.03	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3951.37	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		3.61	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		2.87	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 51.70998 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.98	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.08	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.90	Reach Len. (m)	0.90	0.93	1.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		47.55	
E.G. Slope (m/m)	0.001752	Area (m2)		47.55	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	29.14	Top Width (m)		29.14	
Vel Total (m/s)	1.26	Avg. Vel. (m/s)		1.26	
Max Chl Dpth (m)	2.10	Hydr. Depth (m)		1.63	
Conv. Total (m3/s)	1426.1	Conv. (m3/s)		1426.1	
Length Wtd. (m)	0.93	Wetted Per. (m)		30.33	
Min Ch El (m)	29.80	Shear (N/m2)		26.95	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3829.28	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		3.33	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		2.67	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 43.35962 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.10	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.86	Reach Len. (m)	0.92	0.92	0.92
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		43.23	
E.G. Slope (m/m)	0.002388	Area (m2)		43.23	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	29.61	Top Width (m)		29.61	
Vel Total (m/s)	1.38	Avg. Vel. (m/s)		1.38	
Max Chl Dpth (m)	1.97	Hydr. Depth (m)		1.46	
Conv. Total (m3/s)	1221.6	Conv. (m3/s)		1221.6	
Length Wtd. (m)	0.92	Wetted Per. (m)		30.14	
Min Ch El (m)	29.89	Shear (N/m2)		33.59	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.97	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		2.43	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 38.76 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.93	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.17	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.76	Reach Len. (m)	0.10	0.10	0.10
Crit W.S. (m)	31.13	Flow Area (m2)		33.17	
E.G. Slope (m/m)	0.004303	Area (m2)		33.17	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	23.56	Top Width (m)		23.56	
Vel Total (m/s)	1.80	Avg. Vel. (m/s)		1.80	
Max Chl Dpth (m)	1.92	Hydr. Depth (m)		1.41	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 38.76 Profile: PF 1 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	910.0	Conv. (m3/s)		910.0	
Length Wtd. (m)	0.10	Wetted Per. (m)		24.18	
Min Ch El (m)	29.84	Shear (N/m2)		57.89	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.81	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		2.32	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74 BR U Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.90	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.51	Reach Len. (m)	4.50	4.50	4.50
Crit W.S. (m)	31.35	Flow Area (m2)		21.52	
E.G. Slope (m/m)	0.016192	Area (m2)		21.52	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	18.53	Top Width (m)		18.53	
Vel Total (m/s)	2.77	Avg. Vel. (m/s)		2.77	
Max Chl Dpth (m)	1.62	Hydr. Depth (m)		1.16	
Conv. Total (m3/s)	469.2	Conv. (m3/s)		469.2	
Length Wtd. (m)	4.50	Wetted Per. (m)		22.14	
Min Ch El (m)	29.90	Shear (N/m2)		154.31	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.09	Cum Volume (1000 m3)		2.80	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		2.32	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74 BR D Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.80	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.28	Reach Len. (m)	2.17	2.17	2.17
Crit W.S. (m)	31.28	Flow Area (m2)		18.65	
E.G. Slope (m/m)	0.024253	Area (m2)		18.65	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	17.72	Top Width (m)		17.72	
Vel Total (m/s)	3.20	Avg. Vel. (m/s)		3.20	
Max Chl Dpth (m)	1.46	Hydr. Depth (m)		1.05	
Conv. Total (m3/s)	383.4	Conv. (m3/s)		383.4	
Length Wtd. (m)	2.17	Wetted Per. (m)		20.96	
Min Ch El (m)	29.82	Shear (N/m2)		211.61	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)		2.71	
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)		2.23	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 31.99343 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.67	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.42	Reach Len. (m)	0.92	0.94	0.97
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		26.99	
E.G. Slope (m/m)	0.007831	Area (m2)		26.99	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	22.10	Top Width (m)		22.10	
Vel Total (m/s)	2.21	Avg. Vel. (m/s)		2.21	
Max Chl Dpth (m)	1.65	Hydr. Depth (m)		1.22	
Conv. Total (m3/s)	674.6	Conv. (m3/s)		674.6	
Length Wtd. (m)	0.94	Wetted Per. (m)		22.62	
Min Ch El (m)	29.77	Shear (N/m2)		91.62	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		2.66	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		2.19	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 23.52801 Profile: PF 1

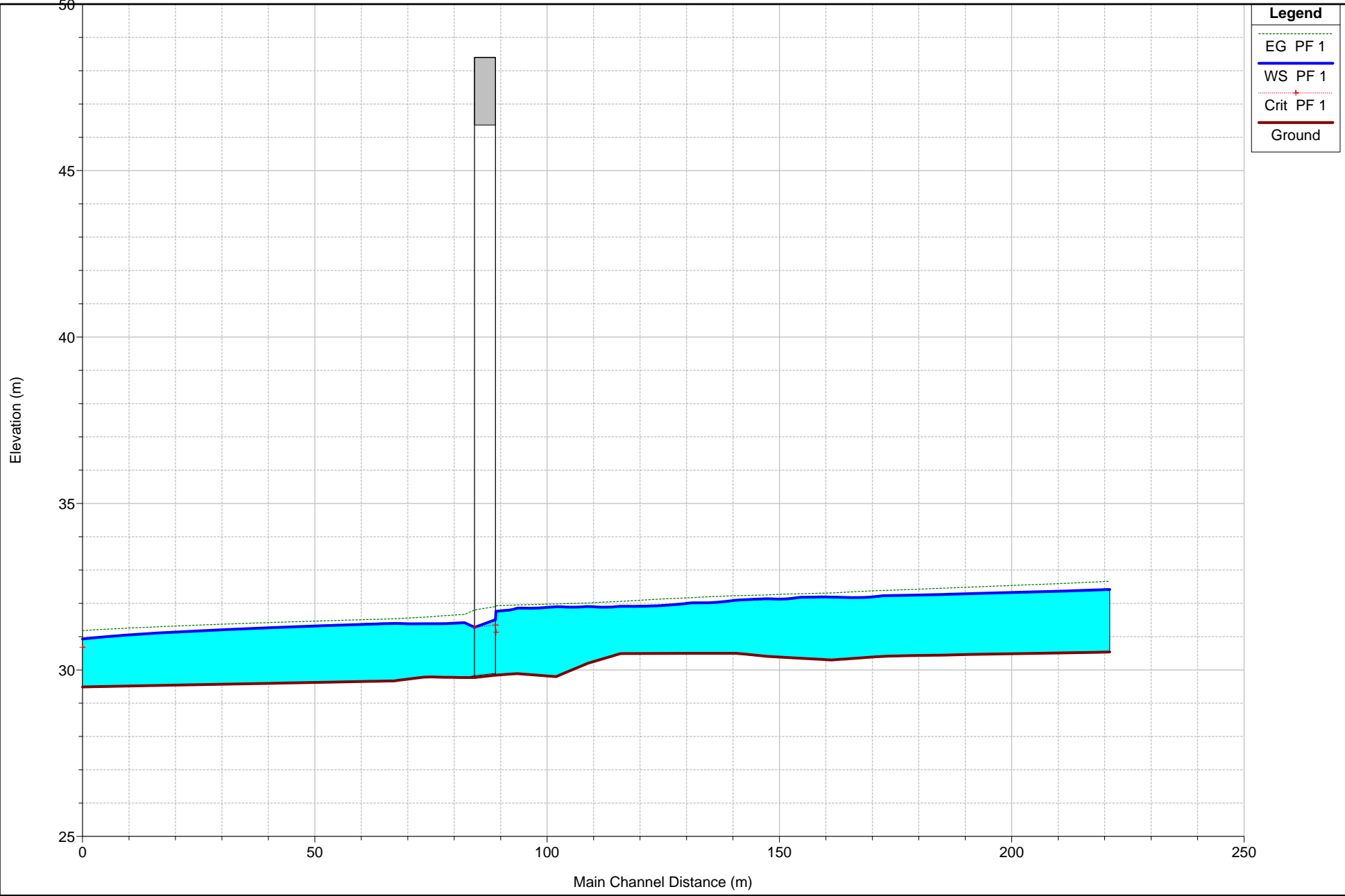
E.G. Elev (m)	31.59	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.20	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.39	Reach Len. (m)	0.93	0.96	1.01
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		30.30	
E.G. Slope (m/m)	0.005614	Area (m2)		30.30	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	22.86	Top Width (m)		22.86	
Vel Total (m/s)	1.97	Avg. Vel. (m/s)		1.97	
Max Chl Dpth (m)	1.60	Hydr. Depth (m)		1.33	
Conv. Total (m3/s)	796.7	Conv. (m3/s)		796.7	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		23.55	
Min Ch El (m)	29.79	Shear (N/m2)		70.86	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3176.70	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		2.43	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		2.00	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 16.78953 Profile: PF 1

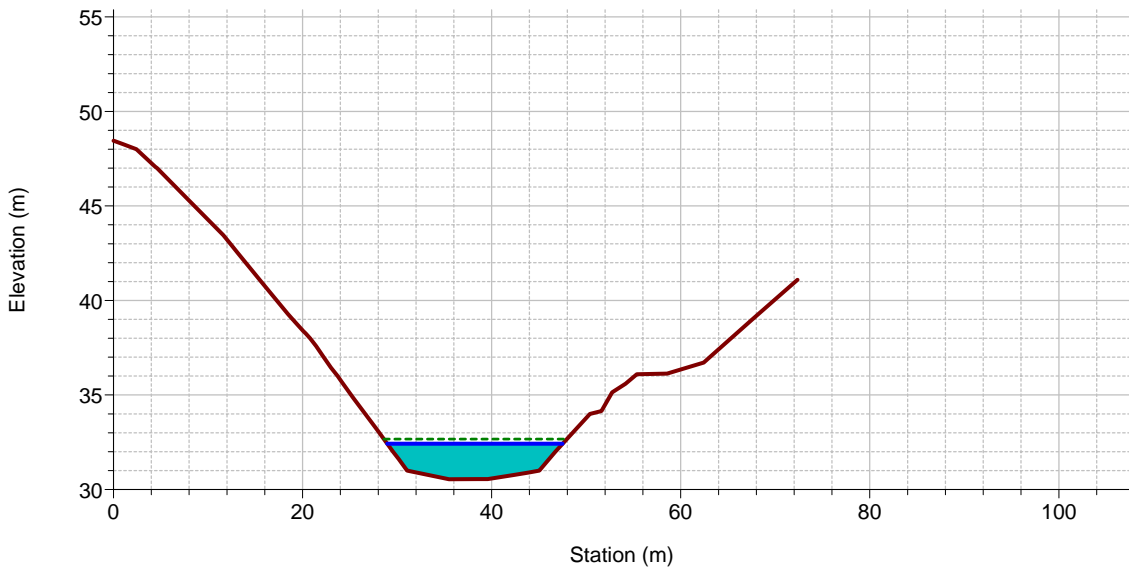
E.G. Elev (m)	31.53	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.14	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.40	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		36.46	
E.G. Slope (m/m)	0.003862	Area (m2)		36.46	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	27.65	Top Width (m)		27.65	
Vel Total (m/s)	1.64	Avg. Vel. (m/s)		1.64	
Max Chl Dpth (m)	1.73	Hydr. Depth (m)		1.32	
Conv. Total (m3/s)	960.6	Conv. (m3/s)		960.6	
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)		28.25	
Min Ch El (m)	29.67	Shear (N/m2)		48.89	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3049.35	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.21	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		1.83	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 0 Profile: PF 1

E.G. Elev (m)	31.18	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	30.93	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	30.68	Flow Area (m2)		26.92	
E.G. Slope (m/m)	0.010005	Area (m2)		26.92	
Q Total (m3/s)	59.70	Flow (m3/s)		59.70	
Top Width (m)	26.68	Top Width (m)		26.68	
Vel Total (m/s)	2.22	Avg. Vel. (m/s)		2.22	
Max Chl Dpth (m)	1.44	Hydr. Depth (m)		1.01	
Conv. Total (m3/s)	596.8	Conv. (m3/s)		596.8	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		27.02	
Min Ch El (m)	29.49	Shear (N/m2)		97.77	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3049.35	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

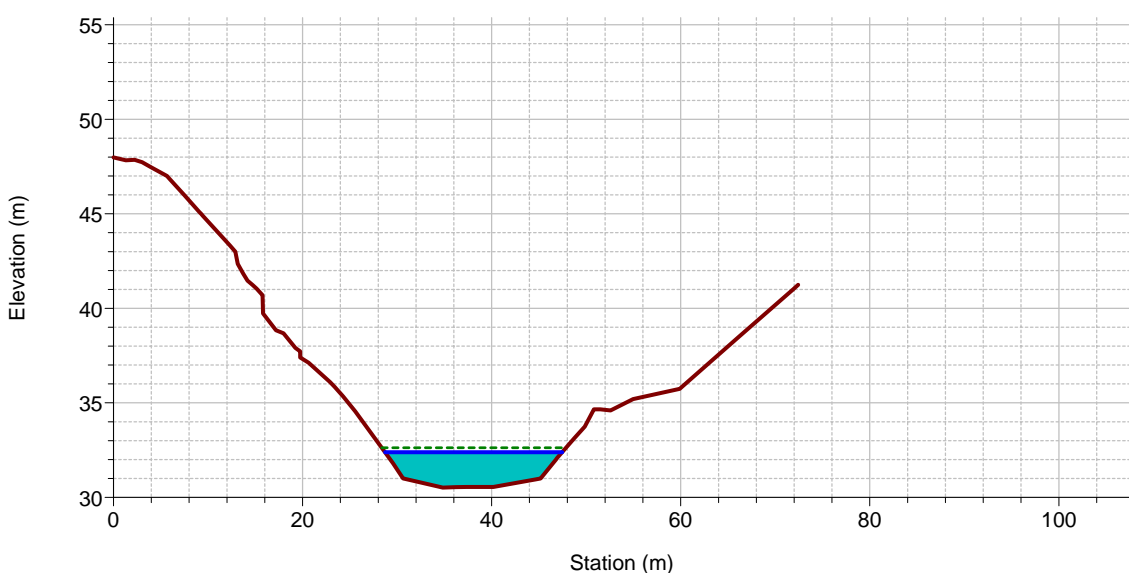


RS = 170.8949



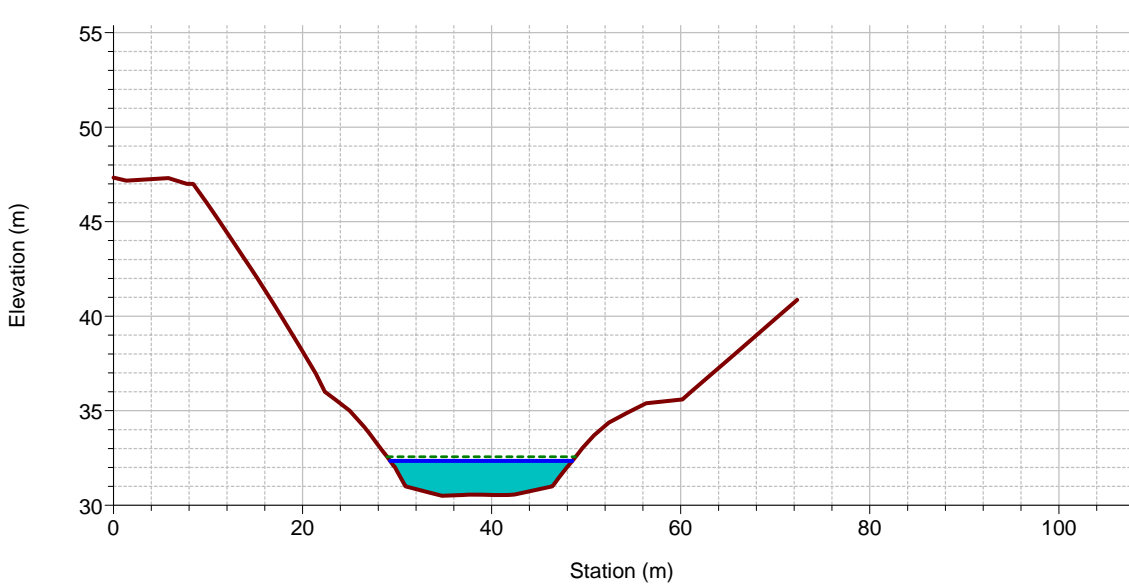
Legend	
---	EG PF 1
---	WS PF 1
---	Ground
---	Bank Sta

RS = 165.1949



Legend	
---	EG PF 1
---	WS PF 1
---	Ground
---	Bank Sta

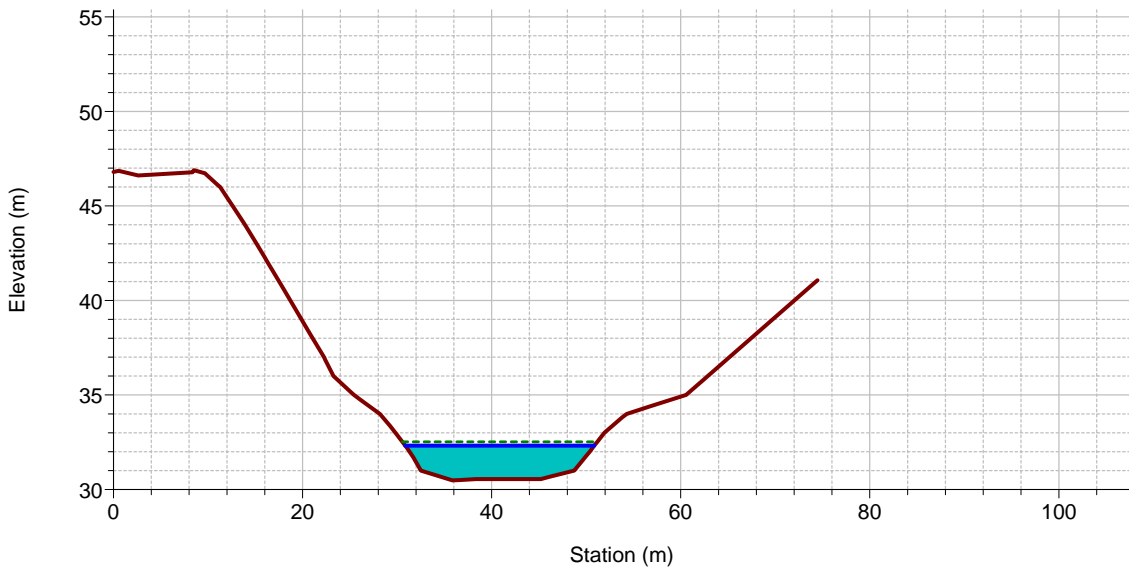
RS = 155.6032



Legend	
---	EG PF 1
---	WS PF 1
---	Ground
---	Bank Sta

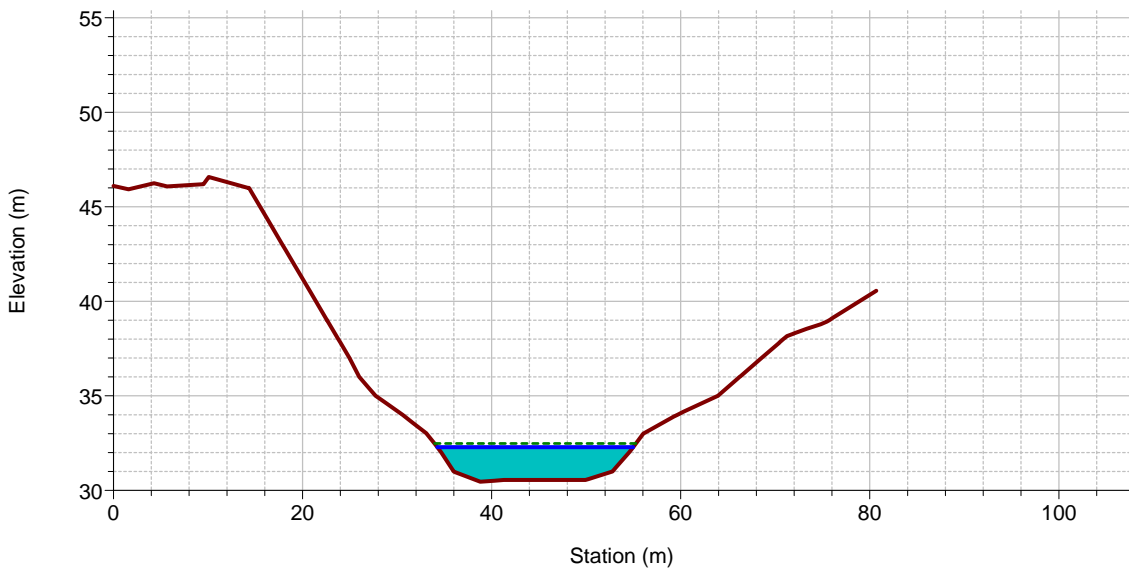
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 146.9710



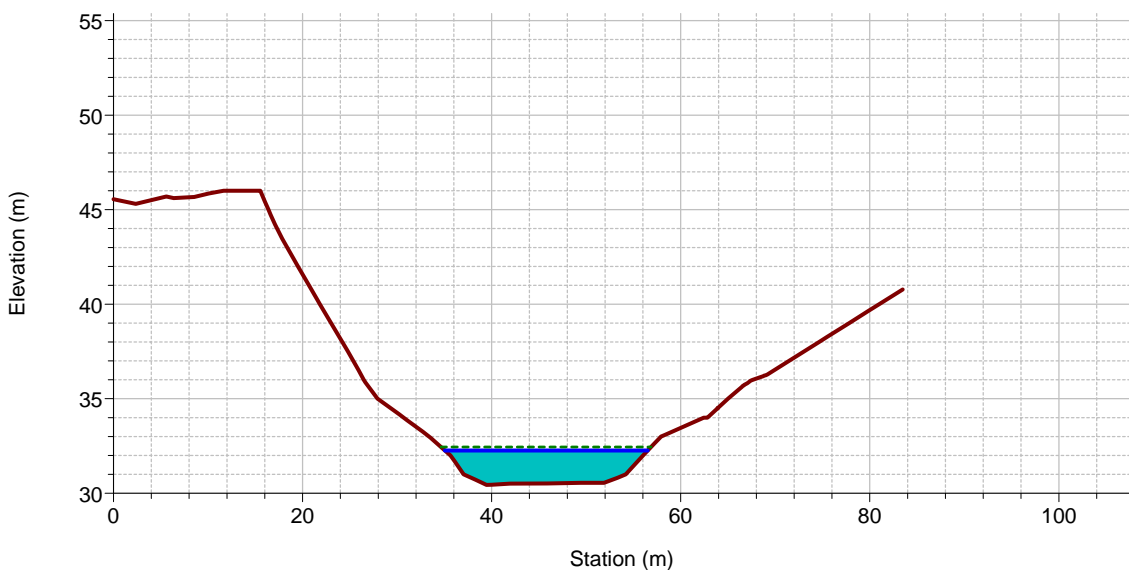
Legend	
EG PF 1	---
WS PF 1	—
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 138.9222



Legend	
EG PF 1	---
WS PF 1	—
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 133.0920

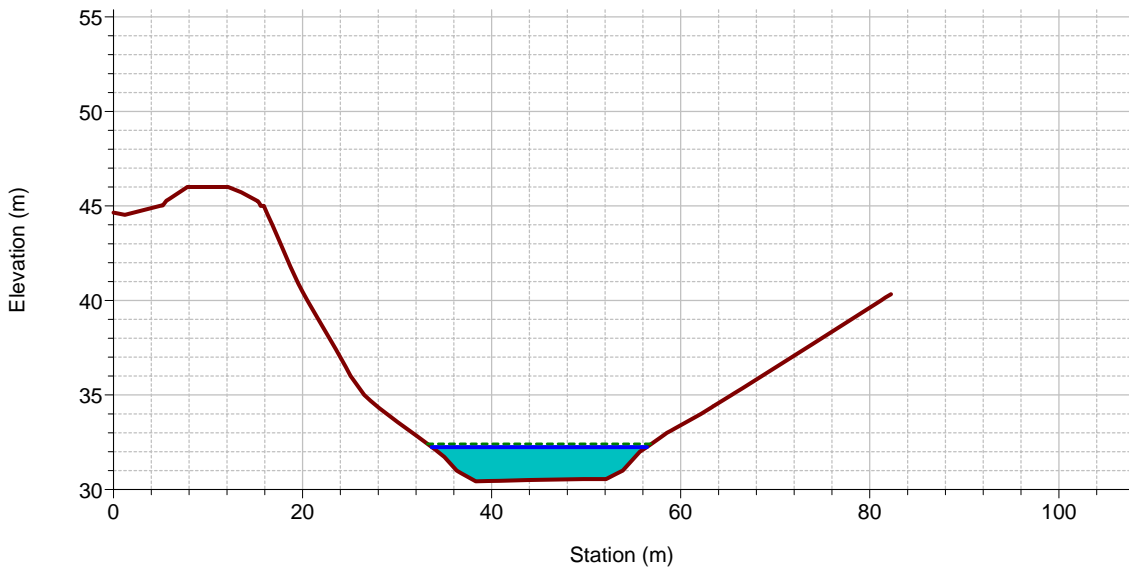


Legend	
EG PF 1	---
WS PF 1	—
Ground	—
Bank Sta	■

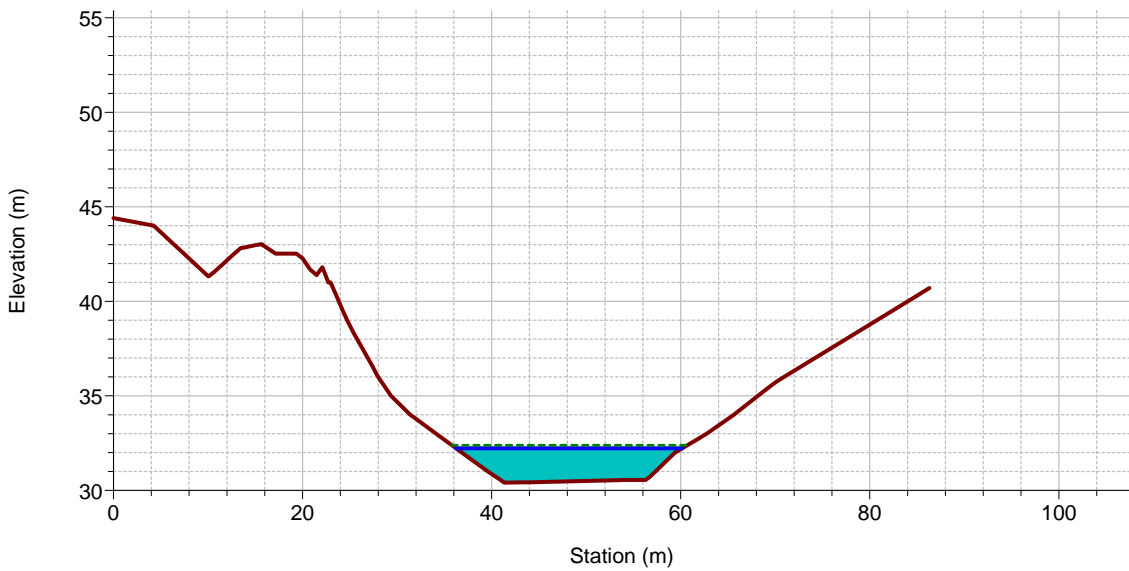
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m



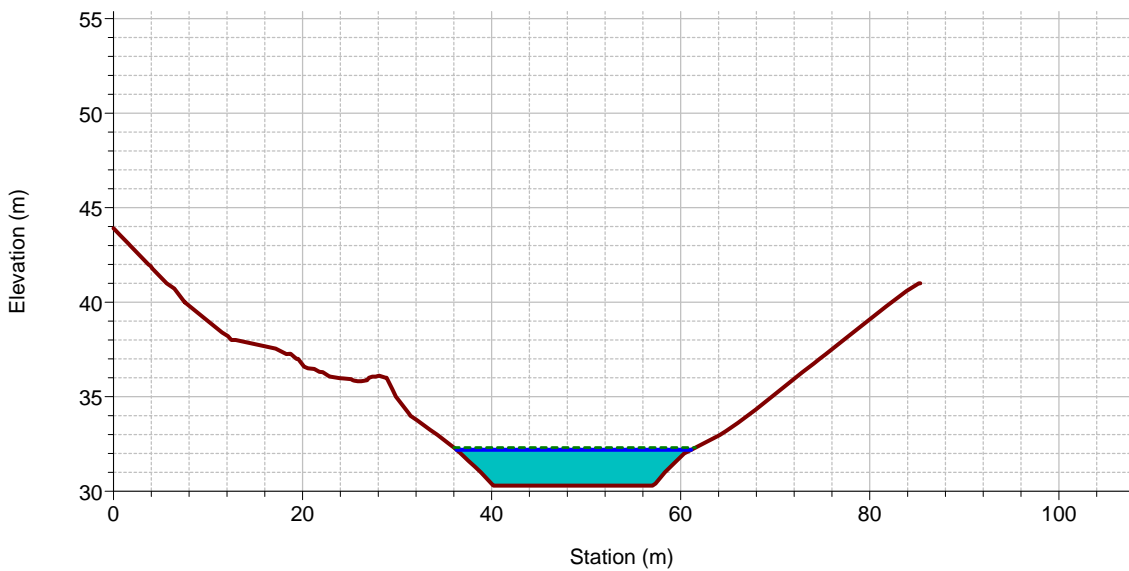
RS = 127.3102



RS = 122.1099

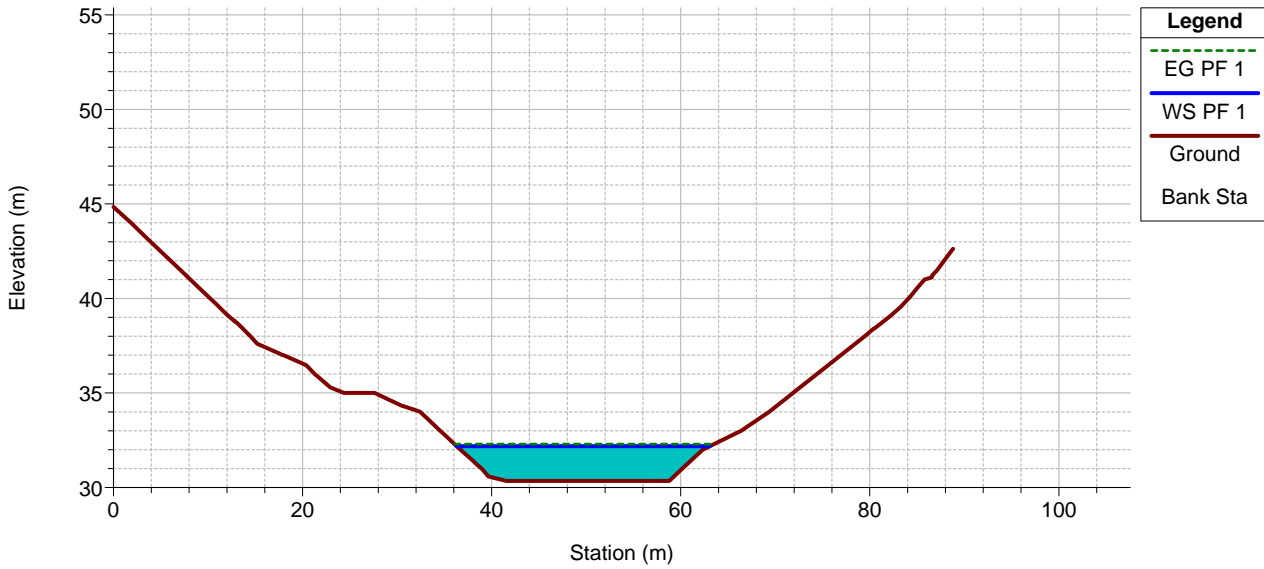


RS = 111.0393

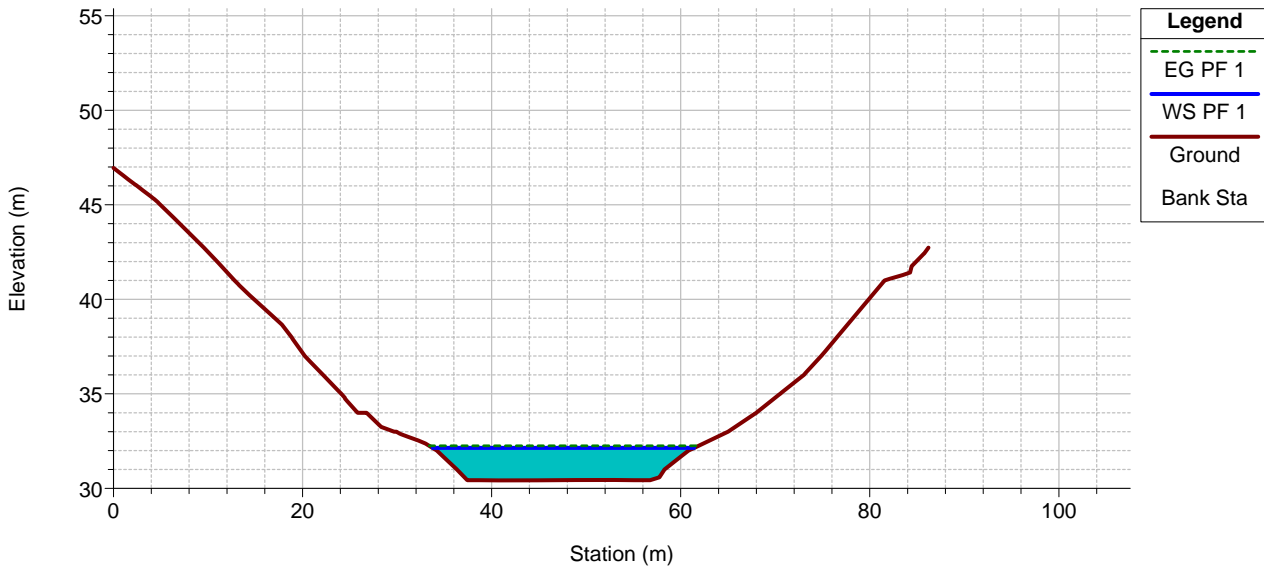


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

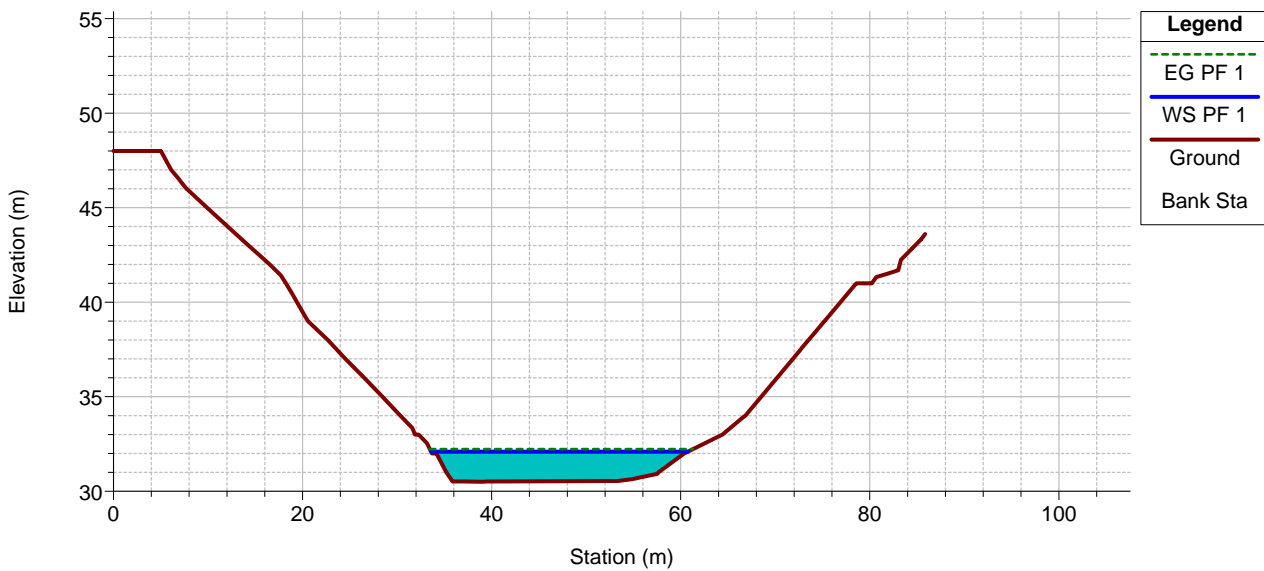
RS = 104.3117



RS = 97.06411

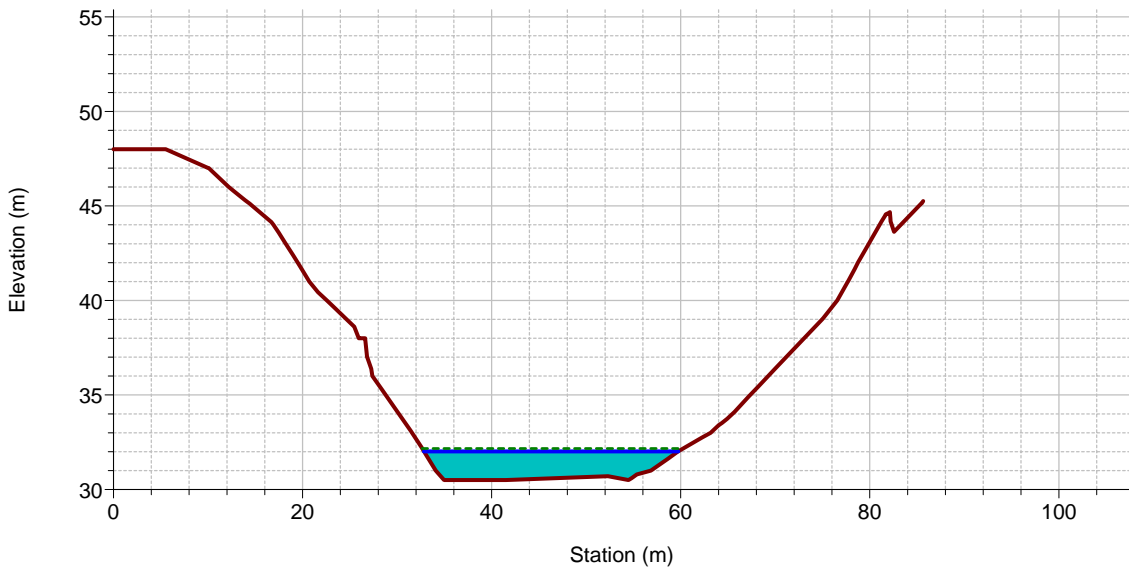


RS = 90.52551



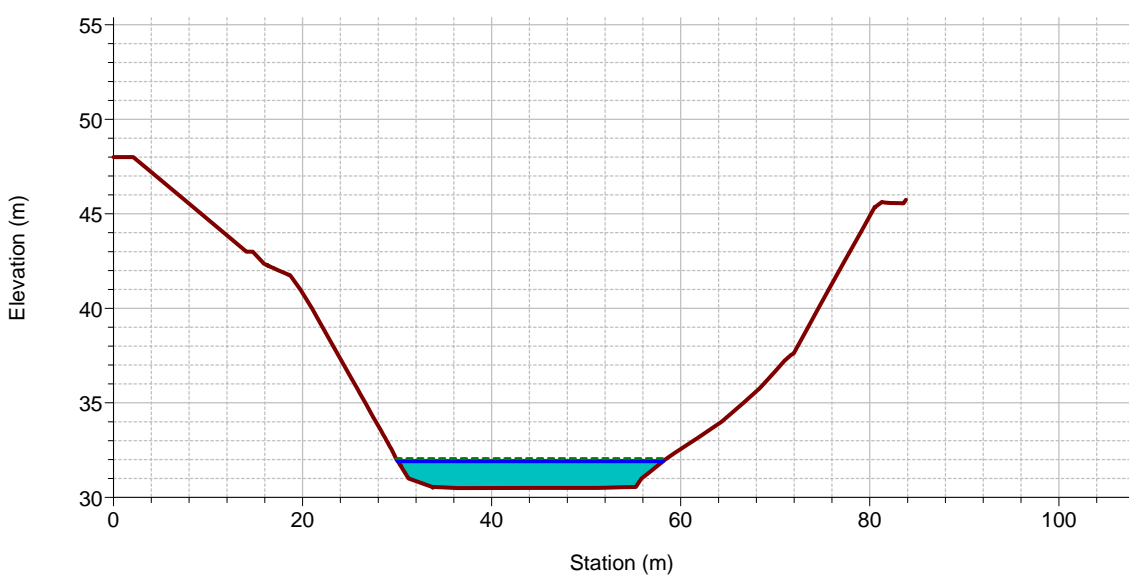
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 81.05330



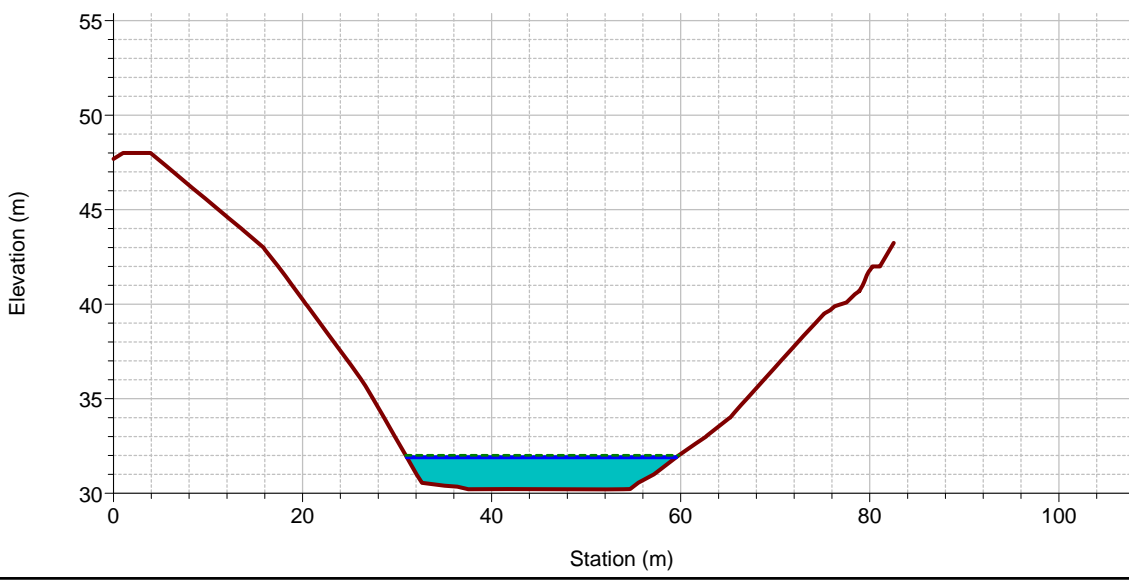
Legend	
--- (Green dashed)	EG PF 1
— (Blue solid)	WS PF 1
— (Brown solid)	Ground
■ (Cyan shaded)	Bank Sta

RS = 65.56879



Legend	
--- (Green dashed)	EG PF 1
— (Blue solid)	WS PF 1
— (Brown solid)	Ground
■ (Cyan shaded)	Bank Sta

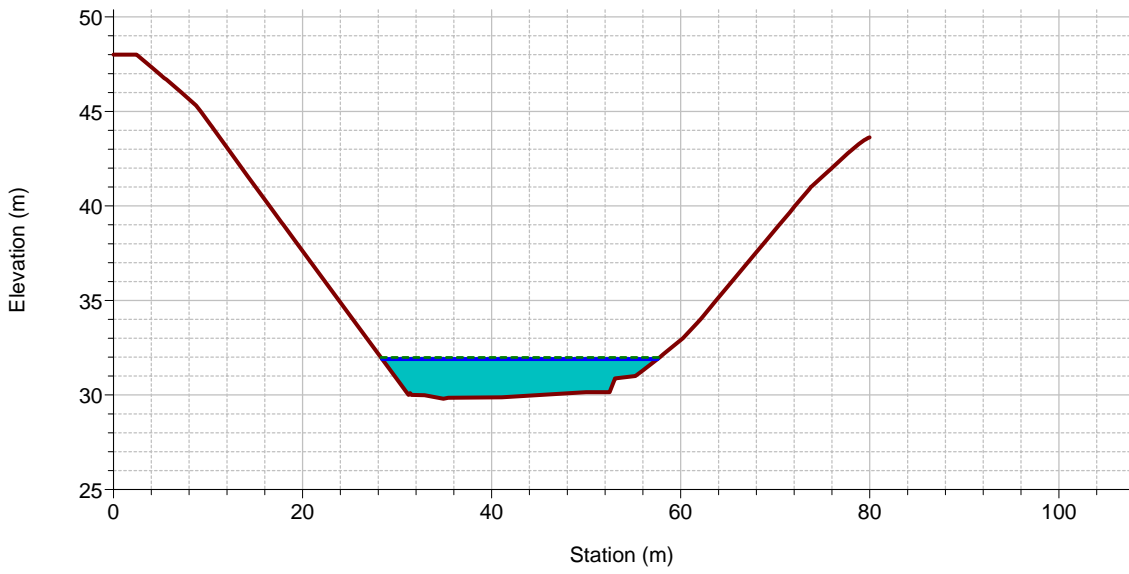
RS = 58.52768



Legend	
--- (Green dashed)	EG PF 1
— (Blue solid)	WS PF 1
— (Brown solid)	Ground
■ (Cyan shaded)	Bank Sta

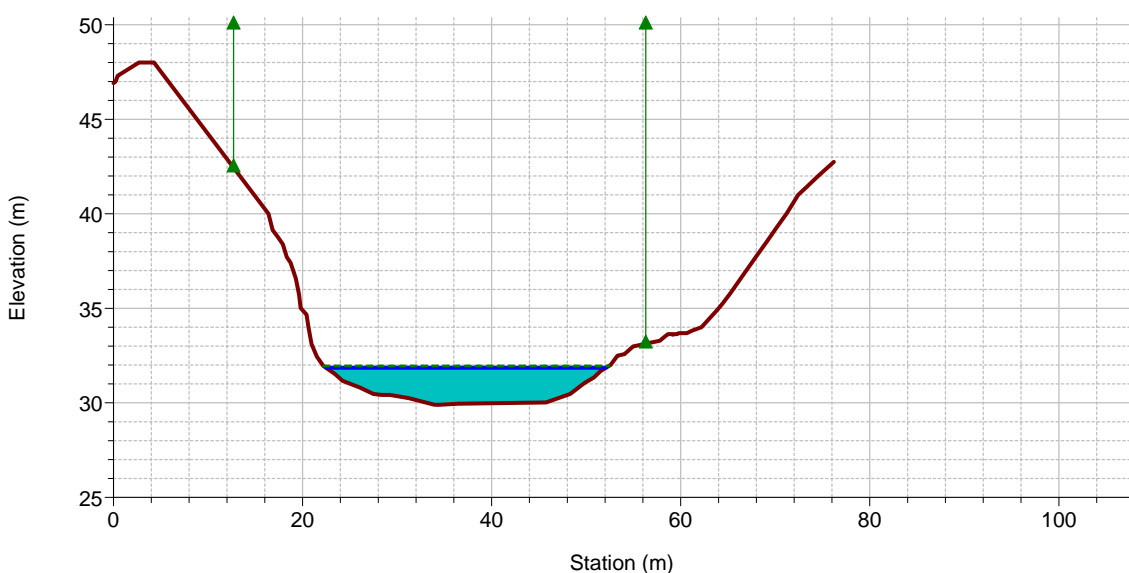
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 51.70998



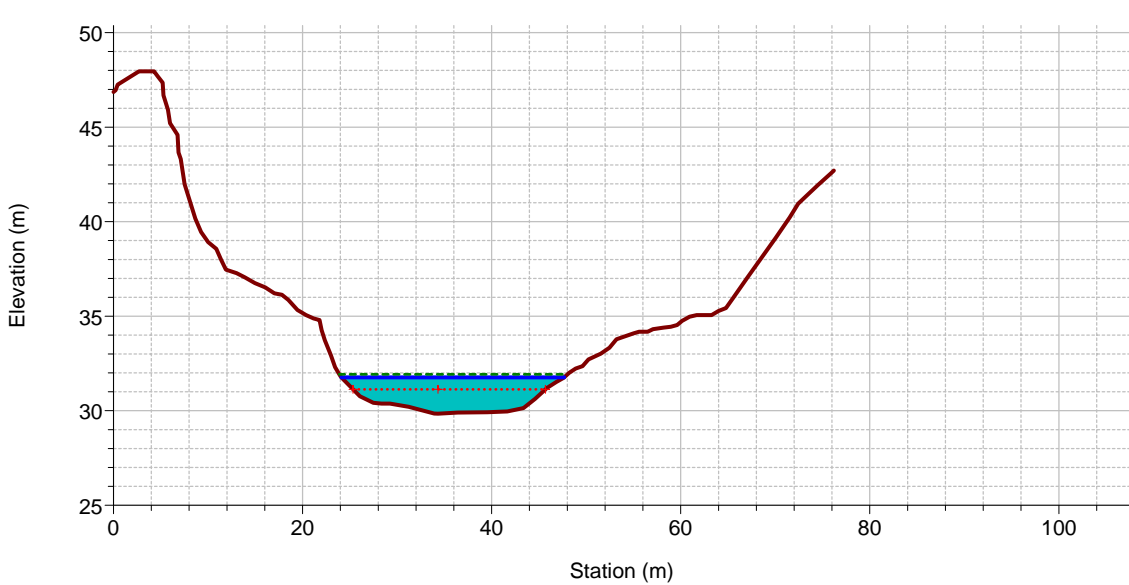
Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Ground
	Bank Sta

RS = 43.35962



Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Ground
	Bank Sta
	Ineff

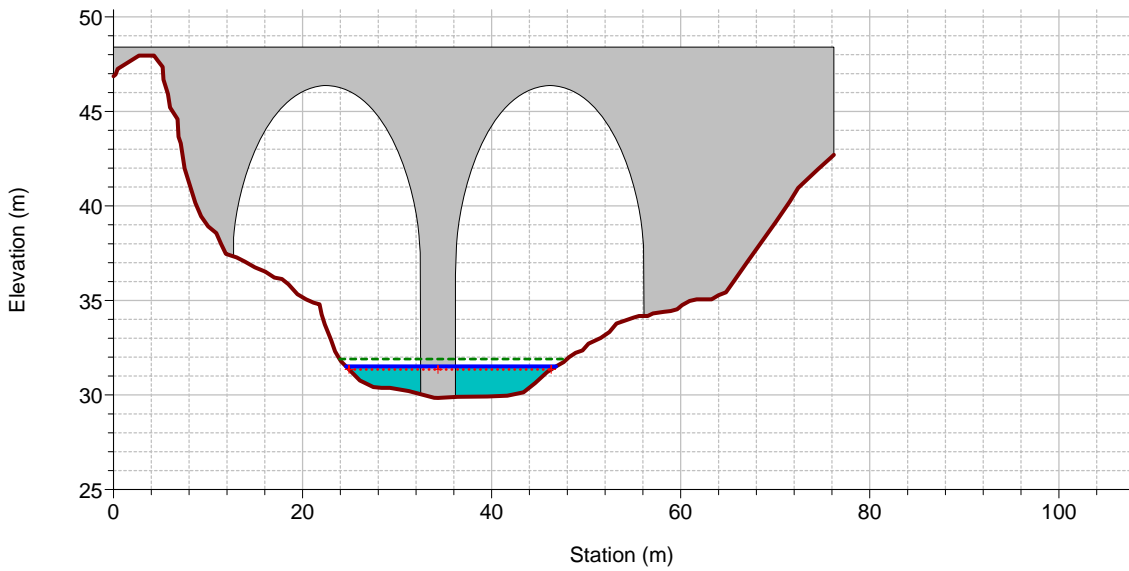
RS = 38.76



Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Crit PF 1
	Ground
	Bank Sta

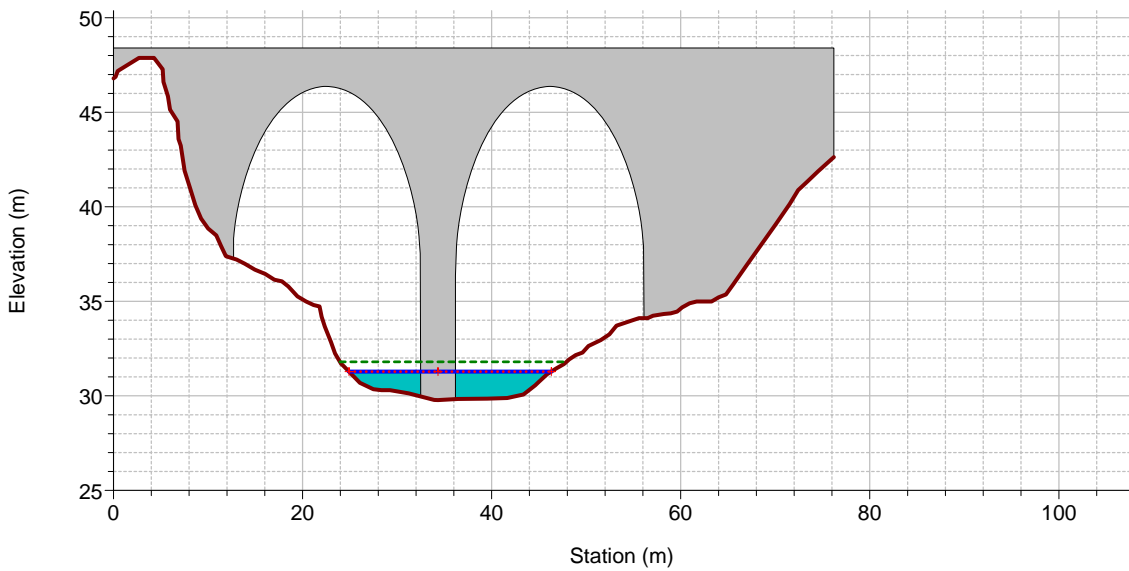
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 37.74 BR



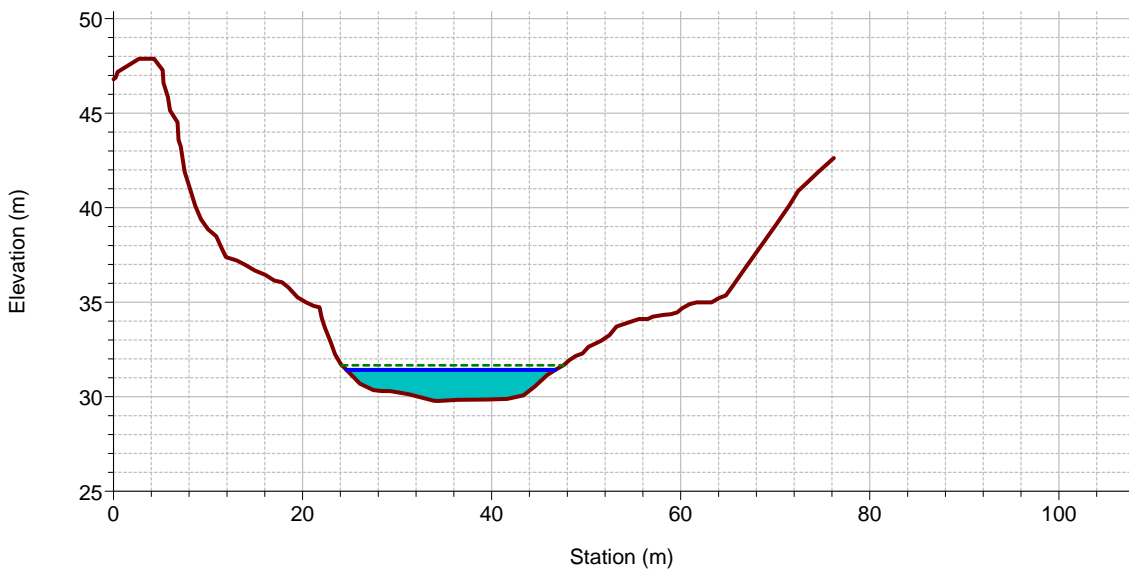
Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Crit PF 1
	Ground
	Bank Sta

RS = 37.74 BR



Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Crit PF 1
	Ground
	Bank Sta

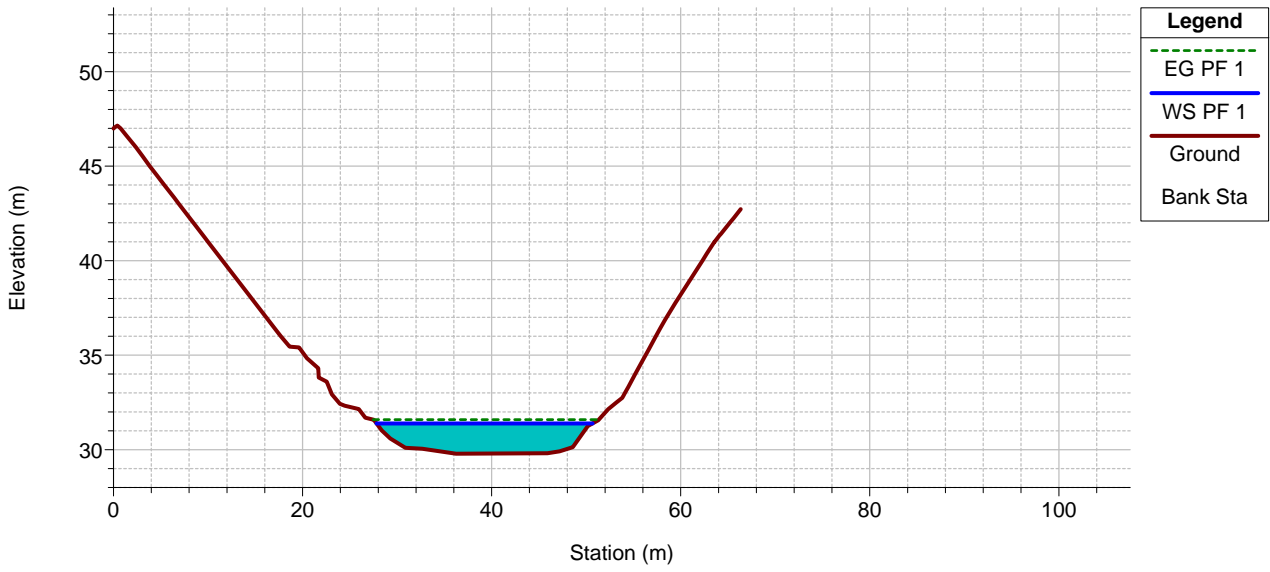
RS = 31.99343



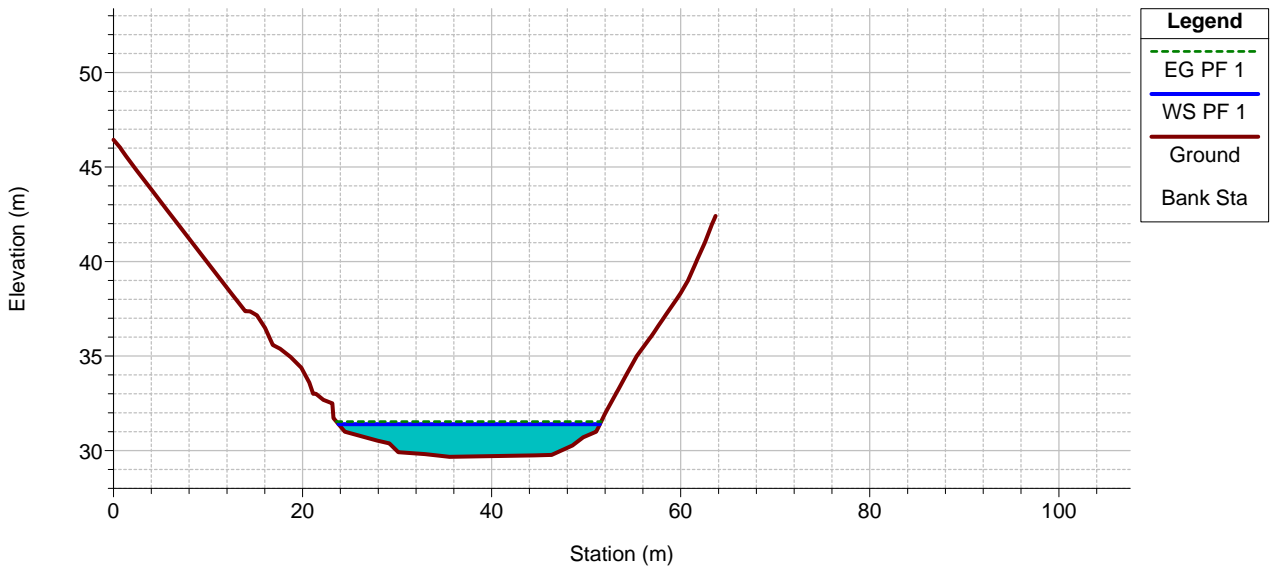
Legend	
	EG PF 1
	WS PF 1
	Ground
	Bank Sta

1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

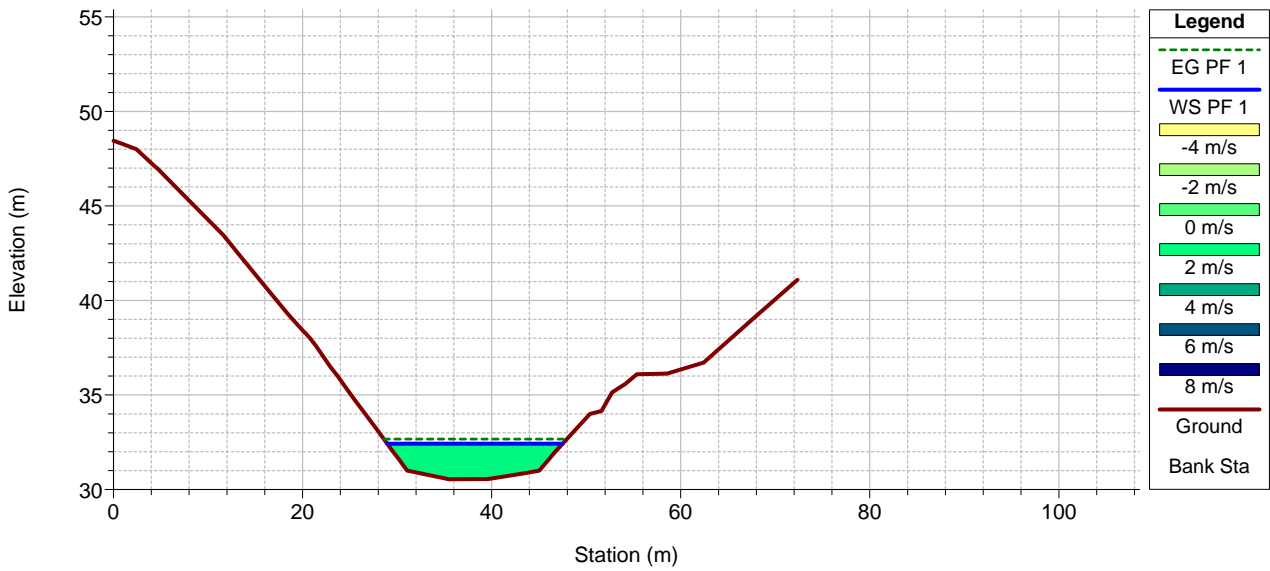
RS = 23.52801



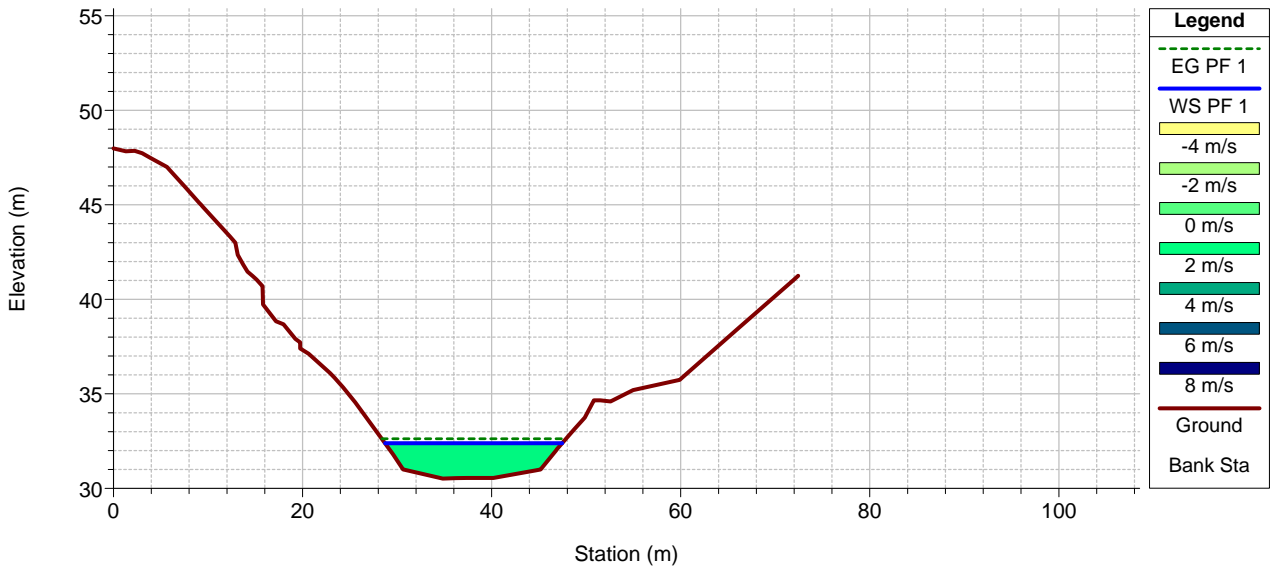
RS = 16.78953



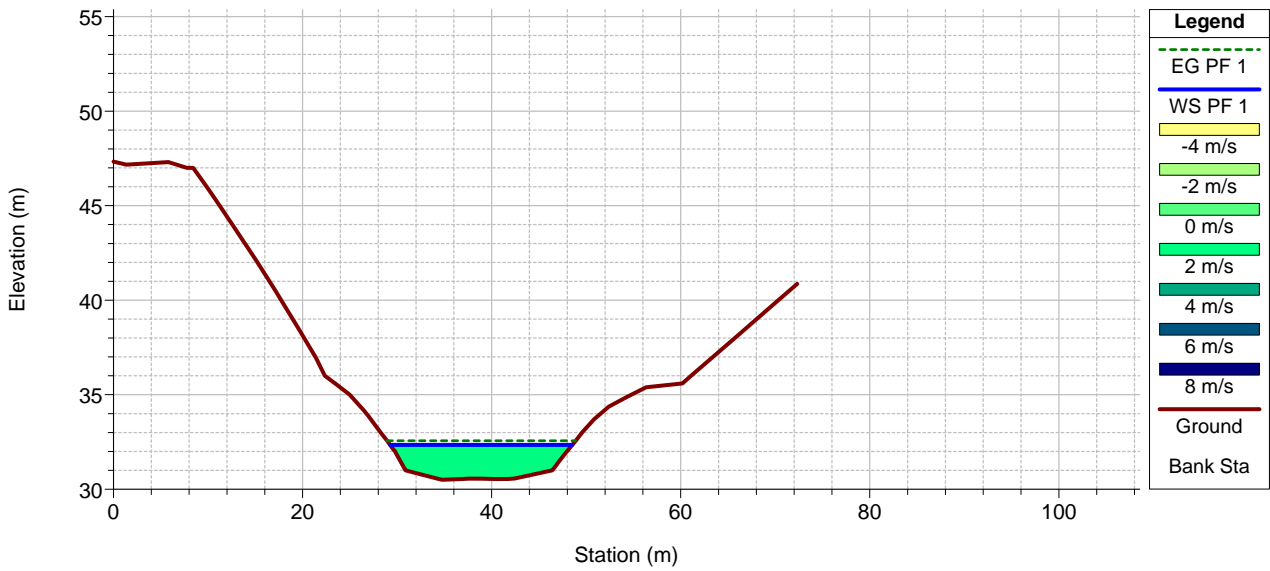
RS = 170.8949



RS = 165.1949

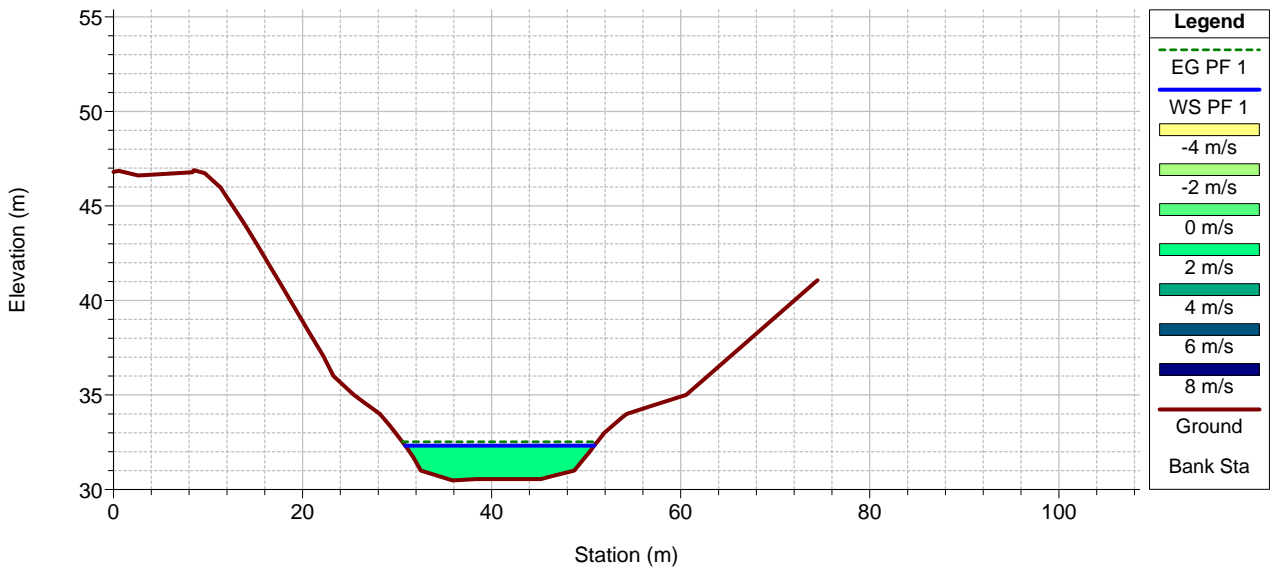


RS = 155.6032

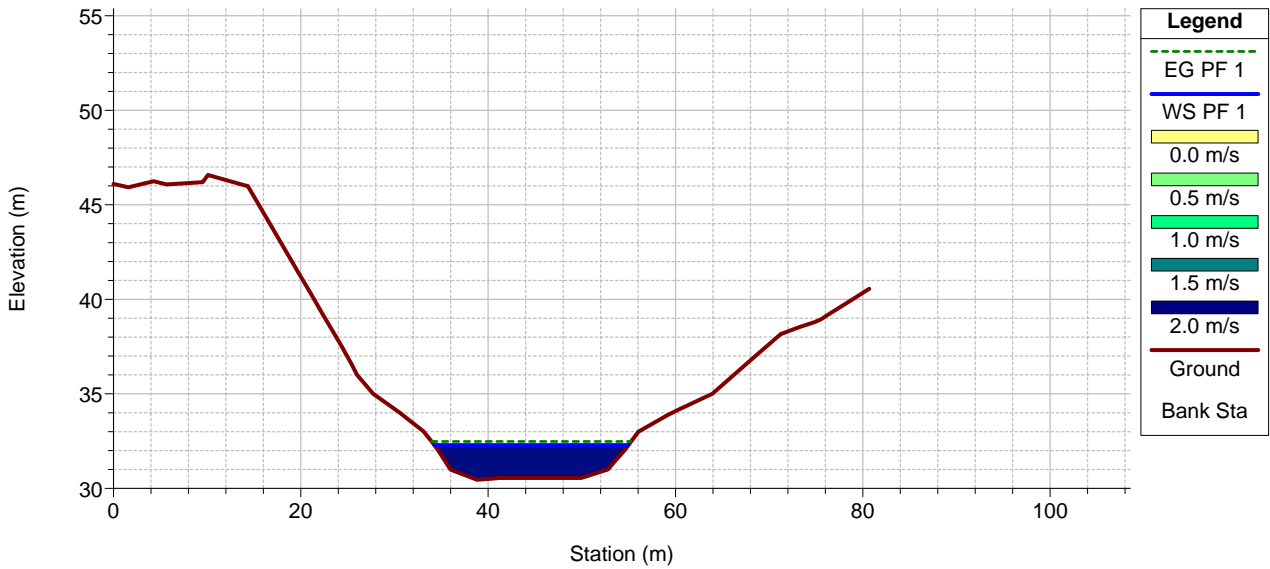


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

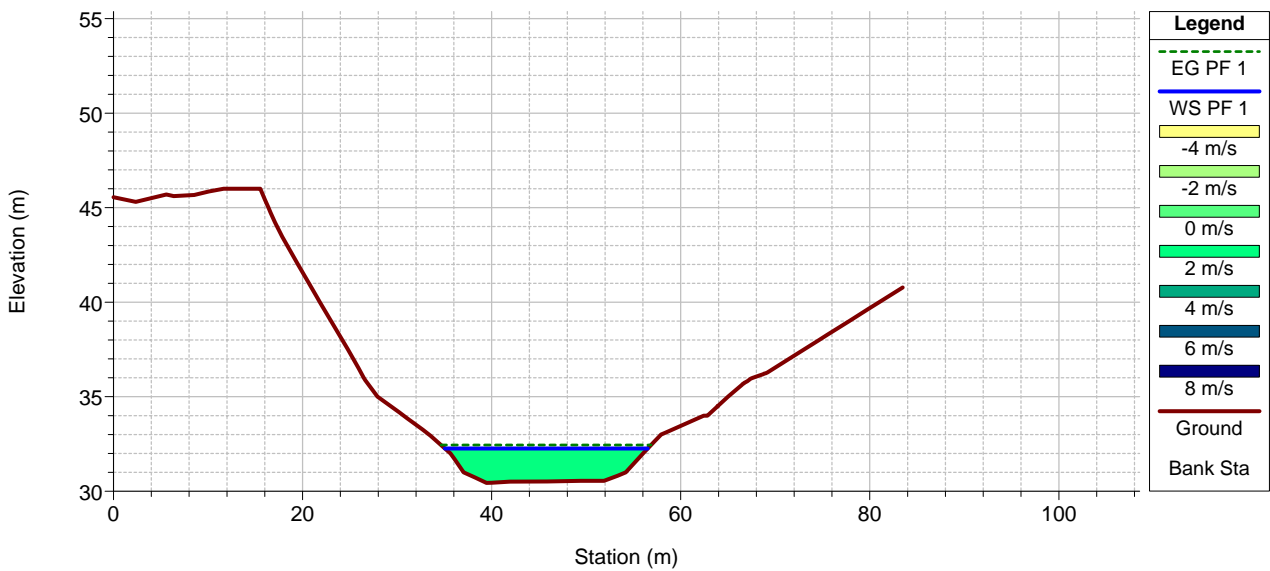
RS = 146.9710



RS = 138.9222



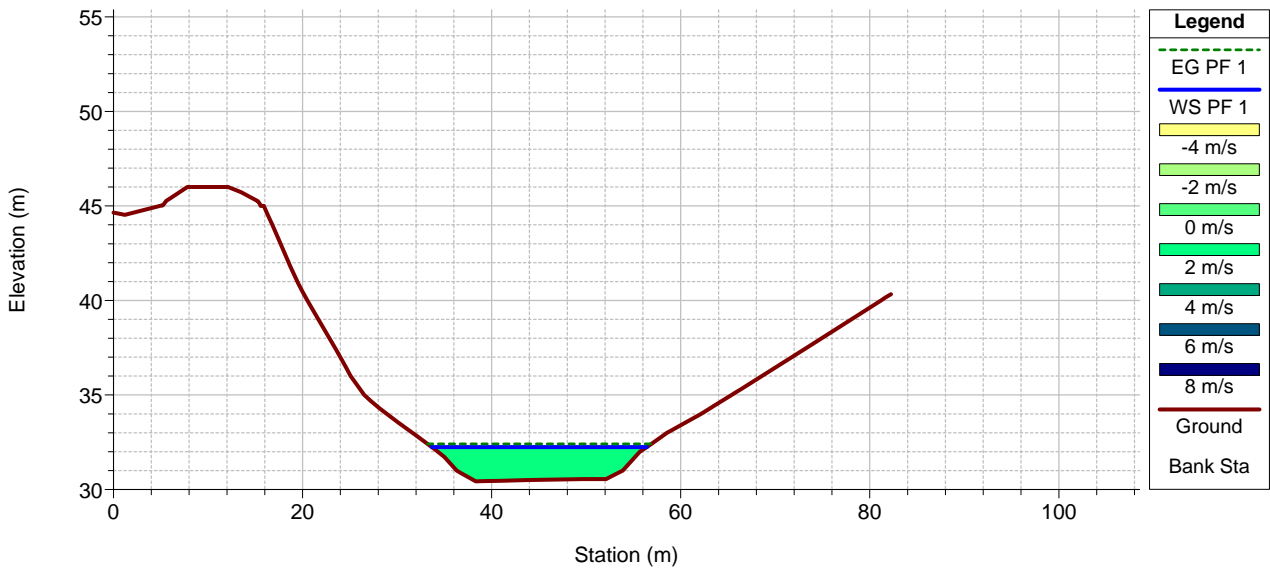
RS = 133.0920



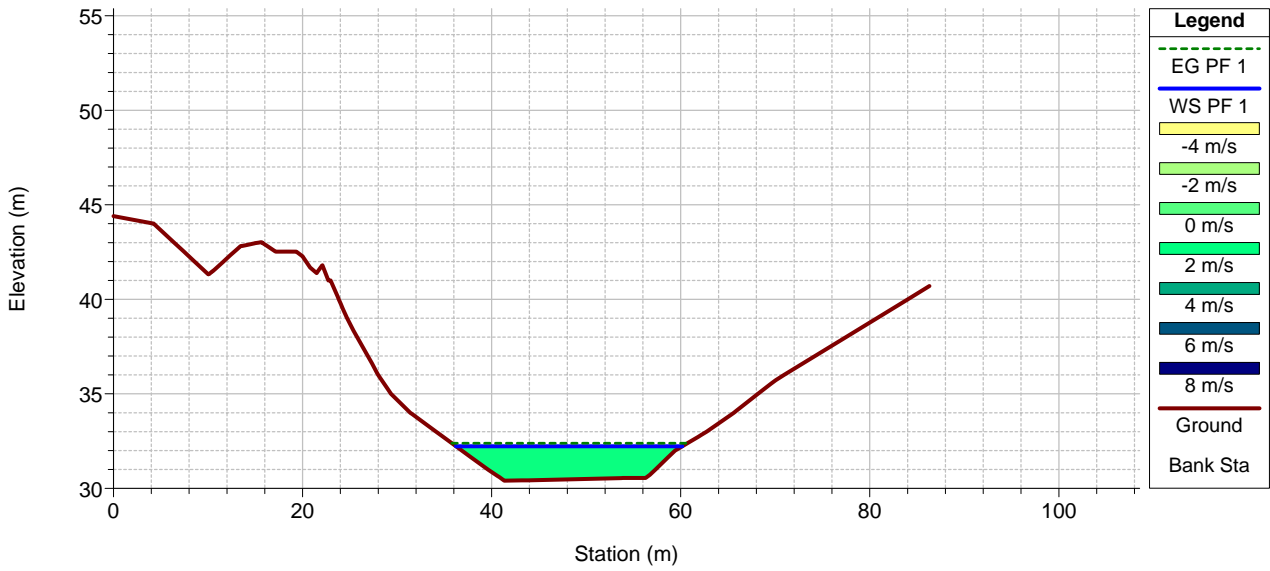
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m



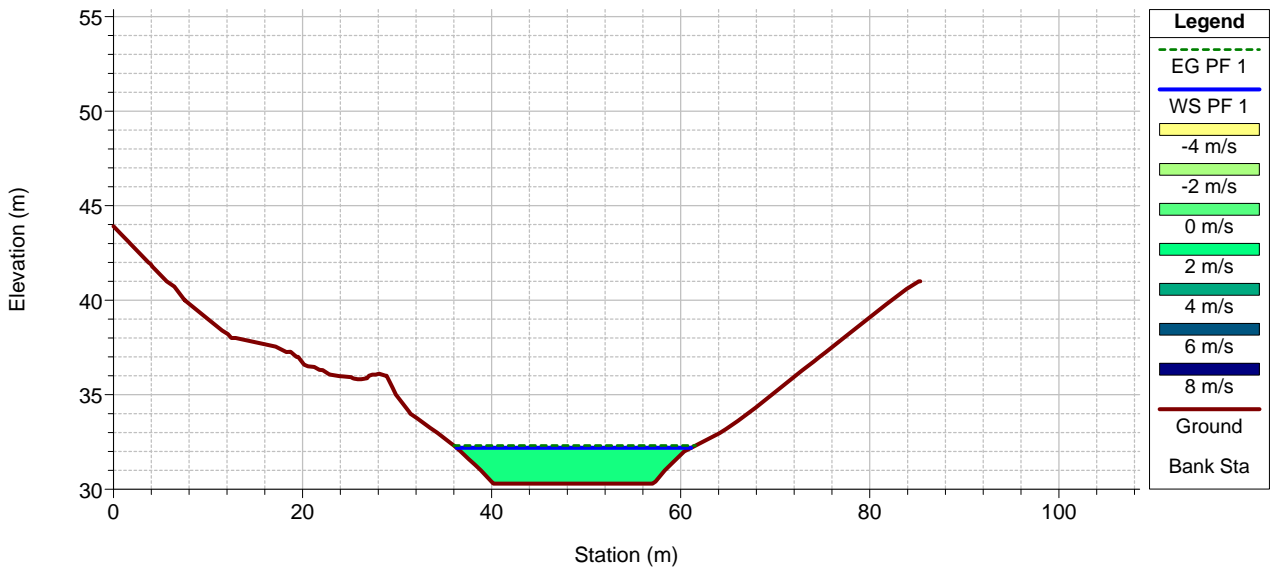
RS = 127.3102



RS = 122.1099

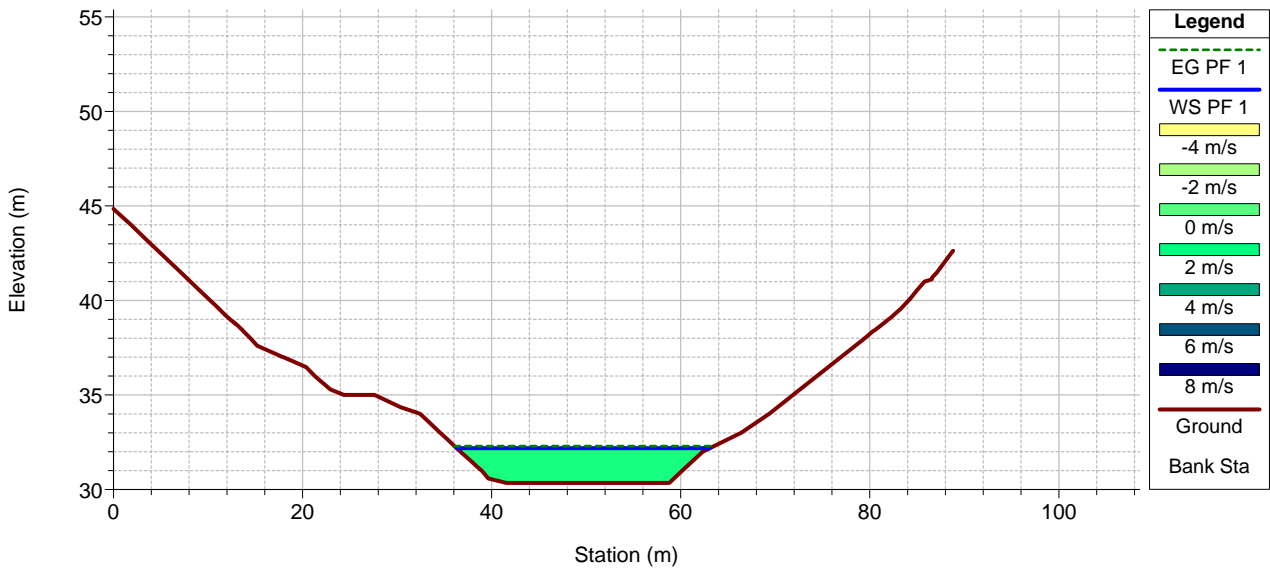


RS = 111.0393

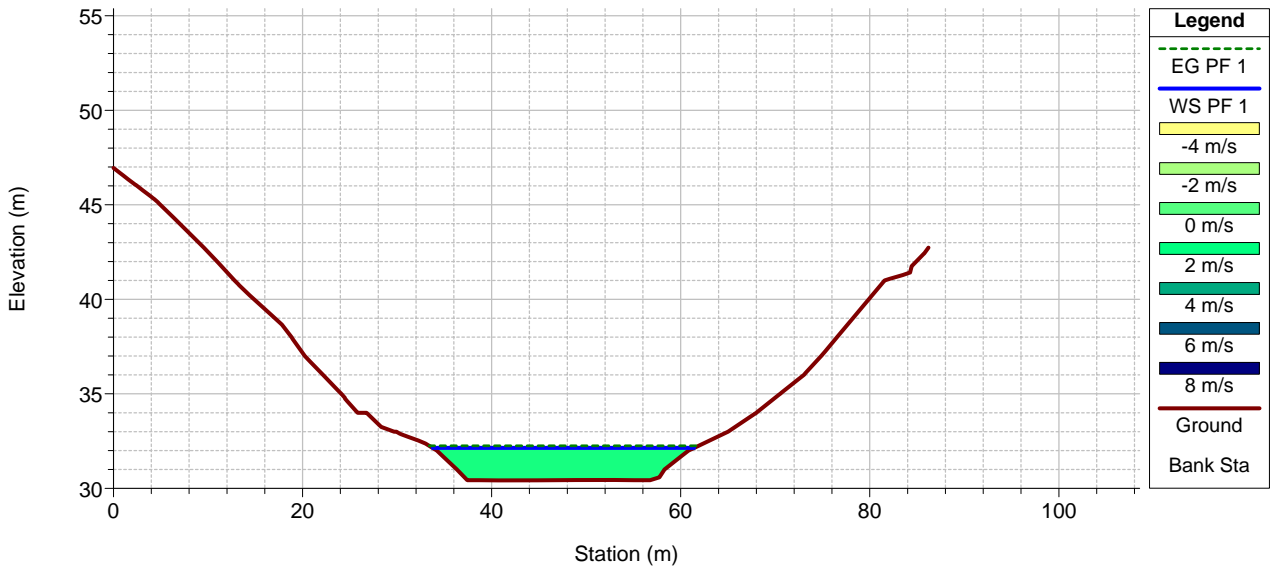


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

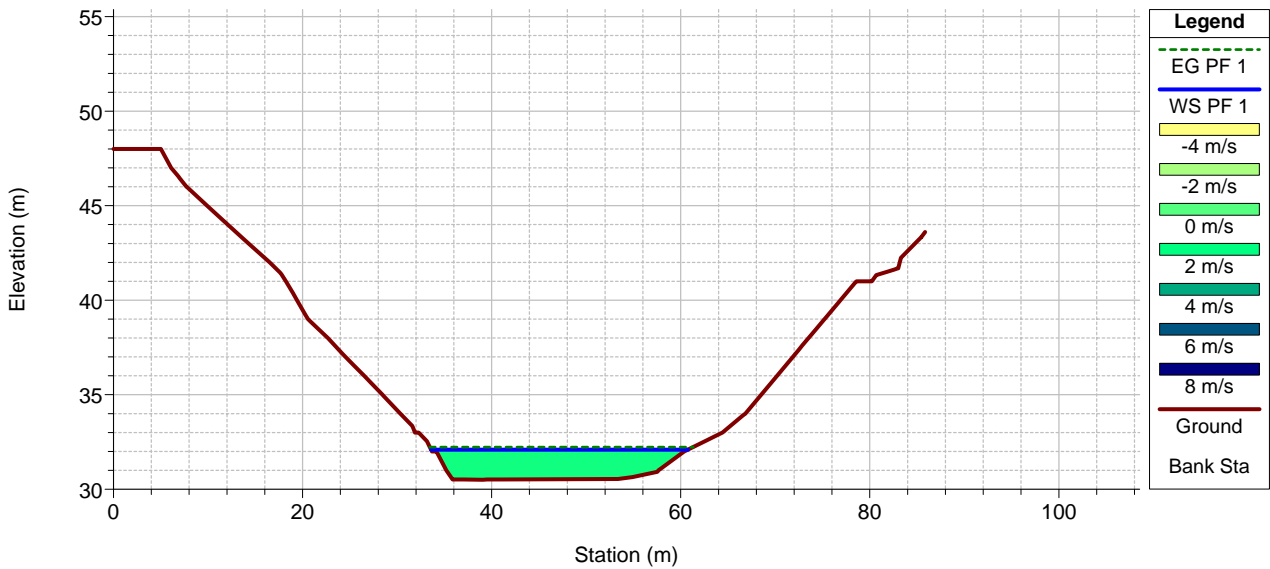
RS = 104.3117



RS = 97.06411

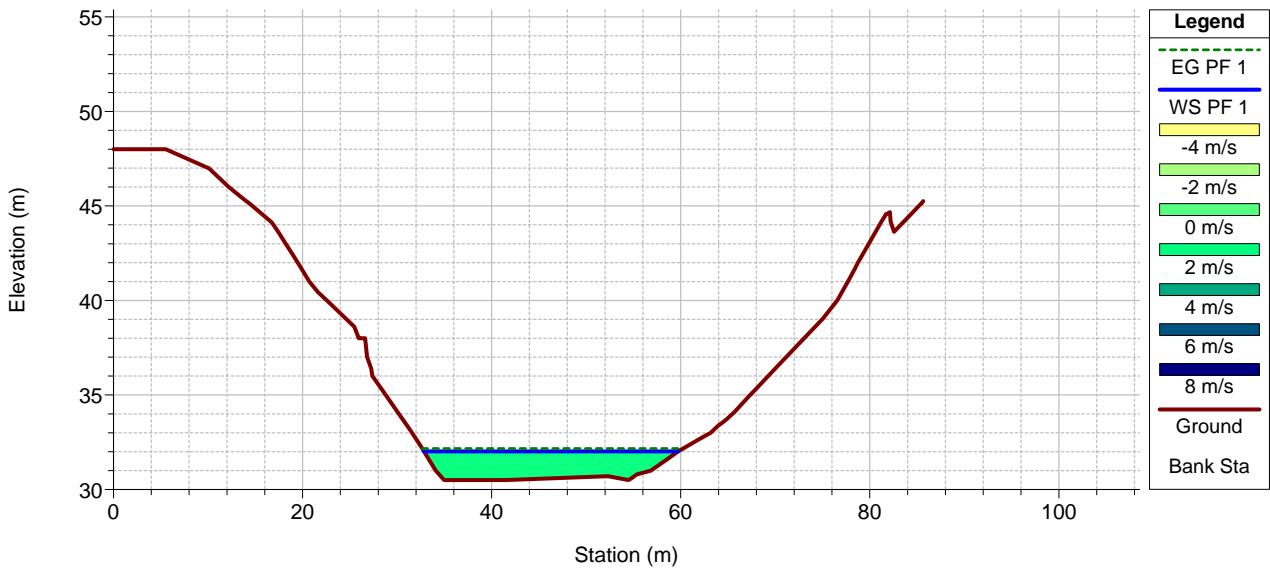


RS = 90.52551

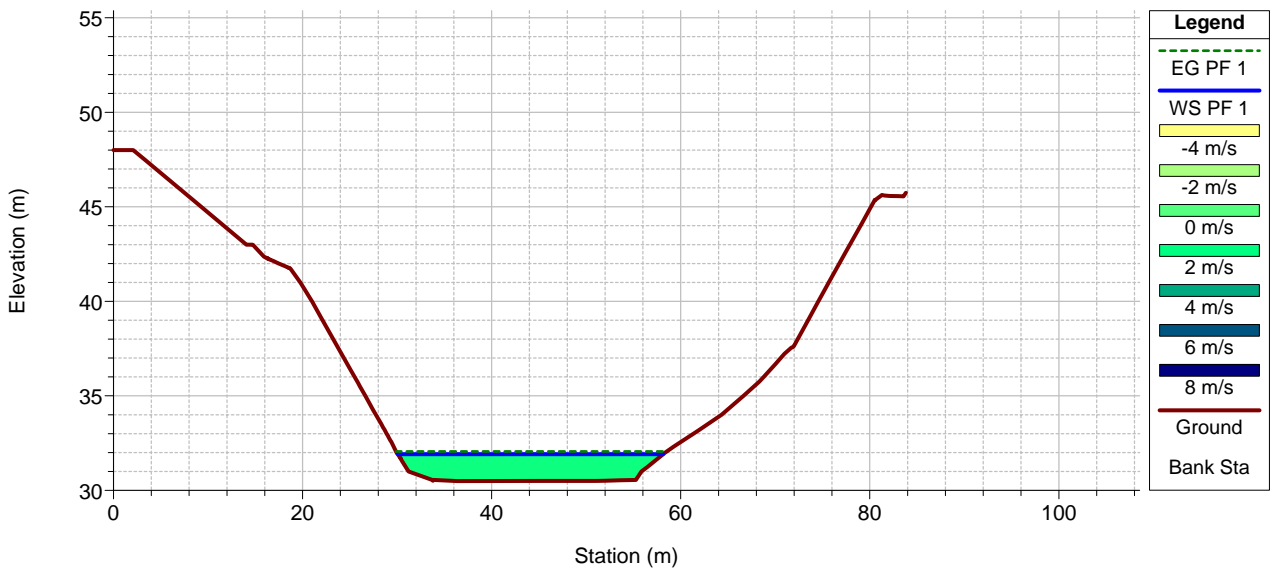


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

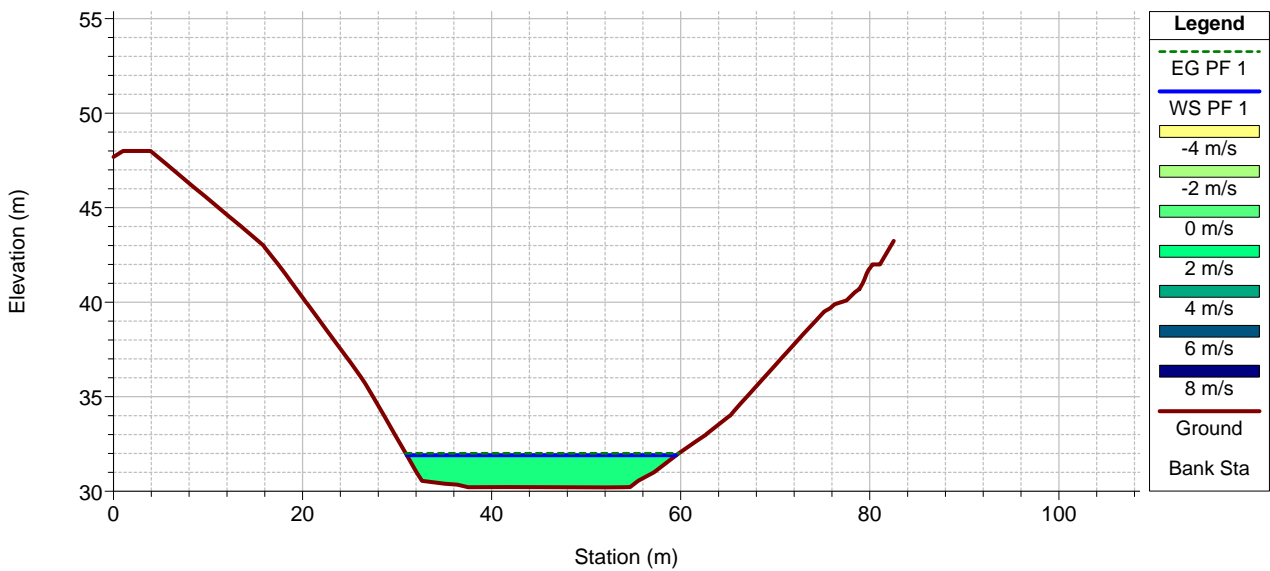
RS = 81.05330



RS = 65.56879

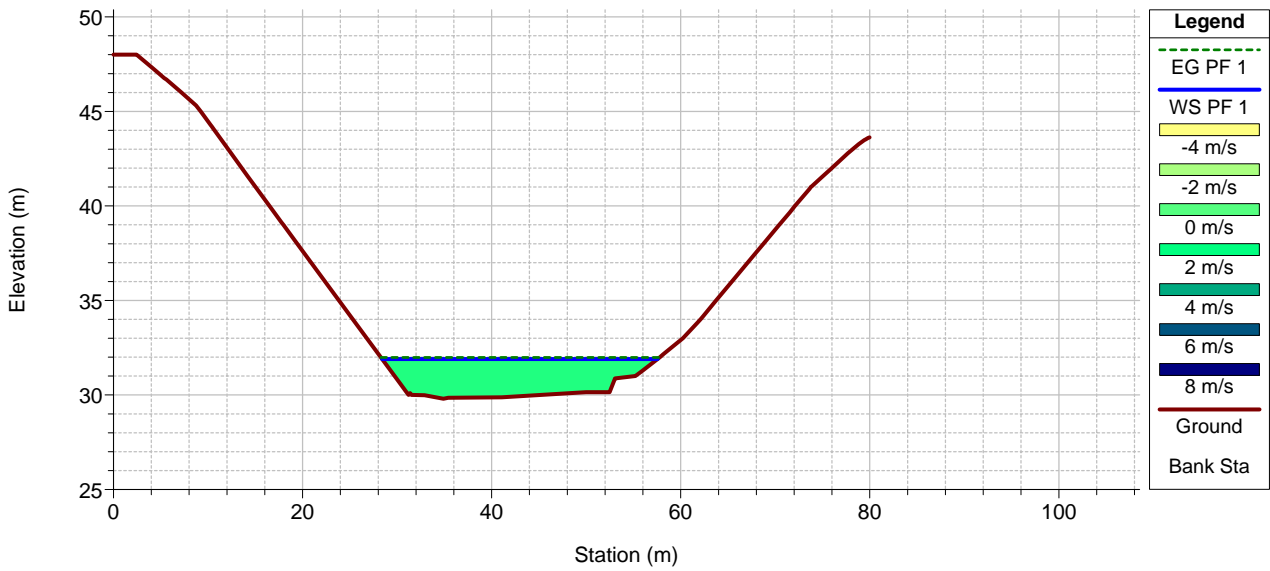


RS = 58.52768

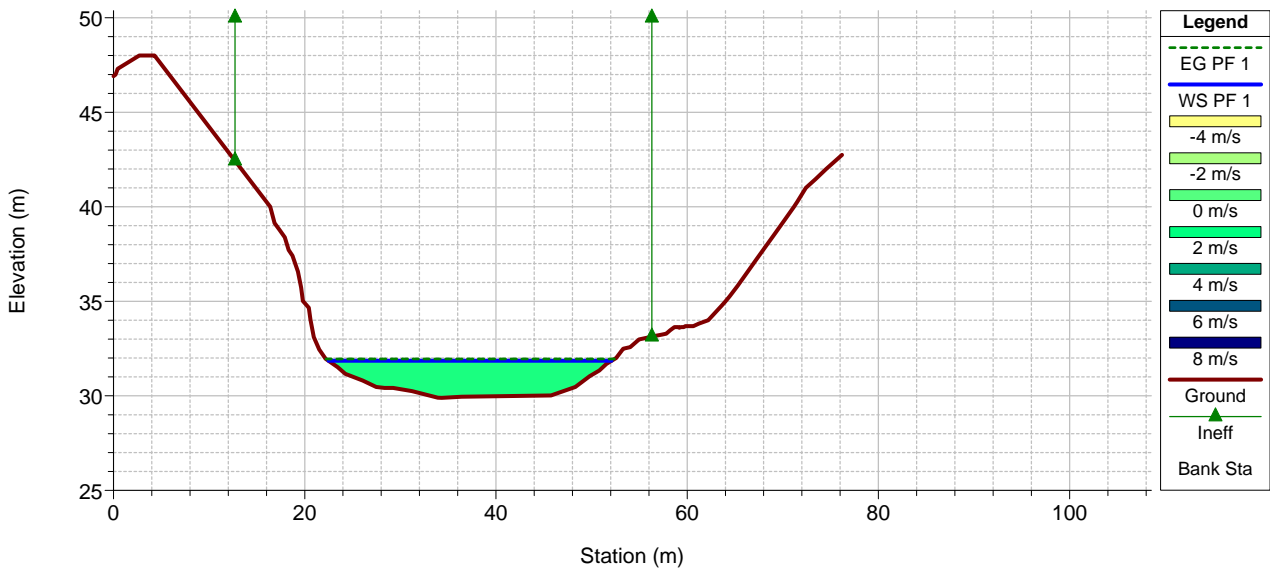


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

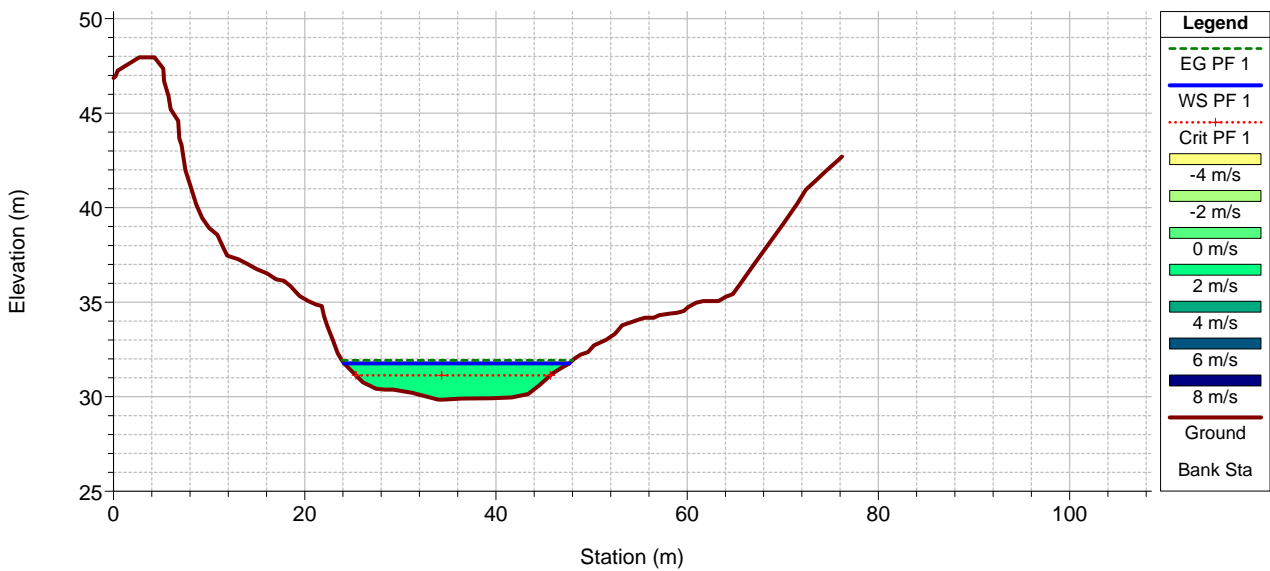
RS = 51.70998



RS = 43.35962

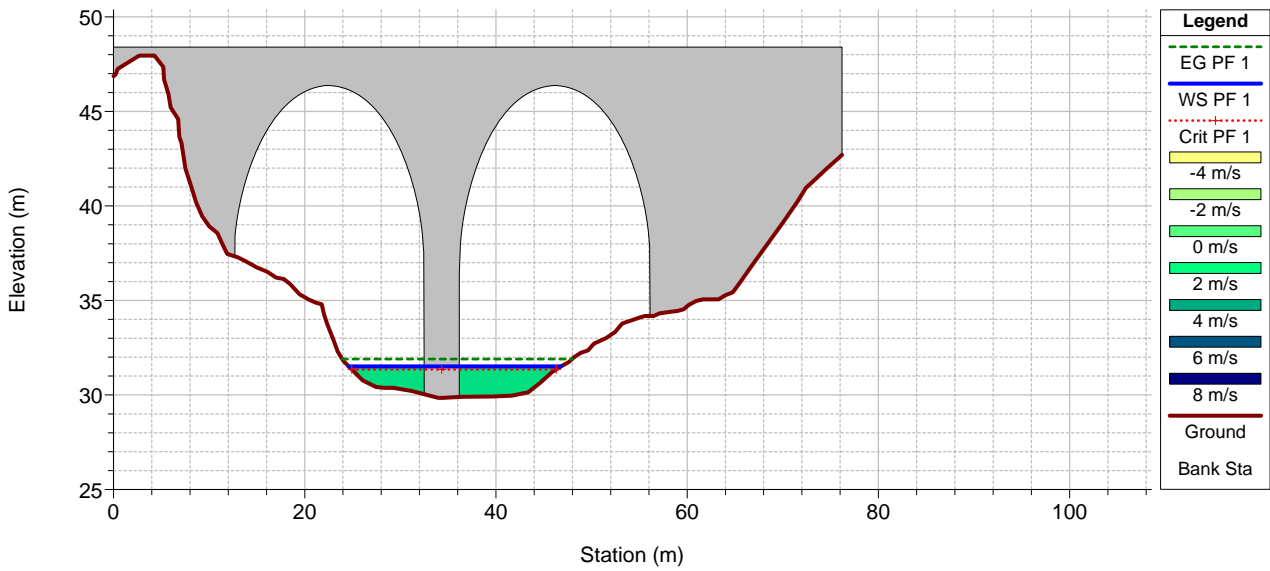


RS = 38.76

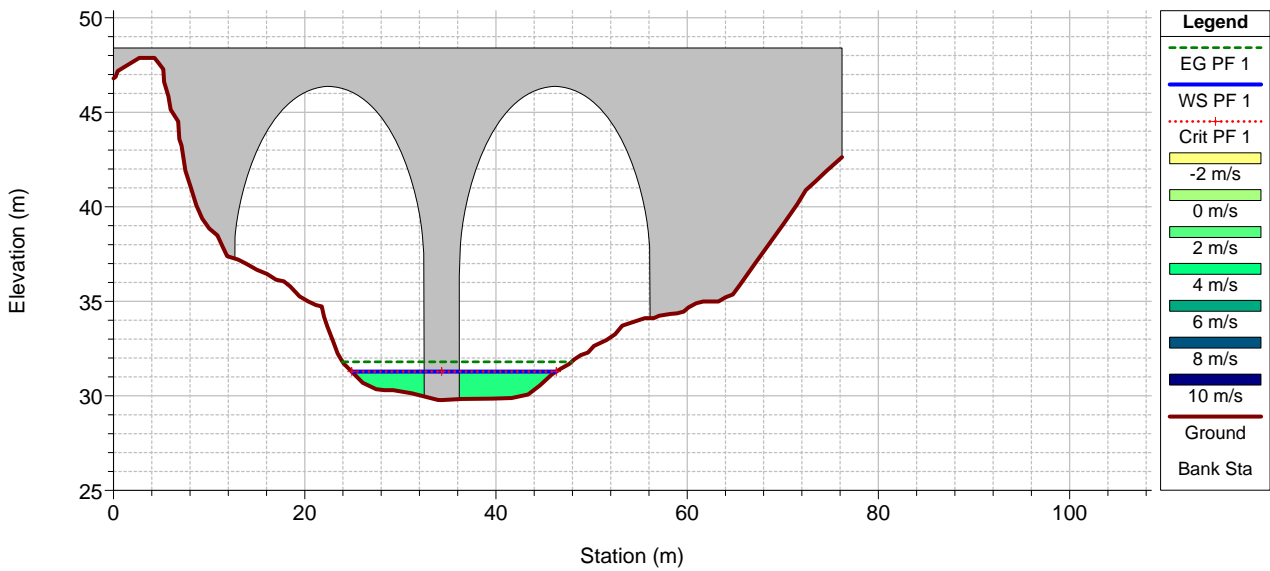


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

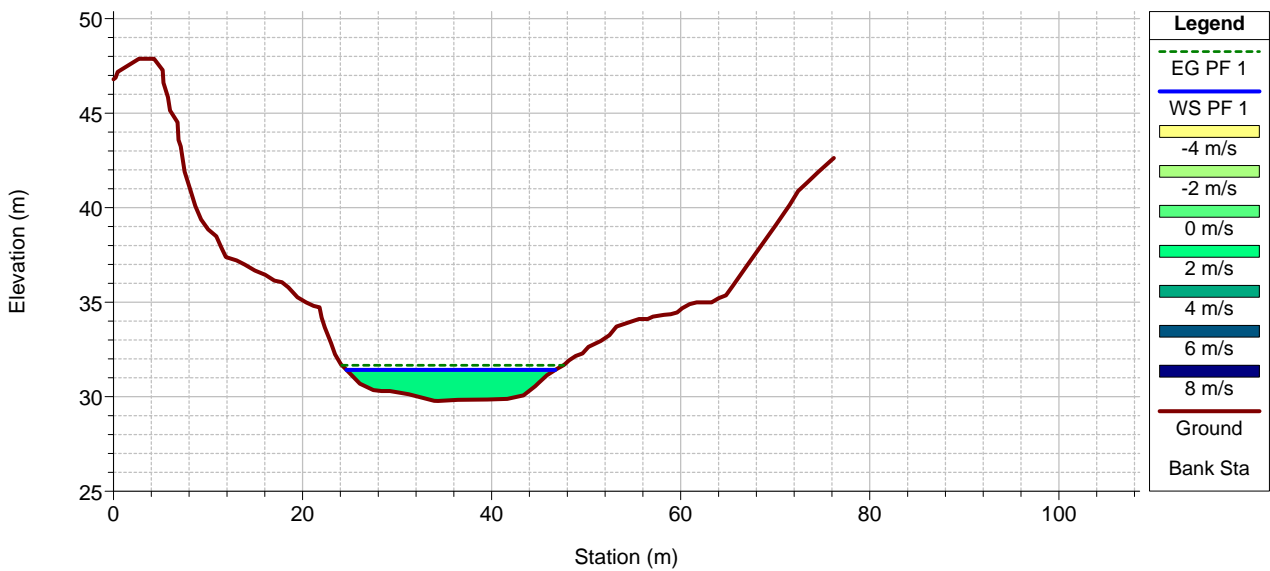
RS = 37.74 BR



RS = 37.74 BR

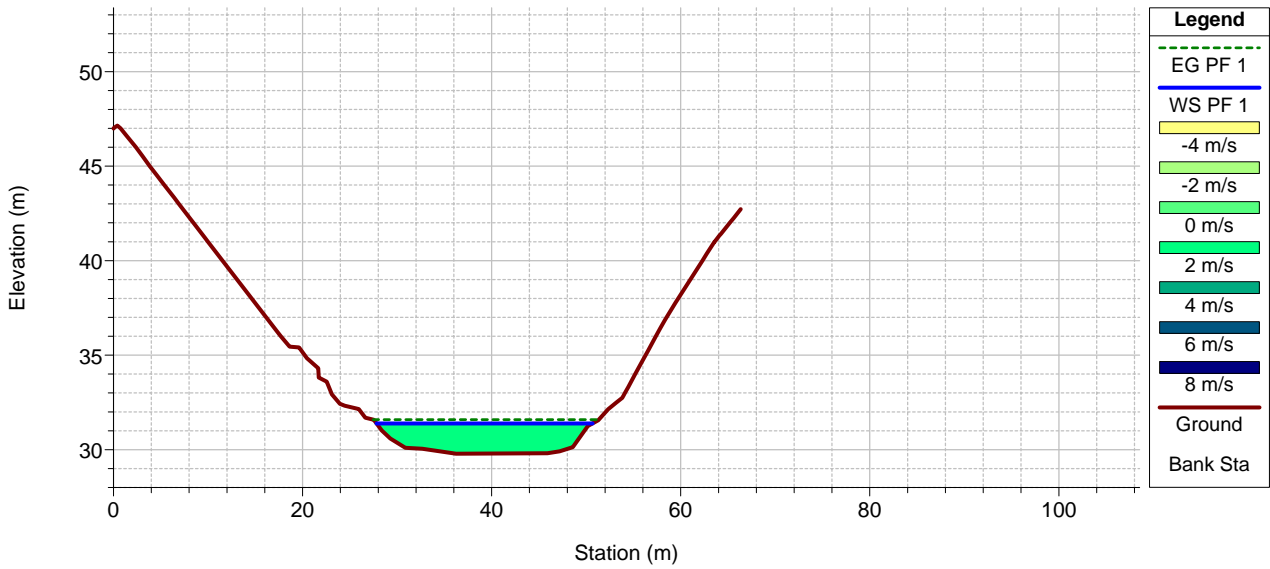


RS = 31.99343

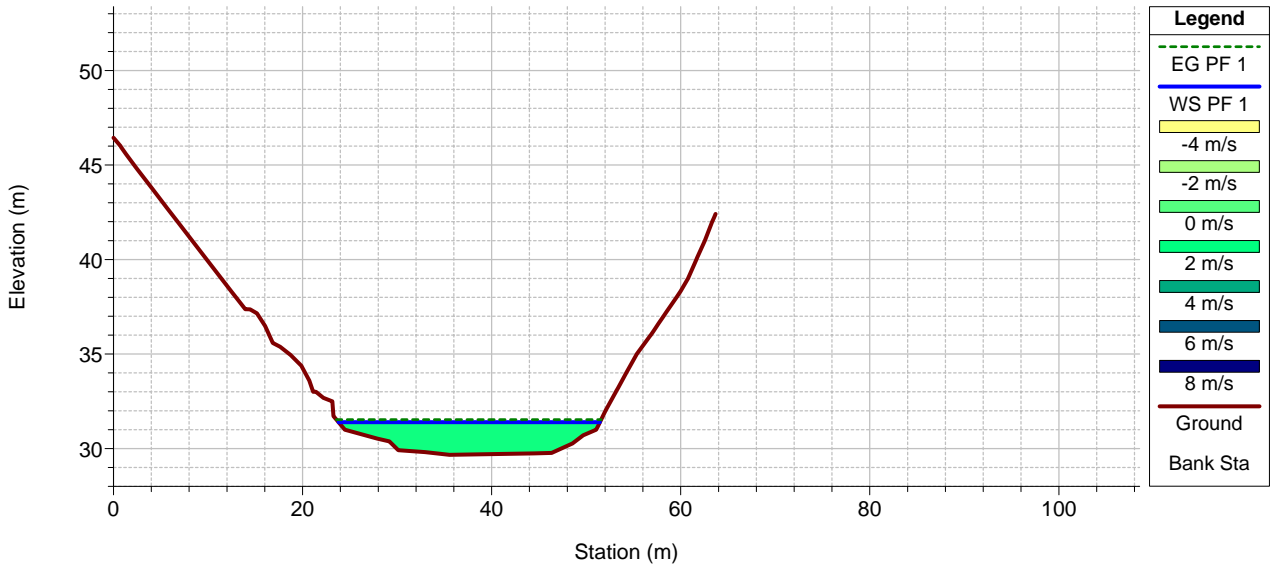


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 23.52801



RS = 16.78953



## **PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS**

**Tablas de resultados**

**Perfil longitudinal de la lámina de agua**

**Perfiles transversales de la lámina de agua**

**Distribución de velocidades transversal de la lámina de agua**

HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 2

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	170.8949	PF 2	159.60	30.54	33.53		34.06	0.007034	3.23	49.85	22.21	0.66
TORRES	169.944*	PF 2	159.60	30.54	33.53		34.05	0.006992	3.22	49.93	22.23	0.66
TORRES	168.994*	PF 2	159.60	30.53	33.52		34.05	0.006950	3.22	50.02	22.24	0.66
TORRES	168.044*	PF 2	159.60	30.53	33.51		34.04	0.006912	3.22	50.10	22.26	0.66
TORRES	167.094*	PF 2	159.60	30.53	33.51		34.03	0.006875	3.21	50.19	22.28	0.66
TORRES	166.144*	PF 2	159.60	30.52	33.50		34.03	0.006842	3.21	50.27	22.30	0.66
TORRES	165.1949	PF 2	159.60	30.52	33.50		34.02	0.006808	3.21	50.36	22.32	0.65
TORRES	164.235*	PF 2	159.60	30.52	33.49		34.01	0.006760	3.20	50.50	22.36	0.65
TORRES	163.276*	PF 2	159.60	30.52	33.49		34.00	0.006414	3.19	50.64	22.41	0.65
TORRES	162.317*	PF 2	159.60	30.51	33.48		34.00	0.006365	3.18	50.79	22.45	0.65
TORRES	161.358*	PF 2	159.60	30.51	33.48		33.99	0.006032	3.17	50.95	22.50	0.65
TORRES	160.399*	PF 2	159.60	30.51	33.47		33.98	0.005983	3.16	51.11	22.55	0.64
TORRES	159.439*	PF 2	159.60	30.51	33.47		33.97	0.005660	3.15	51.28	22.60	0.64
TORRES	158.480*	PF 2	159.60	30.51	33.47		33.97	0.005346	3.14	51.46	22.65	0.64
TORRES	157.521*	PF 2	159.60	30.50	33.46		33.96	0.005298	3.13	51.65	22.70	0.64
TORRES	156.562*	PF 2	159.60	30.50	33.46		33.95	0.005248	3.12	51.84	22.75	0.63
TORRES	155.6032	PF 2	159.60	30.50	33.46		33.95	0.004950	3.11	52.03	22.80	0.63
TORRES	154.644*	PF 2	159.60	30.50	33.45		33.94	0.005143	3.10	52.23	22.90	0.63
TORRES	153.684*	PF 2	159.60	30.50	33.45		33.93	0.005089	3.08	52.42	22.99	0.62
TORRES	152.725*	PF 2	159.60	30.49	33.45		33.93	0.005283	3.07	52.62	23.10	0.62
TORRES	151.766*	PF 2	159.60	30.49	33.45		33.92	0.005230	3.06	52.83	23.20	0.62
TORRES	150.807*	PF 2	159.60	30.49	33.44		33.91	0.005426	3.05	53.05	23.31	0.62
TORRES	149.848*	PF 2	159.60	30.49	33.44		33.91	0.005376	3.04	53.26	23.42	0.61
TORRES	148.889*	PF 2	159.60	30.48	33.44		33.90	0.005574	3.02	53.49	23.54	0.61
TORRES	147.930*	PF 2	159.60	30.48	33.43		33.89	0.005524	3.01	53.72	23.66	0.61
TORRES	146.9710	PF 2	159.60	30.48	33.43		33.89	0.005724	3.00	53.96	23.77	0.60
TORRES	146.076*	PF 2	159.60	30.48	33.43		33.88	0.005685	2.99	54.15	23.93	0.60
TORRES	145.182*	PF 2	159.60	30.48	33.42		33.87	0.005644	2.98	54.36	24.09	0.60
TORRES	144.288*	PF 2	159.60	30.47	33.42		33.87	0.005606	2.97	54.57	24.25	0.60
TORRES	143.393*	PF 2	159.60	30.47	33.42		33.86	0.005568	2.96	54.77	24.42	0.60
TORRES	142.499*	PF 2	159.60	30.47	33.41		33.85	0.005530	2.95	54.99	24.60	0.60
TORRES	141.605*	PF 2	159.60	30.47	33.41		33.85	0.005495	2.94	55.21	24.78	0.59
TORRES	140.710*	PF 2	159.60	30.46	33.41		33.84	0.005459	2.93	55.43	24.97	0.59
TORRES	139.816*	PF 2	159.60	30.46	33.40		33.84	0.005423	2.92	55.67	25.17	0.59
TORRES	138.9222	PF 2	159.60	30.46	33.40		33.83	0.005389	2.91	55.90	25.38	0.59
TORRES	137.950*	PF 2	159.60	30.46	33.40		33.82	0.005305	2.88	56.39	25.72	0.58
TORRES	136.978*	PF 2	159.60	30.45	33.40		33.81	0.005229	2.85	56.88	26.06	0.58
TORRES	136.007*	PF 2	159.60	30.45	33.40		33.81	0.005159	2.83	57.35	26.41	0.58
TORRES	135.035*	PF 2	159.60	30.45	33.40		33.80	0.005095	2.80	57.82	26.74	0.57
TORRES	134.063*	PF 2	159.60	30.44	33.40		33.79	0.005038	2.78	58.27	27.08	0.57
TORRES	133.0920	PF 2	159.60	30.44	33.40		33.78	0.004985	2.76	58.72	27.42	0.56
TORRES	132.128*	PF 2	159.60	30.44	33.40		33.78	0.004875	2.73	59.39	27.76	0.56
TORRES	131.164*	PF 2	159.60	30.44	33.40		33.77	0.004772	2.70	60.06	28.10	0.55
TORRES	130.201*	PF 2	159.60	30.43	33.40		33.76	0.004676	2.67	60.72	28.44	0.55
TORRES	129.237*	PF 2	159.60	30.43	33.40		33.75	0.004585	2.64	61.37	28.79	0.54
TORRES	128.273*	PF 2	159.60	30.43	33.40		33.75	0.004501	2.61	62.02	29.13	0.54
TORRES	127.3102	PF 2	159.60	30.43	33.40		33.74	0.004422	2.59	62.66	29.47	0.53
TORRES	126.443*	PF 2	159.60	30.43	33.40		33.73	0.004337	2.56	63.26	29.69	0.53
TORRES	125.576*	PF 2	159.60	30.42	33.40		33.73	0.004256	2.54	63.87	29.91	0.52
TORRES	124.710*	PF 2	159.60	30.42	33.40		33.72	0.004179	2.51	64.47	30.15	0.52
TORRES	123.843*	PF 2	159.60	30.42	33.40		33.72	0.004107	2.49	65.06	30.38	0.51
TORRES	122.976*	PF 2	159.60	30.41	33.40		33.71	0.004038	2.46	65.66	30.62	0.51
TORRES	122.1099	PF 2	159.60	30.41	33.40		33.71	0.003973	2.44	66.25	30.87	0.51
TORRES	121.187*	PF 2	159.60	30.40	33.39		33.70	0.004199	2.47	66.25	30.92	0.52
TORRES	120.264*	PF 2	159.60	30.39	33.38		33.70	0.004377	2.50	64.54	30.98	0.53
TORRES	119.342*	PF 2	159.60	30.38	33.37		33.69	0.004500	2.51	64.11	31.05	0.53
TORRES	118.419*	PF 2	159.60	30.37	33.36		33.69	0.004557	2.52	63.98	31.13	0.54
TORRES	117.497*	PF 2	159.60	30.36	33.36		33.68	0.004542	2.51	64.16	31.23	0.54
TORRES	116.574*	PF 2	159.60	30.36	33.36		33.68	0.004467	2.49	64.62	31.34	0.53
TORRES	115.652*	PF 2	159.60	30.35	33.36		33.67	0.004329	2.46	65.37	31.47	0.52
TORRES	114.729*	PF 2	159.60	30.34	33.36		33.66	0.004141	2.42	66.40	31.60	0.51
TORRES	113.806*	PF 2	159.60	30.33	33.37		33.66	0.003912	2.37	67.72	31.74	0.50
TORRES	112.884*	PF 2	159.60	30.32	33.37		33.65	0.003661	2.32	69.27	31.89	0.48
TORRES	111.961*	PF 2	159.60	30.31	33.38		33.64	0.003395	2.26	71.08	32.05	0.47
TORRES	111.0393	PF 2	159.60	30.30	33.39		33.63	0.003123	2.20	73.14	32.21	0.45
TORRES	110.078*	PF 2	159.60	30.31	33.39		33.63	0.003059	2.18	73.75	32.44	0.44
TORRES	109.117*	PF 2	159.60	30.31	33.39		33.62	0.002997	2.16	74.37	32.67	0.44
TORRES	108.156*	PF 2	159.60	30.32	33.39		33.62	0.002936	2.14	75.00	32.89	0.44
TORRES	107.195*	PF 2	159.60	30.33	33.39		33.62	0.002880	2.13	75.62	33.12	0.43
TORRES	106.233*	PF 2	159.60	30.34	33.39		33.61	0.002822	2.11	76.27	33.34	0.43
TORRES	105.272*	PF 2	159.60	30.34	33.38		33.61	0.002765	2.09	76.93	33.55	0.42
TORRES	104.3117	PF 2	159.60	30.35	33.38		33.60	0.002709	2.07	77.60	33.77	0.42
TORRES	103.405*	PF 2	159.60	30.36	33.37		33.60	0.002973	2.13	75.64	34.12	0.44
TORRES	102.499*	PF 2	159.60	30.37	33.36		33.60	0.003186	2.17	74.34	34.51	0.45
TORRES	101.593*	PF 2	159.60	30.37	33.35		33.59	0.003320	2.19	73.71	34.94	0.46
TORRES	100.687*	PF 2	159.60	30.38	33.35		33.59	0.003365	2.19	73.74	35.43	0.46
TORRES	99.7819*	PF 2	159.60	30.39	33.35		33.59	0.003321	2.17	74.39	35.98	0.46
TORRES	98.8760*	PF 2	159.60	30.39	33.35		33.58	0.003189	2.13	75.70	36.62	0.45
TORRES	97.9700*	PF 2	159.60	30.40	33.35		33.57	0.002986	2.08	77.65	37.45	0.44
TORRES	97.06411	PF 2	159.60	30.41	33.36		33.57	0.002731	2.02	80.24	37.99	0.42
TORRES	96.1300*	PF 2	159.60	30.42	33.35		33.56	0.002818	2.04	78.93	37.05	0.43



HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 2 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	95.1959*	PF 2	159.60	30.44	33.34		33.56	0.002905	2.07	77.81	36.11	0.43
TORRES	94.2618*	PF 2	159.60	30.45	33.34		33.56	0.002994	2.09	76.81	35.36	0.44
TORRES	93.3277*	PF 2	159.60	30.46	33.33		33.56	0.003087	2.11	75.88	34.81	0.44
TORRES	92.3936*	PF 2	159.60	30.47	33.32		33.55	0.003187	2.14	74.99	34.30	0.45
TORRES	91.4595*	PF 2	159.60	30.49	33.31		33.55	0.003291	2.16	74.14	33.85	0.46
TORRES	90.52551	PF 2	159.60	30.50	33.30		33.55	0.003405	2.19	73.30	33.50	0.46
TORRES	89.5782*	PF 2	159.60	30.50	33.29		33.54	0.003612	2.23	71.80	33.34	0.48
TORRES	88.6310*	PF 2	159.60	30.50	33.27		33.54	0.003793	2.27	70.55	33.22	0.49
TORRES	87.6838*	PF 2	159.60	30.50	33.26		33.53	0.003930	2.30	69.61	33.11	0.50
TORRES	86.7366*	PF 2	159.60	30.50	33.25		33.53	0.004023	2.33	68.94	33.00	0.50
TORRES	85.7894*	PF 2	159.60	30.50	33.25		33.53	0.004060	2.34	68.58	32.90	0.50
TORRES	84.8421*	PF 2	159.60	30.50	33.24		33.52	0.004047	2.34	68.50	32.80	0.50
TORRES	83.8949*	PF 2	159.60	30.50	33.24		33.52	0.003985	2.34	68.69	32.70	0.50
TORRES	82.9477*	PF 2	159.60	30.50	33.24		33.51	0.003881	2.32	69.13	32.60	0.50
TORRES	82.0005*	PF 2	159.60	30.50	33.24		33.51	0.003736	2.30	69.84	32.51	0.49
TORRES	81.05330	PF 2	159.60	30.50	33.24		33.50	0.003563	2.27	70.80	32.42	0.48
TORRES	80.0855*	PF 2	159.60	30.50	33.23		33.50	0.003688	2.29	70.07	32.46	0.48
TORRES	79.1177*	PF 2	159.60	30.50	33.22		33.50	0.003804	2.31	69.44	32.50	0.49
TORRES	78.1499*	PF 2	159.60	30.50	33.22		33.49	0.003900	2.33	68.95	32.55	0.50
TORRES	77.1821*	PF 2	159.60	30.50	33.21		33.49	0.003974	2.34	68.62	32.60	0.50
TORRES	76.2143*	PF 2	159.60	30.50	33.20		33.48	0.004027	2.34	68.41	32.65	0.50
TORRES	75.2466*	PF 2	159.60	30.50	33.20		33.48	0.004055	2.35	68.35	32.70	0.51
TORRES	74.2788*	PF 2	159.60	30.50	33.20		33.48	0.004061	2.34	68.40	32.76	0.51
TORRES	73.3110*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.47	0.004042	2.34	68.59	32.81	0.50
TORRES	72.3432*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.47	0.003999	2.33	68.90	32.87	0.50
TORRES	71.3754*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.46	0.003936	2.31	69.33	32.92	0.50
TORRES	70.4077*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.46	0.003851	2.29	69.90	32.97	0.49
TORRES	69.4399*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.45	0.003746	2.27	70.59	33.02	0.49
TORRES	68.4721*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.44	0.003623	2.24	71.42	33.08	0.48
TORRES	67.5043*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.44	0.003486	2.21	72.37	33.13	0.47
TORRES	66.5365*	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.43	0.003339	2.18	73.44	33.19	0.46
TORRES	65.56879	PF 2	159.60	30.49	33.19		33.43	0.003183	2.14	74.64	33.25	0.45
TORRES	64.6886*	PF 2	159.60	30.45	33.18		33.42	0.003313	2.17	73.72	33.26	0.46
TORRES	63.8085*	PF 2	159.60	30.42	33.18		33.42	0.003371	2.18	73.36	33.29	0.46
TORRES	62.9283*	PF 2	159.60	30.38	33.18		33.42	0.003352	2.17	73.54	33.33	0.46
TORRES	62.0482*	PF 2	159.60	30.34	33.18		33.41	0.003261	2.15	74.24	33.37	0.45
TORRES	61.1680*	PF 2	159.60	30.31	33.18		33.41	0.003108	2.12	75.42	33.43	0.44
TORRES	60.2879*	PF 2	159.60	30.27	33.18		33.40	0.002905	2.07	77.10	33.49	0.43
TORRES	59.4078*	PF 2	159.60	30.24	33.19		33.40	0.002667	2.02	79.27	33.55	0.41
TORRES	58.52768	PF 2	159.60	30.20	33.20		33.39	0.002414	1.95	81.90	33.62	0.39
TORRES	57.5537*	PF 2	159.60	30.14	33.19		33.39	0.002535	1.98	80.66	33.63	0.40
TORRES	56.5797*	PF 2	159.60	30.09	33.18		33.38	0.002587	1.99	80.16	33.67	0.41
TORRES	55.6058*	PF 2	159.60	30.03	33.18		33.38	0.002564	1.99	80.44	33.73	0.41
TORRES	54.6318*	PF 2	159.60	29.97	33.18		33.38	0.002472	1.96	81.43	33.80	0.40
TORRES	53.6578*	PF 2	159.60	29.91	33.19		33.37	0.002322	1.92	83.13	33.88	0.39
TORRES	52.6839*	PF 2	159.60	29.86	33.19		33.37	0.002132	1.87	85.51	33.98	0.37
TORRES	51.70998	PF 2	159.60	29.80	33.20		33.36	0.001919	1.80	88.59	34.10	0.35
TORRES	50.7821*	PF 2	159.60	29.81	33.18		33.36	0.002162	1.87	85.57	33.49	0.37
TORRES	49.8543*	PF 2	159.60	29.82	33.17		33.36	0.002294	1.90	84.09	33.58	0.38
TORRES	48.9265*	PF 2	159.60	29.83	33.17		33.36	0.002400	1.91	83.39	34.15	0.39
TORRES	47.9987*	PF 2	159.60	29.84	33.17		33.35	0.002425	1.92	83.29	34.32	0.39
TORRES	47.0708*	PF 2	159.60	29.85	33.16		33.35	0.002473	1.91	83.48	35.14	0.40
TORRES	46.1430*	PF 2	159.60	29.86	33.16		33.35	0.002573	1.91	83.58	36.49	0.40
TORRES	45.2152*	PF 2	159.60	29.87	33.16		33.35	0.002660	1.91	83.55	37.48	0.41
TORRES	44.2874*	PF 2	159.60	29.88	33.16		33.34	0.002451	1.90	84.02	35.71	0.40
TORRES	43.35962	PF 2	159.60	29.89	33.16		33.34	0.002302	1.87	85.30	35.64	0.38
TORRES	42.4396*	PF 2	159.60	29.88	33.12		33.33	0.003537	2.05	77.93	35.63	0.44
TORRES	41.5197*	PF 2	159.60	29.87	33.07		33.32	0.005010	2.24	71.41	33.77	0.49
TORRES	40.5998*	PF 2	159.60	29.86	33.04		33.32	0.005590	2.33	68.60	30.07	0.49
TORRES	39.6799*	PF 2	159.60	29.85	33.03		33.31	0.006336	2.37	67.33	29.06	0.50
TORRES	38.76	PF 2	159.60	29.84	33.00	32.04	33.30	0.004250	2.44	65.42	28.54	0.51
TORRES	37.74	Bridge										
TORRES	31.99343	PF 2	159.60	29.77	32.32		32.88	0.008902	3.32	48.78	26.29	0.74
TORRES	31.0528*	PF 2	159.60	29.77	32.32		32.86	0.008890	3.26	49.23	26.28	0.74
TORRES	30.1122*	PF 2	159.60	29.78	32.32		32.85	0.008954	3.22	49.70	26.42	0.74
TORRES	29.1716*	PF 2	159.60	29.78	32.32		32.84	0.009085	3.18	50.20	26.77	0.74
TORRES	28.2310*	PF 2	159.60	29.78	32.32		32.83	0.008937	3.15	50.70	26.82	0.73
TORRES	27.2904*	PF 2	159.60	29.78	32.32		32.81	0.008861	3.11	51.27	27.28	0.72
TORRES	26.3498*	PF 2	159.60	29.78	32.32		32.80	0.008729	3.08	51.83	27.74	0.72
TORRES	25.4092*	PF 2	159.60	29.79	32.31		32.79	0.008530	3.05	52.40	27.99	0.71
TORRES	24.4686*	PF 2	159.60	29.79	32.31		32.78	0.008335	3.01	53.01	28.28	0.70
TORRES	23.52801	PF 2	159.60	29.79	32.31		32.76	0.007974	2.97	53.67	28.15	0.69
TORRES	22.5653*	PF 2	159.60	29.77	32.32		32.75	0.007574	2.90	54.99	28.86	0.67
TORRES	21.6027*	PF 2	159.60	29.76	32.33		32.74	0.007053	2.83	56.39	29.17	0.65
TORRES	20.6400*	PF 2	159.60	29.74	32.34		32.72	0.006511	2.76	57.87	29.29	0.63
TORRES	19.6774*	PF 2	159.60	29.72	32.34		32.71	0.006020	2.69	59.38	29.41	0.60
TORRES	18.7148*	PF 2	159.60	29.70	32.35		32.70	0.005597	2.62	60.99	29.75	0.58
TORRES	17.7521*	PF 2	159.60	29.69	32.36		32.69	0.005133	2.55	62.59	29.52	0.56
TORRES	16.78953	PF 2	159.60	29.67	32.36		32.68	0.004746	2.49	64.11	29.27	0.54
TORRES	16.5389*	PF 2	159.60	29.67	32.36		32.68	0.004772	2.49	63.99	29.26	0.54
TORRES	16.2883*	PF 2	159.60	29.66	32.35		32.67	0.004800	2.50	63.86	29.26	0.54

HEC-RAS Plan: P River: BARRANCO Reach: TORRES Profile: PF 2 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TORRES	16.0377*	PF 2	159.60	29.66	32.35		32.67	0.004824	2.50	63.76	29.26	0.54
TORRES	15.7871*	PF 2	159.60	29.66	32.34		32.66	0.004851	2.51	63.64	29.25	0.54
TORRES	15.5365*	PF 2	159.60	29.66	32.34		32.66	0.004881	2.51	63.51	29.25	0.54
TORRES	15.2859*	PF 2	159.60	29.65	32.33		32.65	0.004910	2.52	63.38	29.24	0.55
TORRES	15.0354*	PF 2	159.60	29.65	32.32		32.65	0.004939	2.52	63.26	29.24	0.55
TORRES	14.7848*	PF 2	159.60	29.65	32.32		32.64	0.004970	2.53	63.13	29.24	0.55
TORRES	14.5342*	PF 2	159.60	29.65	32.31		32.64	0.005000	2.53	63.01	29.23	0.55
TORRES	14.2836*	PF 2	159.60	29.64	32.31		32.63	0.005031	2.54	62.88	29.23	0.55
TORRES	14.0330*	PF 2	159.60	29.64	32.30		32.63	0.005062	2.54	62.75	29.22	0.55
TORRES	13.7824*	PF 2	159.60	29.64	32.29		32.62	0.005097	2.55	62.61	29.22	0.56
TORRES	13.5318*	PF 2	159.60	29.64	32.29		32.62	0.005128	2.55	62.49	29.21	0.56
TORRES	13.2812*	PF 2	159.60	29.63	32.28		32.61	0.005162	2.56	62.36	29.21	0.56
TORRES	13.0306*	PF 2	159.60	29.63	32.27		32.61	0.005198	2.57	62.22	29.21	0.56
TORRES	12.7800*	PF 2	159.60	29.63	32.27		32.60	0.005233	2.57	62.08	29.20	0.56
TORRES	12.5295*	PF 2	159.60	29.62	32.26		32.60	0.005269	2.58	61.94	29.20	0.56
TORRES	12.2789*	PF 2	159.60	29.62	32.25		32.59	0.005308	2.58	61.79	29.19	0.57
TORRES	12.0283*	PF 2	159.60	29.62	32.25		32.59	0.005345	2.59	61.66	29.19	0.57
TORRES	11.7777*	PF 2	159.60	29.62	32.24		32.58	0.005383	2.59	61.51	29.18	0.57
TORRES	11.5271*	PF 2	159.60	29.61	32.23		32.58	0.005426	2.60	61.36	29.17	0.57
TORRES	11.2765*	PF 2	159.60	29.61	32.23		32.57	0.005466	2.61	61.21	29.17	0.57
TORRES	11.0259*	PF 2	159.60	29.61	32.22		32.57	0.005505	2.61	61.07	29.16	0.58
TORRES	10.7753*	PF 2	159.60	29.61	32.21		32.56	0.005549	2.62	60.92	29.16	0.58
TORRES	10.5247*	PF 2	159.60	29.60	32.21		32.56	0.005593	2.63	60.76	29.15	0.58
TORRES	10.2741*	PF 2	159.60	29.60	32.20		32.55	0.005636	2.63	60.61	29.14	0.58
TORRES	10.0236*	PF 2	159.60	29.60	32.19		32.55	0.005682	2.64	60.45	29.14	0.59
TORRES	9.77300*	PF 2	159.60	29.59	32.19		32.54	0.005730	2.65	60.29	29.13	0.59
TORRES	9.52242*	PF 2	159.60	29.59	32.18		32.54	0.005778	2.65	60.12	29.12	0.59
TORRES	9.27183*	PF 2	159.60	29.59	32.17		32.53	0.005827	2.66	59.96	29.12	0.59
TORRES	9.02124*	PF 2	159.60	29.59	32.16		32.53	0.005880	2.67	59.79	29.11	0.59
TORRES	8.77065*	PF 2	159.60	29.58	32.16		32.52	0.005932	2.68	59.62	29.10	0.60
TORRES	8.52006*	PF 2	159.60	29.58	32.15		32.51	0.005983	2.68	59.46	29.09	0.60
TORRES	8.26947*	PF 2	159.60	29.58	32.14		32.51	0.006040	2.69	59.27	29.08	0.60
TORRES	8.01888*	PF 2	159.60	29.58	32.13		32.50	0.006096	2.70	59.10	29.07	0.60
TORRES	7.76829*	PF 2	159.60	29.57	32.12		32.50	0.006153	2.71	58.92	29.06	0.61
TORRES	7.5177*	PF 2	159.60	29.57	32.12		32.49	0.006214	2.72	58.73	29.05	0.61
TORRES	7.26711*	PF 2	159.60	29.57	32.11		32.49	0.006276	2.73	58.55	29.04	0.61
TORRES	7.01652*	PF 2	159.60	29.56	32.10		32.48	0.006331	2.73	58.36	29.03	0.62
TORRES	6.76593*	PF 2	159.60	29.56	32.09		32.48	0.006396	2.74	58.17	28.99	0.62
TORRES	6.51533*	PF 2	159.60	29.56	32.08		32.47	0.006463	2.75	57.98	28.98	0.62
TORRES	6.26475*	PF 2	159.60	29.56	32.07		32.46	0.006530	2.76	57.78	28.97	0.62
TORRES	6.01416*	PF 2	159.60	29.55	32.07		32.46	0.006598	2.77	57.59	28.96	0.63
TORRES	5.76357*	PF 2	159.60	29.55	32.06		32.45	0.006673	2.78	57.38	28.95	0.63
TORRES	5.51298*	PF 2	159.60	29.55	32.05		32.45	0.006750	2.79	57.17	28.94	0.63
TORRES	5.26239*	PF 2	159.60	29.55	32.04		32.44	0.006827	2.80	56.97	28.93	0.64
TORRES	5.0118*	PF 2	159.60	29.54	32.03		32.43	0.006910	2.81	56.75	28.92	0.64
TORRES	4.76121*	PF 2	159.60	29.54	32.02		32.43	0.006995	2.82	56.53	28.91	0.64
TORRES	4.51062*	PF 2	159.60	29.54	32.01		32.42	0.007081	2.83	56.31	28.90	0.65
TORRES	4.26003*	PF 2	159.60	29.54	32.00		32.41	0.007173	2.85	56.07	28.89	0.65
TORRES	4.00943*	PF 2	159.60	29.53	31.99		32.41	0.007267	2.86	55.84	28.88	0.66
TORRES	3.75885*	PF 2	159.60	29.53	31.98		32.40	0.007364	2.87	55.60	28.87	0.66
TORRES	3.50826*	PF 2	159.60	29.53	31.97		32.39	0.007466	2.88	55.36	28.86	0.66
TORRES	3.25767*	PF 2	159.60	29.53	31.96		32.39	0.007571	2.90	55.11	28.85	0.67
TORRES	3.00708*	PF 2	159.60	29.52	31.95		32.38	0.007681	2.91	54.86	28.84	0.67
TORRES	2.75649*	PF 2	159.60	29.52	31.94		32.37	0.007815	2.93	54.59	28.83	0.68
TORRES	2.5059*	PF 2	159.60	29.52	31.93		32.37	0.007949	2.94	54.26	28.82	0.68
TORRES	2.25531*	PF 2	159.60	29.51	31.91		32.36	0.008092	2.96	53.96	28.81	0.69
TORRES	2.00472*	PF 2	159.60	29.51	31.90		32.35	0.008243	2.98	53.64	28.79	0.70
TORRES	1.75413*	PF 2	159.60	29.51	31.89		32.34	0.008409	2.99	53.30	28.78	0.70
TORRES	1.50354*	PF 2	159.60	29.51	31.87		32.34	0.008584	3.01	52.95	28.77	0.71
TORRES	1.25295*	PF 2	159.60	29.50	31.86		32.33	0.008765	3.03	52.60	28.76	0.72
TORRES	1.00236*	PF 2	159.60	29.50	31.85		32.32	0.008961	3.06	52.24	28.74	0.72
TORRES	.751770*	PF 2	159.60	29.50	31.83		32.31	0.009171	3.08	51.85	28.73	0.73
TORRES	.501179*	PF 2	159.60	29.49	31.81		32.30	0.009423	3.10	51.41	28.71	0.74
TORRES	.250589*	PF 2	159.60	29.49	31.79		32.29	0.009698	3.13	50.94	28.70	0.75
TORRES	0	PF 2	159.60	29.49	31.78	31.47	32.29	0.010004	3.16	50.44	28.68	0.76

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 170.8949 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	34.06	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.53	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.53	Reach Len. (m)	1.04	0.95	0.88
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.35	49.37	0.14
E.G. Slope (m/m)	0.007034	Area (m2)	0.35	49.37	0.14
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.21	159.33	0.06
Top Width (m)	22.21	Top Width (m)	1.01	20.49	0.71
Vel Total (m/s)	3.20	Avg. Vel. (m/s)	0.60	3.23	0.43
Max Chl Dpth (m)	2.99	Hydr. Depth (m)	0.34	2.41	0.19
Conv. Total (m3/s)	1902.9	Conv. (m3/s)	2.5	1899.7	0.7
Length Wtd. (m)	0.95	Wetted Per. (m)	1.22	21.67	0.81
Min Ch El (m)	30.54	Shear (N/m2)	19.61	157.19	11.59
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	3463.97	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.05	13.83	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.17	6.23	0.16

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 165.1949 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	34.02	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.52	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.50	Reach Len. (m)	0.96	0.96	0.97
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.61	49.63	0.12
E.G. Slope (m/m)	0.006808	Area (m2)	0.61	49.63	0.12
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.43	159.12	0.05
Top Width (m)	22.32	Top Width (m)	1.34	20.32	0.66
Vel Total (m/s)	3.17	Avg. Vel. (m/s)	0.71	3.21	0.41
Max Chl Dpth (m)	2.98	Hydr. Depth (m)	0.45	2.44	0.18
Conv. Total (m3/s)	1934.3	Conv. (m3/s)	5.2	1928.5	0.6
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)	1.62	21.47	0.75
Min Ch El (m)	30.52	Shear (N/m2)	25.02	154.34	10.69
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	3467.31	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.05	13.54	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.16	6.12	0.16

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 155.6032 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.95	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.49	Wt. n-Val.	0.060	0.040	0.060
W.S. Elev (m)	33.46	Reach Len. (m)	0.90	0.96	1.01
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.66	51.20	0.17
E.G. Slope (m/m)	0.004950	Area (m2)	0.66	51.20	0.17
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.42	159.12	0.06
Top Width (m)	22.80	Top Width (m)	1.41	20.61	0.78
Vel Total (m/s)	3.07	Avg. Vel. (m/s)	0.63	3.11	0.38
Max Chl Dpth (m)	2.96	Hydr. Depth (m)	0.47	2.48	0.21
Conv. Total (m3/s)	2268.5	Conv. (m3/s)	5.9	2261.6	0.9
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)	1.70	21.80	0.89
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)	19.03	114.00	9.08
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	3462.52	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.04	13.06	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.15	5.92	0.15

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 146.9710 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.89	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.46	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.43	Reach Len. (m)	0.84	0.89	0.96
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.32	53.01	0.63
E.G. Slope (m/m)	0.005724	Area (m2)	0.32	53.01	0.63
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.17	159.04	0.38
Top Width (m)	23.77	Top Width (m)	1.02	21.11	1.64
Vel Total (m/s)	2.96	Avg. Vel. (m/s)	0.52	3.00	0.61
Max Chl Dpth (m)	2.95	Hydr. Depth (m)	0.32	2.51	0.38

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 146.9710 Profile: PF 2 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	2109.5	Conv. (m3/s)	2.3	2102.2	5.1
Length Wtd. (m)	0.89	Wetted Per. (m)	1.21	22.23	1.85
Min Ch El (m)	30.48	Shear (N/m2)	15.08	133.83	19.02
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3565.46	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.04	12.61	0.04
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.14	5.74	0.14

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 138.9222 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.83	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.43	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.40	Reach Len. (m)	1.09	0.97	0.87
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.20	54.58	1.12
E.G. Slope (m/m)	0.005389	Area (m2)	0.20	54.58	1.12
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.08	158.78	0.74
Top Width (m)	25.38	Top Width (m)	1.01	21.85	2.52
Vel Total (m/s)	2.86	Avg. Vel. (m/s)	0.39	2.91	0.66
Max Chl Dpth (m)	2.94	Hydr. Depth (m)	0.20	2.50	0.44
Conv. Total (m3/s)	2174.0	Conv. (m3/s)	1.0	2162.8	10.1
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)	1.08	22.92	2.80
Min Ch El (m)	30.46	Shear (N/m2)	9.61	125.85	21.16
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3862.78	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.04	12.18	0.03
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.13	5.57	0.13

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 133.0920 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.78	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.40	Reach Len. (m)	1.28	0.96	0.69
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.27	57.69	0.76
E.G. Slope (m/m)	0.004985	Area (m2)	0.27	57.69	0.76
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.11	159.09	0.39
Top Width (m)	27.42	Top Width (m)	1.20	23.71	2.51
Vel Total (m/s)	2.72	Avg. Vel. (m/s)	0.42	2.76	0.52
Max Chl Dpth (m)	2.96	Hydr. Depth (m)	0.22	2.43	0.30
Conv. Total (m3/s)	2260.5	Conv. (m3/s)	1.6	2253.4	5.6
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)	1.29	24.75	2.64
Min Ch El (m)	30.44	Shear (N/m2)	10.24	113.92	14.16
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3996.85	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.03	11.85	0.03
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.12	5.44	0.11

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 127.3102 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.74	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.34	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.40	Reach Len. (m)	3.39	0.87	0.82
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.46	61.46	0.73
E.G. Slope (m/m)	0.004422	Area (m2)	0.46	61.46	0.73
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.21	159.01	0.37
Top Width (m)	29.47	Top Width (m)	1.58	25.63	2.26
Vel Total (m/s)	2.55	Avg. Vel. (m/s)	0.47	2.59	0.51
Max Chl Dpth (m)	2.97	Hydr. Depth (m)	0.29	2.40	0.33
Conv. Total (m3/s)	2400.1	Conv. (m3/s)	3.2	2391.3	5.6
Length Wtd. (m)	0.87	Wetted Per. (m)	1.68	26.53	2.36
Min Ch El (m)	30.43	Shear (N/m2)	11.86	100.45	13.47
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3937.47	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.03	11.51	0.02
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.11	5.29	0.10

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 122.1099 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.71	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.40	Reach Len. (m)	1.22	0.92	1.18
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.46	65.26	0.52
E.G. Slope (m/m)	0.003973	Area (m2)	0.46	65.26	0.52
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.20	159.16	0.24
Top Width (m)	30.87	Top Width (m)	1.58	27.54	1.75
Vel Total (m/s)	2.41	Avg. Vel. (m/s)	0.44	2.44	0.45
Max Chl Dpth (m)	2.99	Hydr. Depth (m)	0.29	2.37	0.30
Conv. Total (m3/s)	2532.1	Conv. (m3/s)	3.2	2525.1	3.8
Length Wtd. (m)	0.92	Wetted Per. (m)	1.69	28.40	1.84
Min Ch El (m)	30.41	Shear (N/m2)	10.67	89.51	11.08
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	4132.34	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.02	11.18	0.02
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.08	5.16	0.09

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 111.0393 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.63	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.25	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.39	Reach Len. (m)	0.14	0.96	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.26	72.61	0.26
E.G. Slope (m/m)	0.003123	Area (m2)	0.26	72.61	0.26
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.09	159.43	0.08
Top Width (m)	32.21	Top Width (m)	1.22	29.77	1.22
Vel Total (m/s)	2.18	Avg. Vel. (m/s)	0.32	2.20	0.32
Max Chl Dpth (m)	3.09	Hydr. Depth (m)	0.22	2.44	0.21
Conv. Total (m3/s)	2856.0	Conv. (m3/s)	1.5	2853.0	1.5
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)	1.29	30.89	1.29
Min Ch El (m)	30.30	Shear (N/m2)	6.26	72.00	6.16
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	4086.38	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.02	10.45	0.02
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.06	4.84	0.07

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 104.3117 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.60	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.38	Reach Len. (m)	1.20	0.91	0.88
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.53	76.79	0.28
E.G. Slope (m/m)	0.002709	Area (m2)	0.53	76.79	0.28
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.22	159.30	0.08
Top Width (m)	33.77	Top Width (m)	1.50	30.99	1.28
Vel Total (m/s)	2.06	Avg. Vel. (m/s)	0.41	2.07	0.30
Max Chl Dpth (m)	3.03	Hydr. Depth (m)	0.35	2.48	0.22
Conv. Total (m3/s)	3066.6	Conv. (m3/s)	4.1	3060.8	1.6
Length Wtd. (m)	0.91	Wetted Per. (m)	1.66	31.97	1.35
Min Ch El (m)	30.35	Shear (N/m2)	8.52	63.81	5.48
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	4252.51	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.02	9.95	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.06	4.63	0.06

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 97.06411 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.21	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.36	Reach Len. (m)	1.30	0.93	0.94
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	1.05	78.88	0.31
E.G. Slope (m/m)	0.002731	Area (m2)	1.05	78.88	0.31
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.44	159.06	0.10
Top Width (m)	37.99	Top Width (m)	3.07	33.56	1.37
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)	0.42	2.02	0.31
Max Chl Dpth (m)	2.95	Hydr. Depth (m)	0.34	2.35	0.23

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 97.06411 Profile: PF 2 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	3054.1	Conv. (m3/s)	8.5	3043.8	1.8
Length Wtd. (m)	0.93	Wetted Per. (m)	3.15	34.47	1.43
Min Ch El (m)	30.41	Shear (N/m2)	8.96	61.28	5.76
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	4127.55	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	9.41	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.04	4.40	0.05

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 90.52551 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.55	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.30	Reach Len. (m)	0.95	0.95	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.00	72.89	0.41
E.G. Slope (m/m)	0.003405	Area (m2)	0.00	72.89	0.41
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.00	159.44	0.16
Top Width (m)	33.50	Top Width (m)	0.07	31.95	1.48
Vel Total (m/s)	2.18	Avg. Vel. (m/s)	0.09	2.19	0.40
Max Chl Dpth (m)	2.80	Hydr. Depth (m)	0.04	2.28	0.28
Conv. Total (m3/s)	2735.3	Conv. (m3/s)	0.0	2732.5	2.8
Length Wtd. (m)	0.95	Wetted Per. (m)	0.11	33.27	1.56
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)	0.89	73.15	8.73
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	4110.80	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	8.91	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.03	4.19	0.05

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 81.05330 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.50	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.24	Reach Len. (m)	1.16	0.97	1.06
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.20	70.22	0.38
E.G. Slope (m/m)	0.003563	Area (m2)	0.20	70.22	0.38
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.07	159.38	0.15
Top Width (m)	32.42	Top Width (m)	0.73	30.30	1.38
Vel Total (m/s)	2.25	Avg. Vel. (m/s)	0.36	2.27	0.40
Max Chl Dpth (m)	2.74	Hydr. Depth (m)	0.28	2.32	0.27
Conv. Total (m3/s)	2673.7	Conv. (m3/s)	1.2	2670.0	2.5
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)	0.92	31.38	1.47
Min Ch El (m)	30.50	Shear (N/m2)	7.68	78.20	8.91
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	4100.74	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	8.26	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.02	3.89	0.03

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 65.56879 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.43	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.19	Reach Len. (m)	0.89	0.88	0.95
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.20	74.39	0.05
E.G. Slope (m/m)	0.003183	Area (m2)	0.20	74.39	0.05
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.07	159.52	0.01
Top Width (m)	33.25	Top Width (m)	0.66	32.05	0.54
Vel Total (m/s)	2.14	Avg. Vel. (m/s)	0.34	2.14	0.18
Max Chl Dpth (m)	2.70	Hydr. Depth (m)	0.30	2.32	0.09
Conv. Total (m3/s)	2829.0	Conv. (m3/s)	1.2	2827.6	0.2
Length Wtd. (m)	0.88	Wetted Per. (m)	0.89	33.25	0.57
Min Ch El (m)	30.49	Shear (N/m2)	6.93	69.82	2.71
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	4013.12	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	7.18	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.01	3.41	0.02

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 58.52768 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.39	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.19	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.20	Reach Len. (m)	0.91	0.97	1.07
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.04	81.83	0.04
E.G. Slope (m/m)	0.002414	Area (m2)	0.04	81.83	0.04
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.01	159.59	0.01
Top Width (m)	33.62	Top Width (m)	0.30	32.90	0.42
Vel Total (m/s)	1.95	Avg. Vel. (m/s)	0.17	1.95	0.15
Max Chl Dpth (m)	3.00	Hydr. Depth (m)	0.13	2.49	0.08
Conv. Total (m3/s)	3248.4	Conv. (m3/s)	0.1	3248.1	0.1
Length Wtd. (m)	0.97	Wetted Per. (m)	0.40	34.27	0.46
Min Ch El (m)	30.20	Shear (N/m2)	2.28	56.52	1.84
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3951.37	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	6.65	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.01	3.18	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 51.70998 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.36	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.17	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	33.20	Reach Len. (m)	0.90	0.93	1.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.13	88.45	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.001919	Area (m2)	0.13	88.45	0.00
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.03	159.57	0.00
Top Width (m)	34.10	Top Width (m)	0.63	33.36	0.11
Vel Total (m/s)	1.80	Avg. Vel. (m/s)	0.23	1.80	0.06
Max Chl Dpth (m)	3.40	Hydr. Depth (m)	0.21	2.65	0.03
Conv. Total (m3/s)	3642.9	Conv. (m3/s)	0.7	3642.2	0.0
Length Wtd. (m)	0.93	Wetted Per. (m)	0.76	35.07	0.12
Min Ch El (m)	29.80	Shear (N/m2)	3.33	47.48	0.47
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3829.28	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	6.09	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.01	2.95	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 43.35962 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.34	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.18	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	33.16	Reach Len. (m)	0.92	0.92	0.92
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		85.30	
E.G. Slope (m/m)	0.002302	Area (m2)		85.30	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	35.64	Top Width (m)		35.64	
Vel Total (m/s)	1.87	Avg. Vel. (m/s)		1.87	
Max Chl Dpth (m)	3.27	Hydr. Depth (m)		2.41	
Conv. Total (m3/s)	3326.4	Conv. (m3/s)		3326.4	
Length Wtd. (m)	0.92	Wetted Per. (m)		36.69	
Min Ch El (m)	29.89	Shear (N/m2)		52.48	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	5.38	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.01	2.66	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 38.76 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.30	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	33.00	Reach Len. (m)	0.10	0.10	0.10
Crit W.S. (m)	32.04	Flow Area (m2)		65.42	
E.G. Slope (m/m)	0.004250	Area (m2)		65.42	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	28.54	Top Width (m)		28.54	
Vel Total (m/s)	2.44	Avg. Vel. (m/s)		2.44	
Max Chl Dpth (m)	3.16	Hydr. Depth (m)		2.29	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 38.76 Profile: PF 2 (Continued)

Conv. Total (m3/s)	2448.1	Conv. (m3/s)		2448.1	
Length Wtd. (m)	0.10	Wetted Per. (m)		29.94	
Min Ch El (m)	29.84	Shear (N/m2)		91.07	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	5.05	0.00
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	0.01	2.51	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74 BR U Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.63	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.64	Reach Len. (m)	4.50	4.50	4.50
Crit W.S. (m)	32.35	Flow Area (m2)		45.38	
E.G. Slope (m/m)	0.014272	Area (m2)		45.38	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	23.24	Top Width (m)		23.24	
Vel Total (m/s)	3.52	Avg. Vel. (m/s)		3.52	
Max Chl Dpth (m)	2.75	Hydr. Depth (m)		1.95	
Conv. Total (m3/s)	1335.9	Conv. (m3/s)		1335.9	
Length Wtd. (m)	4.50	Wetted Per. (m)		29.76	
Min Ch El (m)	29.90	Shear (N/m2)		213.41	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.08	Cum Volume (1000 m3)	0.00	5.05	0.00
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	0.01	2.51	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 37.74 BR D Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	33.17	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.91	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	32.26	Reach Len. (m)	2.17	2.17	2.17
Crit W.S. (m)	32.26	Flow Area (m2)	0.34	37.51	0.35
E.G. Slope (m/m)	0.021282	Area (m2)	0.34	37.51	0.35
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.37	158.94	0.29
Top Width (m)	22.32	Top Width (m)	0.90	19.77	1.65
Vel Total (m/s)	4.18	Avg. Vel. (m/s)	1.09	4.24	0.83
Max Chl Dpth (m)	2.43	Hydr. Depth (m)	0.38	1.90	0.21
Conv. Total (m3/s)	1094.0	Conv. (m3/s)	2.6	1089.5	2.0
Length Wtd. (m)	2.17	Wetted Per. (m)	1.14	25.11	1.74
Min Ch El (m)	29.82	Shear (N/m2)	62.74	311.84	41.48
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.00	4.86	0.00
C & E Loss (m)	0.11	Cum SA (1000 m2)	0.00	2.42	0.01

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 31.99343 Profile: PF 2

E.G. Elev (m)	32.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.56	Wt. n-Val.	0.060	0.045	0.060
W.S. Elev (m)	32.32	Reach Len. (m)	0.92	0.94	0.97
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.40	47.92	0.46
E.G. Slope (m/m)	0.008902	Area (m2)	0.40	47.92	0.46
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)	0.30	159.03	0.27
Top Width (m)	26.29	Top Width (m)	0.95	23.45	1.89
Vel Total (m/s)	3.27	Avg. Vel. (m/s)	0.75	3.32	0.59
Max Chl Dpth (m)	2.55	Hydr. Depth (m)	0.42	2.04	0.24
Conv. Total (m3/s)	1691.6	Conv. (m3/s)	3.2	1685.5	2.9
Length Wtd. (m)	0.94	Wetted Per. (m)	1.21	24.06	1.99
Min Ch El (m)	29.77	Shear (N/m2)	28.76	173.86	20.16
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3648.29	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.00	4.77	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.00	2.37	0.00



Plan: P BARRANCO TORRES RS: 23.52801 Profile: PF 2

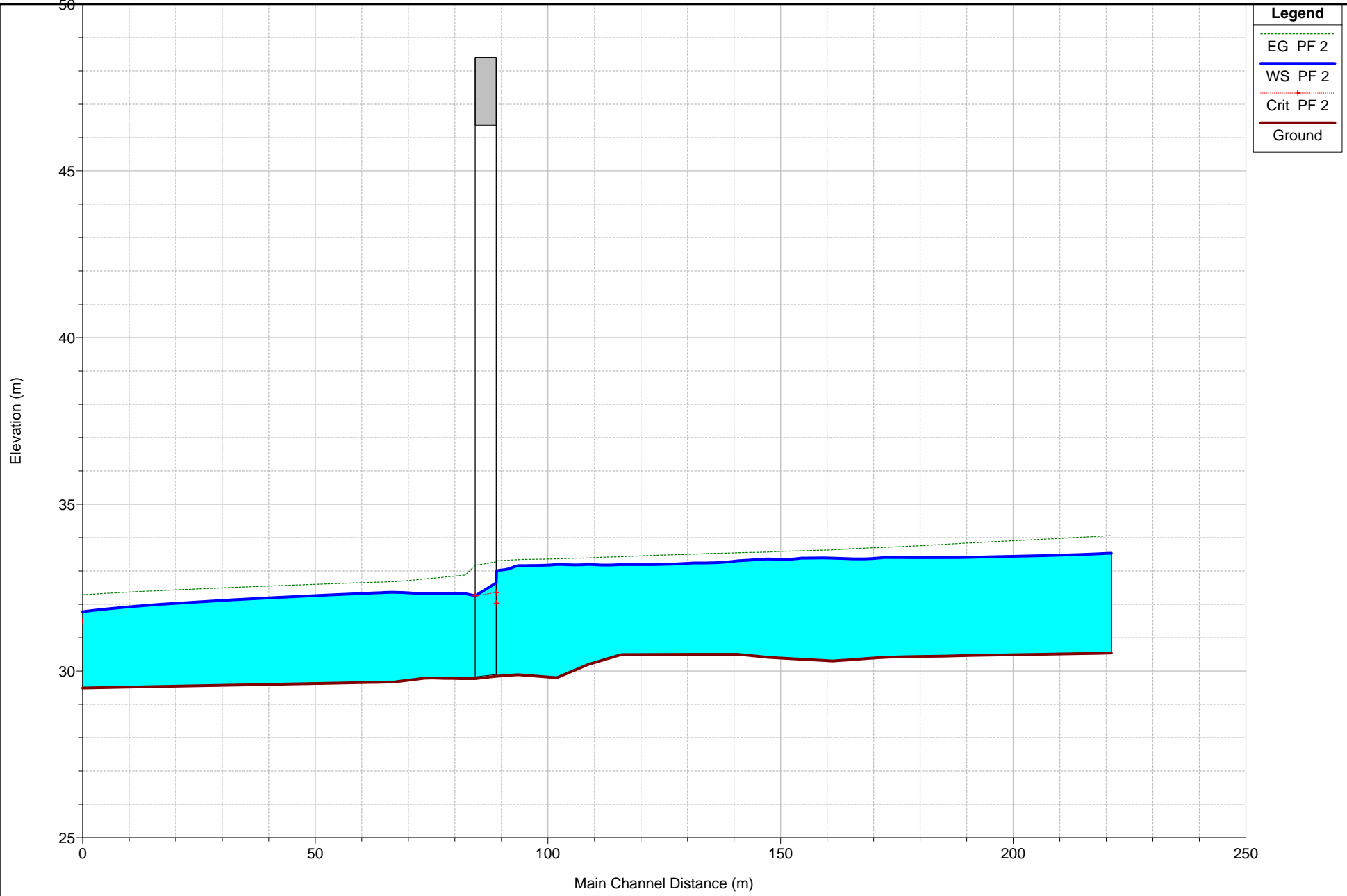
E.G. Elev (m)	32.76	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.31	Reach Len. (m)	0.93	0.96	1.01
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		53.67	
E.G. Slope (m/m)	0.007974	Area (m2)		53.67	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	28.15	Top Width (m)		28.15	
Vel Total (m/s)	2.97	Avg. Vel. (m/s)		2.97	
Max Chl Dpth (m)	2.52	Hydr. Depth (m)		1.91	
Conv. Total (m3/s)	1787.3	Conv. (m3/s)		1787.3	
Length Wtd. (m)	0.96	Wetted Per. (m)		29.26	
Min Ch El (m)	29.79	Shear (N/m2)		143.44	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3176.70	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		4.33	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		2.14	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 16.78953 Profile: PF 2

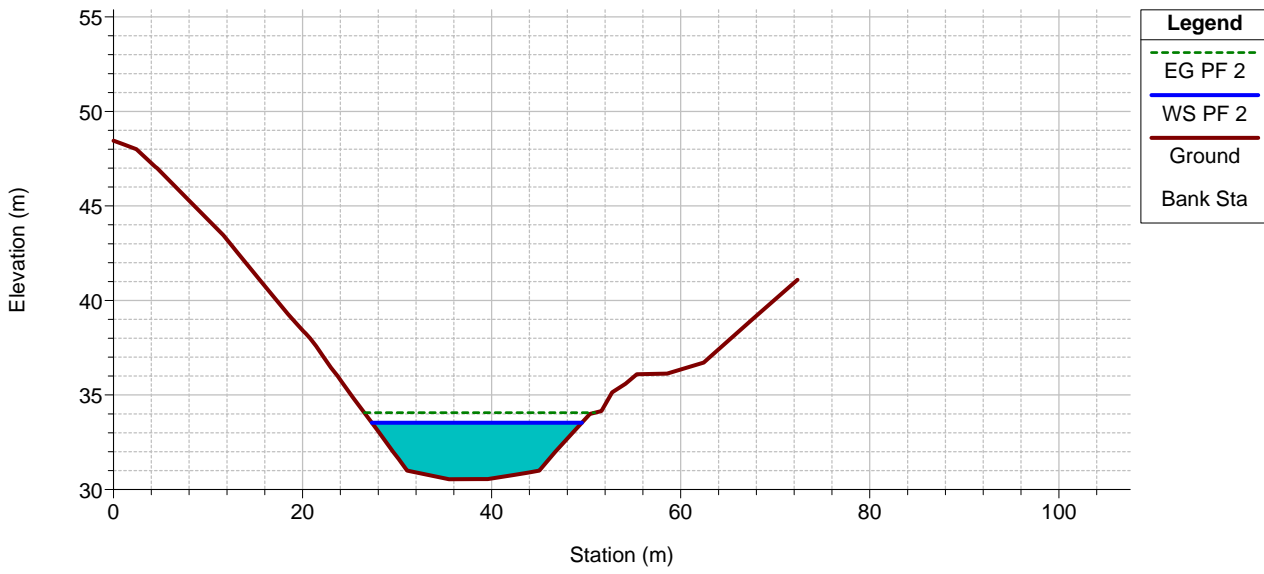
E.G. Elev (m)	32.68	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.32	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	32.36	Reach Len. (m)	1.00	1.00	1.00
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		64.11	
E.G. Slope (m/m)	0.004746	Area (m2)		64.11	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	29.27	Top Width (m)		29.27	
Vel Total (m/s)	2.49	Avg. Vel. (m/s)		2.49	
Max Chl Dpth (m)	2.69	Hydr. Depth (m)		2.19	
Conv. Total (m3/s)	2316.8	Conv. (m3/s)		2316.8	
Length Wtd. (m)	1.00	Wetted Per. (m)		30.91	
Min Ch El (m)	29.67	Shear (N/m2)		96.52	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3049.35	0.00	0.00
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		3.94	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		1.95	

Plan: P BARRANCO TORRES RS: 0 Profile: PF 2

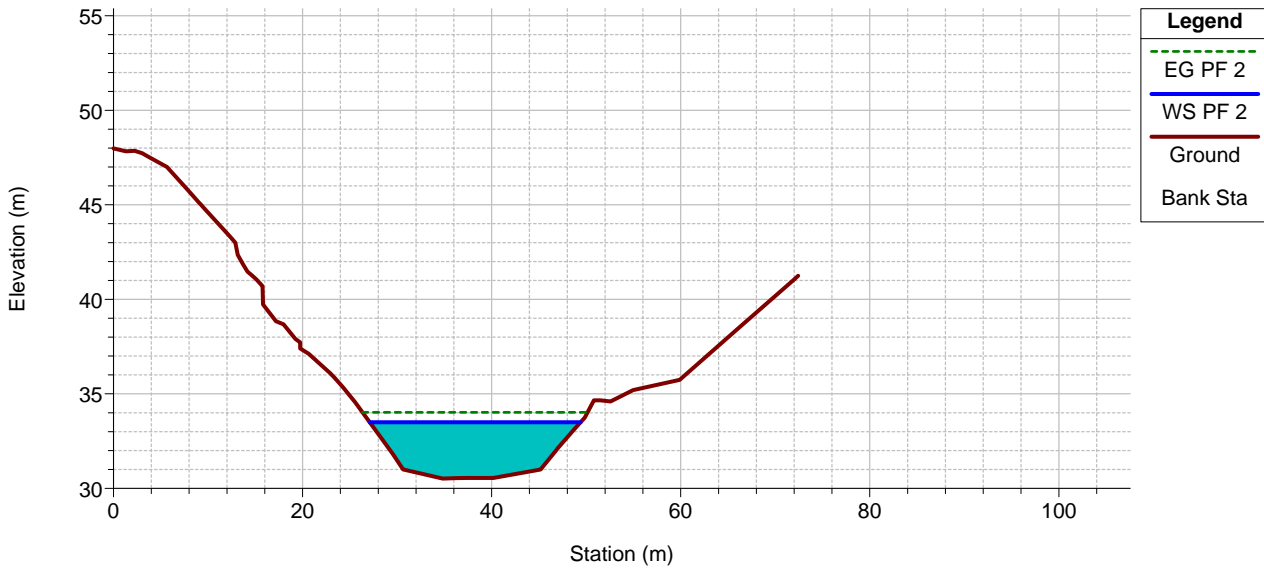
E.G. Elev (m)	32.29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.51	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	31.78	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	31.47	Flow Area (m2)		50.44	
E.G. Slope (m/m)	0.010004	Area (m2)		50.44	
Q Total (m3/s)	159.60	Flow (m3/s)		159.60	
Top Width (m)	28.68	Top Width (m)		28.68	
Vel Total (m/s)	3.16	Avg. Vel. (m/s)		3.16	
Max Chl Dpth (m)	2.29	Hydr. Depth (m)		1.76	
Conv. Total (m3/s)	1595.7	Conv. (m3/s)		1595.7	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		29.70	
Min Ch El (m)	29.49	Shear (N/m2)		166.63	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	3049.35	0.00	0.00
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			



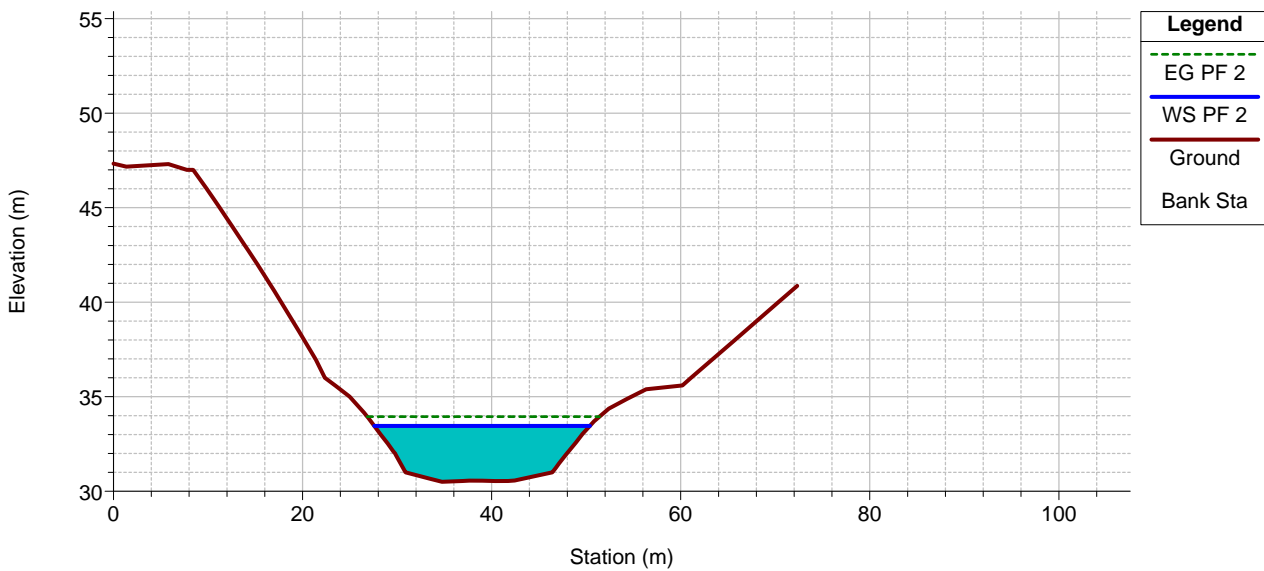
RS = 170.8949



RS = 165.1949

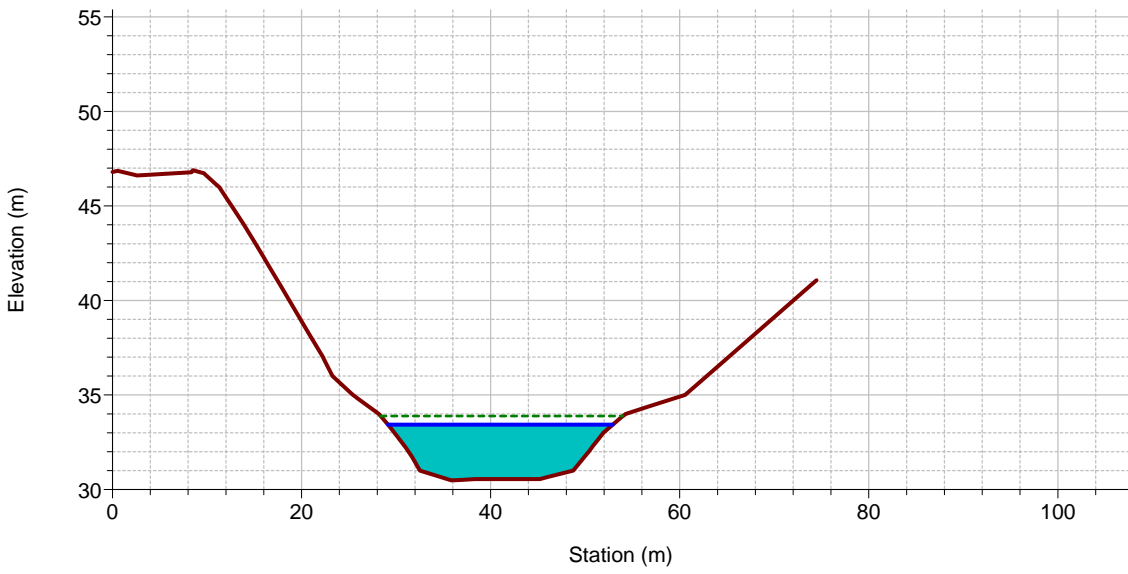


RS = 155.6032



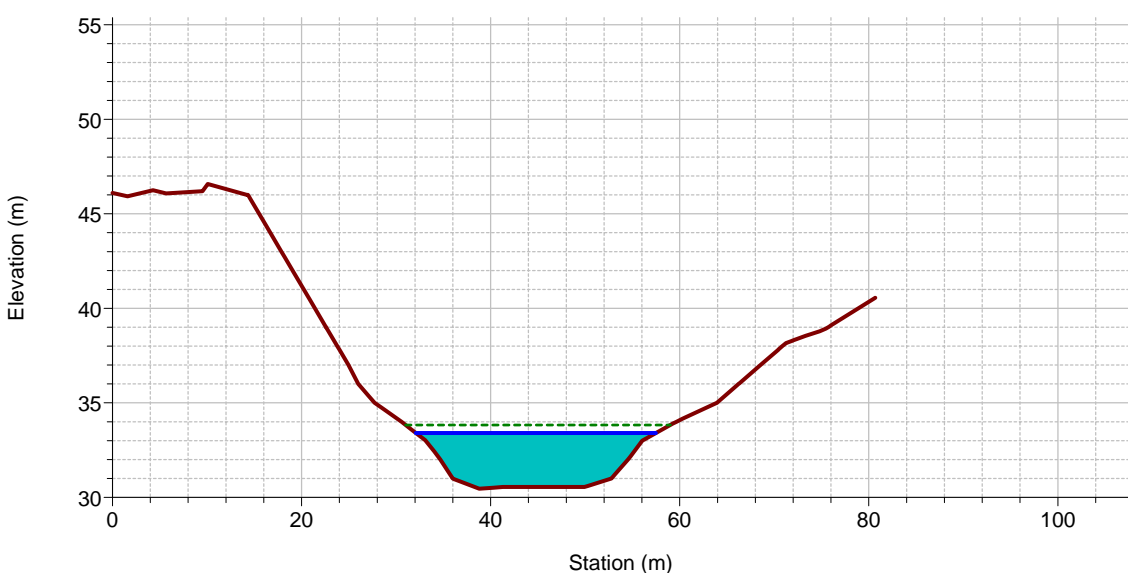
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 146.9710



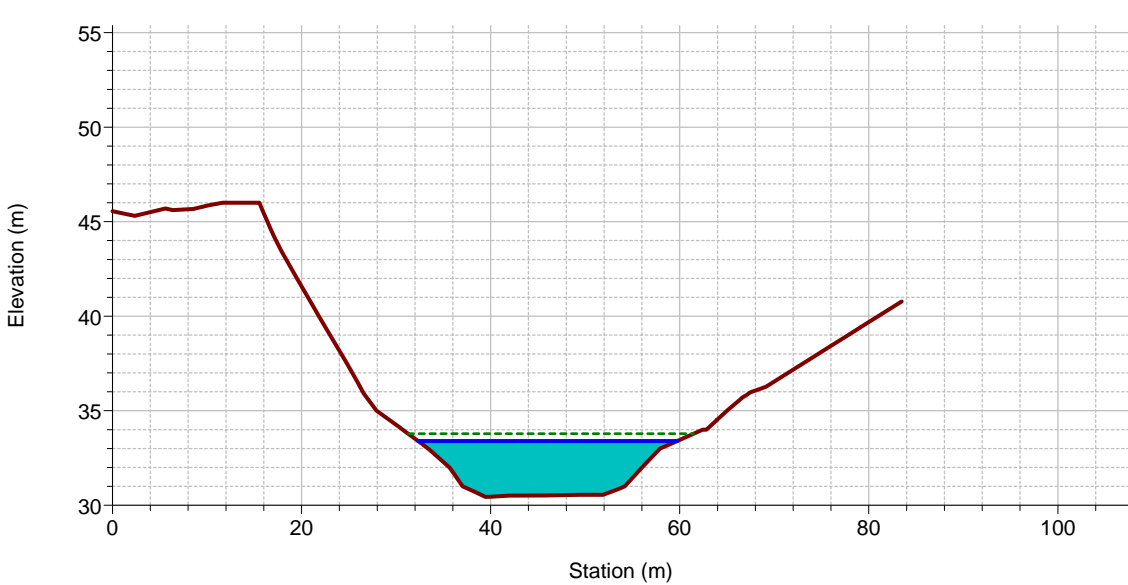
Legend	
---	EG PF 2
—	WS PF 2
—	Ground
—	Bank Sta

RS = 138.9222



Legend	
---	EG PF 2
—	WS PF 2
—	Ground
—	Bank Sta

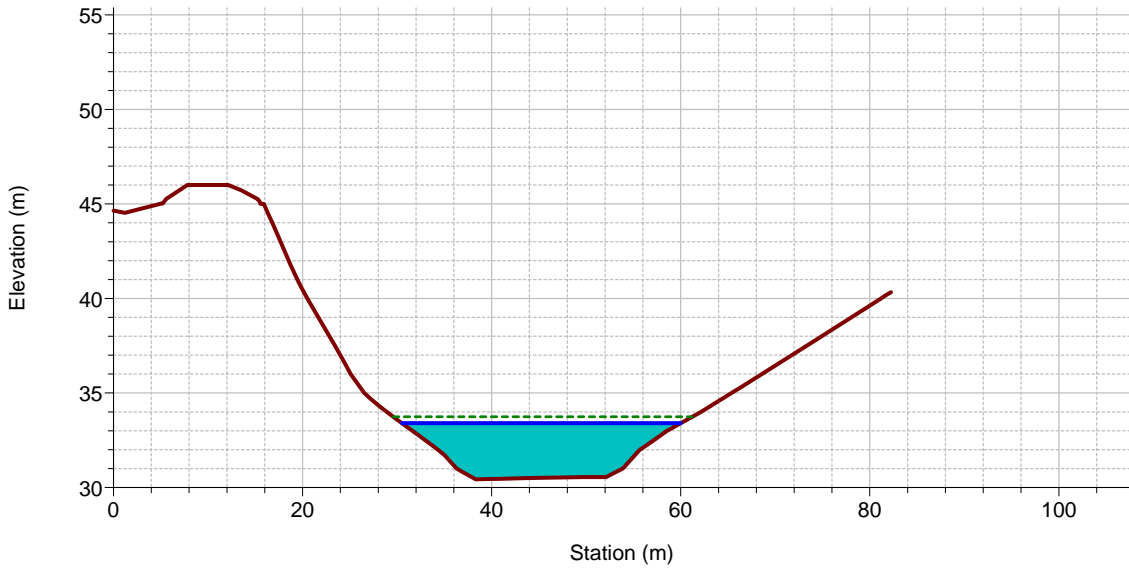
RS = 133.0920



Legend	
---	EG PF 2
—	WS PF 2
—	Ground
—	Bank Sta

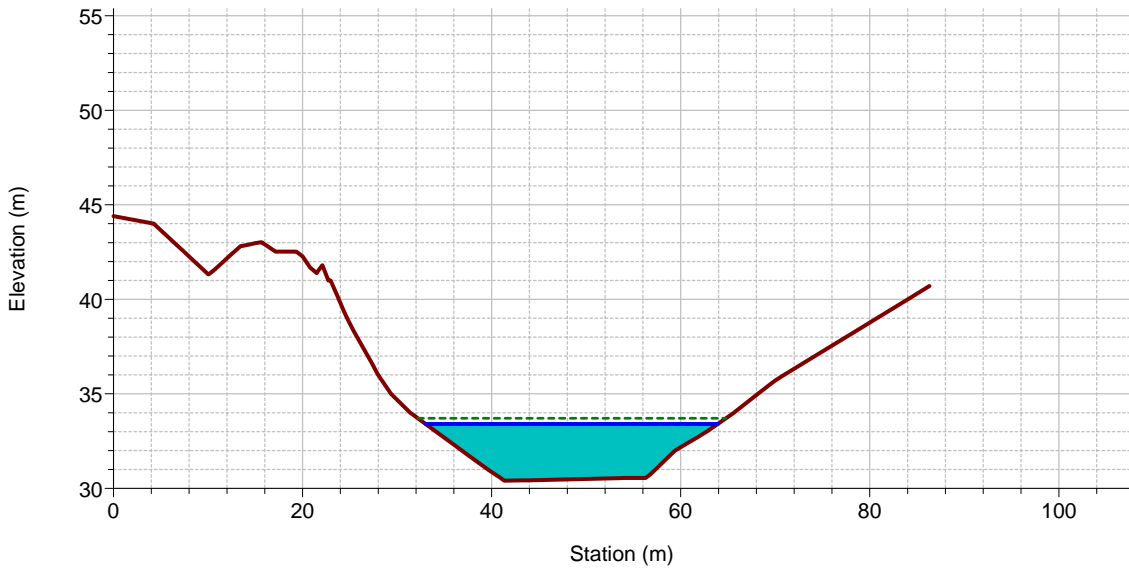
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 127.3102



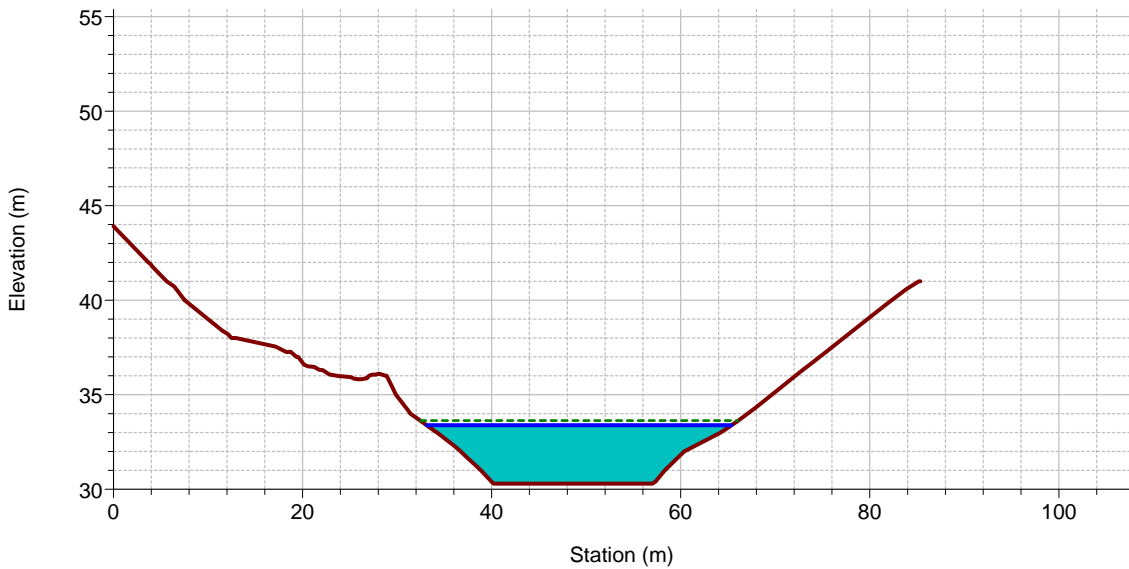
Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 122.1099



Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	—

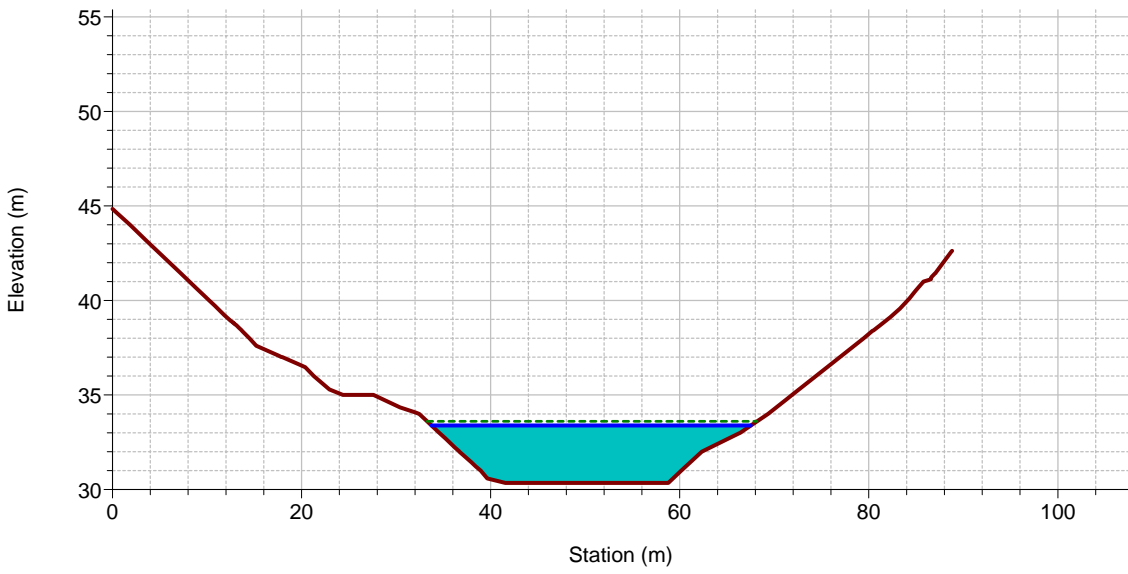
RS = 111.0393



Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	—

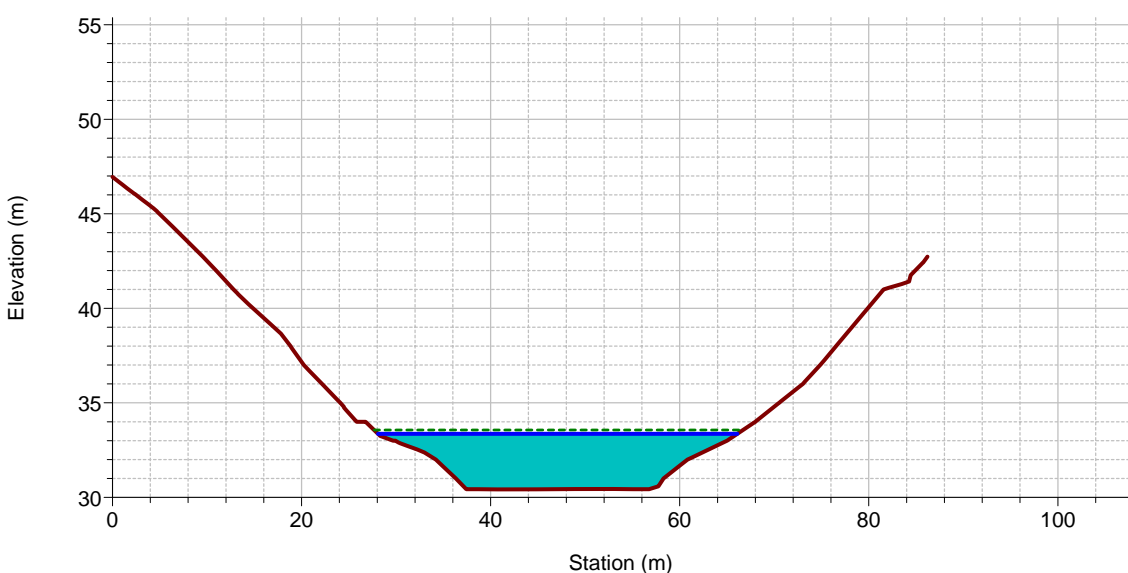
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 104.3117



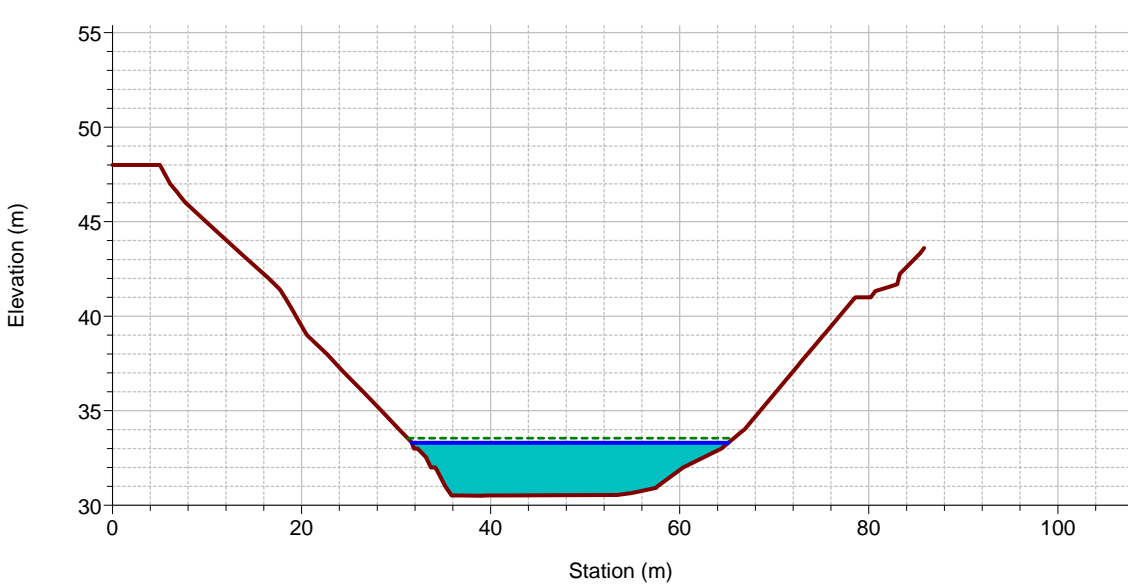
Legend	
--- (Green Dashed)	EG PF 2
— (Blue)	WS PF 2
— (Brown)	Ground
— (Cyan)	Bank Sta

RS = 97.06411



Legend	
--- (Green Dashed)	EG PF 2
— (Blue)	WS PF 2
— (Brown)	Ground
— (Cyan)	Bank Sta

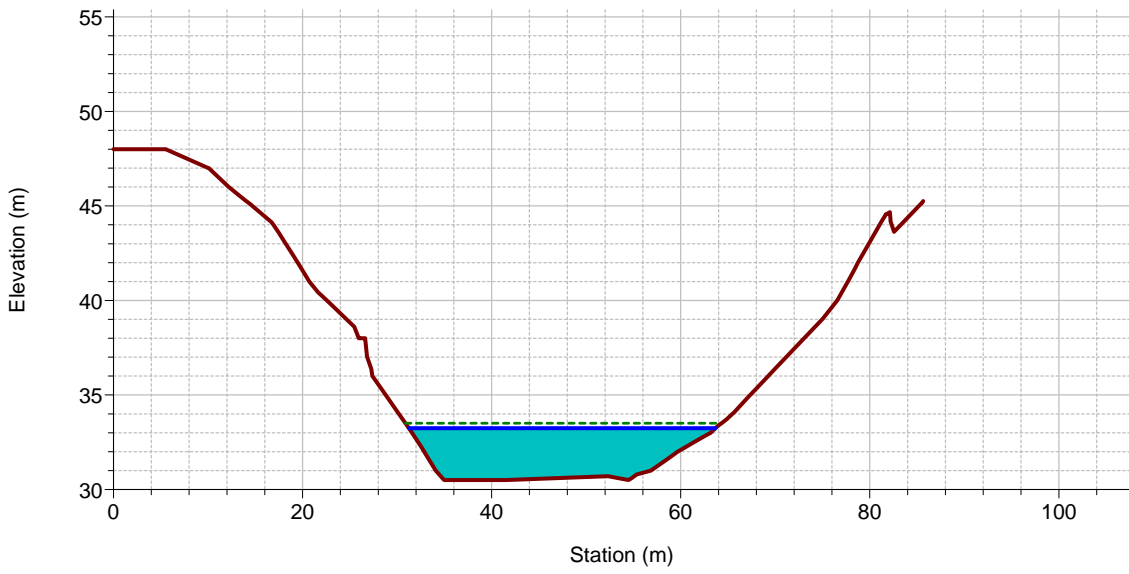
RS = 90.52551



Legend	
--- (Green Dashed)	EG PF 2
— (Blue)	WS PF 2
— (Brown)	Ground
— (Cyan)	Bank Sta

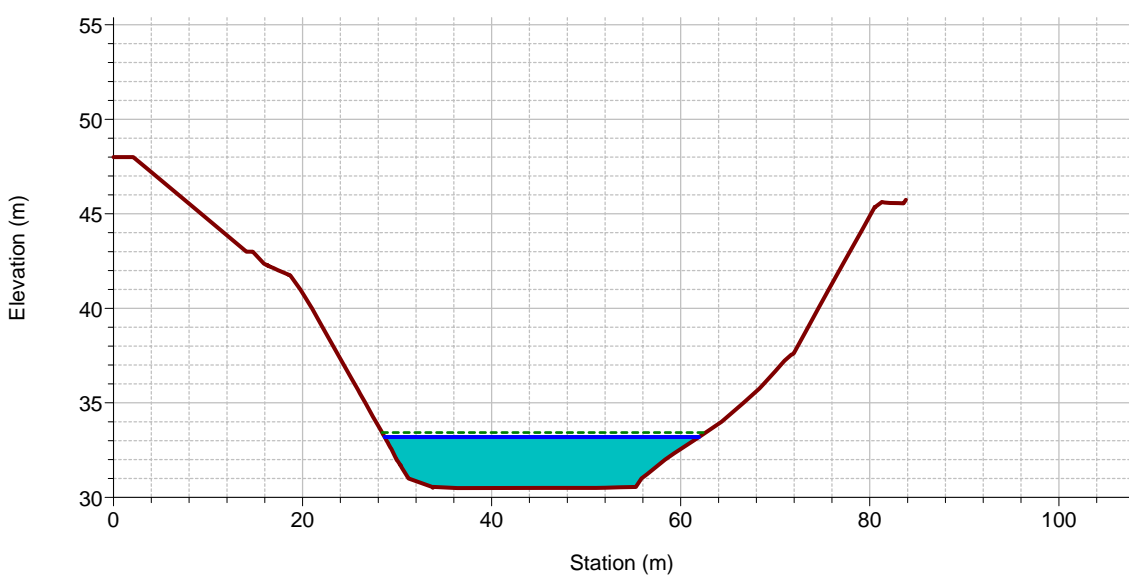
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 81.05330



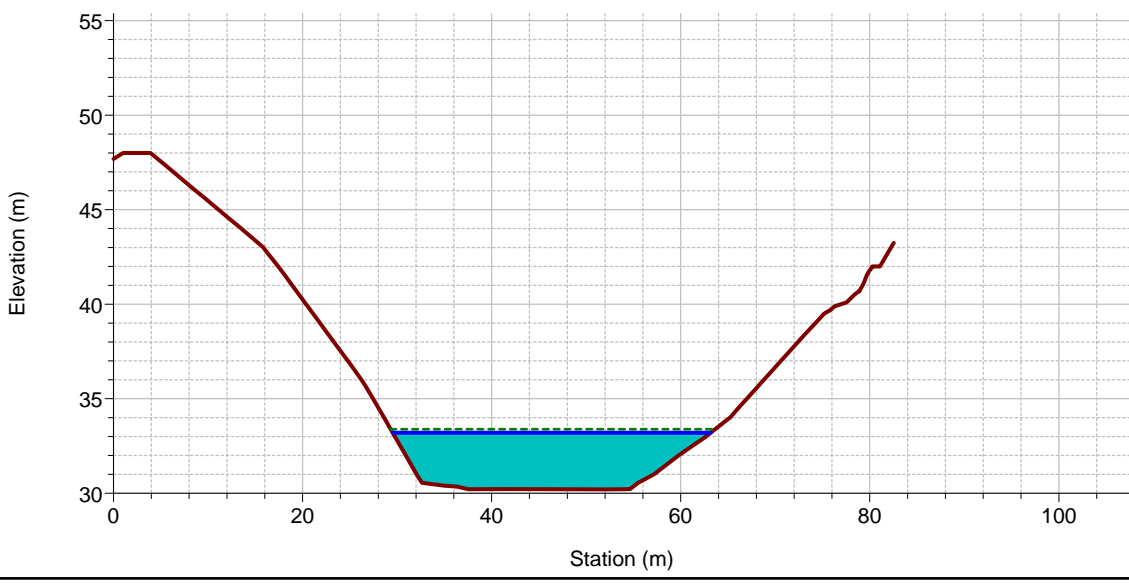
Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	

RS = 65.56879



Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	

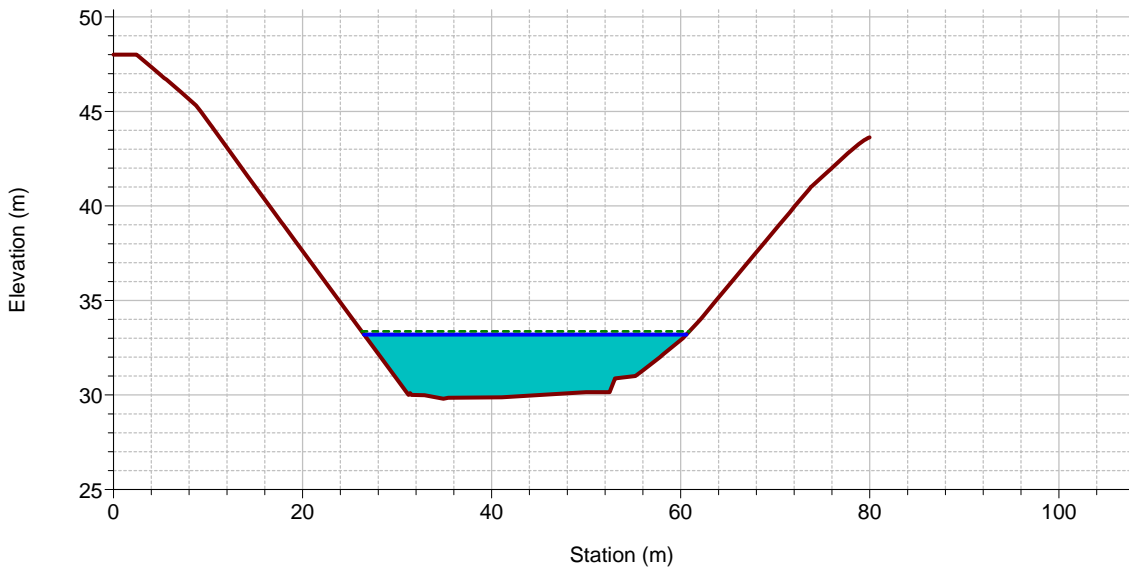
RS = 58.52768



Legend	
EG PF 2	---
WS PF 2	—
Ground	—
Bank Sta	

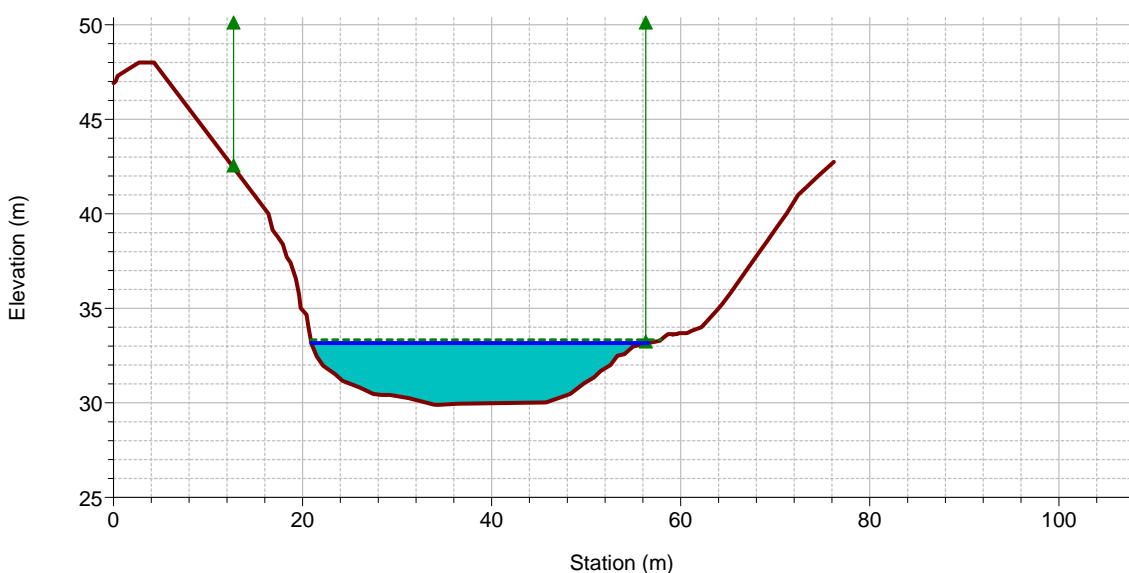
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 51.70998



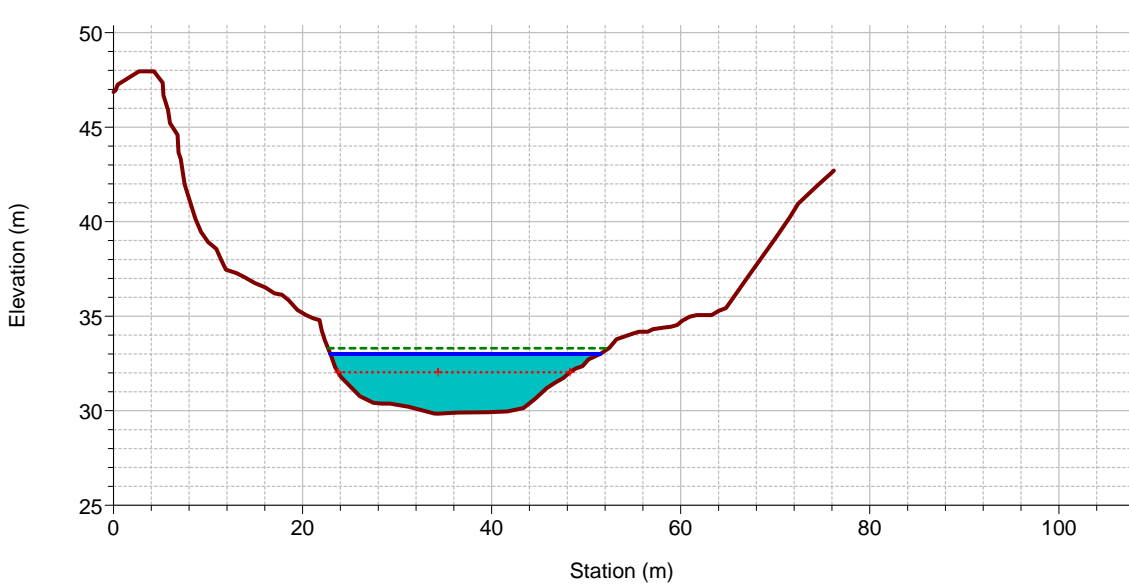
Legend	
---	EG PF 2
---	WS PF 2
---	Ground
	Bank Sta

RS = 43.35962



Legend	
---	EG PF 2
---	WS PF 2
---	Ground
▲	Ineff
	Bank Sta

RS = 38.76

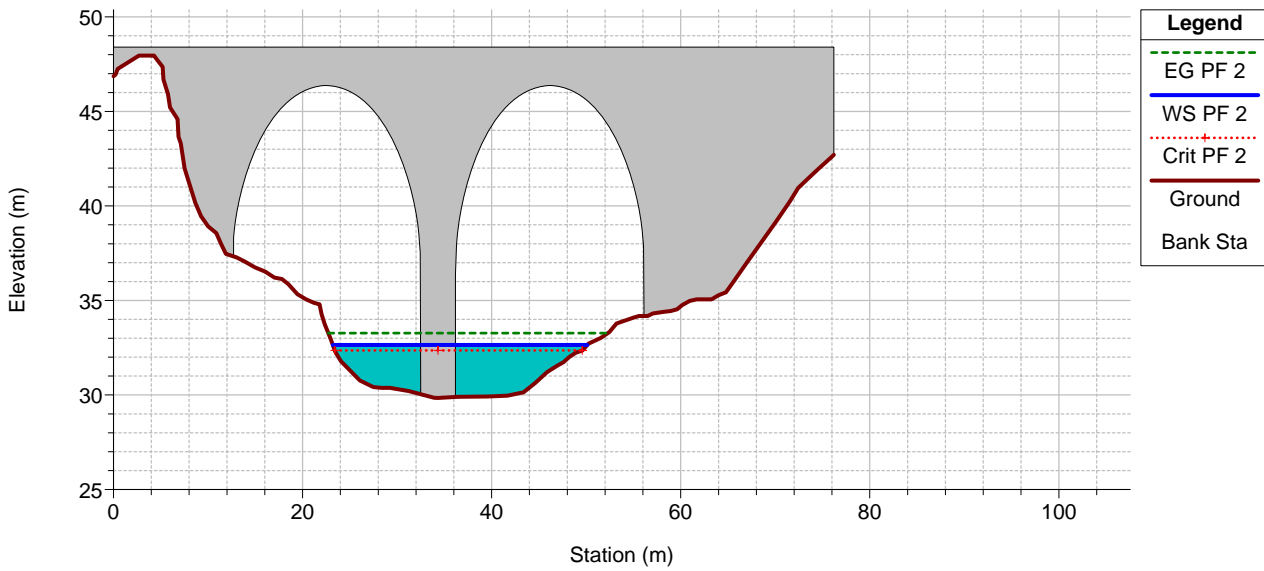


Legend	
---	EG PF 2
---	WS PF 2
---	Crit PF 2
---	Ground
	Bank Sta

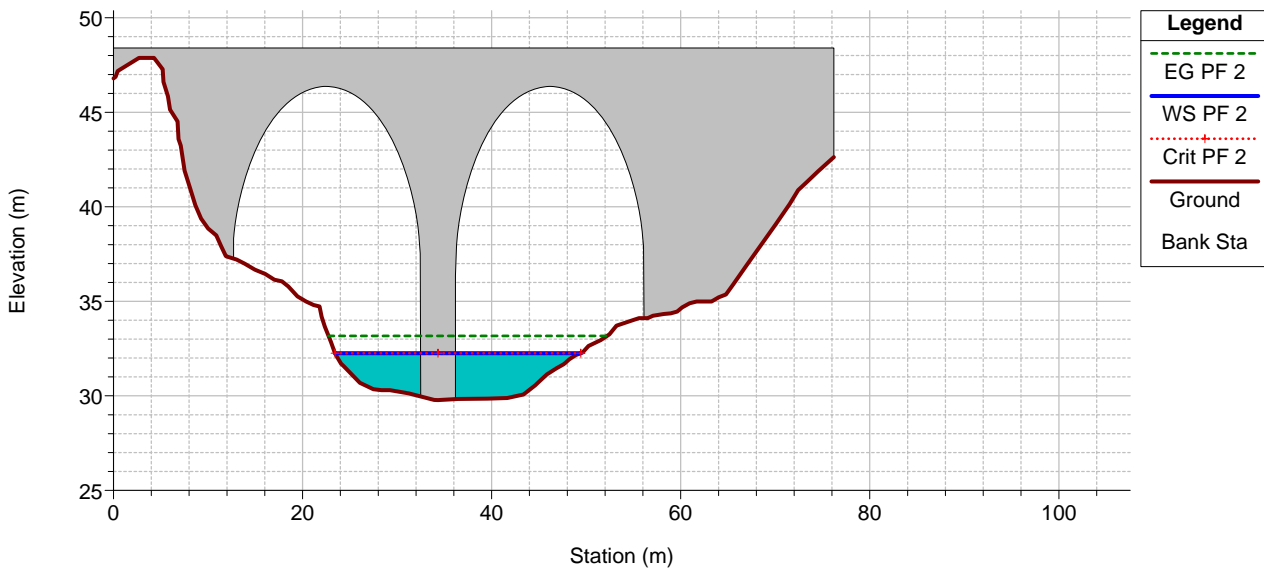
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m



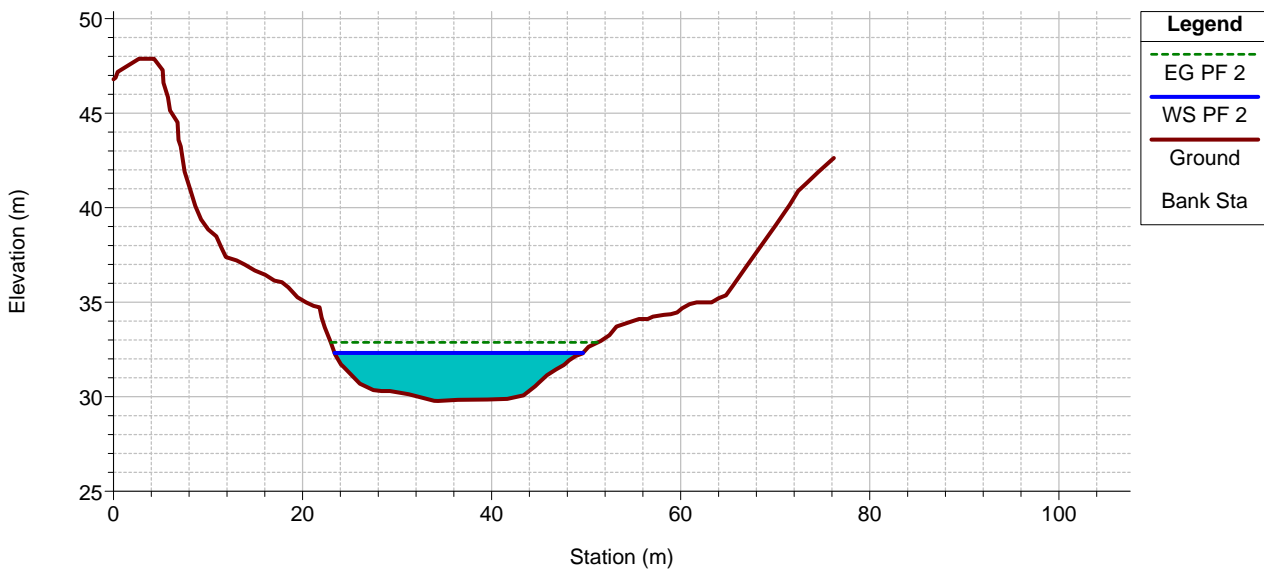
RS = 37.74 BR



RS = 37.74 BR

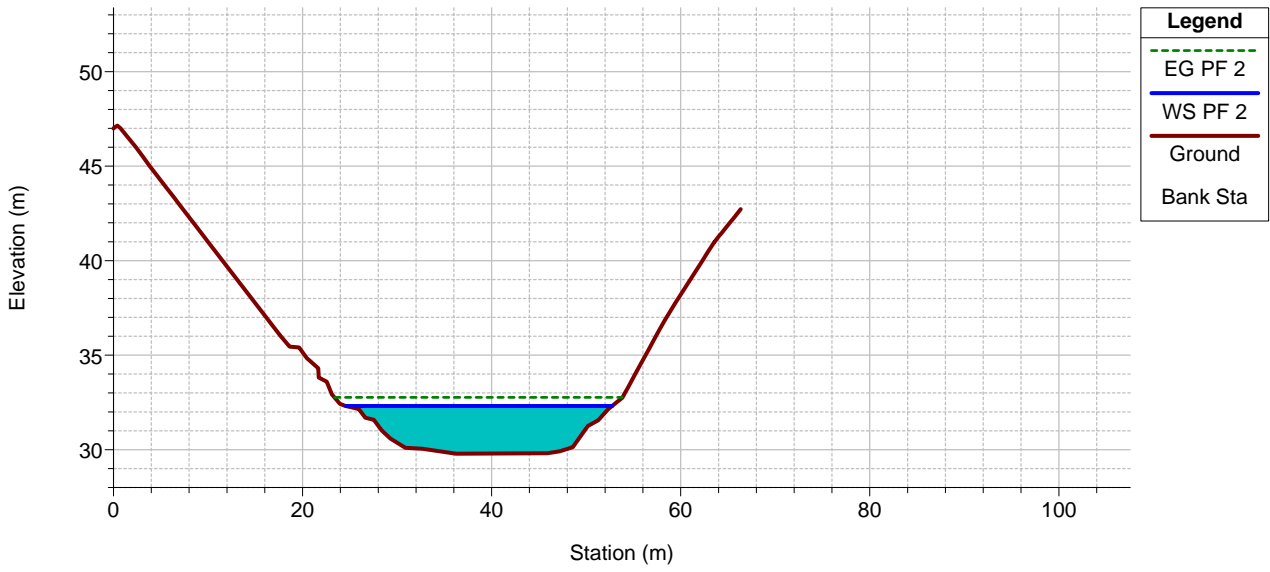


RS = 31.99343

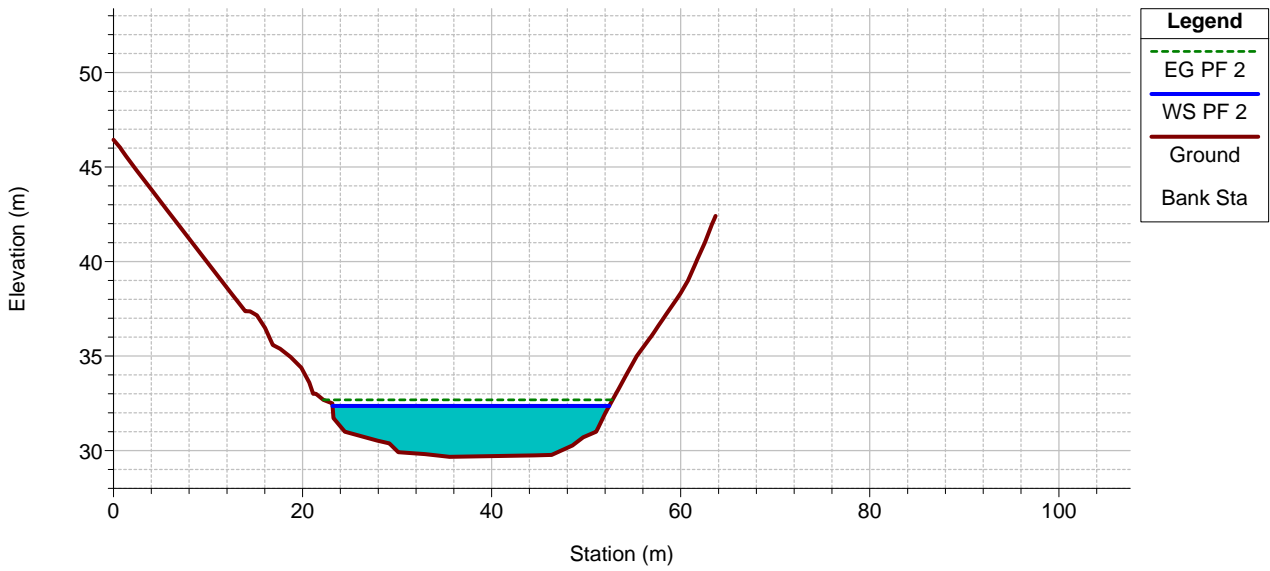


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

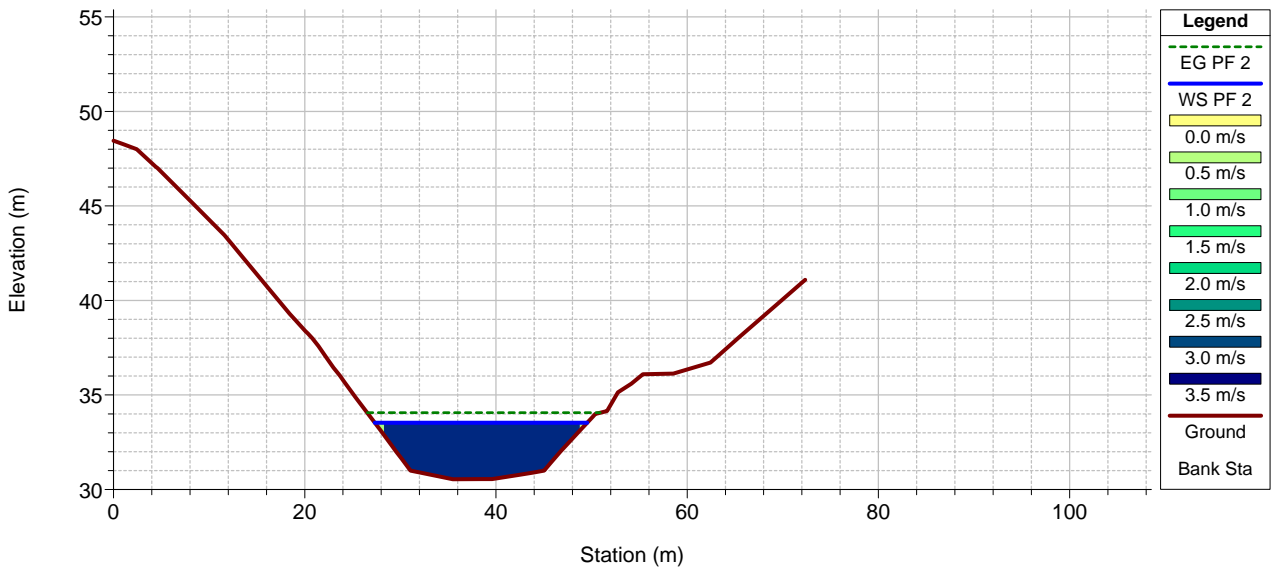
RS = 23.52801



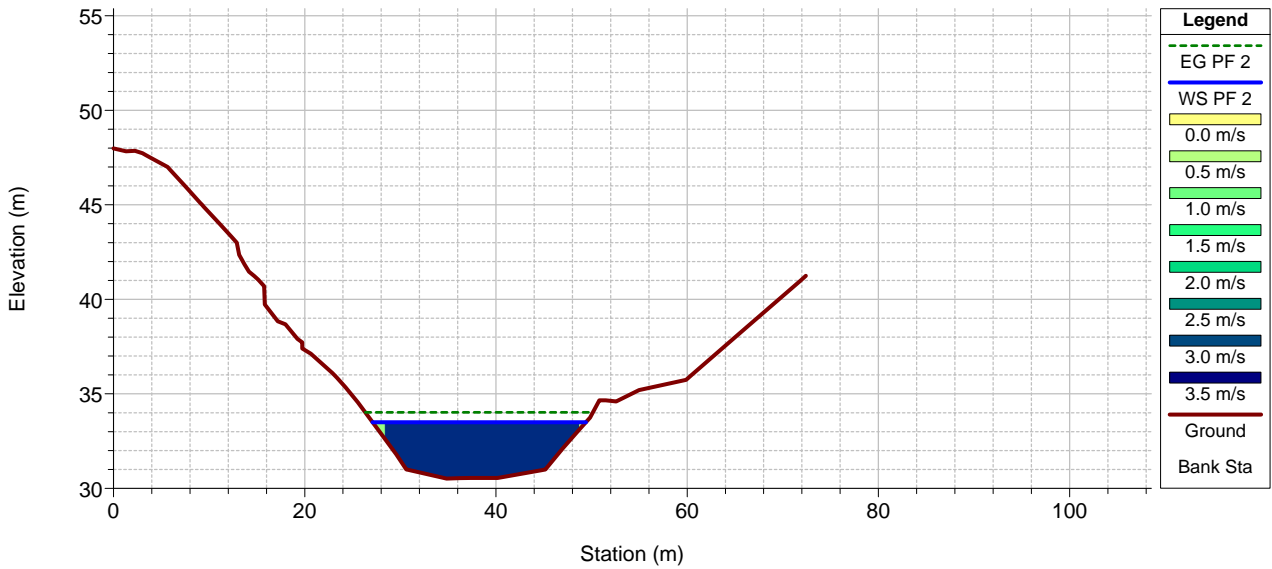
RS = 16.78953



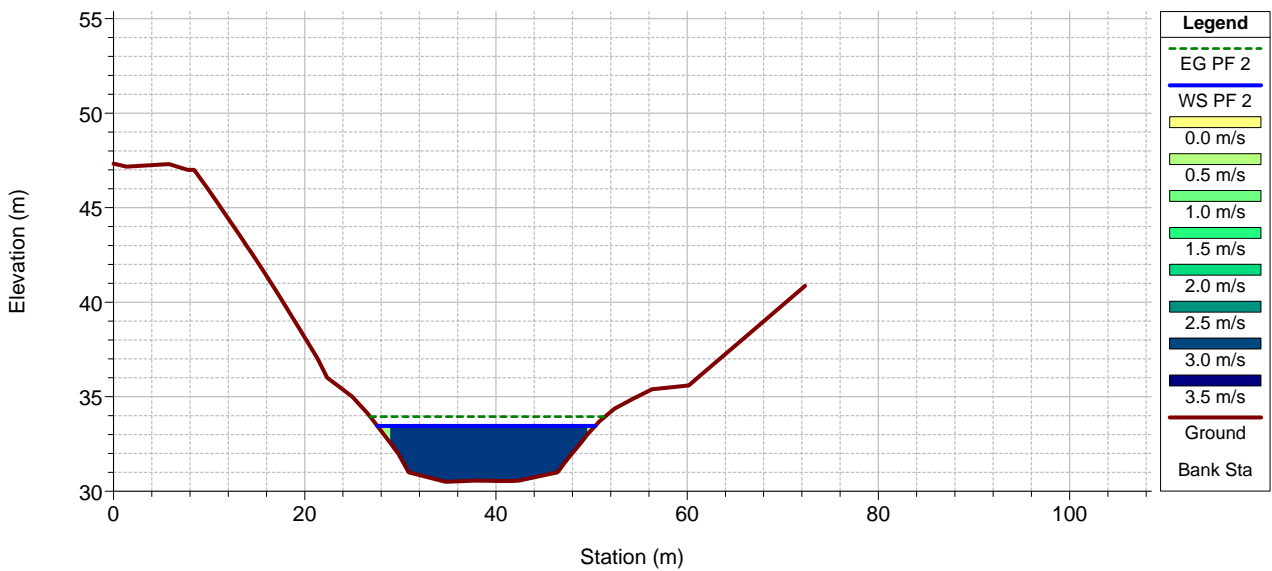
RS = 170.8949



RS = 165.1949

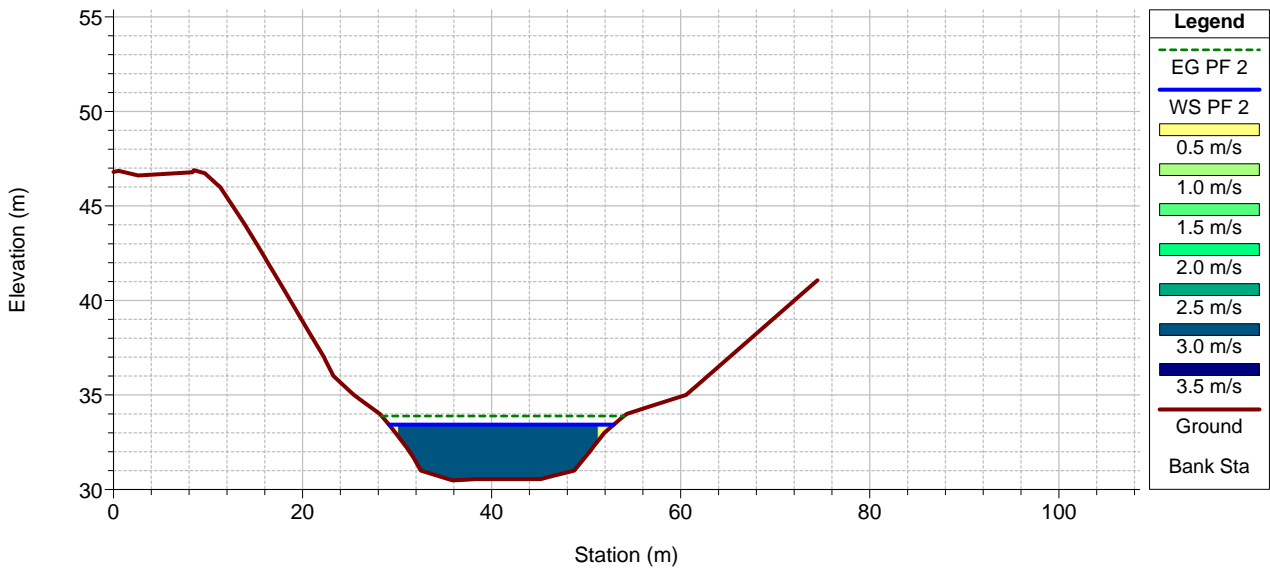


RS = 155.6032

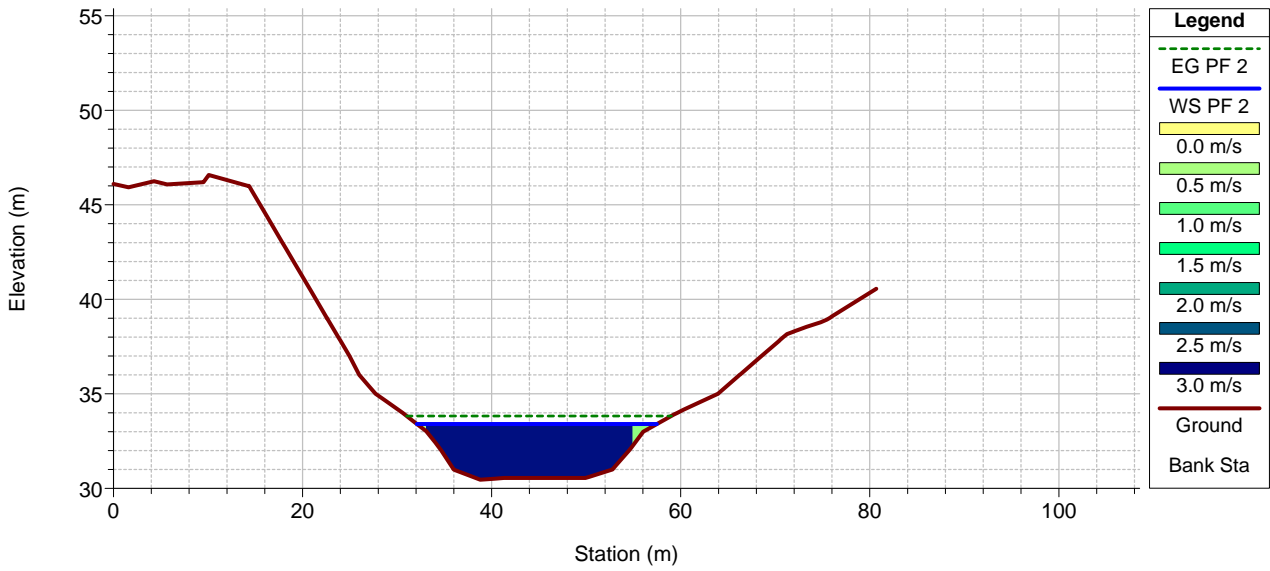


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

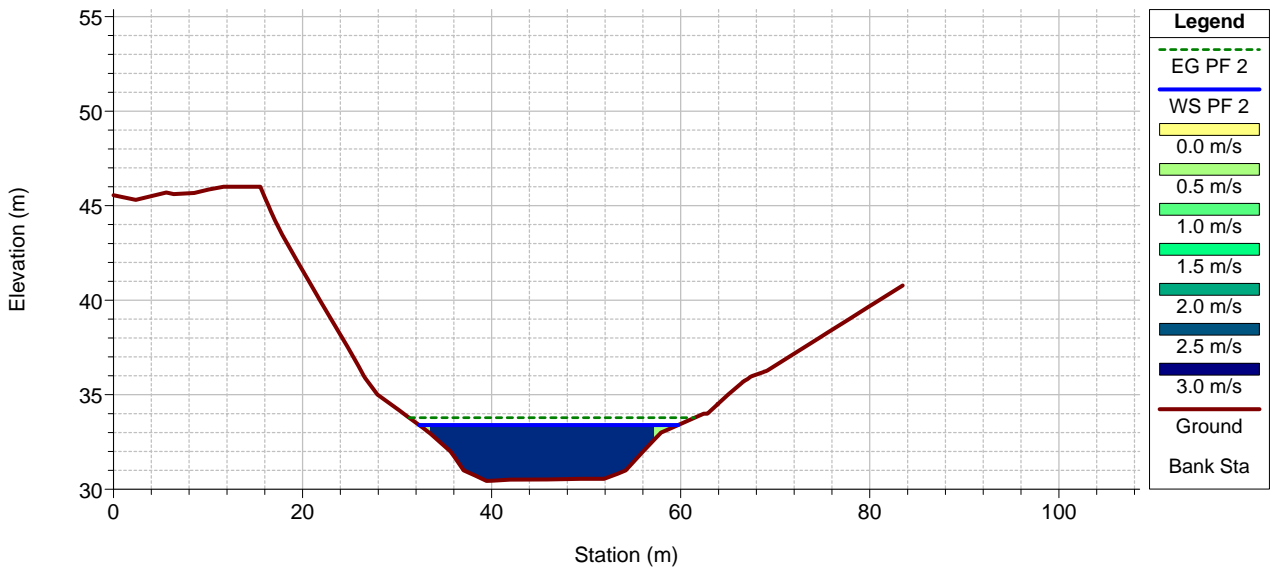
RS = 146.9710



RS = 138.9222

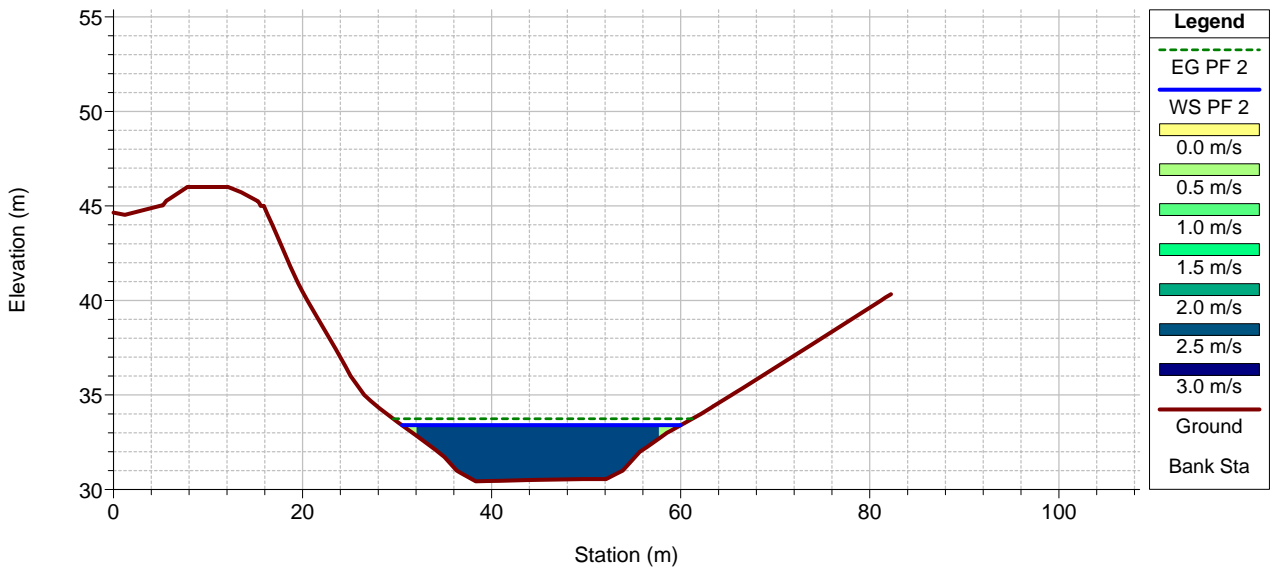


RS = 133.0920

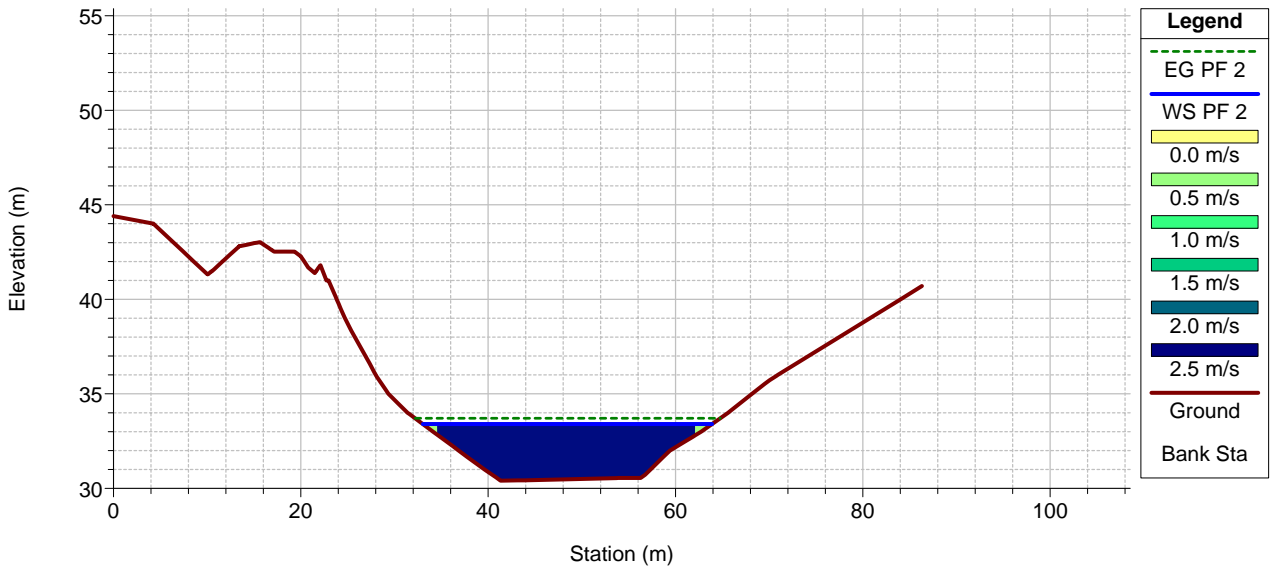


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

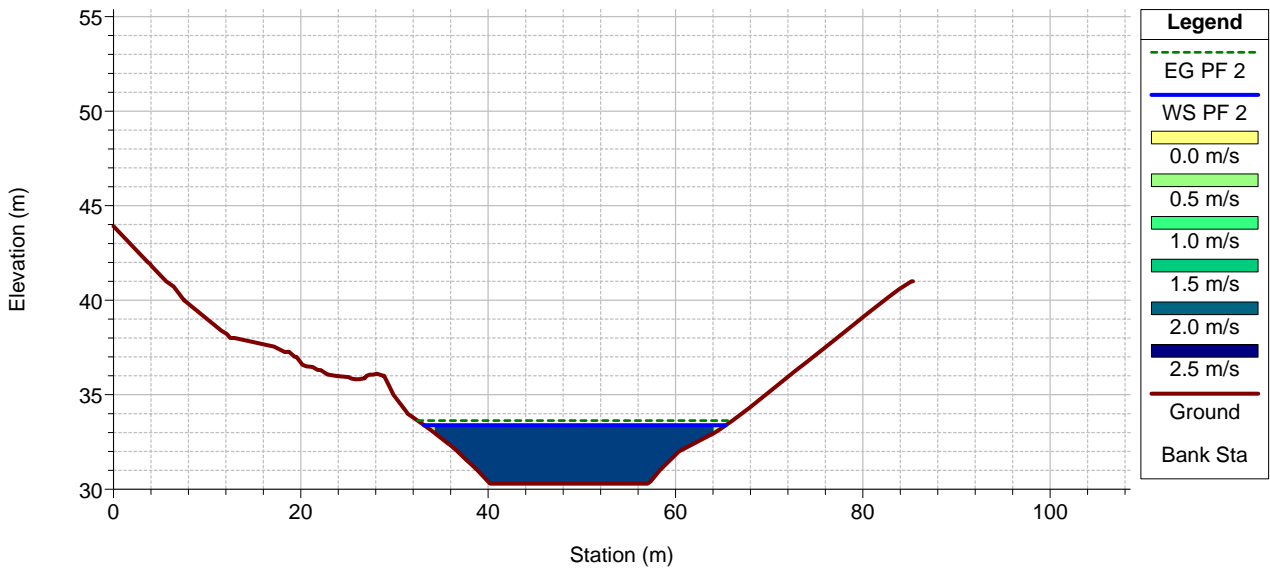
RS = 127.3102



RS = 122.1099

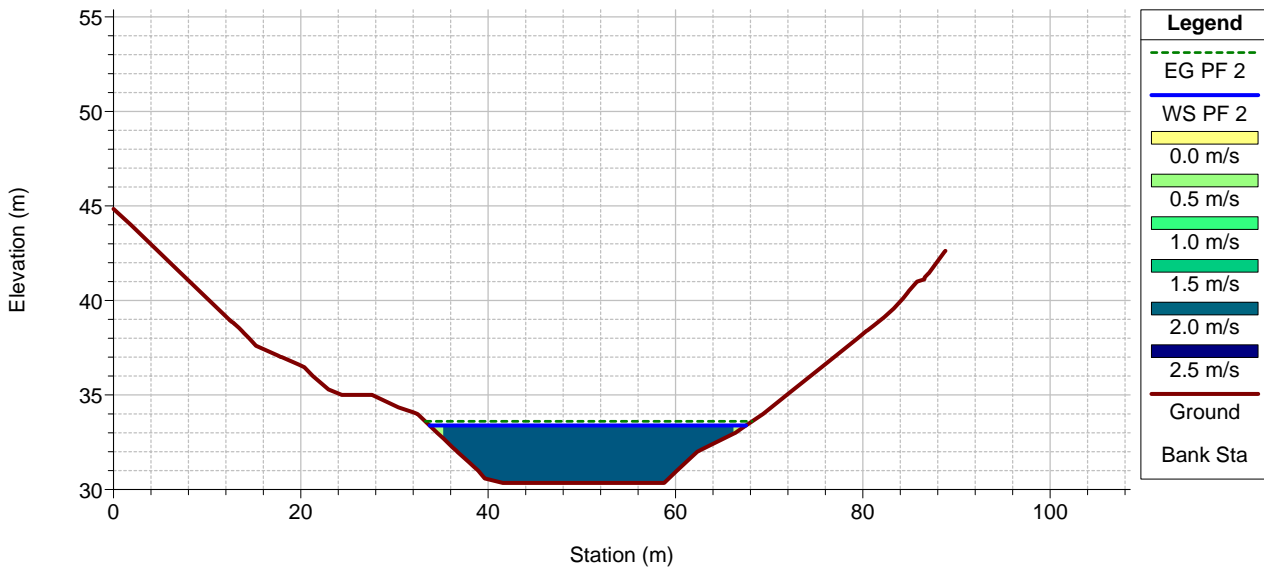


RS = 111.0393

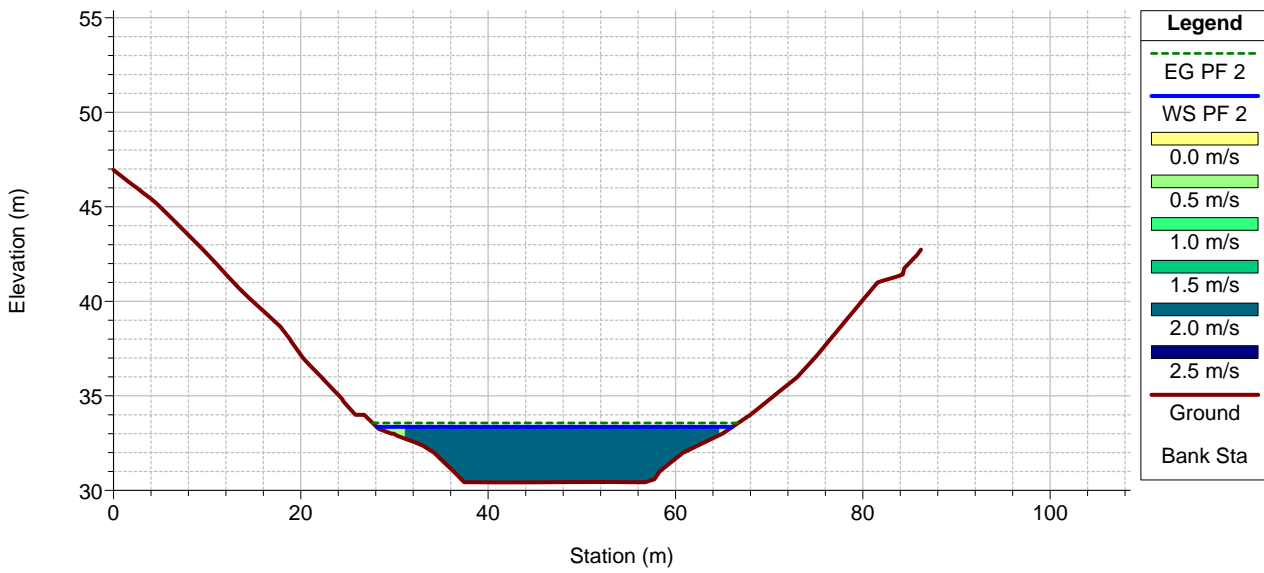


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

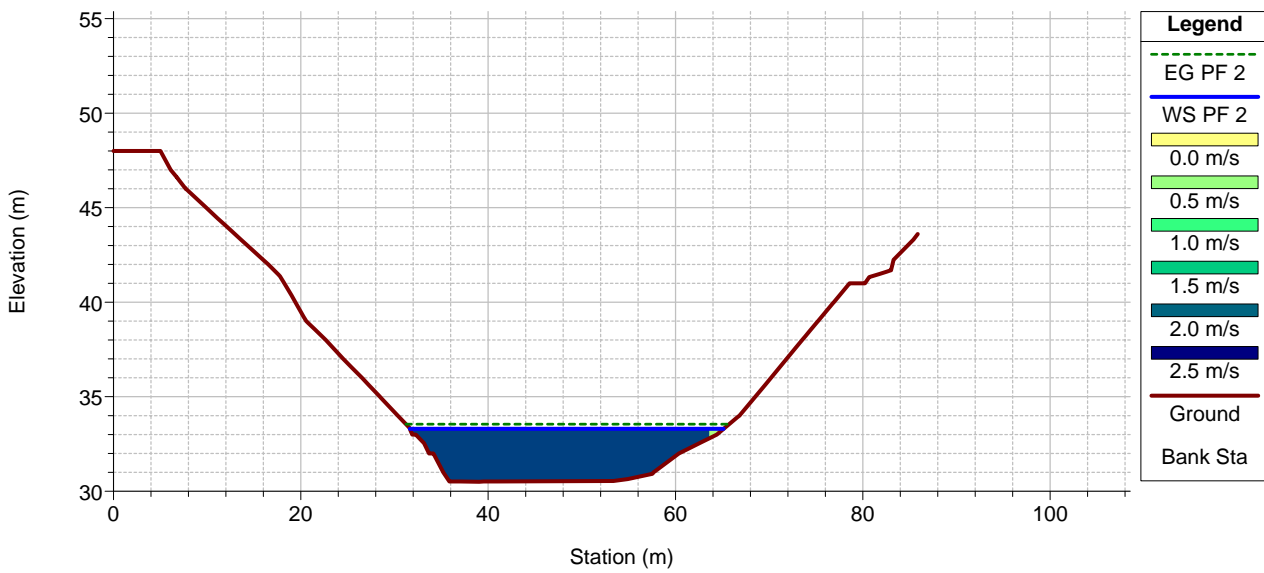
RS = 104.3117



RS = 97.06411

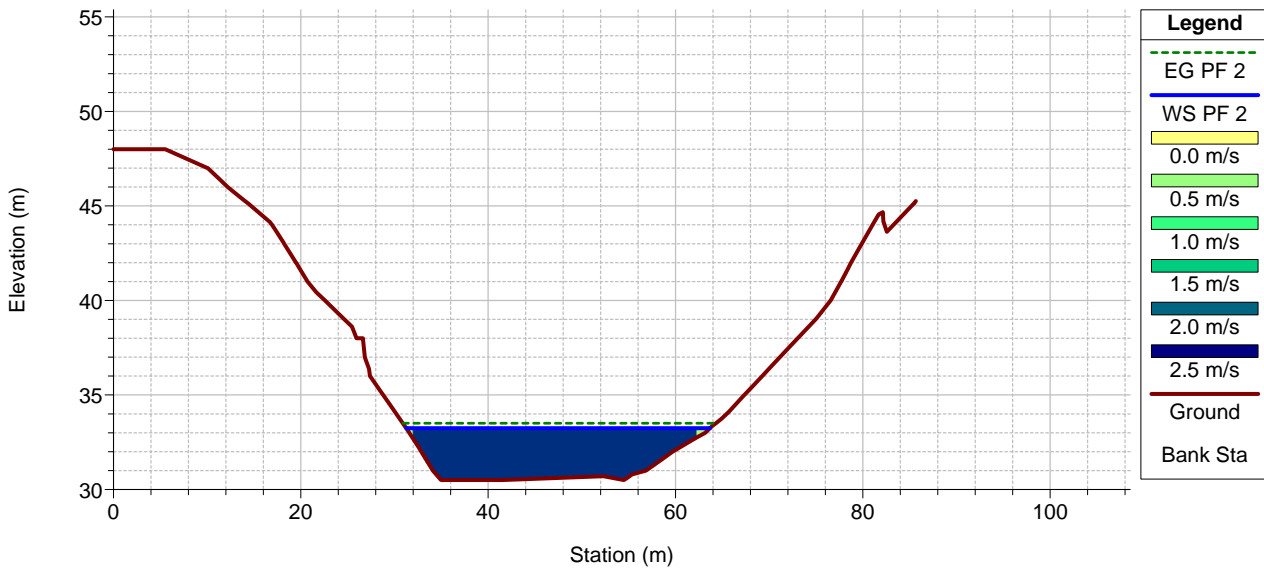


RS = 90.52551

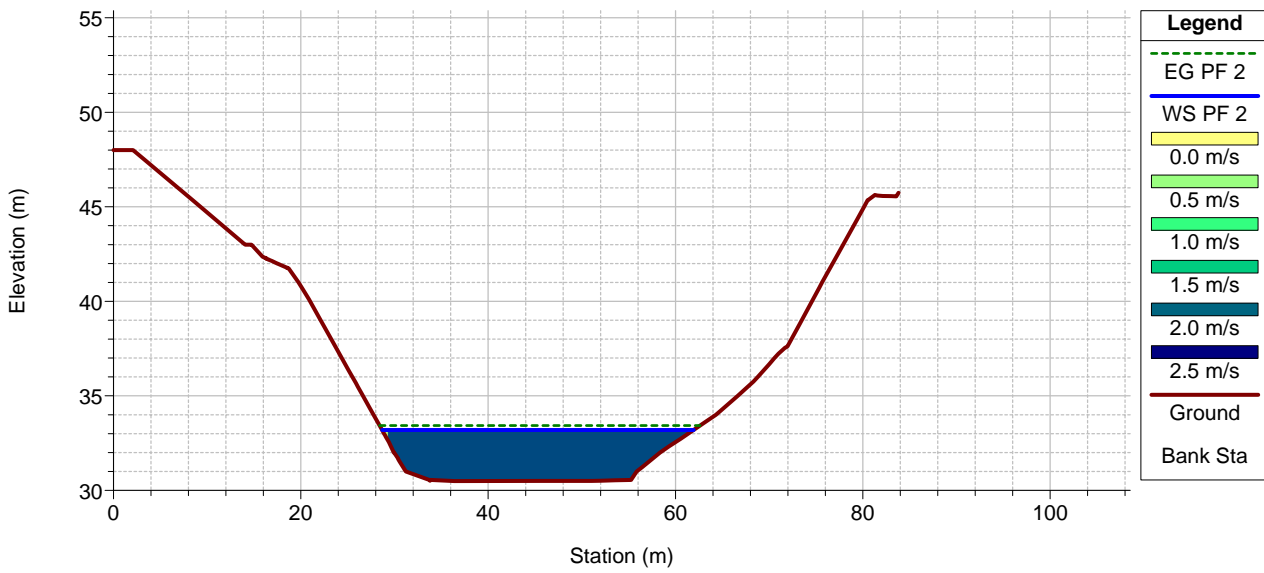


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

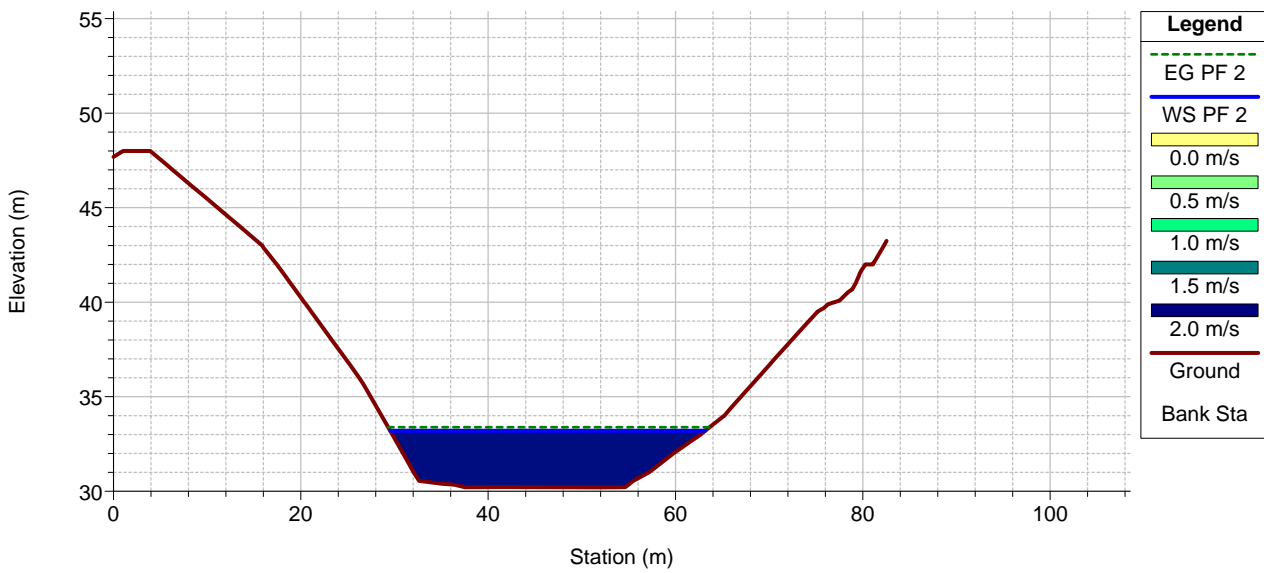
RS = 81.05330



RS = 65.56879

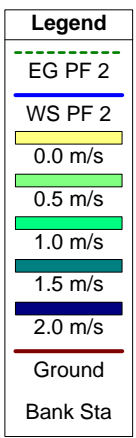
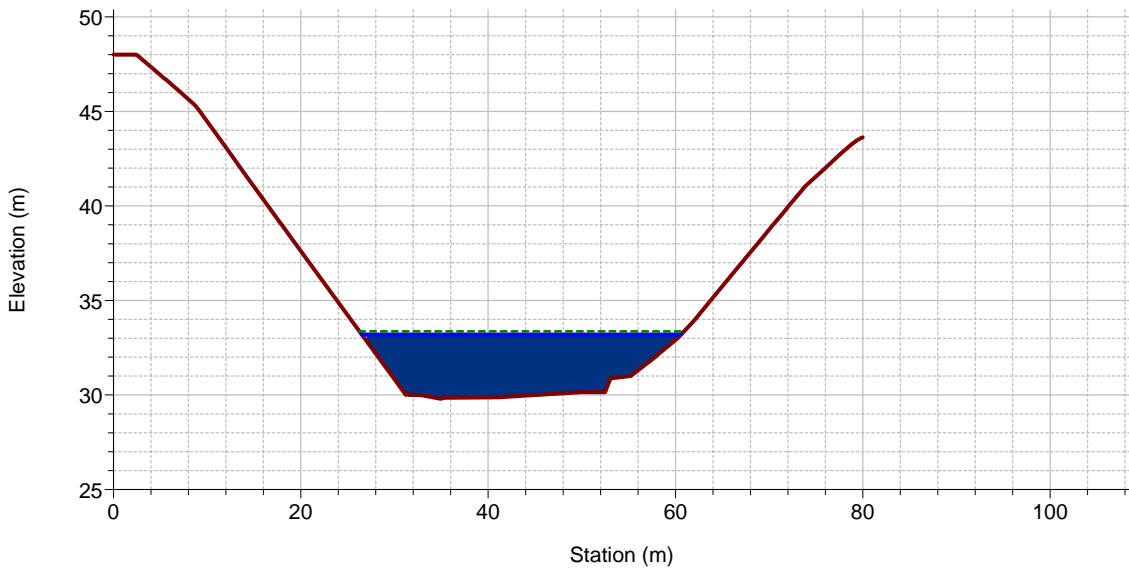


RS = 58.52768

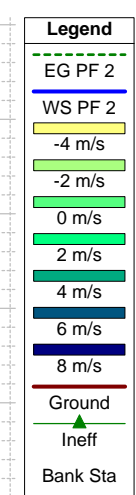
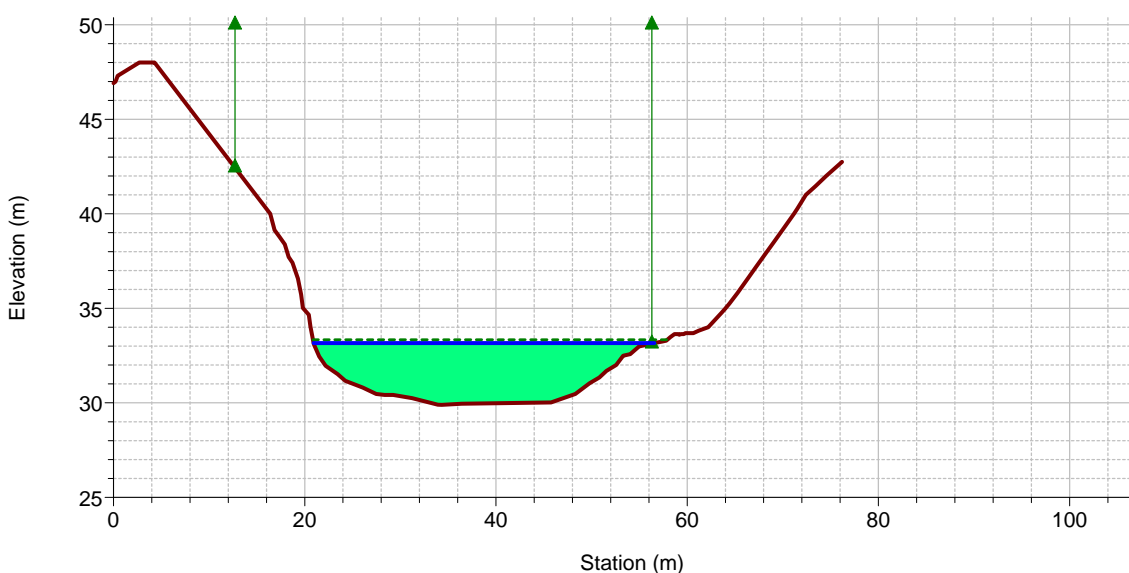


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

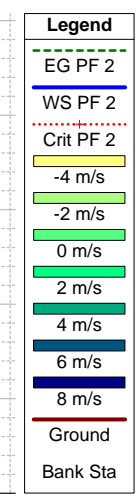
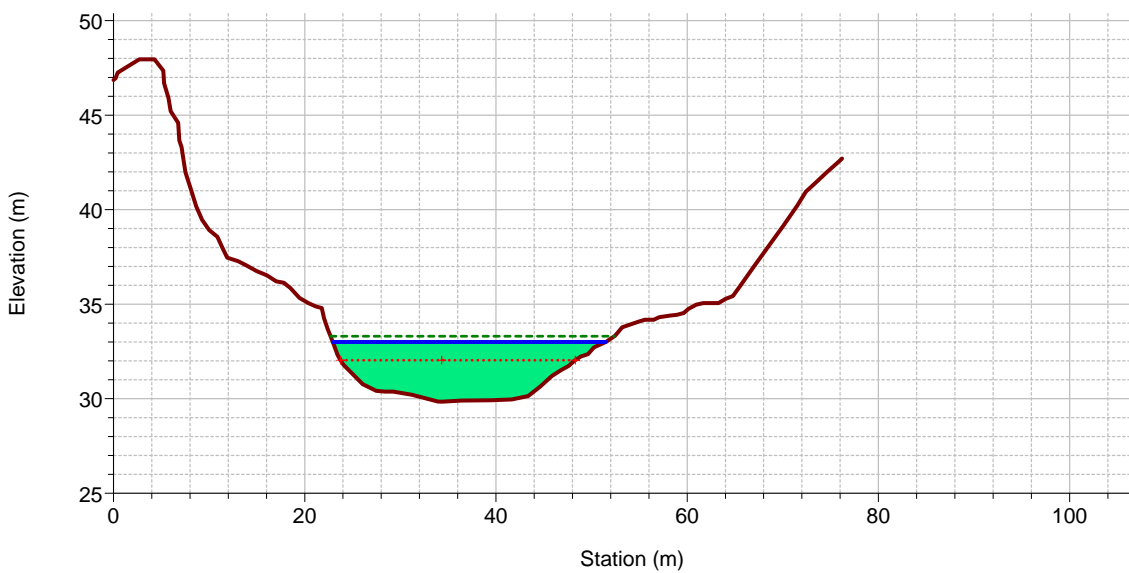
RS = 51.70998



RS = 43.35962



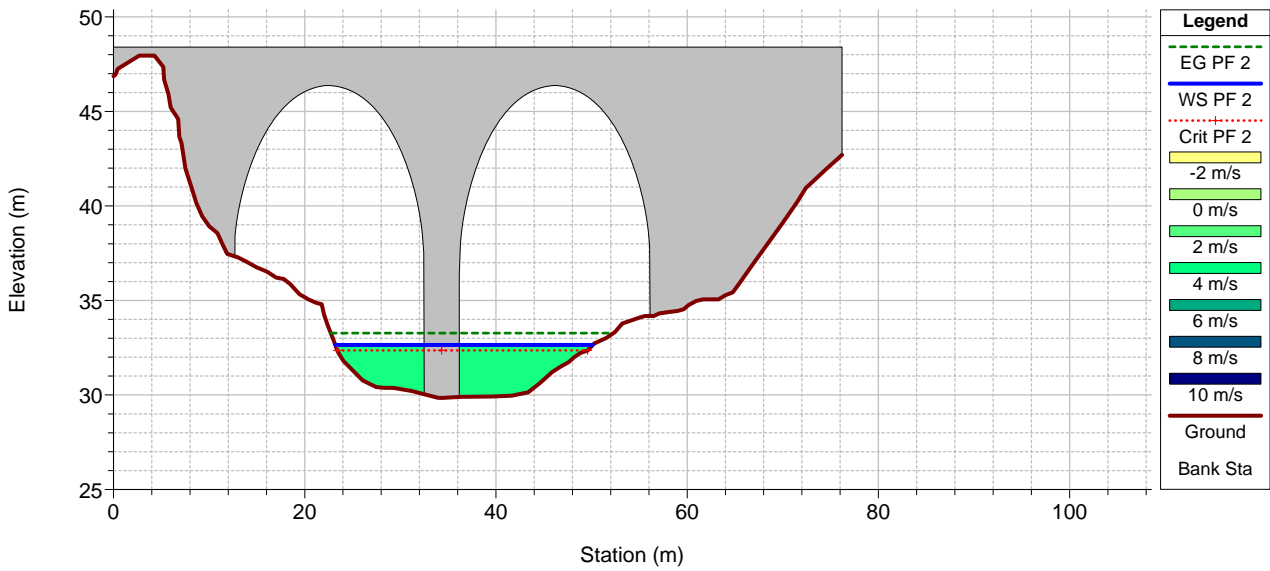
RS = 38.76



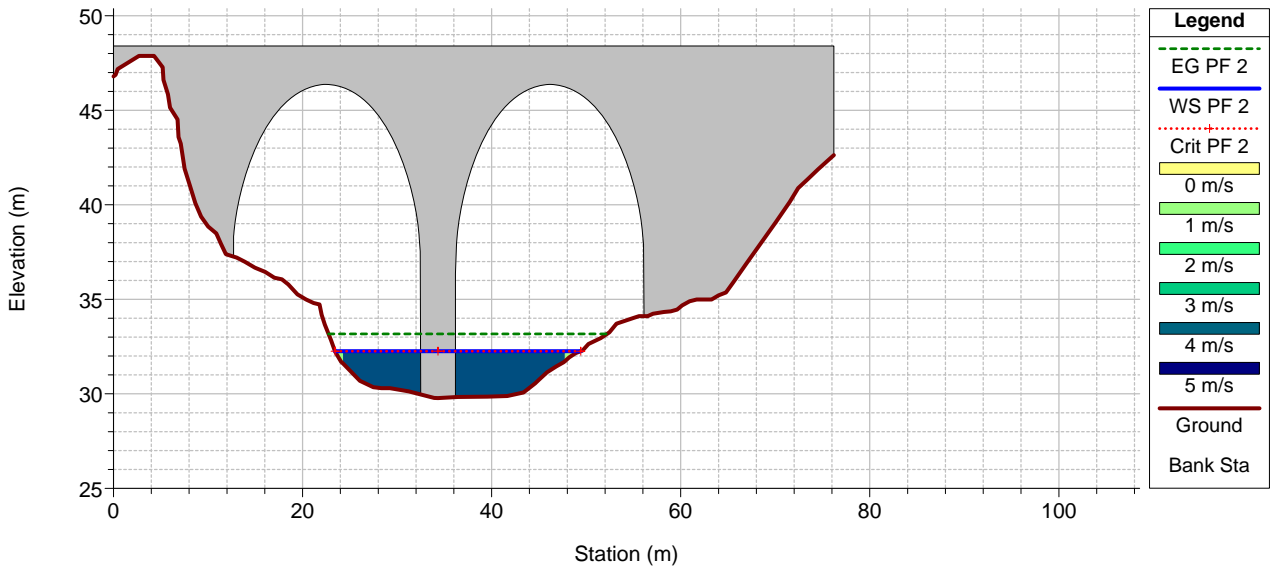
1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m



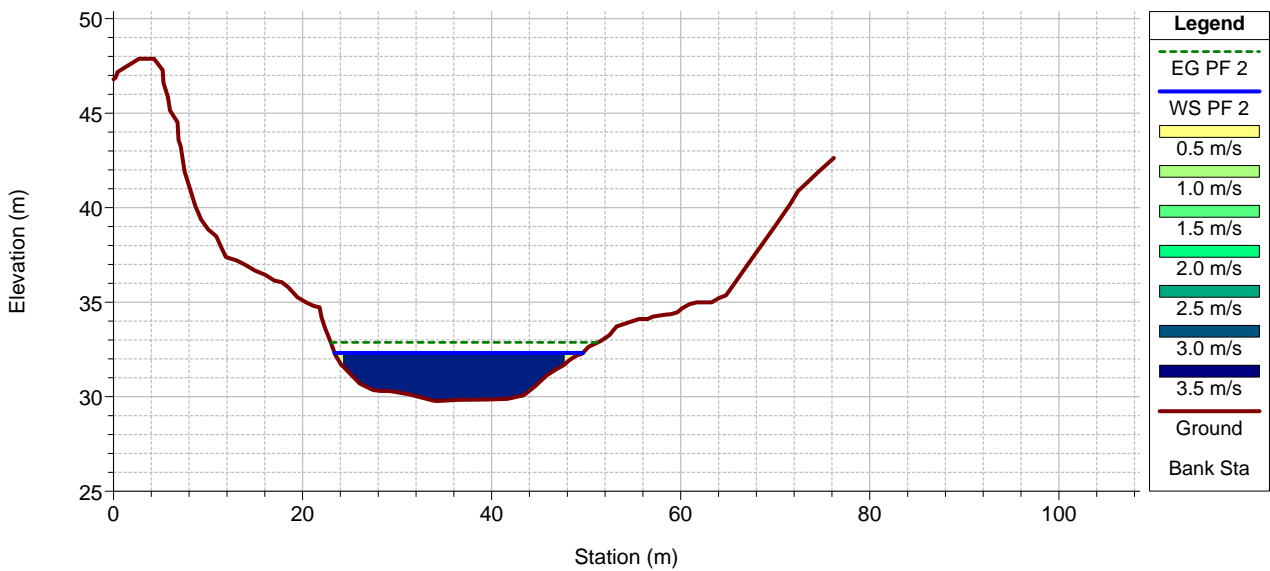
RS = 37.74 BR



RS = 37.74 BR

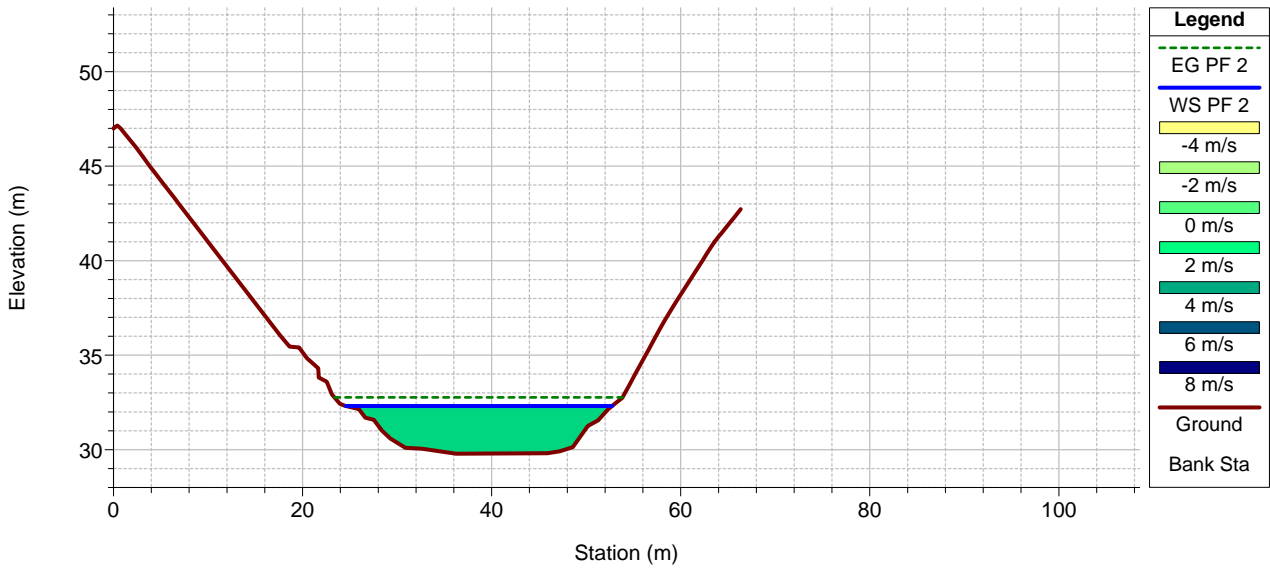


RS = 31.99343

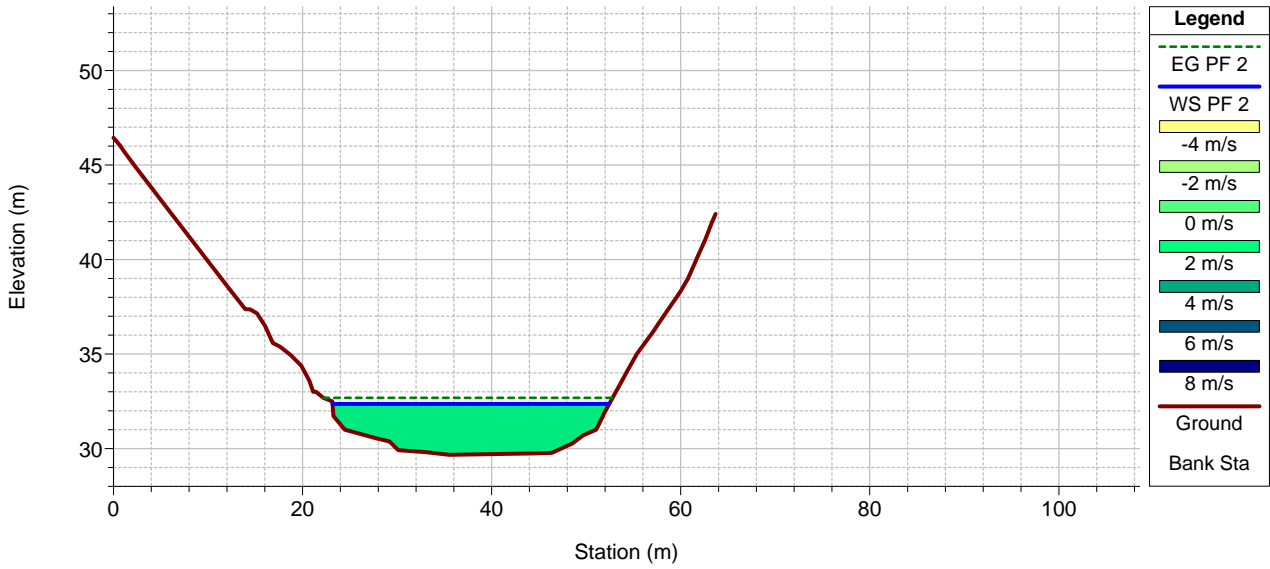


1 cm Horiz. = 8 m 1 cm Vert. = 4 m

RS = 23.52801

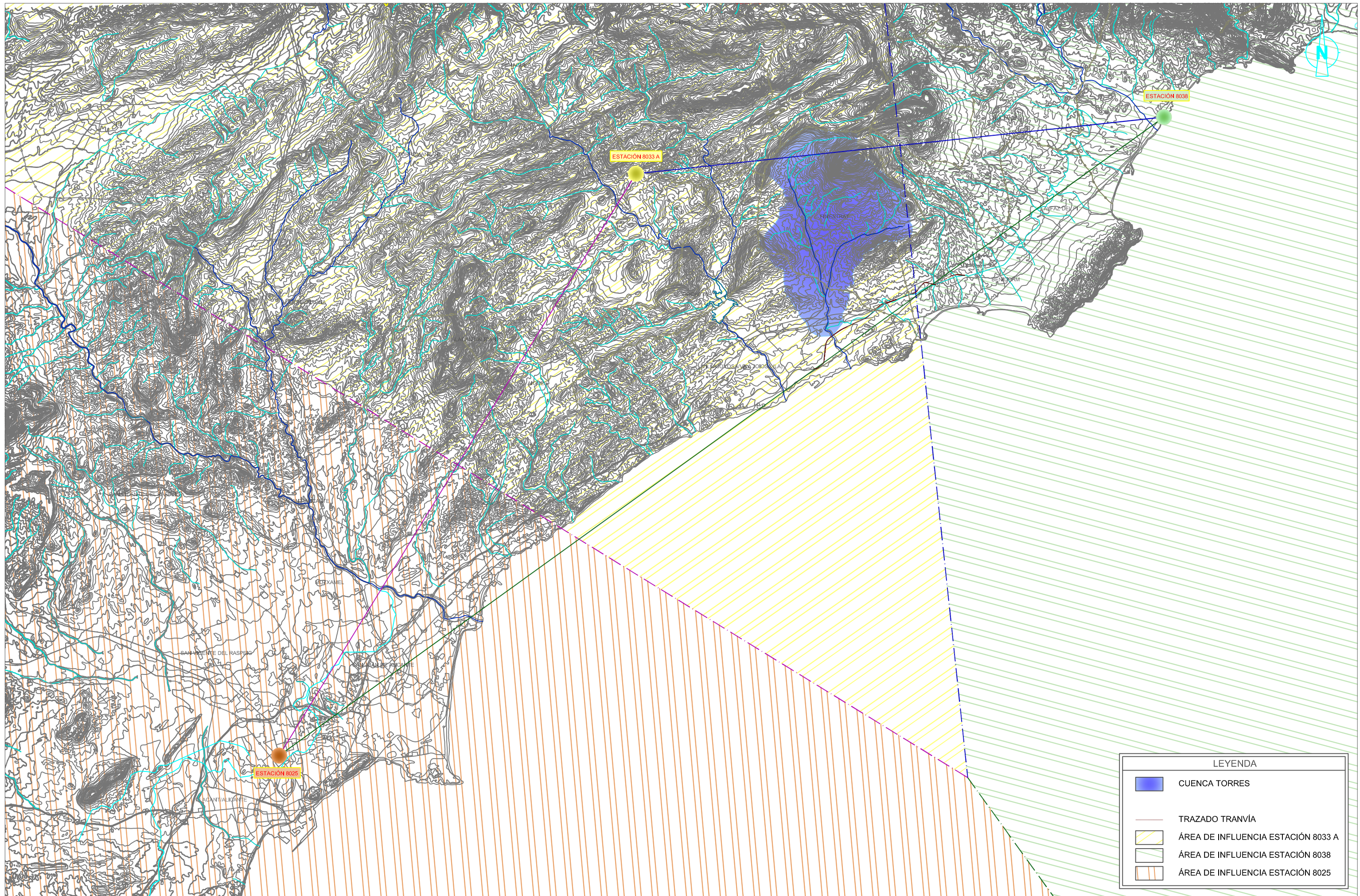


RS = 16.78953



## **Anejo 3: Planos**





**LEYENDA**

- CUENCA TORRES
- TRAZADO TRANVÍA
- ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN 8033 A
- ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN 8038
- ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN 8025



MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE  
 Intensificación:  
 ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

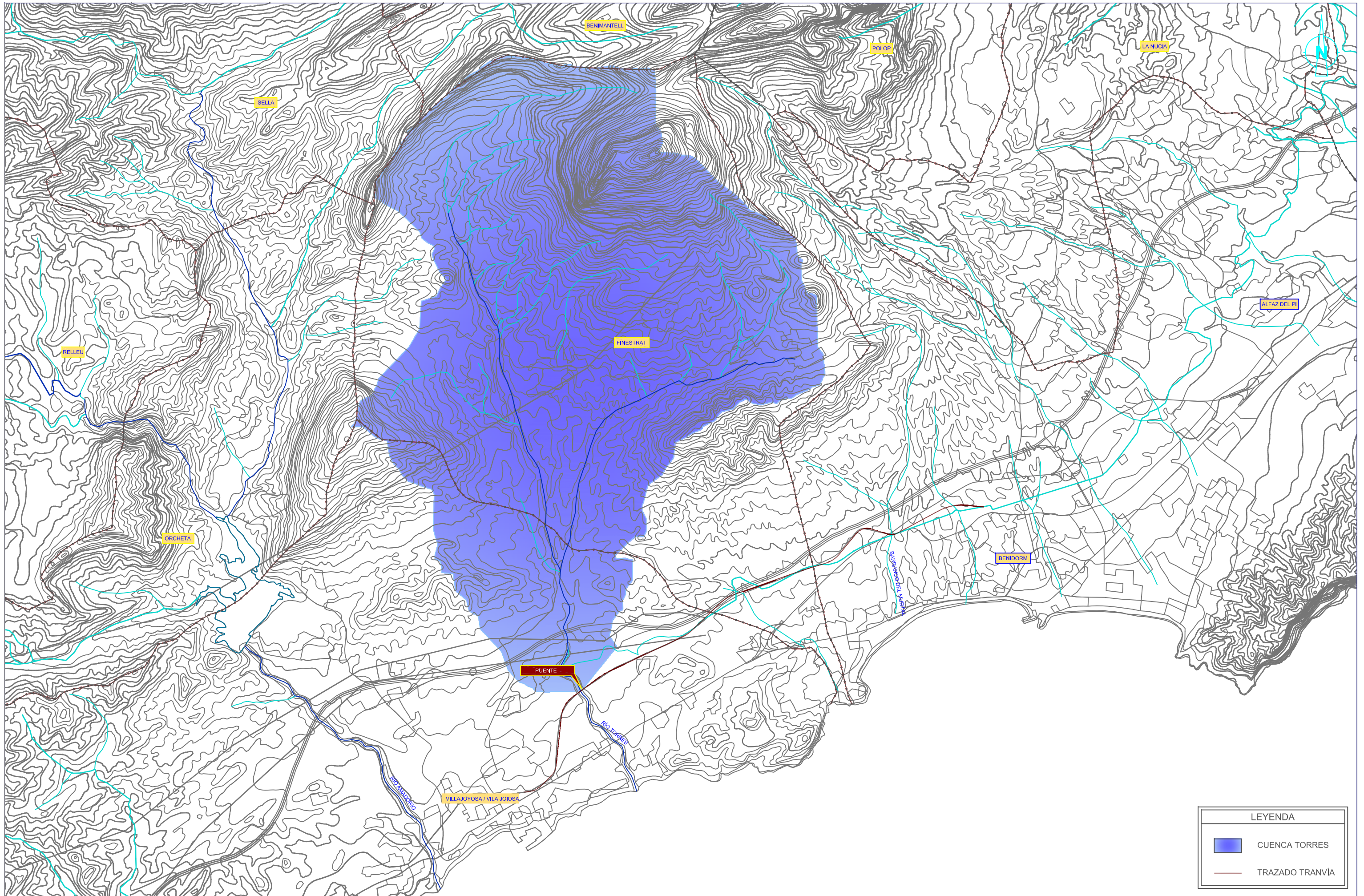
TRABAJO FIN DE MÁSTER:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLAJYOSA-BENIDORM"

AUTOR:  
 MARTA ORÍO CUCHARERO  
 DIRECTORES:  
 MARÍA LETICIA LÓPEZ SARDÁ/ JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO

TÍTULO DEL PLANO:  
**POLÍGONOS DE THIESSEN**

ESCALA ORIGINAL A1: 1:75.000 	Nº DE PLANO: 1 HOJA 1 DE 1
FECHA: Noviembre 2011	





**LEYENDA**

- CUENCA TORRES
- TRAZADO TRANVÍA



**UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA**

MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE  
Intensificación:  
ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

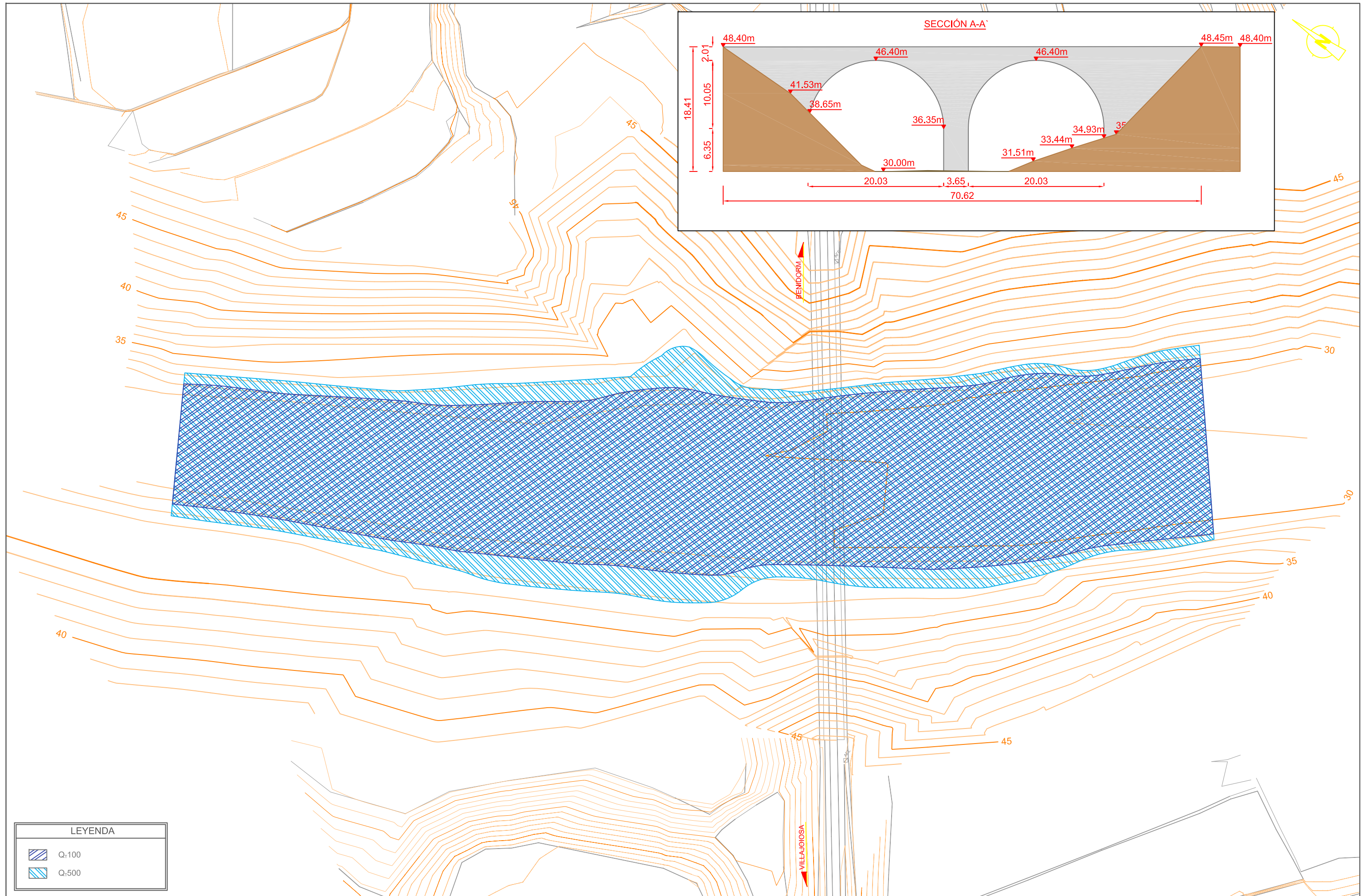
TRABAJO FIN DE MÁSTER:  
"ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLAJOYOSA-BENDORM"

AUTOR:  
MARTA ORÍO CUCARERO  
DIRECTORES :  
MARÍA LETICIA LÓPEZ SARDÁ/ JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO

TÍTULO DEL PLANO:  
CUENCA VERTIENTE AL PUENTE SOBRE  
EL BARRANCO TORRES

ESCALA ORIGINAL A1: 1:25.000	Nº DE PLANO: 2
FECHA: Noviembre 2011	HOJA 1 DE 1





LEYENDA	
	Q <sub>r</sub> 100
	Q <sub>r</sub> 500



MÁSTER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE  
 Intensificación:  
 ORDENACIÓN, RESTAURACIÓN Y GESTIÓN DE CUENCAS

TRABAJO FIN DE MASTER:  
 "ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL BARRANCO TORRES A SU PASO BAJO PUENTE DEL TRANVÍA VILLOJOYOSA-BENIDORM"

AUTOR:  
 MARTA ORÍO CUCHARERO  
 DIRECTORES:  
 MARÍA LETICIA LÓPEZ SARDÁ/ JOSÉ ANDRÉS TORRENT BRAVO

TÍTULO DEL PLANO:  
 LLANURA DE INUNDACIÓN  
 CORRESPONDIENTE A Q<sub>r</sub>100 Y Q<sub>r</sub>500

ESCALA ORIGINAL A1:	Nº DE PLANO:
1:250	3
FECHA:	HOJA 1 DE 1
Noviembre 2011	

## BIBLIOGRAFÍA

- CEDEX. 1994. *Aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (MOPTMA), inédito, Madrid.
- Chow, V. T. 1959. *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill
- MOPU. 1965. *Instrucción de Carreteras. Drenaje. Norma 5.1.- I.C.* Dirección General de Carreteras.
- MOPU. 1990. *Instrucción 5.2.- I.C. Drenaje Superficial*. Dirección General de Carreteras.
- MOPU. 1974. *Control de la erosión fluvial en puentes*. Dirección General de Carreteras.
- Témez, J.R. 1987. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Dirección General de Carreteras. MOPU.
- Témez, J.R. 1991. *Extended and Improved Rational Method*. Version of the Hyghaways Administration of Spain. Proc. XXIV Congress. Madrid. Vol. A.
- CEDEX. 2011. *Mapa de Caudales Máximos*. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (MOPTMA), inédito, Madrid.
- Almorox, J.; Hontoria, Ch. y Saa, A. 2001. *Utilización de los Sistemas de Información Geográfica para la estimación automática de la escorrentía directa*. Ingeniería del Agua, vol. 8, nº 3, p. 295-304.

Camarasa, A. M. 1995. *Génesis de crecidas en pequeñas cuencas semiáridas: Barranc del Carraixet y Rambla de Poyo*". MOPT-Confederación Hidrográfica del Júcar.

Juan Pedro Martín Vide. 2002. *Ingeniería de Ríos*. Edicions UPC.

Henderson, F.M. 1996. *Open Channel Flow*. Macmillan

US Army Corps of Engineers. 2010. *Hydrologic Modelling System HEC- HMS User's Manual. Version 3.5*. Hydrologic Engineering Center.

US Army Corps of Engineers. 2011. *HEC-GeoRAS GIS Tools for support of HEC-RAS using ArcGis. User's Manual. Version 4.3.93*. Hydrologic Engineering Center.

US Army Corps of Engineers. 2009. HEC-GeoHMS. *Geospatial Hydrologic Modelin Extension. User's Manual. Version 4.2*. Hydrologic Engineering Center.

Brunner, G. W. 2002. *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Versión 3.1, 2002*. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Davis, California U.S.A.

Brunner, G. W. 2002. *HEC-RAS River Analysis System User.s Manual. Versión 3.1. 2002*. U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Davis, California U.S.A

Ferrer, J. 1992. *Análisis estadístico de caudales de avenida*. Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX, MOPPT).

Olivares, A. 2004: *Modelación hidrológica pseudo-distribuída del Barranc del Carraixet: aplicació al episodio de octubre de 2000*. Cuadernos de Geografía,155-182.



Cunge, J.A. 1967. On the Subject of a Flood Propagation Method. J. Hyd. Res, IAHR 7 (2).

US Soil Conservation Service. 1972: National Engineering Handbook, sec 4, sup. A, Hydrology.

Clark, C.O. 1978. *Storage and the unit hydrograph*. Transactions of the American Society of Civil Engineers 110, pp.1.419-1.446.

Martínez Marín, E. 2001. *Hidráulica fluvial. Principios y práctica*. Ed. Bellisco.

García Nájera, J.M. 1962. *Principios de hidráulica torrencial*. Instituto forestal de investigaciones y experiencias. Madrid.

Rivas Martínez, Z.S. 1987. *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. ICONA. Madrid.

Morisawa, M. 1985 : *Rivers*. Longman.

Myers, W.R.C., J.F. Lyness y J. Cassells. 2001. Influence of boundary roughness on velocity and discharge in compound river channels. *J. Hydraulic Research*, Vol. 39, nº 3.