

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE RÍO TORROX Y ARROYO  
JUAN ROJO A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 132 / 20 Kv  
UBICADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**N.º de expediente: 25/18**

**PETICIONARIO: SISTEM MELESUR S.L.**

**FECHA: Octubre 2018**



**FERRANDIZ**48



**ÍNDICE:**

<b>1. ANTECEDENTES Y OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROMOTOR Y PETICIONARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>3. CONTENIDO DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO.....</b>	<b>2</b>
<b>4. LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO .....</b>	<b>3</b>
<b>5. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....</b>	<b>4</b>
5.1. RÍO TORROX.....	4
5.2. ARROYO JUAN ROJO.....	6
5.2.1. Características morfológicas de la cuenca.....	6
5.2.2. Método racional modificado por Témez .....	8
5.2.3. Cálculo del tiempo de concentración.....	9
5.2.4. Determinación del umbral de escorrentía.....	10
5.2.5. Precipitación.....	13
5.2.6. Intensidad media máxima.....	13
5.2.7. Coeficiente de escorrentía.....	14
5.2.8. Caudales de cálculo .....	15
<b>6. ESTUDIO HIDRÁULICO .....</b>	<b>16</b>
6.1. INTRODUCCIÓN.....	16
6.2. TOPOGRAFÍA .....	16
6.3. RÍO TORROX.....	19
6.3.1. El modelo IBER .....	19
6.3.2. Modelización hidráulica con IBER.....	19
6.3.3. Visualiación de resultados.....	28
6.3.4. Análisis de los resultados obtenidos con modelo 2D .....	30
6.3.5. Medida correctora Río Torrox.....	31

---

6.4. ARROYO JUAN ROJO.....	37
6.4.1. Cálculo con HEC - RAS.....	37
6.4.2. Parámetros de cálculo.....	39
6.4.3. Resultados .....	43
6.4.4. Propuesta de medidas correctoras.....	45
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
7.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	47
7.2. ESTUDIO HIDRÁULICO RIO TORROX.....	47
7.3. ESTUDIO HIDRÁULICO ARROYO JUAN ROJO.....	48
<b>8. EQUIPO REDACTOR .....</b>	<b>50</b>

## ANEXOS

**ANEXO I** – INFORME DESFAVORABLE CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO.

**ANEXO II** – HOJAS DE CÁLCULO DE CAUDAL.

**ANEXO III** – CÁLCULO ARROYO JUAN ROJO:

1. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONTROL
2. PERFILES LONGITUDINALES
3. DATOS HIDRÁULICOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL
4. OBRA DE PASO

**ANEXO IV** - REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---

**ANEXO V - PLANOS:**

1. PLANO DE LOCALIZACIÓN. TOPOGRÁFICO NACIONAL 1:25.000.
  2. PLANO DE LOCALIZACIÓN. ORTOFOTO.
  3. PLANO DE CUENCA. ARROYO JUAN ROJO.
  4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (LIDAR). ÁMBITO DE ESTUDIO.
  5. TOPOGRAFÍA. CURVAS DE NIVEL 1m.
  6. USOS DEL SUELO. NÚMERO DE MANNING.
  7. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. ZONA INUNDABLE.
  8. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. CALADO MÁXIMO.
  9. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. VELOCIDADES DEL FLUJO.
  10. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. ZONA INUNDABLE.
  11. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. CALADO MÁXIMO.
  12. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. VELOCIDAD DEL FLUJO.
  13. ARROYO JUAN ROJO – PLANO DE LOCALIZACIÓN DE SECCIONES
  14. ARROYO JUAN ROJO – PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DE ZONA INUNDABLE
  15. ARROYO JUAN ROJO – PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS
-



## **1. ANTECEDENTES Y OBJETO**

Con fecha 20 / 11 / 2017 el promotor de la innovación solicitó autorización al Organismo competente en materia de aguas para la ejecución de una nueva subestación eléctrica 132 / 20 Kv haciendo entrada y salida en la línea aérea “Rincón – Nerja” en el Término Municipal de Torrox por encontrarse en zona de policía de cauces públicos.

En respuesta a la solicitud presentada el Organismo emite informe con fecha de salida 15 de febrero de 2018, en el que se indica que la instalación solicitada se sitúa dentro de la zona inundable para un periodo de retorno de 500 años tal y como se indica en el Mapa de peligrosidad por inundaciones y los mapas de riesgo de inundación en Andalucía (MPRIA), aprobados según Orden de 14 de enero de 2016. Por lo tanto, se informa desfavorablemente la ubicación de la subestación.

El objeto del estudio es calcular la zona inundable para el periodo de retorno de 500 años. Así como las medidas correctoras necesarias para, en el caso de afectar la inundabilidad de los cauces a la zona de implantación, evitar dicha afección.

## **2. PROMOTOR Y PETICIONARIO**

El Promotor del presente Estudio hidrológico-hidráulico para la determinación de las zonas inundables con periodo de retorno de 500 años de los cauces públicos Río Torrox y Arroyo Juan Rojo a su paso por subestación eléctrica 132 / 20 Kv ubicada en el Término Municipal de Torrox es Endesa Distribución Eléctrica.

El Peticionario es Sistem Melesur Energía S.L.

### 3. CONTENIDO DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO

El estudio se estructura en las siguientes fases:

- A. Recopilación de datos necesarios para la elaboración del estudio.
  - Consulta de estudios existentes.
  - Recopilación de cartografía existente.
  
- B. Visita de campo:
  - Estudio de las condiciones del cauce.
  - Dimensionamiento de obras de drenaje transversal.
  - Reportaje fotográfico.
  
- C. Estudio hidrológico.
  - Delimitación de la cuenca de aportación.
  - Estudio de las características hidrológicas.
  - Análisis pluviométrico.
  - Obtención de los caudales.
  
- D. Estudio hidráulico.
  - Caracterización de la cuenca mediante el número de Manning.
  - Cálculo hidráulico para obtención de la altura de inundación.
  
- E. Propuesta de medidas correctoras.
  - En el caso de afectar a la zona de estudio se estudiarán las medidas correctoras necesarias para evitar la afección.

A lo largo de la memoria se realiza un desarrollo de cada uno de los apartados anteriores.

#### 4. LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Se han estudiado dos cauces públicos: El Río Torrox y el Arroyo Juan Rojo. La zona de modelización de los cauces es la comprendida entre los siguientes puntos de coordenadas (ETRS89) siguientes:

Cauce		X	Y	Longitud del tramo
Río Torrox	Aguas arriba	415.126	4.067.526	885 m
	Aguas abajo	414.813	4.066.766	
Arroyo Juan Rojo	Aguas arriba	415.424	4.067.050	370 m
	Aguas abajo	415.073	4.067.101	



Ortofoto de la zona de estudio. Se indica en rojo la ubicación de la infraestructura.

## 5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El principal objetivo de este punto es la obtención del hidrograma o, en caso del Arroyo Juan Rojo, caudal punta correspondiente al periodo de retorno de 500 años.

Para cada uno de los cauces se han utilizado diferente metodología:

- Río Torrox: El hidrograma utilizado para la simulación ha sido extraído del “Estudio Hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol Oriental (Málaga)”.
- Arroyo Juan Rojo: Calculo del caudal máximo mediante la aplicación del Método Racional modificado por Témez.

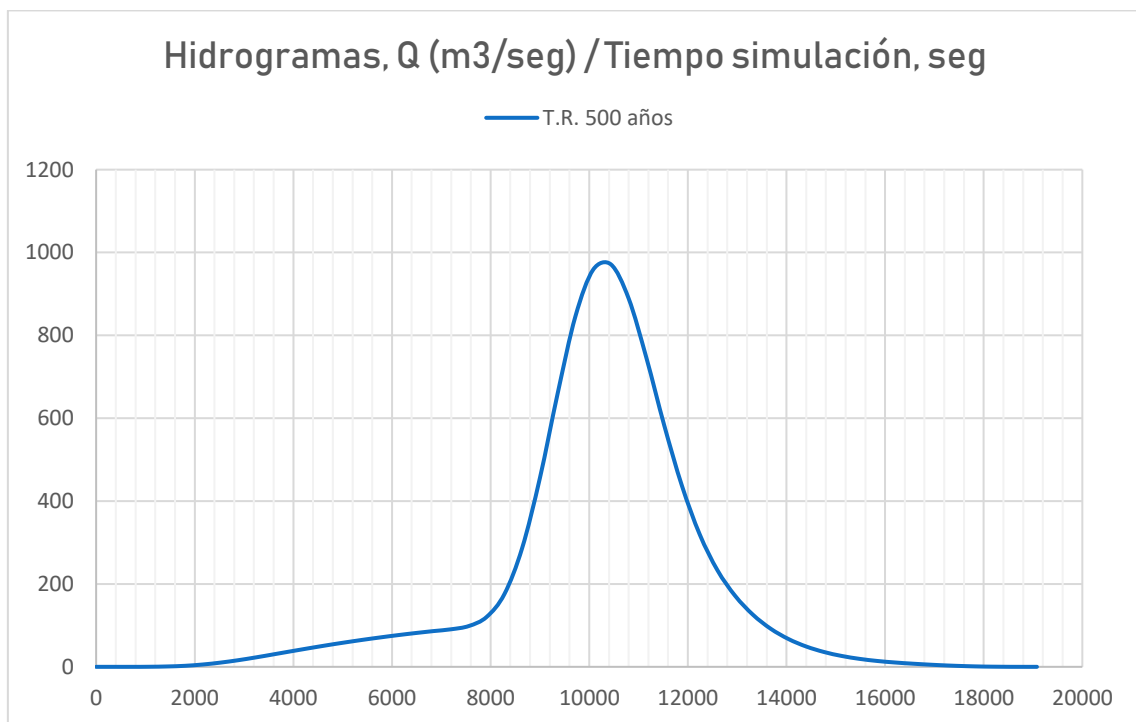
### 5.1. RÍO TORROX

Como se ha indicado previamente, el caudal ha sido obtenido de la publicación “Estudio Hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol Oriental (Málaga)” Expediente A6.803.674/0411, estudio de referencia y con aprobación del Organismo competente en materia de aguas.

Los caudales son los siguientes:

TIEMPO, seg	CAUDAL 500 años, m <sup>3</sup> /seg	TIEMPO, seg	CAUDAL 500 años, m <sup>3</sup> /seg
0	0	9720	846
360	0	10080	958,6
720	0	10440	971,3
1080	0,2	10800	889
1440	0,9	11160	745,5
1800	2,5	11520	583,4
2160	5,6	11880	437
2520	10,2	12240	319,9
2880	16	12600	233,2
3240	22,8	12960	171,3
3600	30,2	13320	125,8
3960	37,7	13680	92
4320	45	14040	67,2
4680	52,1	14400	49,1
5040	58,8	14760	35,9
5400	65,1	15120	26,3
5760	71	15480	19,3
6120	76,5	15840	14,2
6480	81,6	16200	10,5

6840	86,3	16560	7,6
7200	90,7	16920	5,2
7560	98,6	17280	3,2
7920	120,5	17640	1,7
8280	175,7	18000	0,7
8640	286,7	18360	0,2
9000	455,8	18720	0
9360	659,8	19080	0



El valor máximo se obtiene a los 10.440 seg (2 horas y 54 minutos) del comienzo de la simulación y es el siguiente:

Periodo de retorno	Caudal máximo
500 años	971,3 m <sup>3</sup> / seg

## 5.2. ARROYO JUAN ROJO

Para el cálculo del caudal circulante del periodo de retorno considerado se ha seguido el Método Racional modificado por Témez. Posteriormente a la obtención del caudal punta se ha aplicado la metodología del Hidrograma Sintético para la obtención del Hidrograma.

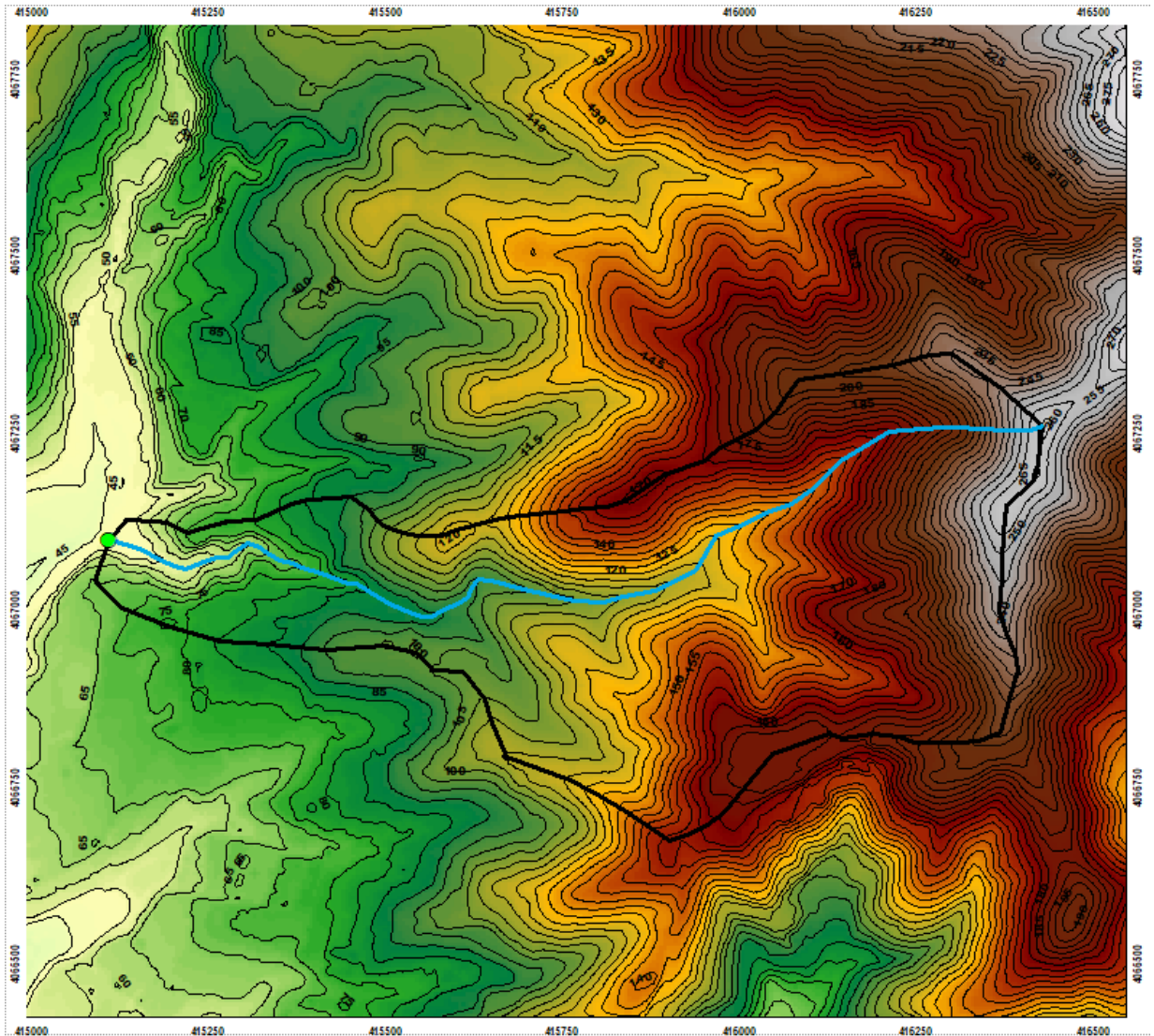
### 5.2.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

La cartografía utilizada para la delimitación de la cuenca es el Modelo Digital de Elevaciones – MDT05 correspondiente a la hoja 1054 proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional. El paso de malla es de 5 metros, lo cual se considera suficiente para la modelización de la cuenca.

La superficie de cuenca, así como otras características morfológicas se muestran en la siguiente tabla:

CAUCE	PUNTO DE DESAGÜE	AREA (Km <sup>2</sup> )	LONGITUD DEL CAUCE (Km)	COTA AGUAS ARRIBA (m)	COTA AGUAS ABAJO (m)	PENDIENTE MEDIA (m/m)
Arroyo Juan Rojo	X – 415.111 Y – 4.067.100	0,45	1,46	265	47	0.149

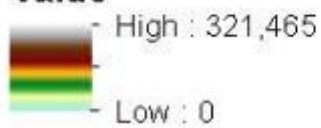




- Punto de Salida
- Cuencas
- Curvas de nivel

**Topografía MDT05**

**Value**



### 5.2.2. MÉTODO RACIONAL MODIFICADO POR TÉMEZ

La “Instrucción 5.2-IC. Drenaje superficial” del Ministerio de Fomento, aprobada por Orden Ministerial de 15 de febrero FOM/298/2016, propone un método hidrometeorológico para estimar los caudales asociados a diferentes períodos de retorno basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de la estimación de la escorrentía.

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual, correspondiente a cada periodo de retorno, se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot S \cdot K}{3.6}$$

- “C” es el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
- “A” el área de la cuenca, Km<sup>2</sup>.
- “I” la intensidad media máxima de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración, mm/h.
- “K” Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Este sencillo y difundido método se basa en la transformación de una precipitación con una intensidad I (que empieza en forma instantánea y continúa de forma indefinida) a una escorrentía que continuará hasta que se alcance el tiempo de concentración (T<sub>c</sub>), momento en el cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo. En ese momento de equilibrio entre entradas y salidas se alcanzará la caudal punta en el emisario de la cuenca; el volumen entrante será el producto de la intensidad de precipitación por el área de la misma (I \* A), y se ve reducido por un coeficiente de escorrentía (C) entre 0 y 1 que representa la proporción de agua retenida en las abstracciones iniciales: será 0 si toda la precipitación se convierte en pérdidas y 1 si la cuenca es totalmente impermeable.

No obstante, es criticable la simplicidad de este método ya que sus hipótesis de partida (precipitación constante a lo largo de la cuenca en un intervalo T<sub>c</sub>, y coeficiente de escorrentía constante en el tiempo) son difíciles de cumplirse en un sistema natural. Para ello se han propuesto una serie de modificaciones que pretenden adaptarlo a lluvias con duración mayor al tiempo de concentración, cuencas de mayores dimensiones y reconstrucciones no solo del pico de flujo, sino del hidrograma, supuesto de forma trapezoidal.

La modificación de Témez para su aplicación a cuencas de hasta 3.000 km<sup>2</sup> y tiempos de concentración entre 0,25 y 24 horas, introduce en la fórmula un coeficiente de uniformidad de la precipitación (K), que multiplica al caudal anterior y puede calcularse en función del tiempo de concentración (T<sub>c</sub>) según la siguiente fórmula:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

### 5.2.3. CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Un concepto básico para definir una cuenca desde el punto de vista hidrológico es el tiempo de concentración que se define como “el tiempo necesario para que el agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca llegue a dicha sección”, según la Instrucción 5.2-IC. Es función de las características geomorfológicas de la cuenca: forma, pendiente media, cubierta vegetal, etc. En la Instrucción se propone la fórmula de Témez para su cálculo, a saber:

$$T_c = 0.3 \cdot \left( \frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$$

“L” es la longitud del cauce principal que drena en el punto de desagüe de la cuenca de estudio (en Km).

“J” su pendiente media del cauce principal (en m/m).

“T<sub>c</sub>” es el tiempo de concentración (en horas).

El tiempo de concentración viene definido por el camino más largo de flujo de toda la cuenca que drena al punto de estudio. En la siguiente tabla vienen indicadas las características necesarias para el cálculo del Tiempo de Concentración:

CAUCE	LONGITUD MÁXIMA DEL CAUCE (Km)	COTA AGUAS ARRIBA (m)	COTA AGUAS ABAJO (m)	PEND. MEDIA (m/m)	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (horas)
Arroyo Juan Rojo	1.46	265	47	0.149	0.58

La Instrucción 5.2-IC divide las cuencas en grandes y pequeñas según el tiempo de concentración, marcándose en seis horas el umbral entre ambas. Las suposiciones previas a la aplicación del Método Racional pierden exactitud en el momento en el que tratamos con cuencas grandes. En nuestro caso la cuenca tiene un tiempo de concentración inferior a 6 horas con lo que es perfectamente aplicable el Método Racional.

#### 5.2.4. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía (P0) representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía.

Para la determinación del valor inicial del umbral de escorrentía se ha relacionado la tabla incluida en el Anexo II “Tablas de valores del umbral de escorrentía – Tabla 2” del documento denominado “**Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables**” editado por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

En la mencionada tabla se cruzan tres factores:

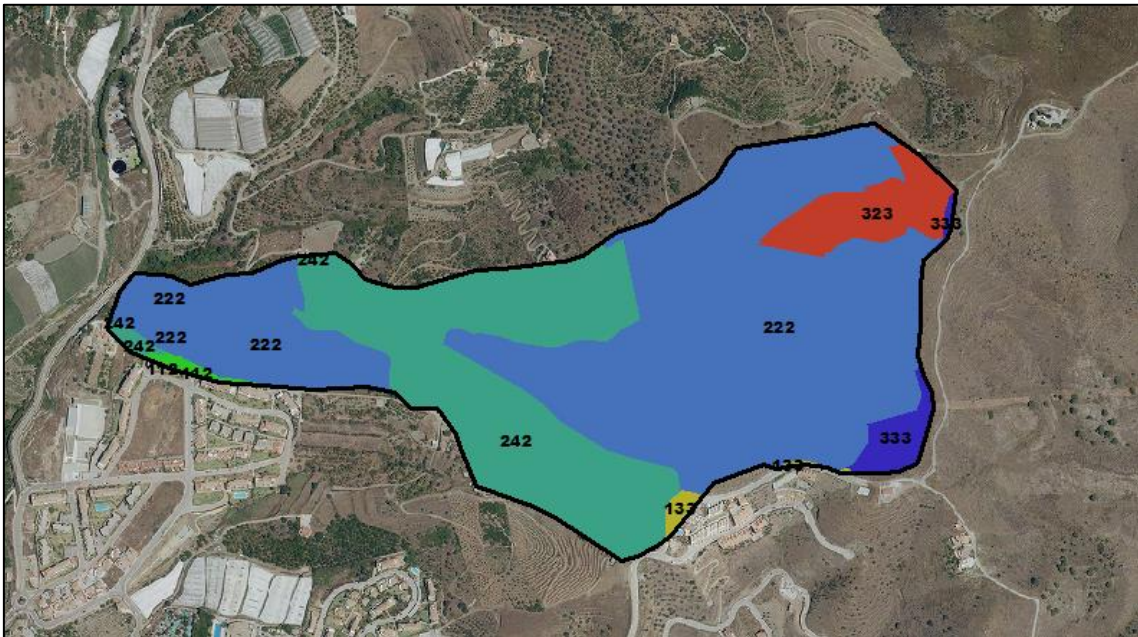
- Usos del suelo.
- Grupo hidrológico del suelo (permeabilidad).
- Pendiente.

#### Uso del suelo

Se ha utilizado, tal y como indica el manual, el Mapa de Ocupación del suelo en España, correspondiente al proyecto europeo Corine Land Cover. En el área correspondiente a la cuenca drenante se han distinguido los usos siguientes:

	CODIGO	USO	AREA, m <sup>2</sup>	%
	112	Tejido urbano discontinuo	2447	0.3
	133	Zonas en construcción	2726	0.4
	222	Frutales	499.636	71.6
	242	Mosaico de cultivos anuales	159.984	22.8
	323	Vegetación esclerófila	24.880	3.6
	333	Espacios con vegetación escasa	10.708	1.5

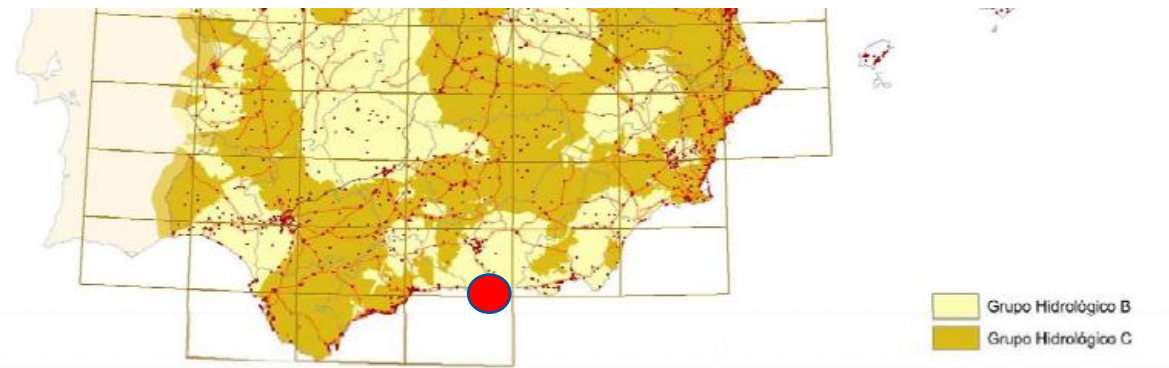




Usos del suelo Corine Land Cover

**Grupo hidrológico del suelo**

A partir de la figura 2.7 “Mapa de grupos hidrológicos de suelo” se han obtenido el grupo hidrológico del suelo con el que entrar en la tabla del umbral de escorrentía. La práctica totalidad de la cuenca está sobre el grupo hidrológico B.

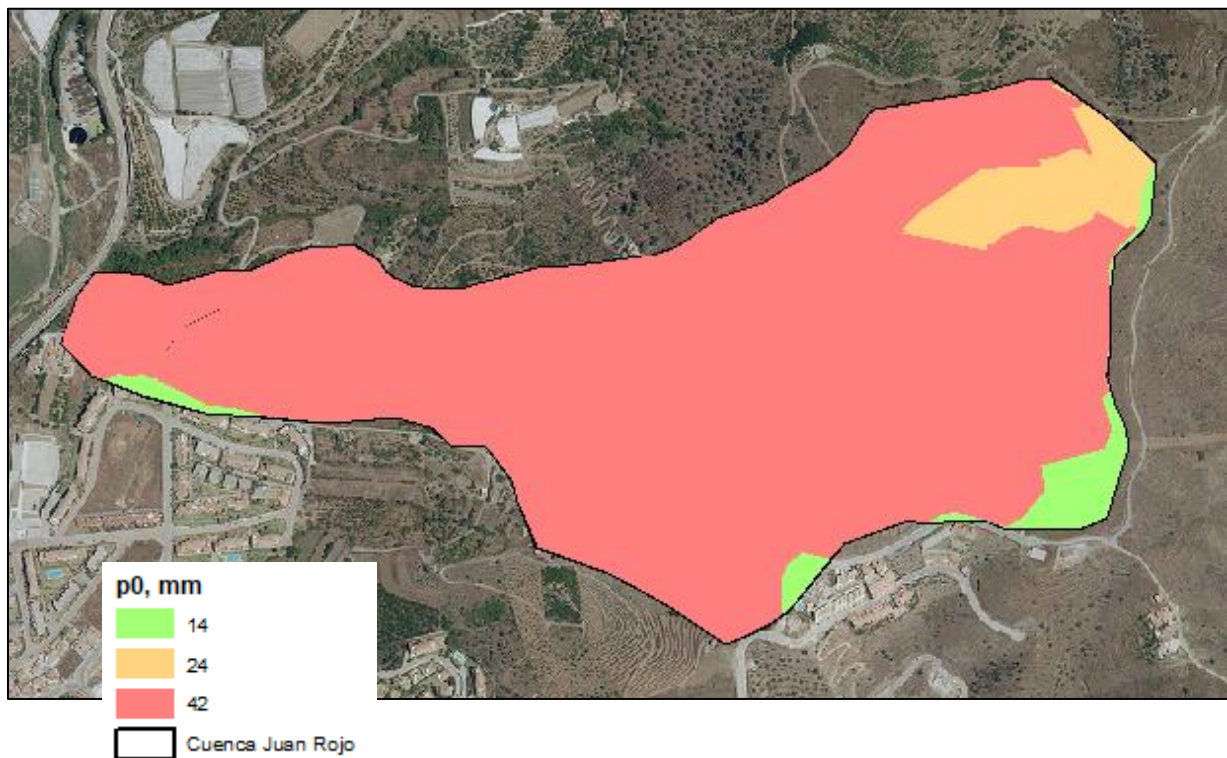


**Pendientes**

Estas se clasifican en dos intervalos, mayores e inferiores al 3%. La abrupta orografía de la cuenca hace que estas sean superiores al 3 % en la toda la extensión.

Enlazando los tres factores en la tabla de referencia obtenemos el mapa de umbral de escorrentía:

CÓDIGO	USO	GRUPO HIDROLÓGICO	PENDIENTE	UMBRAL DE ESCORRENTÍA, mm
112	Tejido urbano discontinuo	B	>3%	14
133	Zonas en construcción	B	>3%	14
222	Frutales	B	>3%	42
242	Mosaico de cultivos anuales	B	>3%	42
323	Vegetación esclerófila	B	>3%	24
333	Espacios con vegetación escasa	B	>3%	14



Promediando el valor obtenido para el umbral de escorrentía con su correspondiente área obtenemos:

CAUCE	UMBRAL DE ESCORRENTÍA, mm
Arroyo Juan Rojo	40.01



### 5.2.5. PRECIPITACIÓN

De la publicación del Ministerio de fomento denominada “Máximas lluvias diarias en la España peninsular” se han obtenido los valores de precipitación. La precipitación máxima en el punto de coordenadas ETRS89: X – 415.800 e Y – 4.067.128 es la siguiente:

<b>Periodo de Retorno 500 años</b>
245 mm

Siguiendo la metodología establecida en la instrucción se ha aplicado el Coeficiente Reductor por Área de la Precipitación. Tiene en cuenta el hecho de que la distribución de la precipitación no es uniforme geográficamente, ya que no toda la cuenca contribuye con la misma precipitación. El método que utilizamos para evaluar este fenómeno es el propuesto por Témez (1991):

$$ARF = 1 - \frac{\log(SUPERFICIE)}{15}$$

Al tener la cuenca una superficie inferior a 1 km<sup>2</sup> no se aplica el Coeficiente Reductor por Área de la Precipitación.

### 5.2.6. INTENSIDAD MEDIA MÁXIMA

El valor de la intensidad media máxima viene determinado por la duración de la lluvia, que en nuestro caso será igual al tiempo de concentración y el periodo de retorno considerado.

Para determinarla utilizamos las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia). Vamos a utilizar la curva que recomienda la Instrucción, al considerar esta curva sintética estamos suponiendo que la tormenta de diseño es de tipo rectangular. Gracias a esta ecuación podemos obtener la intensidad máxima asociada a una duración de lluvia determinada, que en nuestro caso va a ser el tiempo de concentración de cada cuenca, y a una intensidad media diaria:

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1^{0.1}}}$$

Donde:  $I_t$  es la intensidad media máxima, mm/h

$I_d$  intensidad media diaria de precipitación ( $P_{max}/24$ ), mm/h

$T_c$  duración de la lluvia, que en nuestro caso es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

$I_1/I_d$  factor regional extraído del mapa de Isolíneas del MOPU.



Mapa de isolíneas para la estimación del factor regional  $I_1/I_d$  (MOPU 1990)

Cauce	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (h)	FACTOR REGIONAL	PERIODO RETORNO (años)	PRECIPITACION MAXIMA (mm/día)	INTENSIDAD MEDIA MAXIMA (mm/h)
Arroyo Juan Rojo	0.57	9	500	245	120.55

### 5.2.7. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Este coeficiente reproduce el proceso de pérdidas. Se produce por diversos mecanismos de diferente naturaleza: interceptación, infiltración, evaporación... y es función del uso del suelo, geología-edafología, pendiente, etc.

El proceso de pérdidas también viene afectado por la intensidad de lluvia ya que cuanto mayor es ésta, menores son las pérdidas, con lo que aumenta el coeficiente. Esto hace que sea función del periodo de retorno.

En la Instrucción 5.2-1C "Drenaje superficial" nos proponen la siguiente formulación para su cálculo:

$$C = \frac{(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2}$$

"C" es el coeficiente de escorrentía.

" $P_d$ " es la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno, mm.

" $P_0$ " es el umbral de escorrentía, función de las características de la cuenca, mm.

CAUCE	UMBRAL DE ESCORRENTÍA (mm)	PERIODO DE RETORNO (años)	PRECIPITACION DIARIA (mm)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
Arroyo Juan Rojo	40.01	500	245	0.51

### 5.2.8. CAUDAL DE CÁLCULO

Para el cálculo hidráulico se han utilizado los siguientes caudales punta:

CAUCE	PERIODO DE RETORNO, AÑOS	CAUDAL, M <sup>3</sup> /SEG
Arroyo Juan Rojo	500	7.91

## 6. ESTUDIO HIDRÁULICO

### 6.1. INTRODUCCIÓN

Se ha optado, para el Río Torrox, dada la entidad del cauce, por la realización de un modelo bidimensional. En cauces de cierta envergadura las velocidades no son homogéneas en toda la sección transversal, la realización de secciones transversales provocaría una pérdida importante de información en las zonas intermedias y existen flujos laterales, no perpendiculares a la sección. Este comportamiento del flujo queda fuera del alcance de un modelo unidimensional.

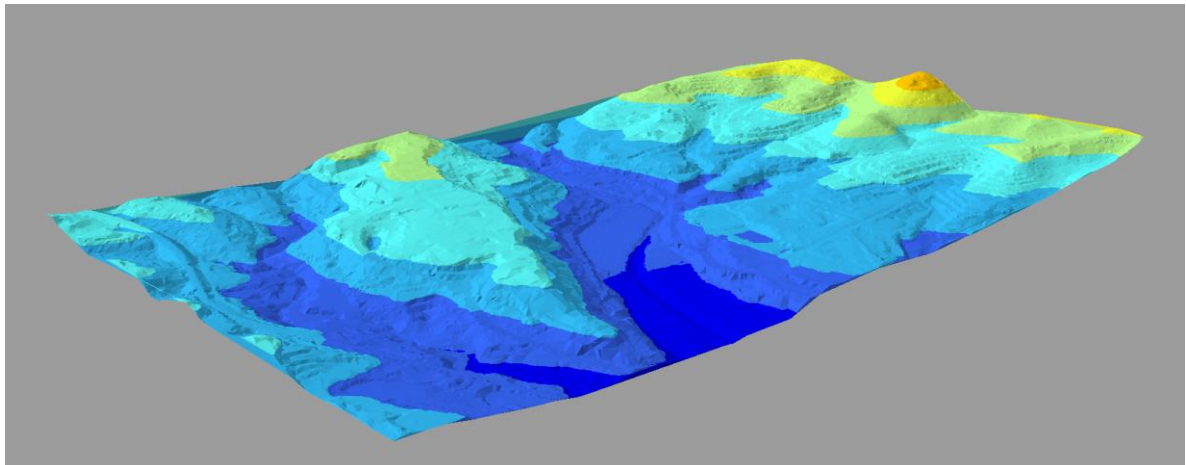
Se han realizado dos simulaciones para el periodo de retorno de 500 años. Una primera con el estado actual y otra posterior en la que se han incluido las medidas correctoras pertinentes para corregir la afección por inundabilidad del vial existente y el emplazamiento de la futura subestación proyectada.

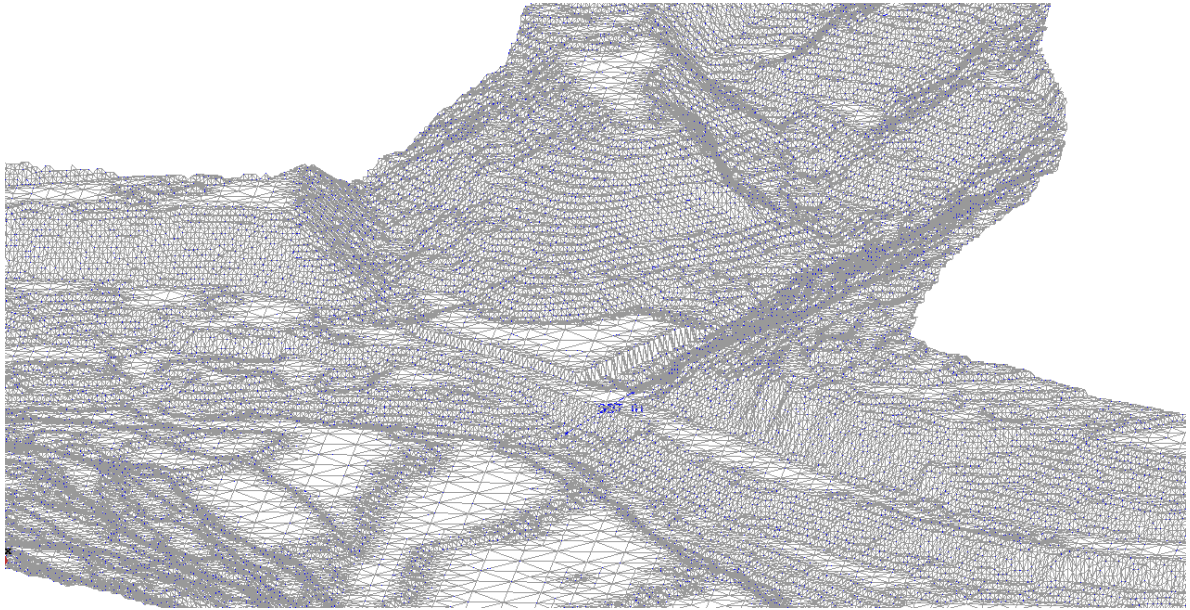
Con respecto al Arroyo Juan Rojo se ha optado por la realización de una simulación independiente con un modelo unidimensional.

### 6.2. TOPOGRAFÍA

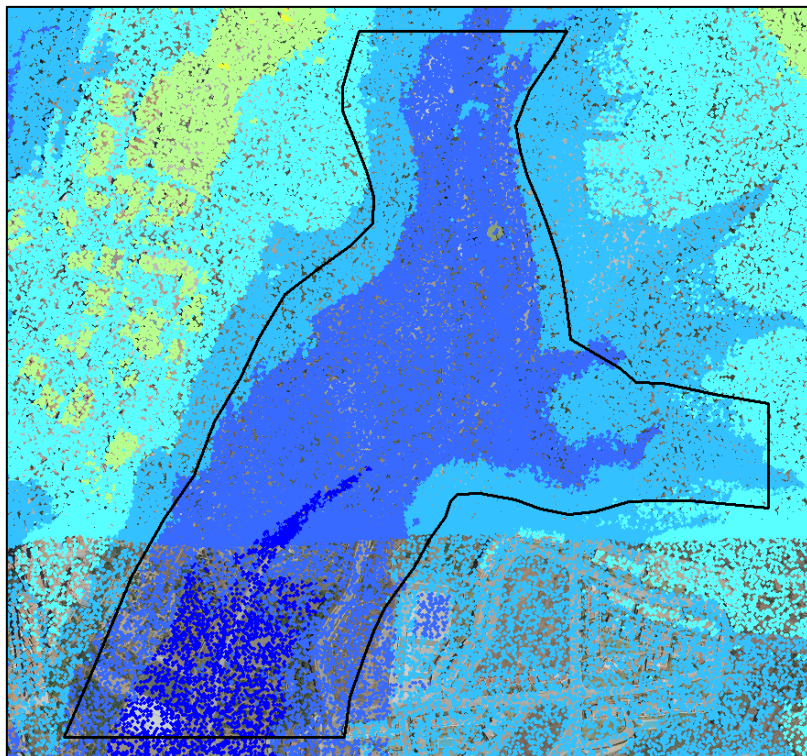
La topografía utilizada para la modelización es el vuelo LIDAR. Esta es de distribución libre, se puede descargar de la web del Instituto Geográfico Nacional. La densidad de puntos es de 0,5 puntos/m<sup>2</sup> en la primera cobertura y de 1 punto/m<sup>2</sup> en la segunda cobertura. La precisión altimétrica obtenida es menor a 20 cm. El año de realización del vuelo es el 2.014.

Una vez obtenida la nube de puntos se ha ejecutado un filtro de refinamiento en el cual se han obviado los puntos que no correspondían al terreno u otros elementos apropiados para la modelización, y que pueden dar lugar a errores en la simulación, estos pueden ser árboles, edificios, etc. Asimismo, se han incluido las líneas de ruptura de elementos que pudieran interferir al flujo, como pueden ser los viales y estructuras laterales.

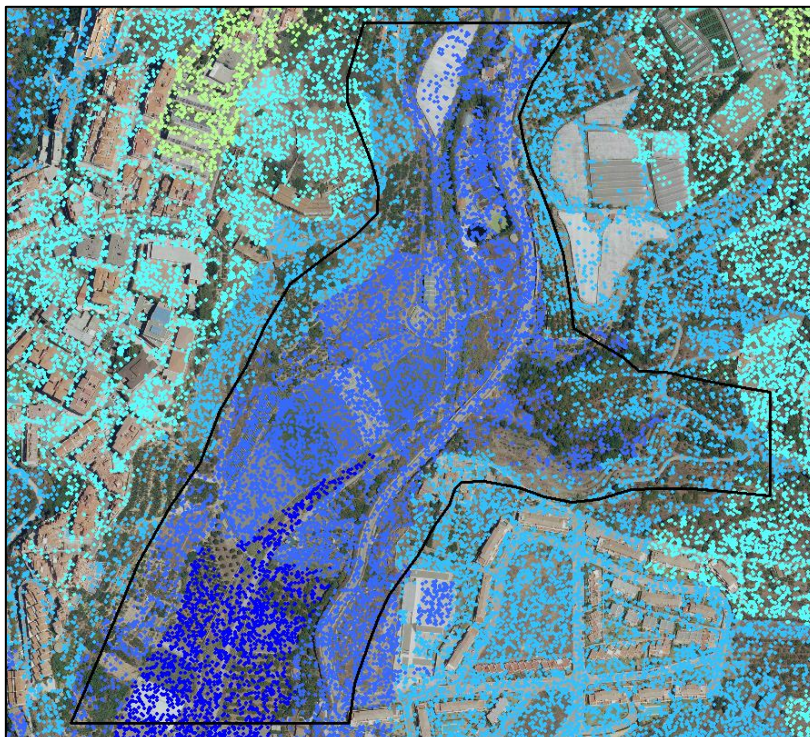




Modelos 3D de la zona de estudio







Puntos LIDAR sin filtrado (superior) y con filtrado (inferior) correspondientes a la zona de estudio. Se puede observar cómo se eliminan los puntos existentes en las edificaciones, además de otros correspondientes a vegetación.



### **6.3. RÍO TORROX**

Para modelizar el Río Torrox se ha optado por la construcción de un modelo bidimensional con el programa de simulación IBER, en el que se realiza el análisis en régimen no estacionario.

Se han realizado dos simulaciones para el periodo de retorno de 500 años. Una primera con el estado actual y otra posterior en la que se han incluido las medidas correctoras pertinentes para corregir la afección por inundabilidad del vial existente y el emplazamiento de la futura subestación proyectada.

#### **6.3.1. EL MODELO IBER**

El modelo Iber permite realizar la modelización bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. Iber consta de un módulo hidrodinámico que permite la simulación bidimensional de cauces (y en consecuencia posibilita la definición de zonas inundables, la delimitación de vías de intenso desagüe o en general la zonificación del Dominio Público Hidráulico), un módulo de turbulencia y un módulo de transporte sólido por arrastre de fondo y en suspensión para la cuantificación de procesos de erosión y sedimentación.

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de Saint Venant bidimensionales.

En la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, y cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes.

#### **6.3.2. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA CON IBER**

Los pasos necesarios para la realización del cálculo son los siguientes:

1. Creación o importación de la geometría.
2. Asignación de las condiciones de contorno e iniciales.
3. Asignar los parámetros de entrada.
4. Opciones generales de cálculo.
5. Construcción de la malla de cálculo.
6. Introducción de las obras de paso.
7. Calcular.

Los pasos enumerados quedan recogidos dentro del denominado pre-proceso.

**6.3.2.1. Importación de la geometría**

Lo primero que se ha realizado es la definición de un ámbito de estudio. Esto se realiza atendiendo a la morfología del terreno, para que el agua no alcance nunca el límite de la geometría, y dando unas distancias a la entrada y salida lo suficientemente grandes para que, al alcanzar la inundación la zona de interés, las condiciones de borde no tengan influencia grande sobre la misma.



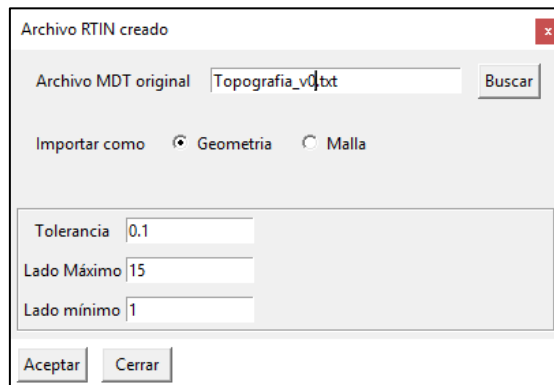
**Zona de estudio**

Las coordenadas límite de dicha zona son en sistema de referencia ETRS89:

	X, m	Y, m
Esquina superior derecha	415.423	4.067.525
Esquina superior izquierda	414.646	4.067.525
Esquina inferior derecha	415.423	4.066.777
Esquina inferior izquierda	414.646	4.066.777

La geometría la generamos mediante la metodología del RTIN que consiste en dividir la superficie del terreno en triángulos rectángulos de diferentes tamaños. Estos triángulos son planos inclinados. A mayor número de triángulos mayor es la aproximación de la geometría con la topografía, pero mayor también es el tiempo de simulación.

Las opciones que hemos elegido para la simulación son las siguientes:

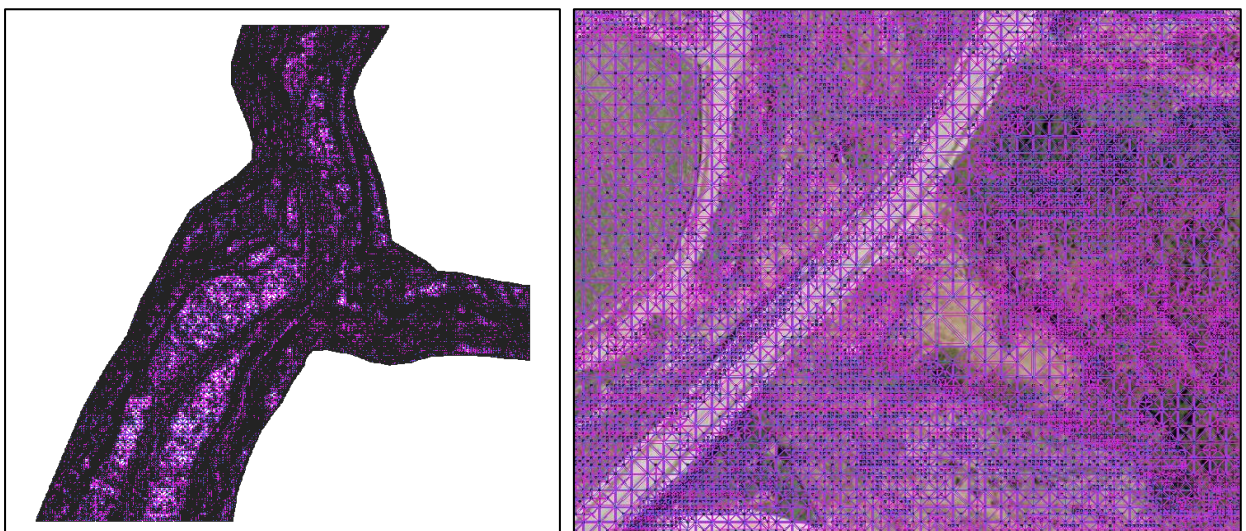


Tolerancia: Es la diferencia máxima que debe haber entre el MDE y la geometría que se va a generar. Entre 0.1 y 0.3, mayor precisión y menor precisión.

Lado máximo: La longitud máxima del triángulo más grande que puede haber en la geometría creada.

Lado mínimo: La longitud mínima que pueden tener los triángulos de la geometría.

El resultado de la importación de las superficies triangulares que se acaban de crear, y tras realizar el colapso de la geometría para eliminar la duplicidad de líneas en los lados anexos entre superficies vecinas, se puede ver en las siguientes imágenes:



Geometría generada y zoom a la zona de implantación

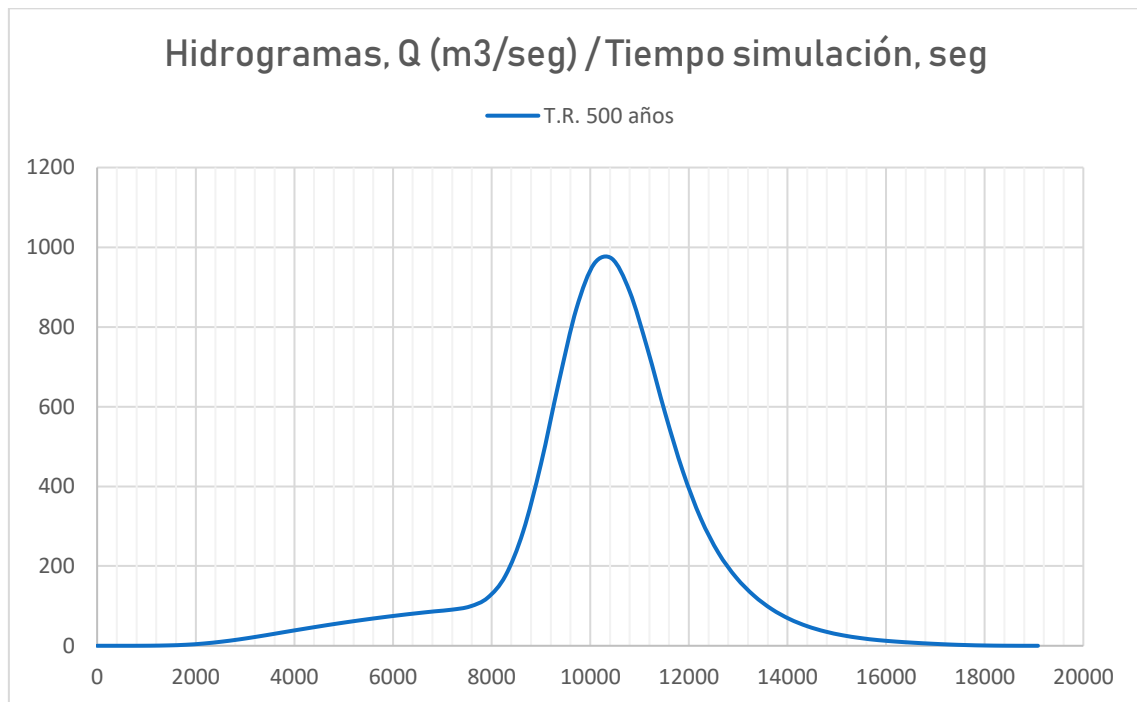
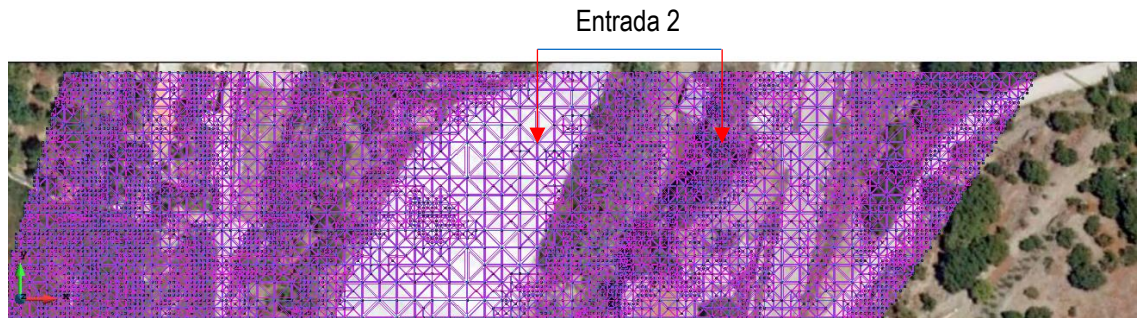


**6.3.2.2. Asignación de las condiciones de contorno, condiciones iniciales y obras de drenaje.**

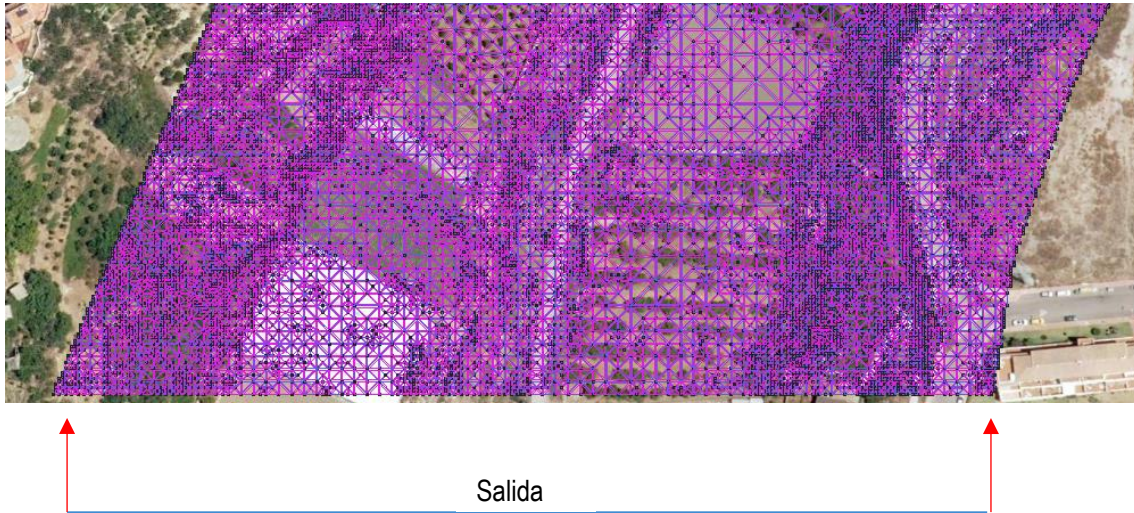
**Condiciones de contorno de entrada**

Se ha asignado un caudal total a través de los hidrogramas calculados en el estudio hidrológico para cada periodo de retorno considerado. El régimen considerado es Crítico / Subcrítico.

Los límites exteriores por los que se han introducido los caudales circulantes son los siguientes:



**Condiciones de contorno de salida:** Condición de flujo Supercrítico/Crítico



**Condiciones iniciales:**

Se deben asignar a todo el dominio. En nuestro caso se ha asignado un calado de cero a toda la geometría, que se corresponde con el estado seco inicial.

**Obras de paso:**






No existen obras de paso en el tramo de estudio del Río Torrox.

**6.3.2.3. Asignación de las rugosidades (Número de Manning)**

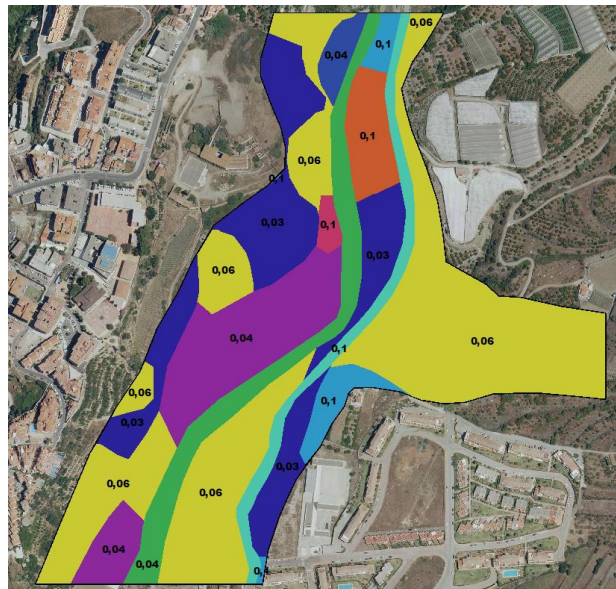
Previo al comienzo de la simulación con IBER se ha generado una capa de usos del suelo mediante Sistemas de Información Geográfica. Se ha realizado de esta forma al comprobar como en el mapa de usos del suelo SIOSE existían usos definidos incongruentes con la realidad existente.

Los distintos usos se han denominado de forma que sean congruentes con el Anexo V “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo SIOSE y CLC2000” del documento denominado “**Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables**” editado por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Los usos considerados dentro de la zona de estudio han sido:

	Uso	Número de Manning
	Cultivos herbáceos	0.04
	Cursos de agua	0.04
	Depuradora	0.1
	Edificaciones	0.1
	Frutales tropicales	0.06

	Industria aislada	0.1
	Invernadero	0.04
	Red viaria	0.1
	Suelo desnudo	0.03



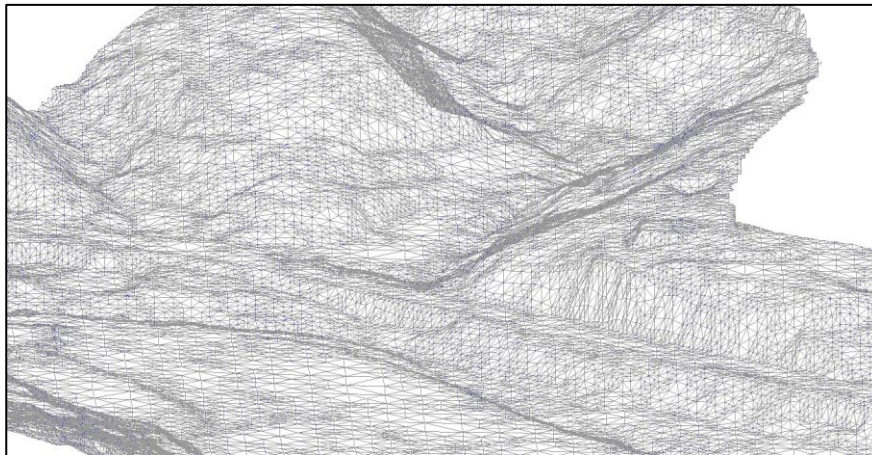
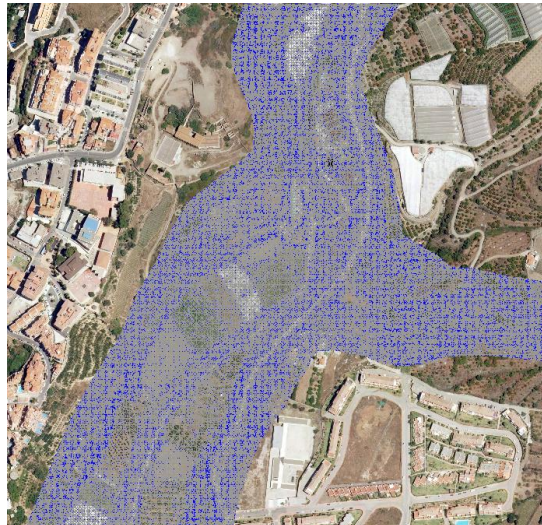
#### 6.3.2.4. Generación de la malla de cálculo

Los módulos de Iber trabajan sobre una malla de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y/o cuadriláteros. La malla de cálculo es un elemento fundamental para conseguir buenos resultados. Iber dispone de multitud de maneras de obtener una buena malla de cálculo, y en función de las características del problema un tipo de malla será mejor que otro.

Iber puede trabajar tanto con elementos triangulares como con cuadriláteros, o con mallas mixtas de triángulos y cuadriláteros. Las mallas de cálculo pueden ser a su vez regulares o irregulares, así como estructuradas o no estructuradas.

En nuestro caso se ha creado una malla estructurada con el criterio de formar un elemento en cada superficie, la malla resultante tiene un total de 159.933 elemento y 81.135 nodos.





Detalle de la zona de implantación

#### 6.3.2.5. Datos de cálculo

Los parámetros que controlamos son los siguientes:

- Parámetros de tiempo:
  - Incremento de tiempo máximo: Incremento de cálculo para satisfacer la condición de Courant.
  - Instante inicial: Valor del instante de tiempo de inicio del cálculo.
  - Tiempo máximo de simulación: Valor del instante de tiempo final del cálculo.
  - Intervalo de resultados: Fija el incremento de tiempo entre instantes de escritura de resultados.

- General:
  - Número de procesadores.
  - Esquema numérico: Se puede elegir entre esquemas numéricos de orden 1 ó 2 para realizar la discretización espacial.
  - CFL: Implica que el valor máximo del paso de tiempo utilizado para la integración temporal de las ecuaciones está limitado por la siguiente relación:

$$\Delta t_{CFL} = CFL \frac{\Delta x}{U + \sqrt{g \cdot h}} \text{ con } CFL \leq 1$$

Siendo  $\Delta x$  el tamaño de la malla de cálculo,  $U$  la velocidad del agua,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $h$  el calado y  $CFL$  un parámetro que debe ser inferior o igual a 1.

- Límite Seco – mojado: fija el umbral del calado a partir del cual se considera que un elemento está seco.
- Método de secado: hace referencia al algoritmo utilizado cuando un elemento pasa de tener un valor de calado superior al límite seco-mojado a un valor inferior.
- Condición de Courant estricta: Regula la forma de definir el tamaño de un elemento incremental de  $x$  utilizando la ecuación CFL. Se recomienda utilizar en el caso de mallas con elementos muy irregulares, por ejemplo, cuando utilizamos una TIN.
- Fricción de las paredes: Controlamos cómo se considera la fricción que los contornos cerrados del modelo (paredes) ejercen sobre el agua. Dicha fricción será mayor cuanto más rugoso sea el contorno y cuanto mayor sea la velocidad del agua en las proximidades del contorno.

Parámetros de Tiempo | General | Resultados | Peligrosidad personalizada | Turbulencia ▶

Análisis 2D

Número de procesadores

Esquema Numérico Primer Orden[Rápido] ▼

CFL

Límite Seco-Mojado [m]

Método de Secado Por Defecto ▼

Opciones generales Mostrar ▼

Condición de Courant Estricta Desa ▼

Fricción en las paredes Coeficiente de Manning ▼

Rugosidad paredes

Viscosidad molecular [m<sup>2</sup>/s]

Presión Baroclínica

Coriolis

Llenar depresiones

Detalles de Simulación

Opciones generales de cálculo seleccionadas

- Turbulencia: Se ha considerado el perfil parabólico de viscosidad turbulenta. Este modelo únicamente considera la turbulencia generada por fricción de fondo. Tiene las ventajas de ser un método robusto y rápido computacionalmente.



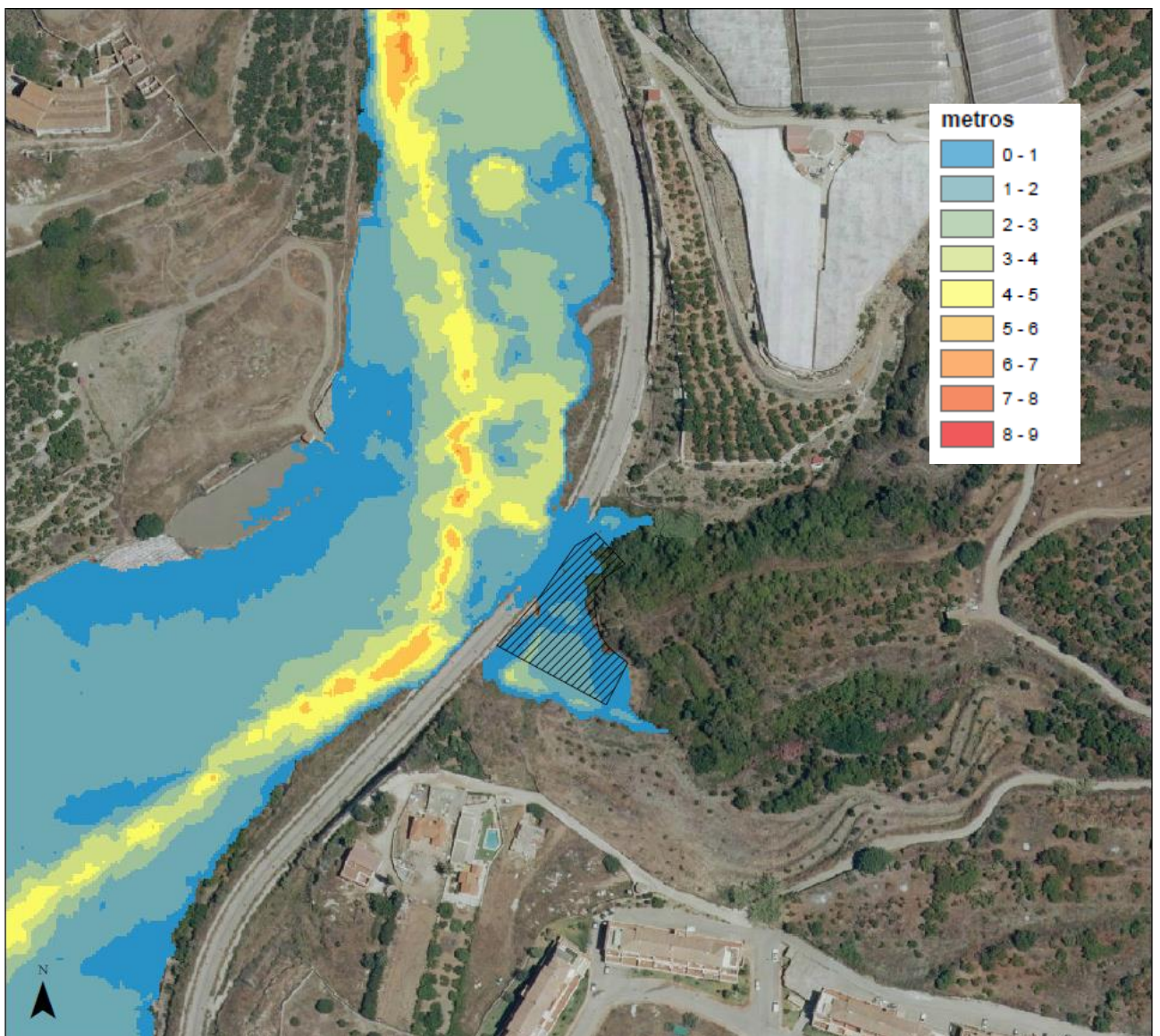
**6.3.3. VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS**

Una vez finalizados los cálculos se accede al post-proceso para visualizar los resultados. Los resultados que se han considerado mostrar por estimarlos más relevantes para la finalidad del estudio son:

- Calado.
- Velocidad.

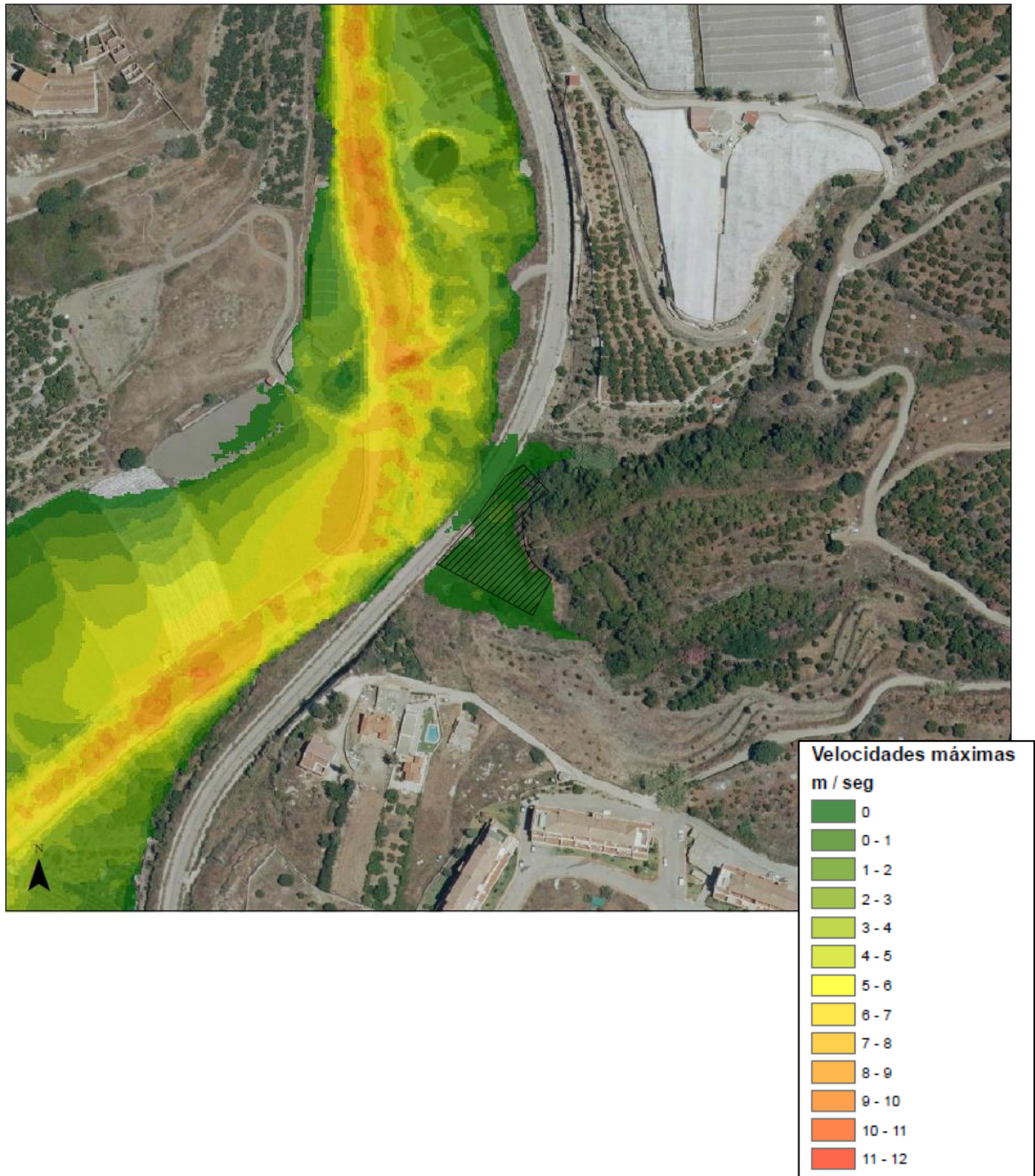
Indicar que los resultados obtenidos se incluyen en el anexo de planos.

**CALADO MÁXIMO:**





VELOCIDAD MÁXIMA:

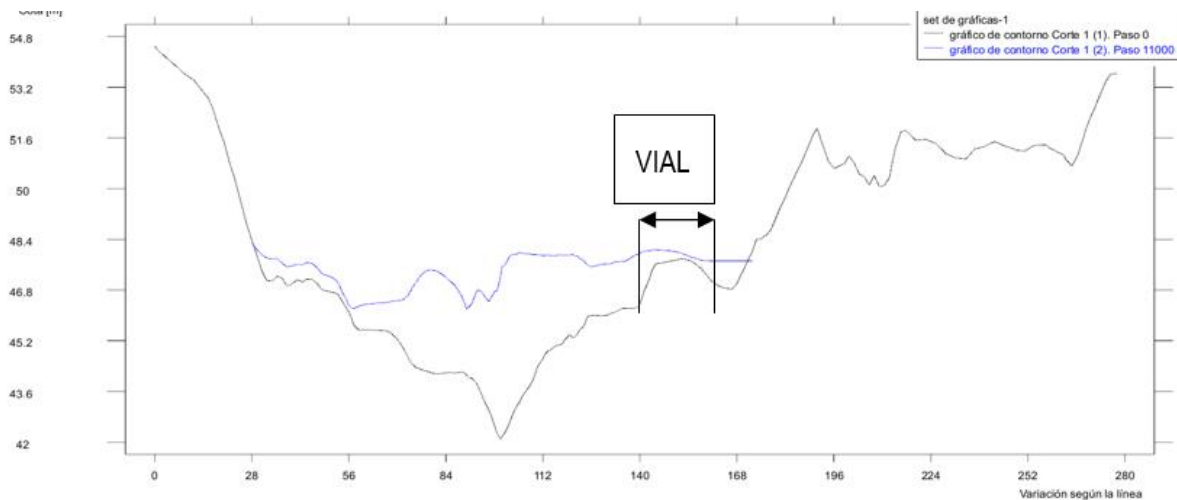
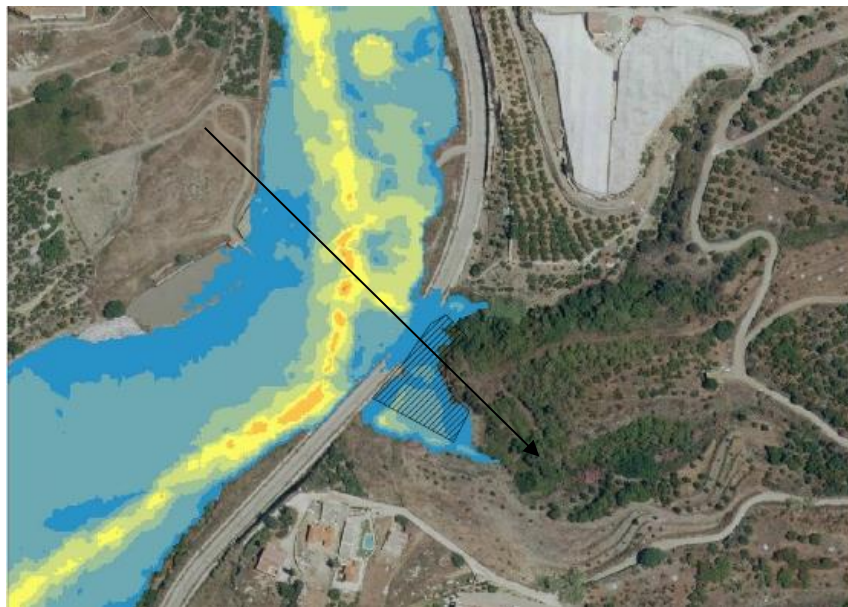


**6.3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON MODELO 2D**

A continuación, se realiza una descripción del comportamiento hidráulico de la zona de estudio en la situación inicial.

Tal y como se puede observar en el apartado anterior, con el caudal circulante se produce la inundación total de la parcela en la que se plantea la infraestructura y el vial. Se considera necesario la aplicación de medidas correctoras.

El ámbito de estudio se ubica en la zona cóncava de un meandro del Río Torrox. En esta parte del meandro, debido a la fuerza centrífuga, se eleva la cota de inundación más que la orilla opuesta. Esto favorece la inundación de la localización y que se produzca el paso por encima del

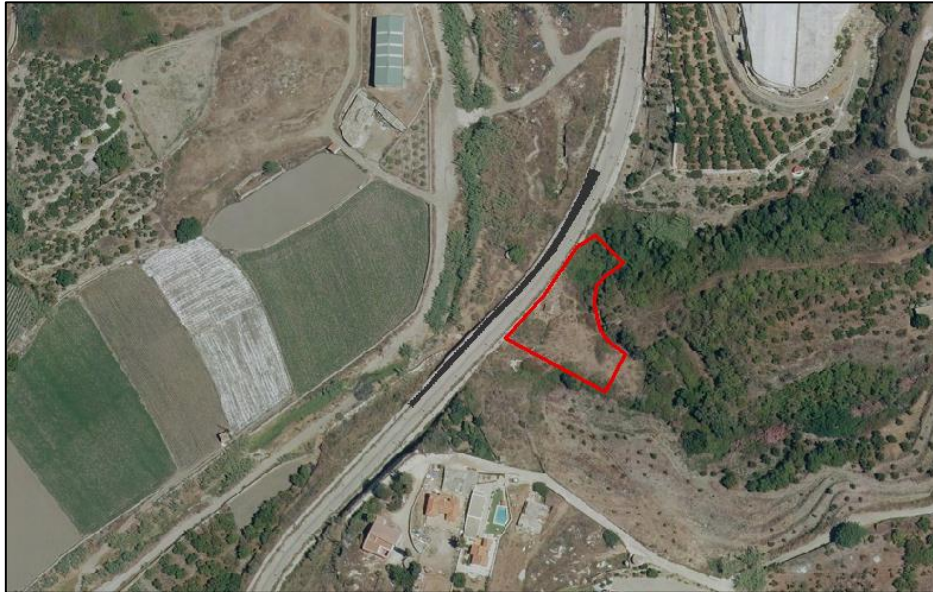




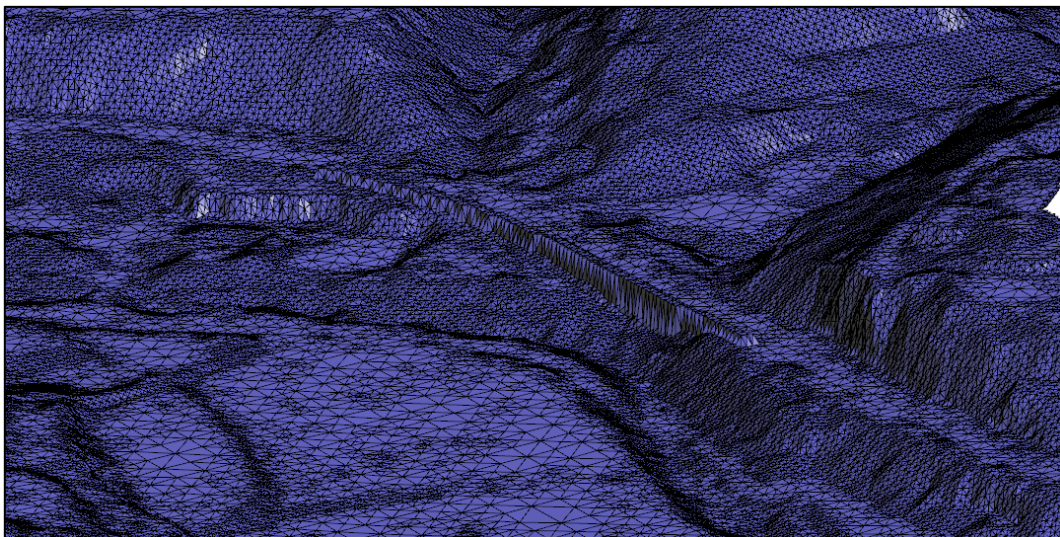
### 6.3.5. MEDIDA CORRECTORA RÍO TORROX

Para evitar la inundación en la parcela se propone la construcción de un muro de protección en el lado exterior del vial. De esta forma se protegería tanto la infraestructura técnica como la viaria.

La cota dada, para el cálculo, a la sección del muro es de 2 metros por encima de la original. De este modo se puede observar la altura alcanzada por el nivel de la avenida y definir correctamente la altura del mismo.



Se señala en gris la ubicación del muro de protección



Modelo 3D en el que se puede apreciar el muro elevado sobre la topografía original

### 6.3.5.1 MODELIZACIÓN HIDRÁULICA CON LA APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

Los parámetros utilizados en la modelización con la aplicación de medidas correctoras son similares al estado previo. Únicamente se ha modificado la topografía, tal y como se indica en el apartado anterior.

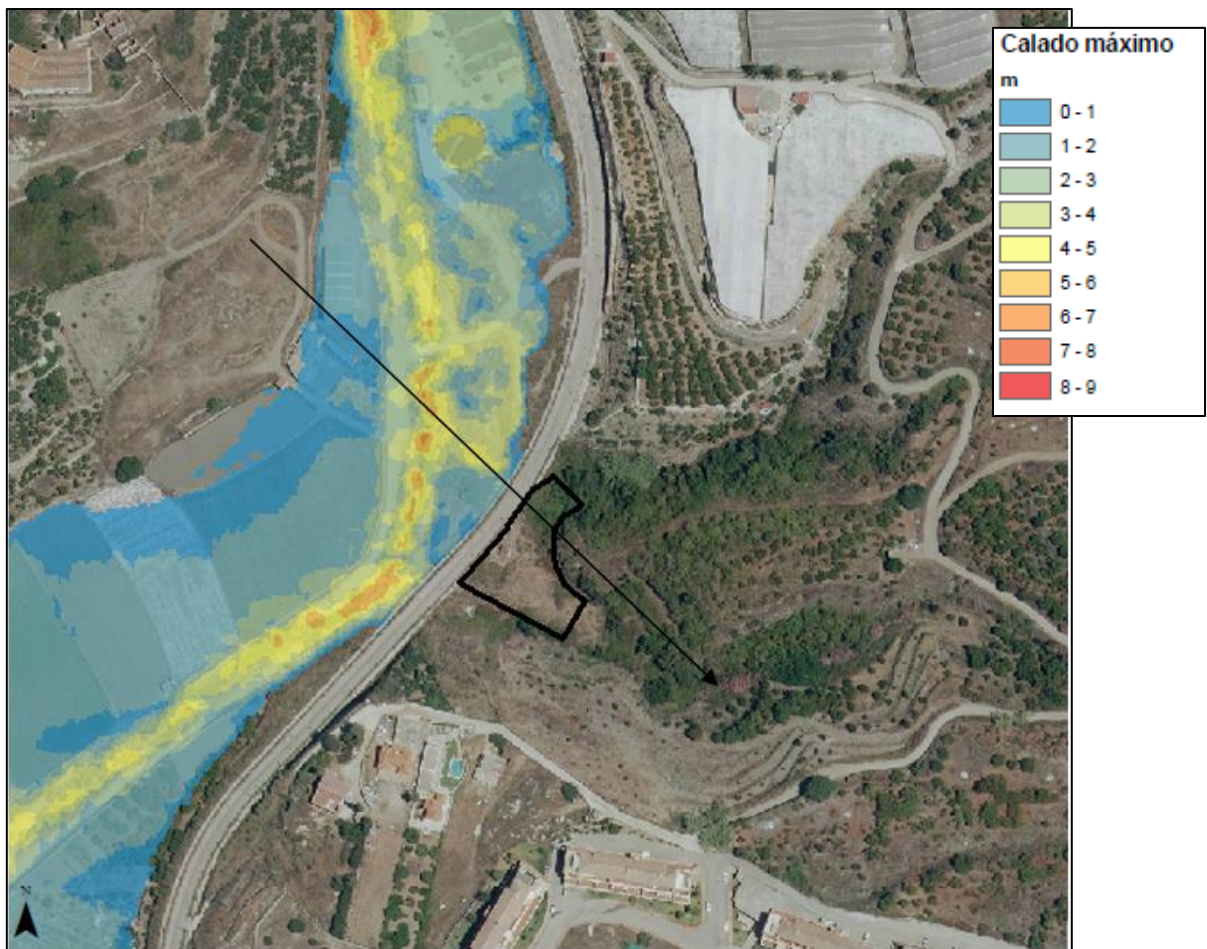
### 6.3.5.2 VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Una vez finalizados los cálculos se accede al post-proceso para visualizar los resultados. Los resultados, para cada uno de los periodos de retorno, que hemos considerado mostrar por considerarlos más relevantes para la finalidad del estudio son:

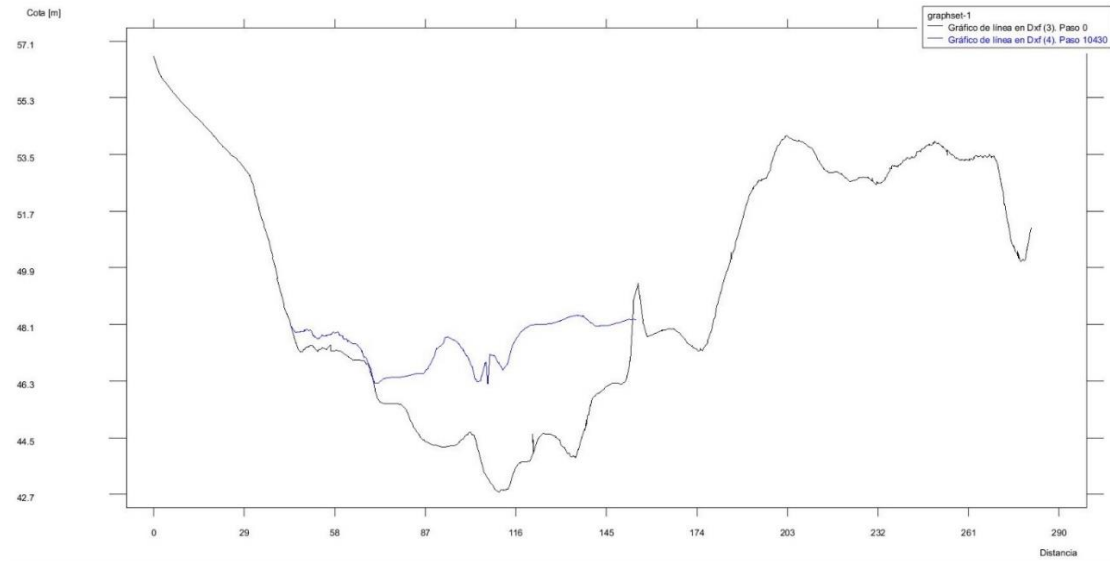
- Calado máximo.
- Velocidad.

Los resultados obtenidos se incluyen en el anexo de planos.

#### CALADO MÁXIMO:

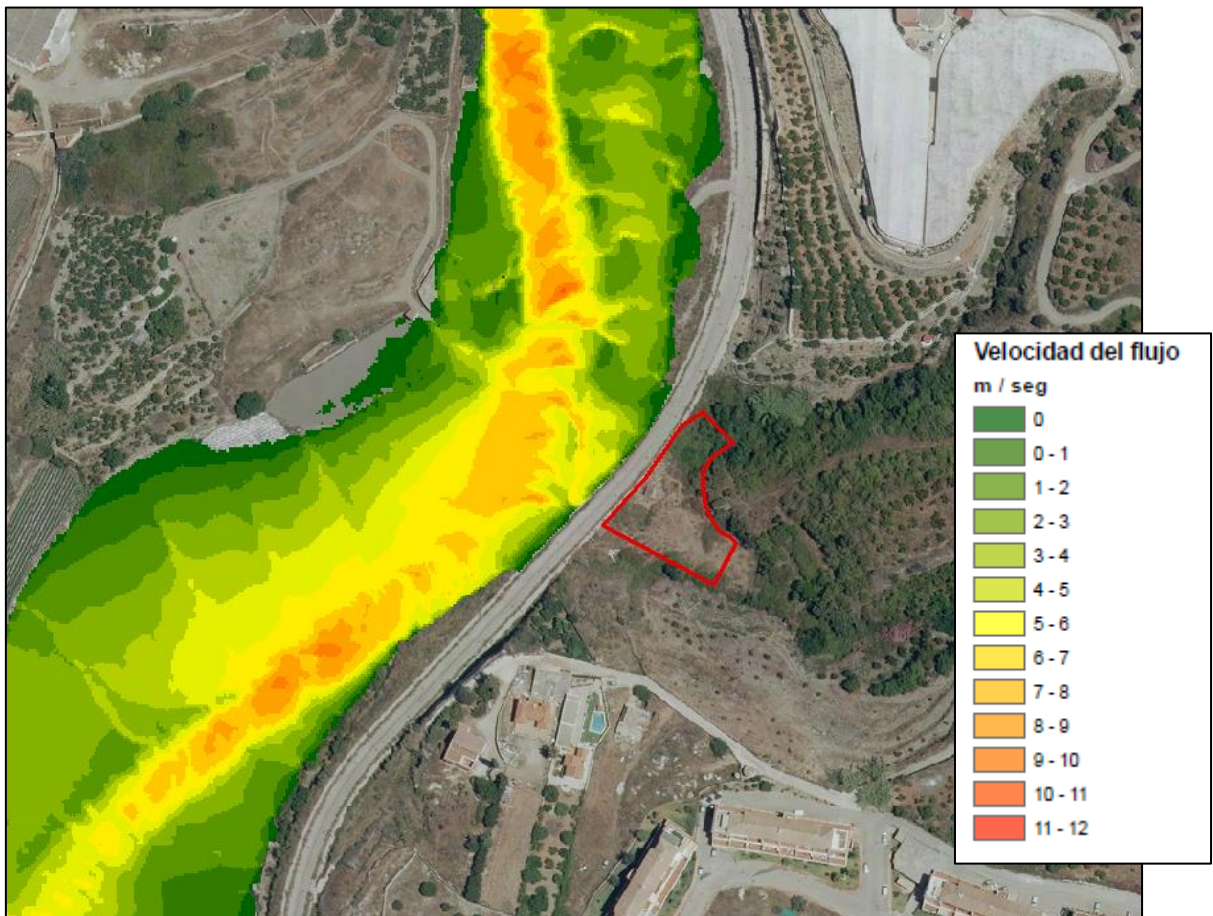






La altura que alcanza la inundación del Río Torrox es 55 cm superior al vial.

**VELOCIDAD MÁXIMA:**



**6.3.5.3 DEFINICIÓN DE MEDIDA CORRECTORA**

A la vista de los resultados obtenidos, una elevación de 55 cm por encima del vial, se propone la realización de un muro de protección de 60 cm de altura

La disposición en planta se propone que sea todo el tramo de vial invadido por la avenida, más 5 metros en cada extremo, como margen de seguridad.

El muro que se propone tendría una longitud de 50 metros aproximadamente y su disposición en planta sería la siguiente:



	COORDENADA X	COORDENADA Y
<b>INICIO - AGUAS ARRIBA</b>	415.139	4.067.167
<b>FINAL - AGUAS ABAJO</b>	415.113	4.067.127



**6.3.5.4 ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LA MEDIDA CORRECTORA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INUNDACIÓN. AFECCIONES A TERCEROS.**

En este apartado se va a analizar la influencia que la medida correctora va a tener en las parcelas colindantes mediante la comparación de los resultados previos y posteriores a la ejecución del muro. Se va a comprobar el incremento de la zona inundable, velocidad y calado.

**Incremento de la Zona Inundable:**

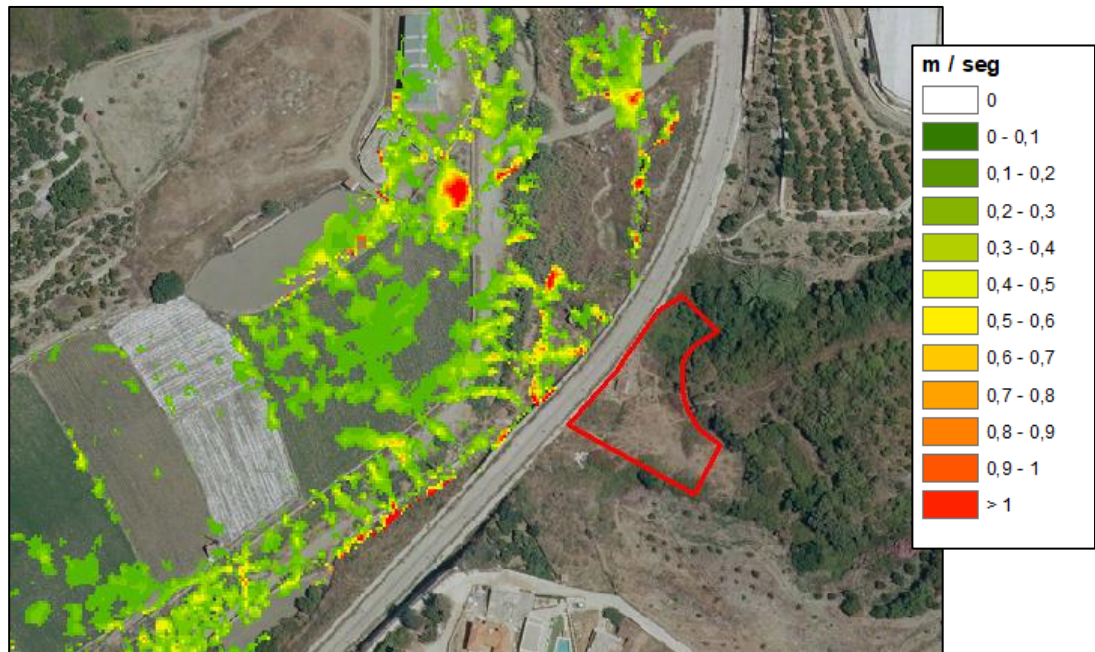


ESTADO INICIAL  
 MEDIDA CORRECTORA

**Incremento del calado:**



**Incremento de la velocidad del flujo:**



En los gráficos se puede observar que la diferencia entre la superficie ocupada por la lámina en el estado actual y el estado posterior, una vez ejecutada la medida correctora, es mínima, por lo que no se prevén afecciones a terceros por aumento de la zona inundable.



## 6.4. ARROYO JUAN ROJO

### 6.4.1. CÁLCULO CON HEC-RAS

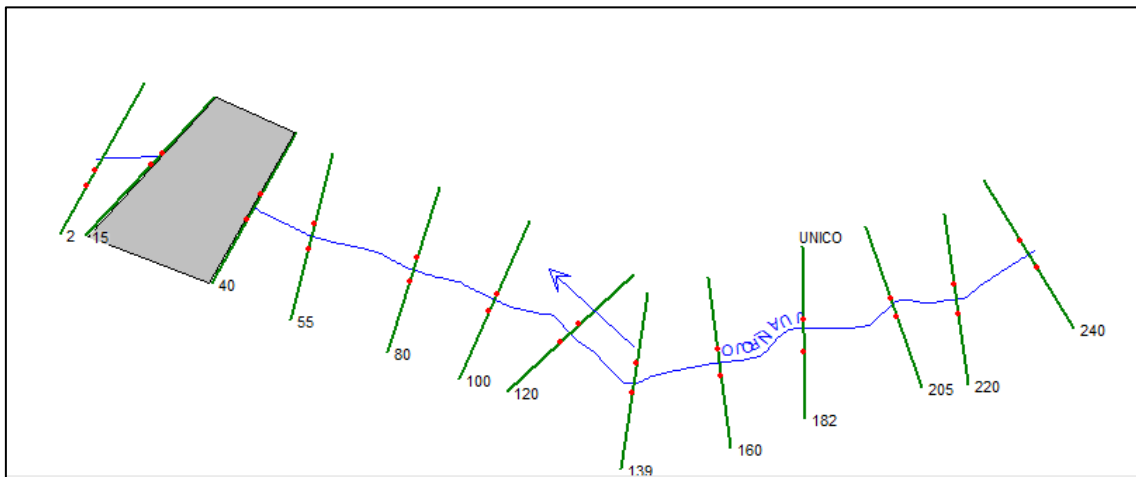
El cálculo hidráulico de la cuenca se ha realizado mediante el software HEC-RAS 5.0.3 proporcionado por "US Army Corps of Engineers", consistente en:

- Trazado de secciones de control, puentes y alcantarillados.
- Generar la geometría del cauce.
- -Introducción de variables hidráulicas (coeficiente de rugosidad de Manning, coeficientes de contracción y expansión, etc.)
- Generar la geometría de puentes y alcantarillados.
- Introducción de datos de caudal.
- Condiciones de contorno: aguas arriba se utiliza el calado crítico y aguas abajo la pendiente del cauce, 0.02 m/m
- Cálculo de la lámina de agua en cada sección de control, junto a otras variables como velocidad de flujo o área de inundación.

Antes de iniciar esta parte, fue necesario disponer de la siguiente información georeferenciada:

- Trazado del cauce y afluentes si los hubiere. Estos han sido digitalizados siguiendo la cartografía proporcionada por el peticionario para tenerlos mejor adaptados al modelo digital de elevaciones.
- Secciones transversales de control. Se han realizado secciones cada 20m por norma general. También se trazaron en aquellos puntos donde pueda estimarse un cambio en el comportamiento del flujo. Habrán de recoger como mínimo la superficie máxima que se estime pueda ser inundada, y como máximo llegar hasta la divisoria de aguas.
- Geometrías de puentes y entubamientos, y secciones de control de éstos. Estas secciones representan la existencia de una infraestructura que modifica la normal trayectoria del flujo. Datos como la geometría de las infraestructuras, diámetros de tubos, altura de plataformas se han obtenido en el campo, resultando este uno de los aspectos más complejos e importantes del proceso.
- Mapas de rugosidad o coeficiente de Manning para la cuenca. Este valor dependerá del uso del suelo, la existencia de vegetación, la localización transversal en el cauce, etc.

- Datos de caudal para la cuenca.
- Tablas de resultados hidráulicos, con la siguiente información para cada sección de control.
- Secciones transversales de control.



Esquema de cálculo HEC-RAS 5.0.3

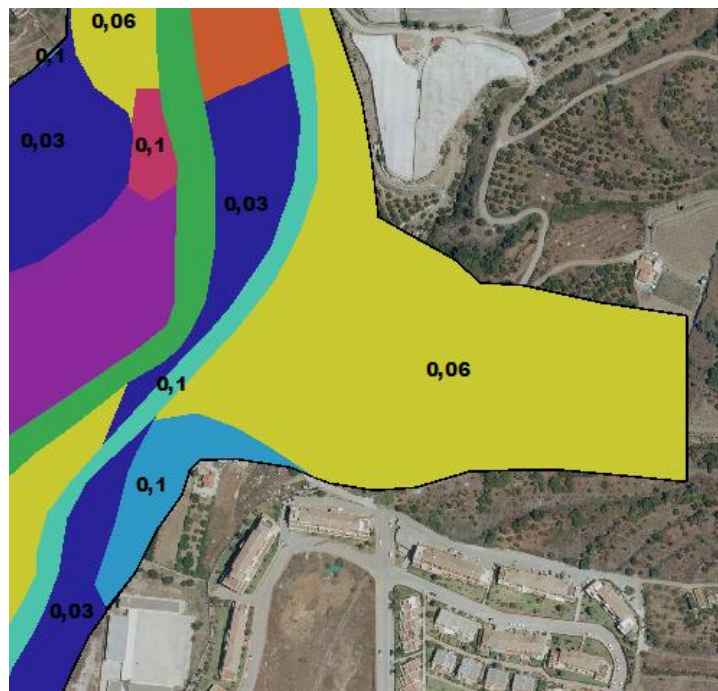
**6.4.2. PARÁMETROS DE CÁLCULO**

**6.4.2.1. Coeficiente de rugosidad de Manning**

En nuestro caso, se ha elegido la metodología descrita en la publicación del Ministerio de Medio Ambiente denominada “Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables”. En su anexo V “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000” se relaciona el coeficiente con los usos del suelo delimitados en Corine Land Cover.

Relacionando las tablas con el mapa de usos hemos elaborado el siguiente mapa del número de Manning:

	Uso	Número de Manning
	Frutales tropicales	0.06



Dado que en los usos del suelo no se detallan los cauces estudiados se ha introducido manualmente, tras realizar la visita de campo y mediante estudio de la ortofoto, según los valores indicados en la siguiente tabla:

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
<b>A Caudales naturales</b>			
<b>A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida &lt; 30 m)</b>			
<b>A.1.1 Cursos en planicies</b>			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
<b>A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida</b>			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
<b>A.2 Cursos en planicies inundadas</b>			
<b>A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos</b>			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
<b>A.2.2 Zonas cultivadas</b>			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
<b>A.2.3 Zonas arbustivas</b>			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
<b>A.2.4 Zonas arbóreas</b>			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160

Se ha considerado 0.035 para el cauce de todas las secciones.

En todas las obras de drenaje de hormigón, se ha utilizado el coeficiente de 0.017.

#### 6.4.2.2. Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno utilizadas en la modelización son aguas arriba el calado crítico y aguas abajo el calado normal introduciendo el valor de la pendiente en el punto de salida (0.02 m/m).

#### 6.4.2.3. Régimen de cálculo

Se ha utilizado el régimen mixto.

#### 6.4.2.4. Coeficientes de expansión y contracción:

Para el coeficiente de expansión se ha escogido 0.3 y para contracción 0.1.



La totalidad de tablas resultantes tras el estudio se recogen en las tablas incluidas en el anexo, incluyéndose:

- Datos de caudal en los puntos calculados.
- Tablas de resultados hidráulicos, con la siguiente información para cada sección de control:
  - Período de retorno.
  - Caudal.
  - Altura mínima del canal.
  - Elevación de la lámina de inundación.
  - Velocidad media del flujo en la sección.
  - Área mojada de la sección.
  - Anchura máxima de lámina.
  - Número de Froude.

#### **6.4.2.5. Obra de paso**

En el modelo hidráulico realizado también se han considerado las obras de paso existentes, dado que estas interaccionan con el flujo de agua y sus características pueden dar lugar a desbordamientos puntuales. Su consideración en el modelo es de gran interés para que la caracterización del flujo hidráulico se corresponda con la realizada.

Se ha considerado la obra de paso existente bajo el vial que se desarrolla en paralelo al cauce. Consiste en una alcantarilla circular provista de aletas, para conducir el flujo, y rastrillo, para evitar la erosión en las salidas y entradas. Su dimensión es de 2.5 metros de diámetro y 25 metros de longitud. Sus coordenadas son ETRS89:

Entrada: X – 415.113 e Y – 4.067.095 Cota 44.5 msnm

Salida: X – 415.088 e Y – 4.067.108 Cota 42.2 msnm



Fotografías de la ODT bajo el vial

El número de Manning asignado a la obra de drenaje transversal ha sido de 0.017.

**6.4.3. RESULTADOS**

**6.4.3.1. Zona inundable**

Una vez se han georeferenciado cada una de las secciones en el plano en planta, el resultado obtenido de la modelización del estado inicial es el siguiente:

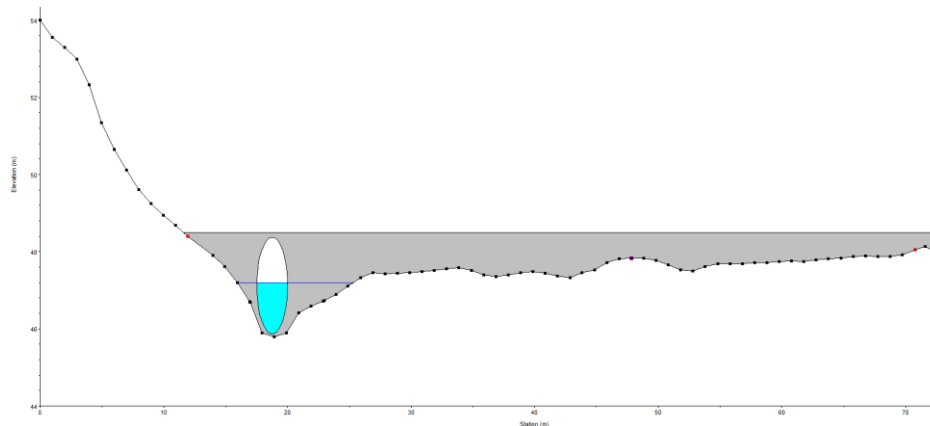


**Zona inundable 500 años**

La inundación de la parcela es prácticamente total, por lo tanto, se propone la ejecución de un muro de protección para evitarla.

**6.4.3.2. Obra de drenaje**

Con respecto a la suficiencia de la obra de drenaje, indicar que, para el caudal de cálculo, es suficiente y no provoca sobre elevación por encima del vial.

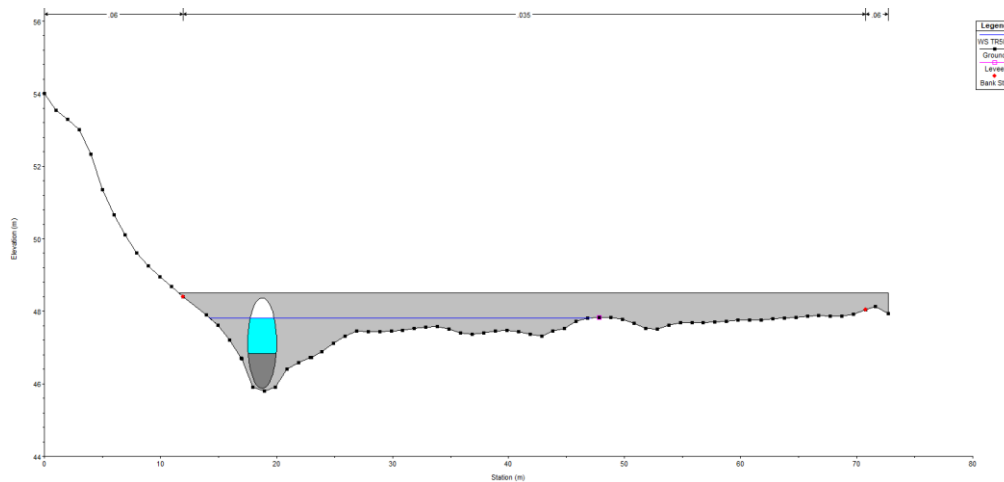


**Sección transversal del Arroyo Juan Rojo a su paso por el vial**

Como complemento al estudio de la ODT se han comprobado dos situaciones extraordinarias:

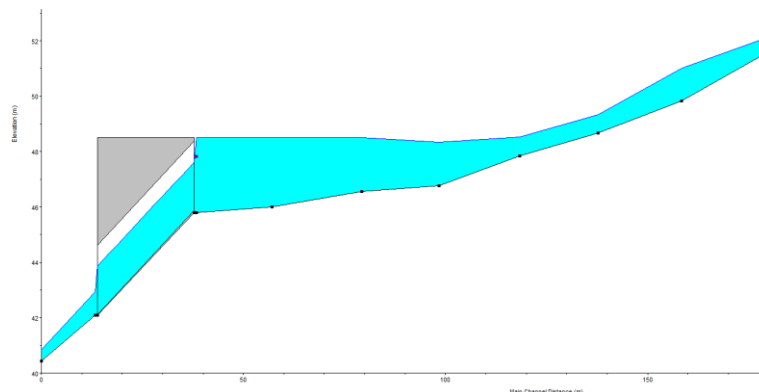
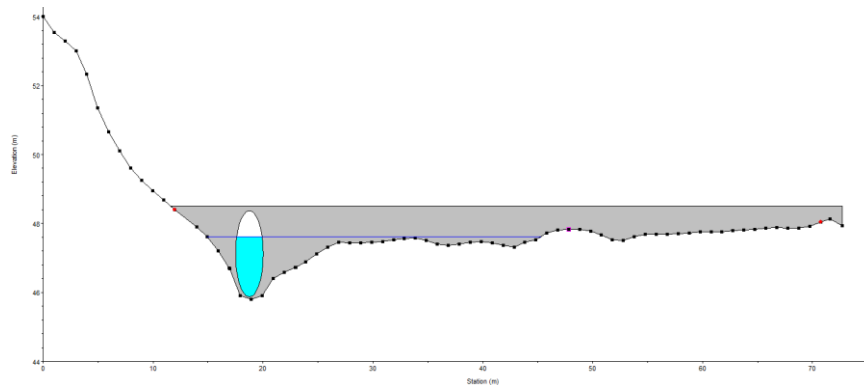
- Obstrucción de parte de su sección:

La altura que podrían alcanzar los sedimentos o algún objeto que obstruyera parte de la sección es de 0.96 m. Con esta altura la obra de drenaje transversal seguiría siendo funcional y capaz de desaguar el caudal correspondiente a la avenida de 500 años.



- Caudal máximo:

El caudal máximo que la sección podría desaguar es de 14.53 m<sup>3</sup>/seg.



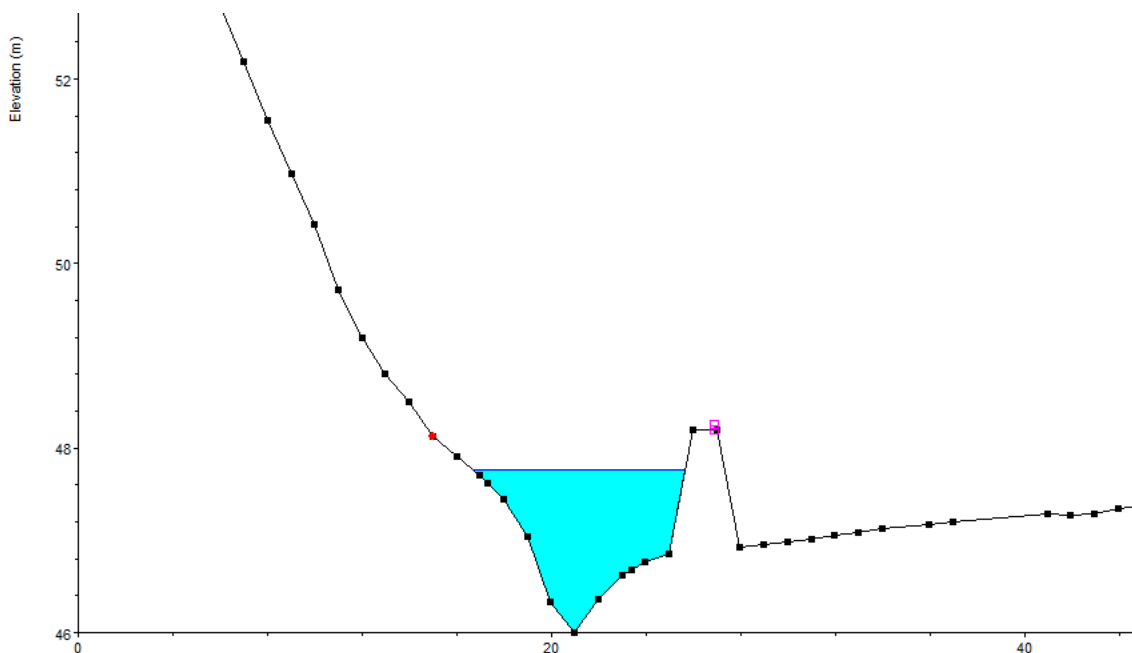


**6.4.4. PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS**

Para evitar la inundación en la parcela se propone la realización de un muro de hormigón en todo el perímetro de la parcela que se desarrolla en la margen del Arroyo Juan Rojo. La cota propuesta deberá ser la necesaria para evitar la inundación, se propone un resguardo extra de 50 cm.

Los parámetros utilizados en la modelización con la aplicación de medidas correctoras son similares al estado inicial. Únicamente se ha incluido la infraestructura propuesta.

Una sección tipo de las analizadas es la siguiente:

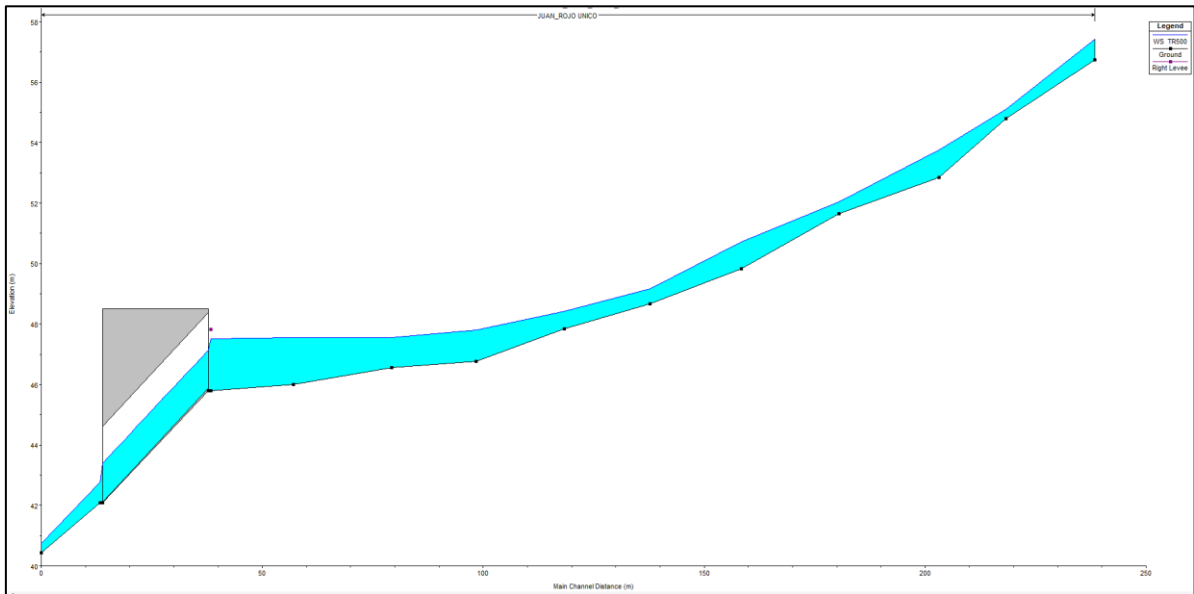


A la vista de los resultados obtenidos, la cota absoluta que se le deberá dar al muro de protección propuesto deberá ser la 48.2 msnm (cota de inundación + 50 cms de resguardo).

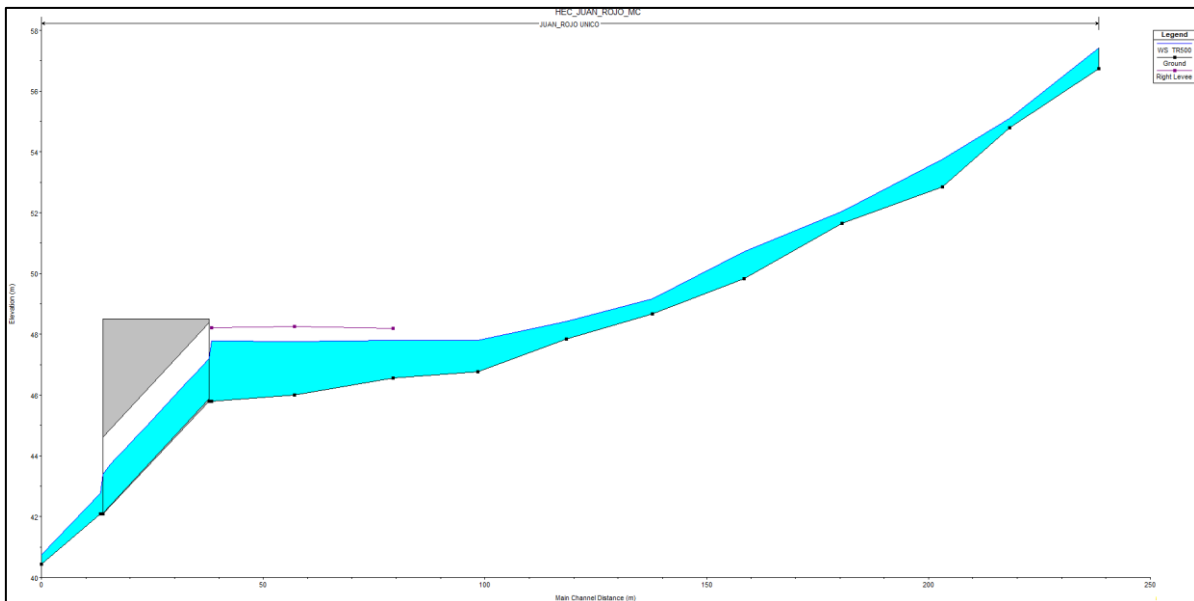
En la siguiente tabla se indica la altura de inundación en cada una de las secciones coincidentes con la instalación, antes y después de la ejecución del muro de protección:

SECCIÓN	COTA INUNDACIÓN INICIAL, msnm	COTA INUNDACIÓN MURO, msnm	INCREMENTO, m
81	47.56	47.80	+ 0.24
59	47.55	47.77	+ 0.22
40	47.51	47.77	+ 0.26

**PERFIL LONGITUDINAL DEL ESTADO INICIAL**



**PERFIL LONGITUDINAL CON MEDIDA CORRECTORA**



## 7. CONCLUSIONES

La finalidad del presente estudio Hidrológico – Hidráulico es la de estudiar la inundabilidad de una parcela en la margen izquierda del Río Torrox para comprobar la viabilidad de la instalación de una subestación eléctrica 132 / 20 Kv.

### 7.1. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El periodo de retorno considerado en el estudio ha sido 500 años.

El hidrograma de cálculo del Río Torrox ha sido obtenido del “Estudio Hidráulico para la ordenación de las cuencas de la Costa del Sol Oriental (Málaga)”. El caudal máximo es 971.3 m<sup>3</sup>/seg.

El caudal calculado mediante el método racional modificado por Témez para el Arroyo Juan Rojo es de 7.91 m<sup>3</sup>/seg.

### 7.2. ESTUDIO HIDRÁULICO RÍO TORROX

El estudio hidráulico se ha realizado mediante un modelo bidimensional con el programa de simulación IBER.

La topografía inicial se ha obtenido del vuelo LIDAR.

Para la caracterización del coeficiente de Manning característico del terreno se han utilizado los definidos en la “Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables”. Se ha construido una capa de información geográfica en función de los usos del suelo y correlacionado posteriormente con la tabla mencionada.

Una vez calculado el modelo se ha podido observar que, con la topografía actual, la zona en la que se plantea la instalación es inundable para el periodo de retorno de 500 años. Por lo tanto, se proponen medidas correctoras consistentes en la elevación de la misma.

#### **Medidas correctoras**

Se ha realizado una nueva simulación con la inclusión de un muro en el borde Oeste del vial. Para la caracterización del mismo se realiza una nueva simulación en la cual se estima en 55 cm la altura mínima necesaria para evitar la inundación de la parcela.

Por esto se propone la realización de un muro de protección entre el vial de acceso y el cauce de 60 cm de altura. El muro que se propone tendría una longitud de 50 metros, inundación calculada más 5 metros de margen de seguridad, y su disposición en planta propuesta sería ubicarlo entre los puntos de coordenadas siguientes:

	COORDENADA X	COORDENADA Y
<b>INICIO - AGUAS ARRIBA</b>	415.139	4.067.167
<b>FINAL - AGUAS ABAJO</b>	415.113	4.067.127

### Afecciones a terceros

Para el análisis de las afecciones a terceros se ha realizado una comparación entre los resultados previos y posteriores a la ejecución de la explanada. Se ha comparado el incremento de la zona inundable, velocidad y calado.

En los gráficos referentes a la inundación, para cada uno de los periodos de retorno, se ha comprobado que la diferencia entre la superficie ocupada por la lámina en el estado actual y futuro, una vez ejecutada la plataforma y el vial de acceso, es mínima, por lo que no se prevén afecciones a terceros por aumento de la zona inundable.

### **7.3. ESTUDIO HIDRÁULICO ARROYO JUAN ROJO**

El cálculo hidráulico de la cuenca se ha realizado mediante el software HEC-RAS 5.0.3.

Para la caracterización del coeficiente de Manning característico del terreno se han utilizado los definidos en la "Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables". El número utilizado para las zonas inundables es 0.06, para el cauce 0.035 y para la obra de paso 0.017.

Las condiciones de contorno utilizadas en la modelización son aguas arriba el calado crítico y aguas abajo el calado normal introduciendo el valor de la pendiente en el punto de salida (0.02 m/m).

Se ha utilizado el régimen mixto.

Para el coeficiente de expansión se ha escogido 0.3 y para contracción 0.1.

Se ha considerado la obra de paso existente bajo el vial que se desarrolla en paralelo al cauce. Consiste en una alcantarilla circular provista de aletas, para conducir el flujo, y rastrillo, para evitar la erosión en las salidas y entradas. Su dimensión es de 2 metros de diámetro y 25 metros de longitud.

Una vez calculado el modelo se ha podido observar que la inundación de la parcela es prácticamente total, por lo tanto, se propone la ejecución de un muro de protección para evitarla.

Con respecto a la suficiencia de la obra de drenaje, indicar que, para el caudal de cálculo, es suficiente y no provoca sobreelevación por encima del vial.



### **Medidas correctoras**

Para evitar la inundación en la parcela se propone la realización de un muro de hormigón en todo el perímetro de la parcela que se desarrolla en la margen del Arroyo Juan Rojo. A la vista de los resultados obtenidos, la cota absoluta que se propone para la medida correctora es la 48.2 msnm (cota de inundación + 50 cms de resguardo).

### **Afecciones a terceros**

En la siguiente tabla se indica la altura de inundación en cada una de las secciones coincidentes con la instalación, antes y después de la ejecución del muro de protección:

SECCIÓN	COTA INUNDACIÓN INICIAL, msnm	COTA INUNDACIÓN MURO, msnm	INCREMENTO, m
81	47.56	47.80	+ 0.24
59	47.55	47.77	+ 0.22
40	47.51	47.77	+ 0.26

## 8. EQUIPO REDACTOR

La composición del equipo redactor del HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA) está formado por los siguientes profesionales:

- **José Enrique Navarro García**

- Licenciado en Ciencias Ambientales
- Especialista en Sistemas de Información Geográfica
- Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales, especialidad en Seguridad e Higiene Industrial, Ergonomía y Psicosociología.
- Master en sistemas de gestión de la calidad y medio ambiente. Nuevas tecnologías.

- **Luis García Ruz**

- Licenciado en Geología
- Ingeniero Técnico de Minas
- Diplomado en Ingeniería Ambiental

- **Luis García Piñol**

- Ingeniero Técnico Industrial
- Master en Energías Renovables

**ANEXO I – INFORME DESFAVORABLE CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL  
TERRITORIO.**

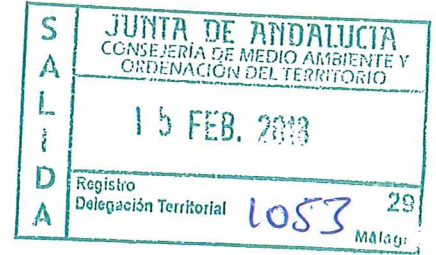
# JUNTA DE ANDALUCÍA



CD 03236940255

## CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Delegación Territorial de Málaga



D<sup>ª</sup> ISABEL SORIANO CASTILLO  
AGTA S.L.  
C/SALITRE 1 -1º 1 Edificio Forum  
29002 – Málaga (Málaga)

N/Ref.: MA-64782  
Asunto: Vista y Audiencia

EHC/MVS

ASUNTO: CONSTRUCCIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN ZONA DE POLICÍA  
PETICIONARIO: ENDESA  
CAUCE: RÍO TORROX  
TÉRMINO MUNICIPAL: TORROX (MÁLAGA)

ENDESA presentó escrito en fecha 20/11/2017 solicitando autorización para la ejecución de una nueva subestación eléctrica "Torrox132/20Kv con tecnología híbrida conectada mediante línea a 132 KV doble circuito haciendo entrada y salida en la línea aérea " Rincón Nerja" del término municipal de Torrox. El proyecto comprende las siguientes obras:

- Movimiento de tierras
- Saneamientos y drenajes.
- Vallado perimetral
- Conducciones de cables de control y potencia
- Urbanizado de la zona
- Edificio con 3 dependencias : sala de control, ubicación de las celdas de 20Kv y sala de transformadores de servicios de auxiliares y aseos.

Dichas instalaciones se encuentran en la zona de policía del río Torrox.

Una vez analizada la documentación aportada por su parte, se ha comprobado que la ubicación de la subestación 132/20 Kv indicada en el "plano matorr02" se encuentra en zona inundable calculada para un periodo de retorno de 500 años según se desprende de los *Mapas de peligrosidad por inundaciones y los mapas de riesgo de inundación en Andalucía (MPRIA)*, los cuales fueron aprobados según *Orden de 14 de enero de 2016*.





El artículo 11.3 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (RDL 1/2001 de 20 de julio) establece la posibilidad por parte de la Administración de establecer limitaciones en el uso de las zonas inundables para garantizar la seguridad de personas y bienes. Mediante RD 11/2016, de 8 de enero, se aprobó el Plan Hidrológico de la Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas, apareciendo la Normativa del mismo en el BOJA número 71 de 15 de abril de 2016. En este sentido, el apartado 34.4.e de dicha Normativa indica expresamente que “En las zonas inundables no se permitirá la edificación o la instalación de nuevas construcciones, temporales o permanentes”, por lo que **se informa desfavorablemente la ubicación de la nueva subestación 132/20 kv del Término municipal de Torrox** .

Lo que se comunica para que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 82 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, se le da vista y audiencia del expediente durante un plazo de quince días hábiles contados a partir de la notificación del presente escrito para que presente en su caso las alegaciones, documentos y justificaciones que estime pertinentes a lo indicado más arriba al considerar desfavorable la solicitud presentada por los motivos expuestos.

El Jefe de Servicio de DPH y Calidad de las Aguas

**ANEXO II – HOJAS DE CÁLCULO DE CAUDAL.**

**CÁLCULO DE CAUDALES**  
**Arroyo Juan Rojo X:415.090 Y:4.067.104**

**DATOS CARACTERISTICOS DE LA CUENCA**

Superficie (Km <sup>2</sup> )		0.45	
Grado de urbanización, %		0%	
Longitud (Km)		1.46	
Cota máxima (m)	265	Pendiente (m/m)	0.149
Cota mínima (m)	47		

**PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA**

Coefficiente reductor por área (ARF)	$ARF = 1 - \frac{\text{Log}(\text{Superficie})}{15}$	1.00
Periodo	Precipitación máxima diaria (mm.)	Precipitación corregida (mm.)
-	-	-
500 años	245	245
-	-	-

**UMBRAL DE ESCORRENTIA**

UMBRAL DE ESCORRENTIA (mm.)	40.01
-----------------------------	-------

**CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA**

Periodo	Coefficiente de escorrentia, C	$C = \frac{(P_d - P_0)(P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2}$
-	-	
500 años	0.51	
-	-	

**CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION**

Tiempo de concentración, horas	$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{J^{\frac{1}{4}}} \right)^{0.76}$	0.57
--------------------------------	---	------

**INTENSIDAD MEDIA MAXIMA**

Periodo	Intensidad media máxima (It), mm/h	$I_t = I_d \cdot \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\left( \frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{0.4} \right)}$
-	-	
500 años	120.55	
-	-	

**CAUDAL**

Coefficiente de Uniformidad (K)	$K = 1 + (T_c^{1.25} / (T_c^{1.25} + 14))$	1.03
---------------------------------	--	------

Periodo	Caudal, m <sup>3</sup> /seg	$Q = \frac{C \cdot I \cdot S \cdot K}{3.6}$
-	-	
500 años	7.91	
-	-	

**ANEXO III – CÁLCULO ARROYO JUAN ROJO:**

1. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONTROL INICIAL
2. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONTROL MEDIDA CORRECTORA
3. PERFIL LONGITUDINAL INICIAL
4. PERFIL LONGITUDINAL MEDIDA CORRECTORA
5. DATOS HIDRÁULICOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL INICIAL
6. DATOS HIDRÁULICOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL MC
7. OBRA DE PASO

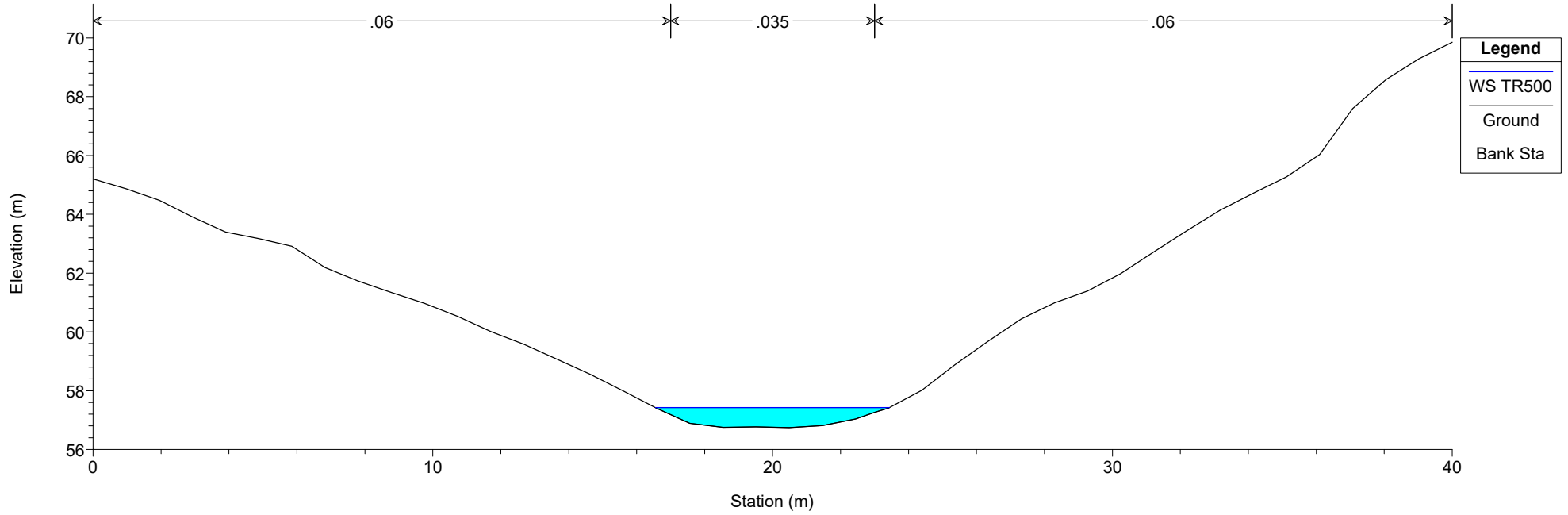


1. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONTROL INICIAL

---

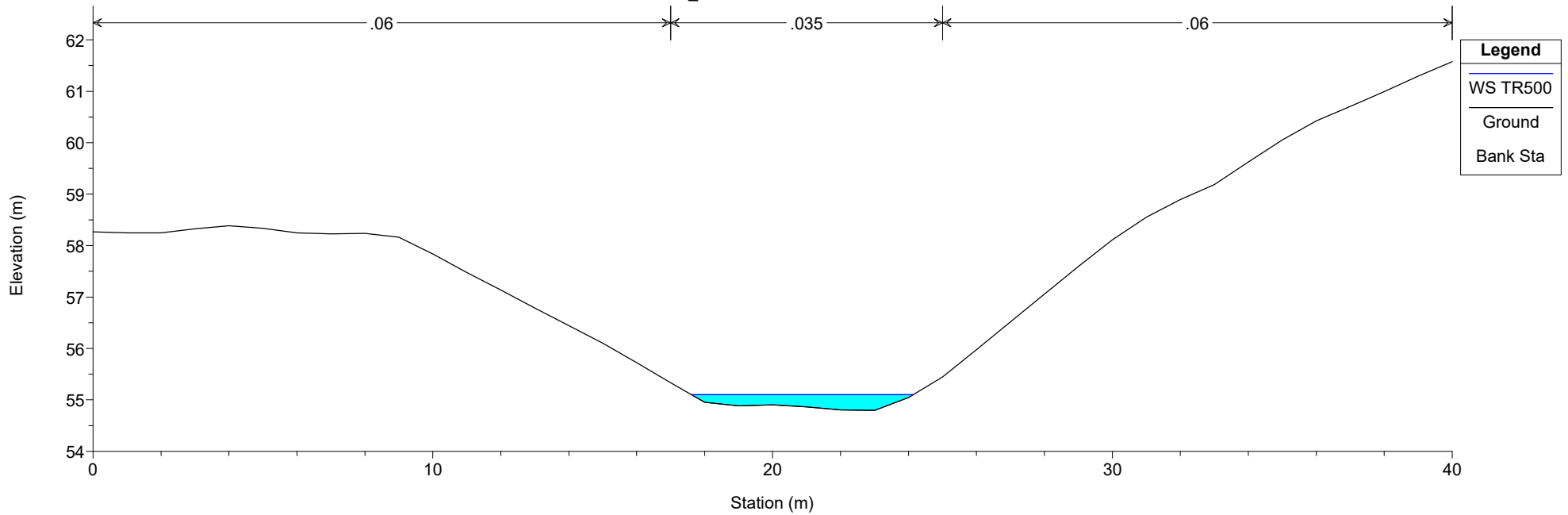
### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 240

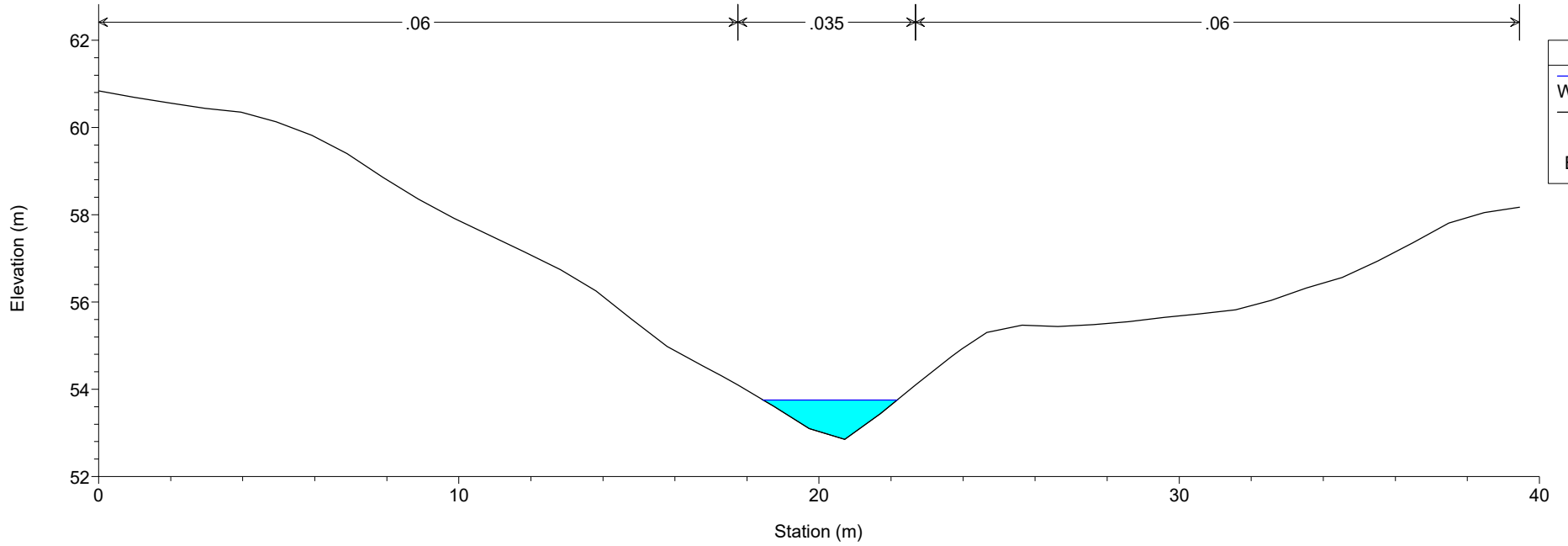


### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

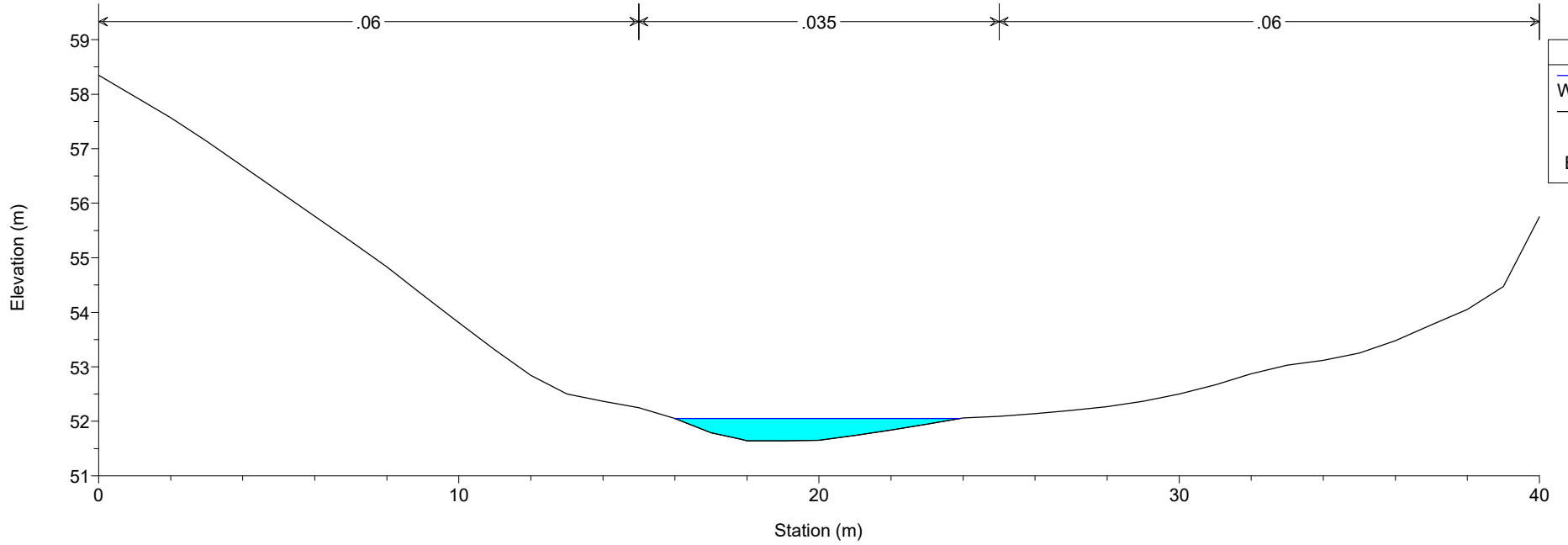
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 220



HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 205

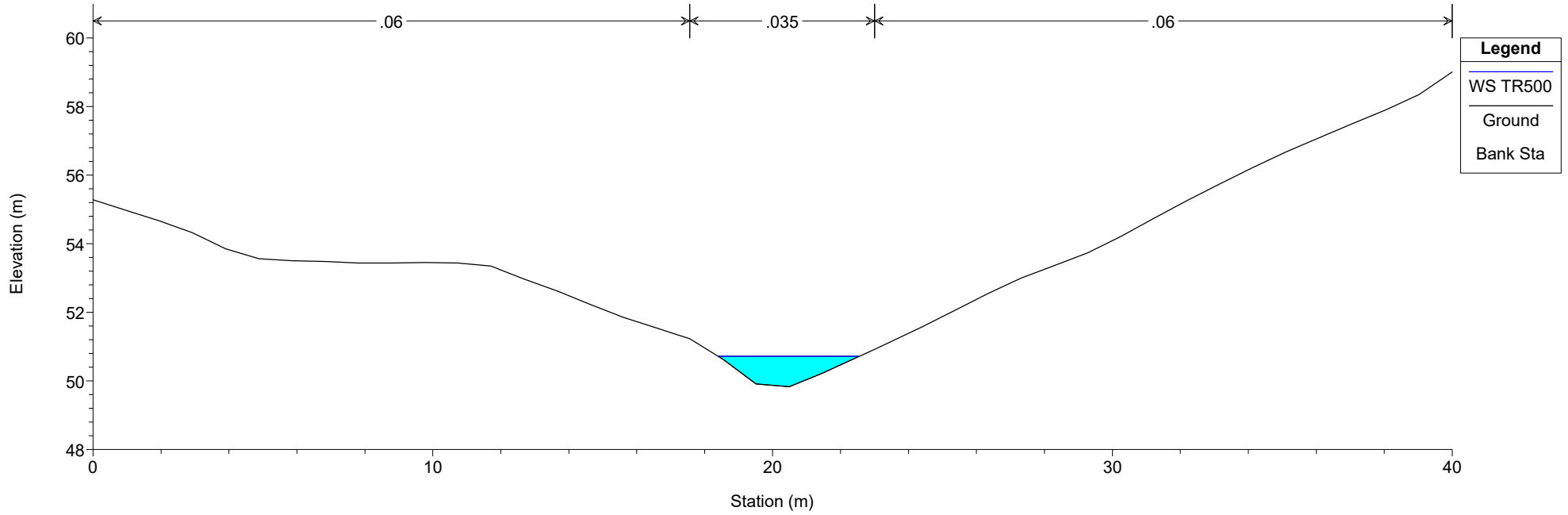


HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 182



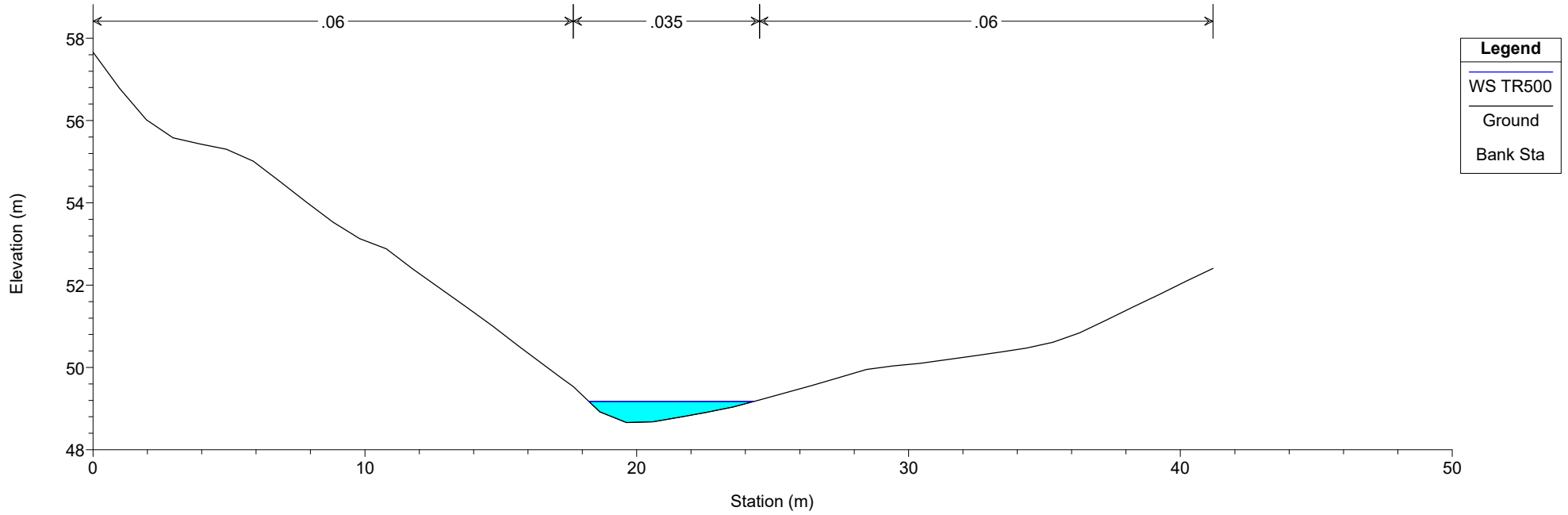
### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 160



### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

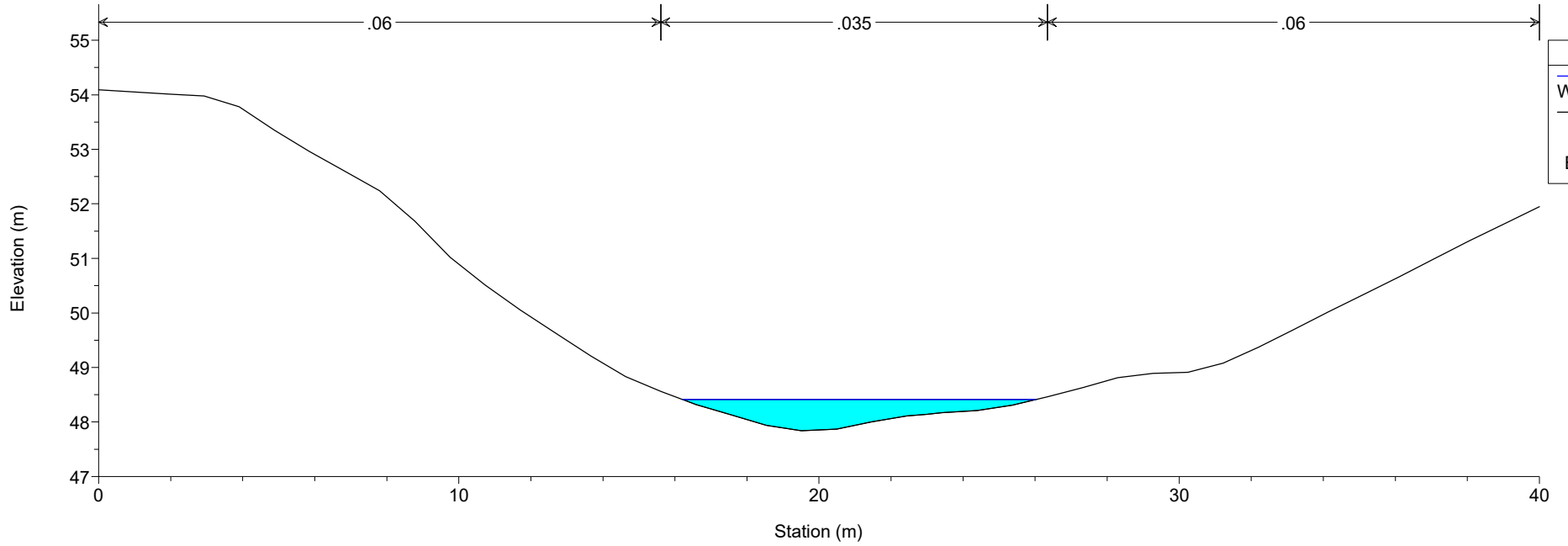
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 139





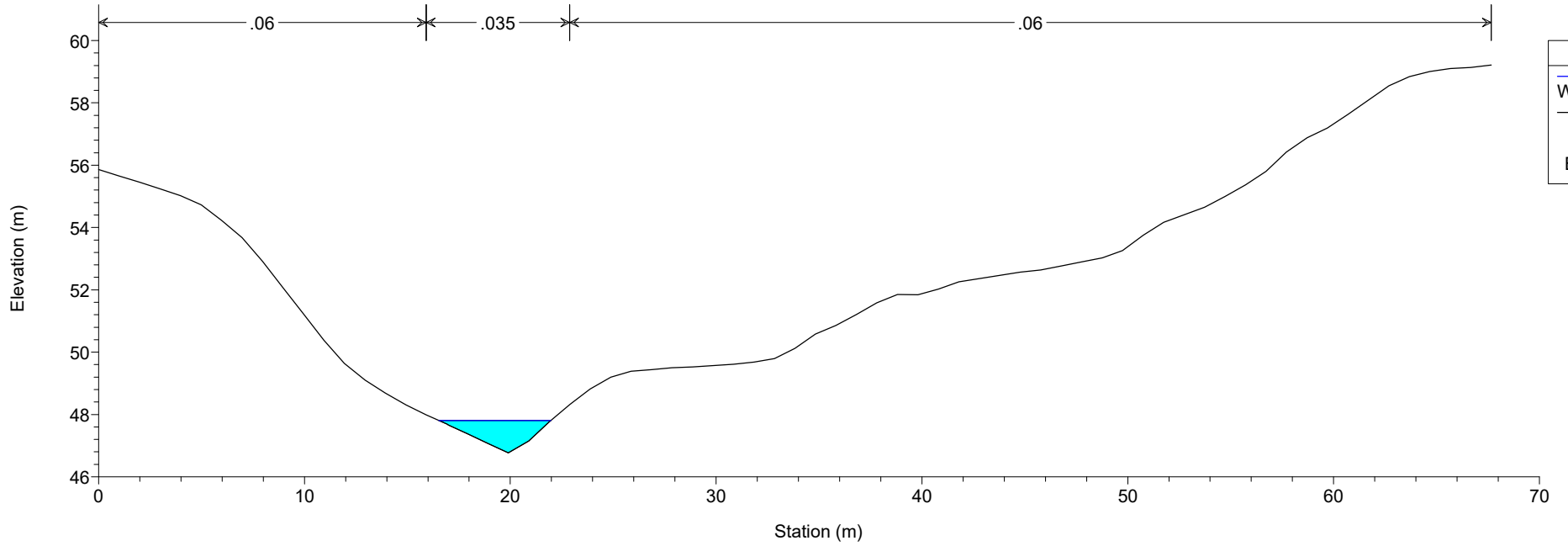
HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 120

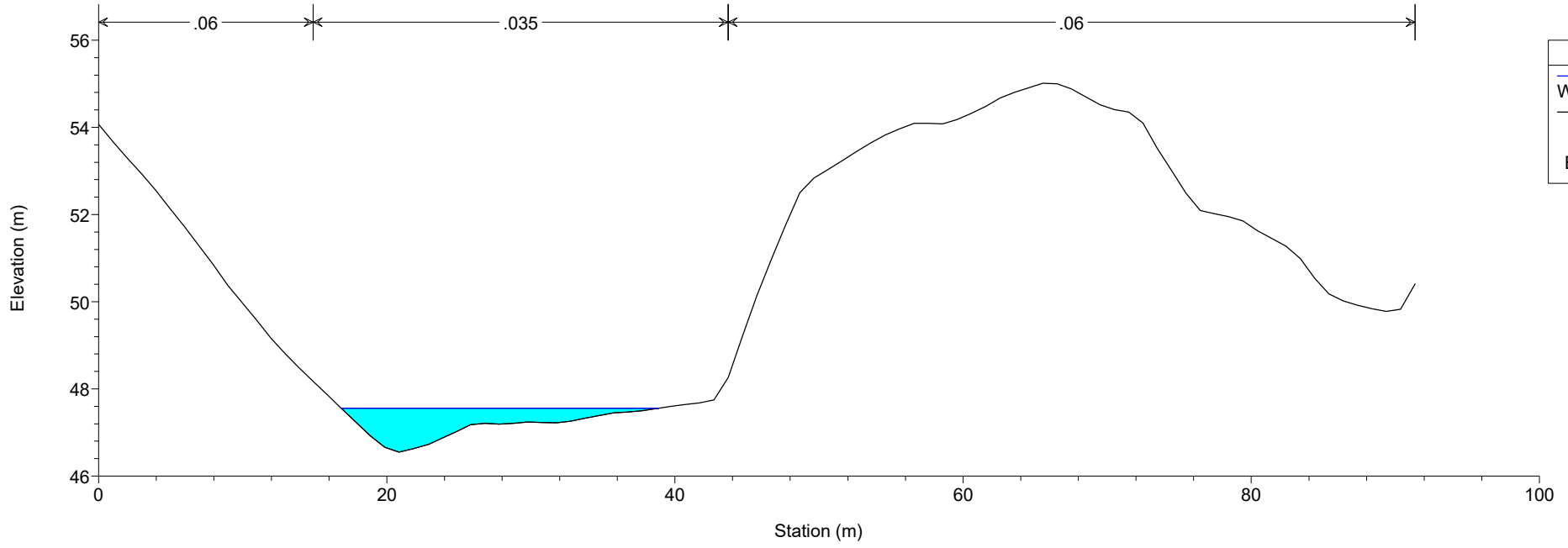


HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

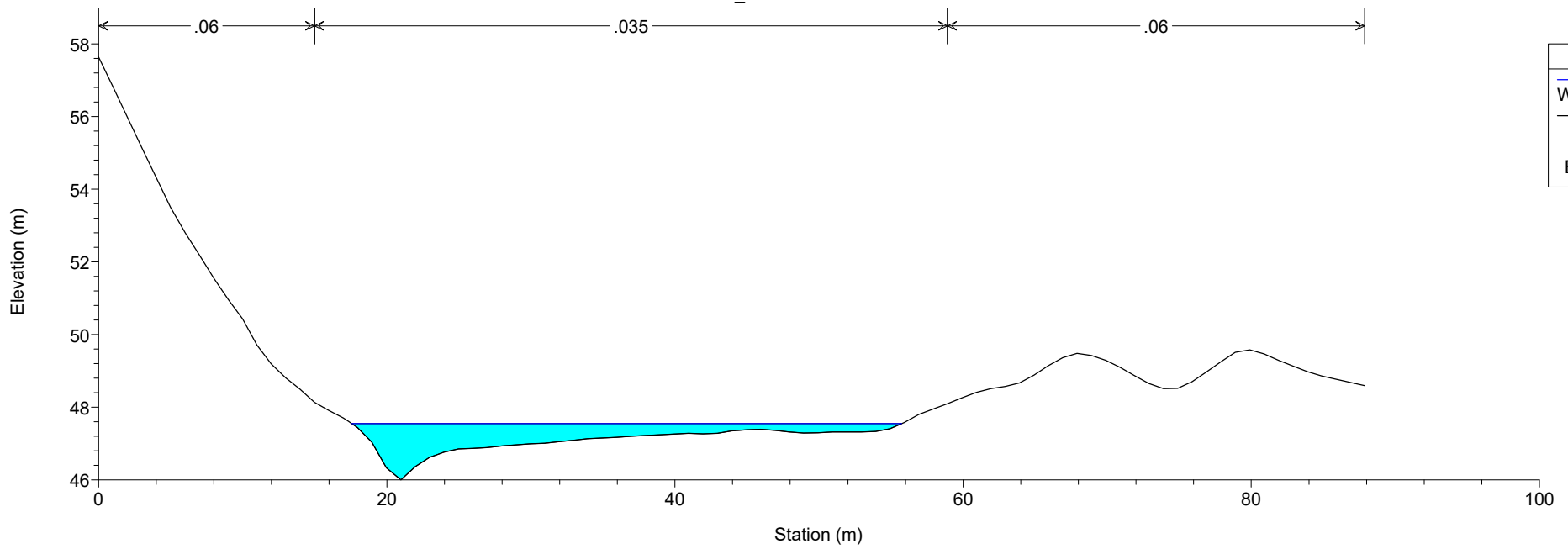
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 100



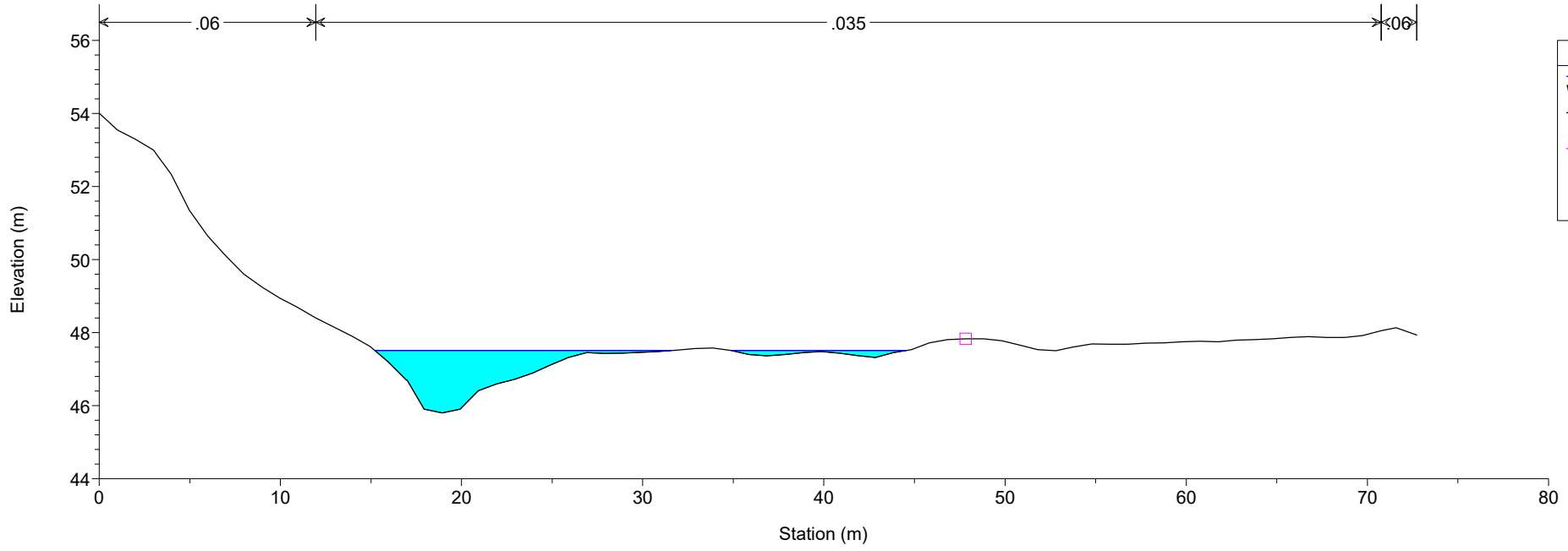
HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 81



HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 59

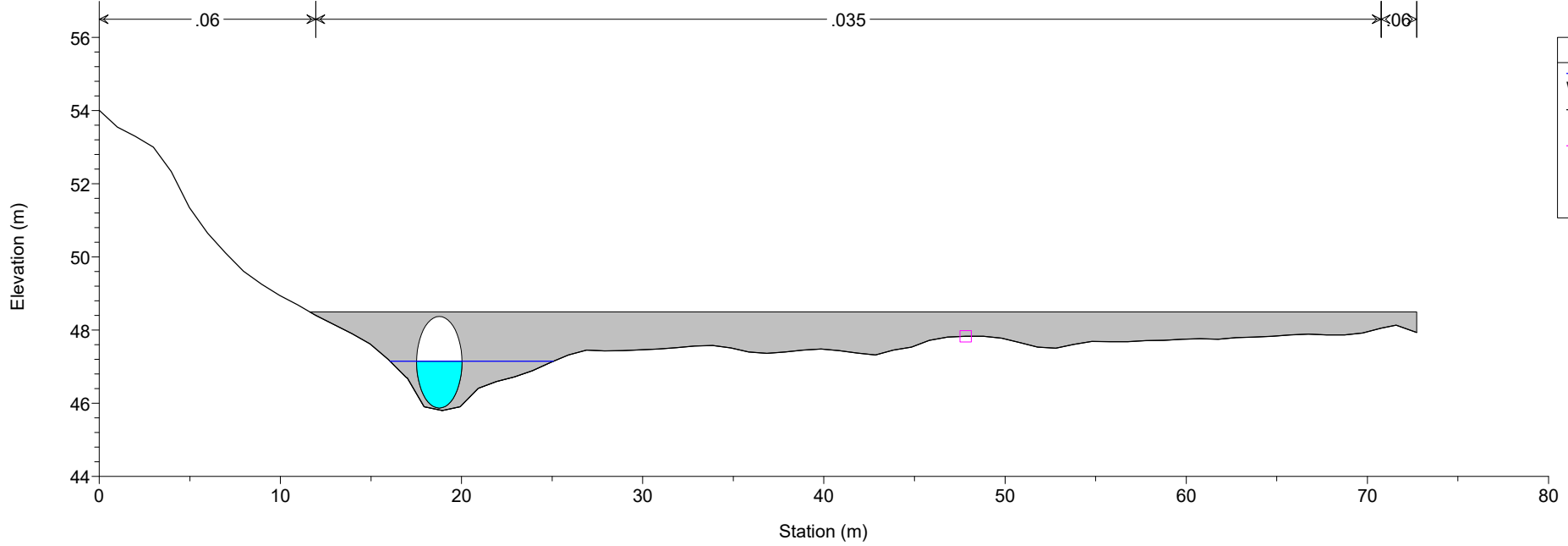


HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 40



Legend	
—	WS TR500
—	Ground
□	Levee
	Bank Sta

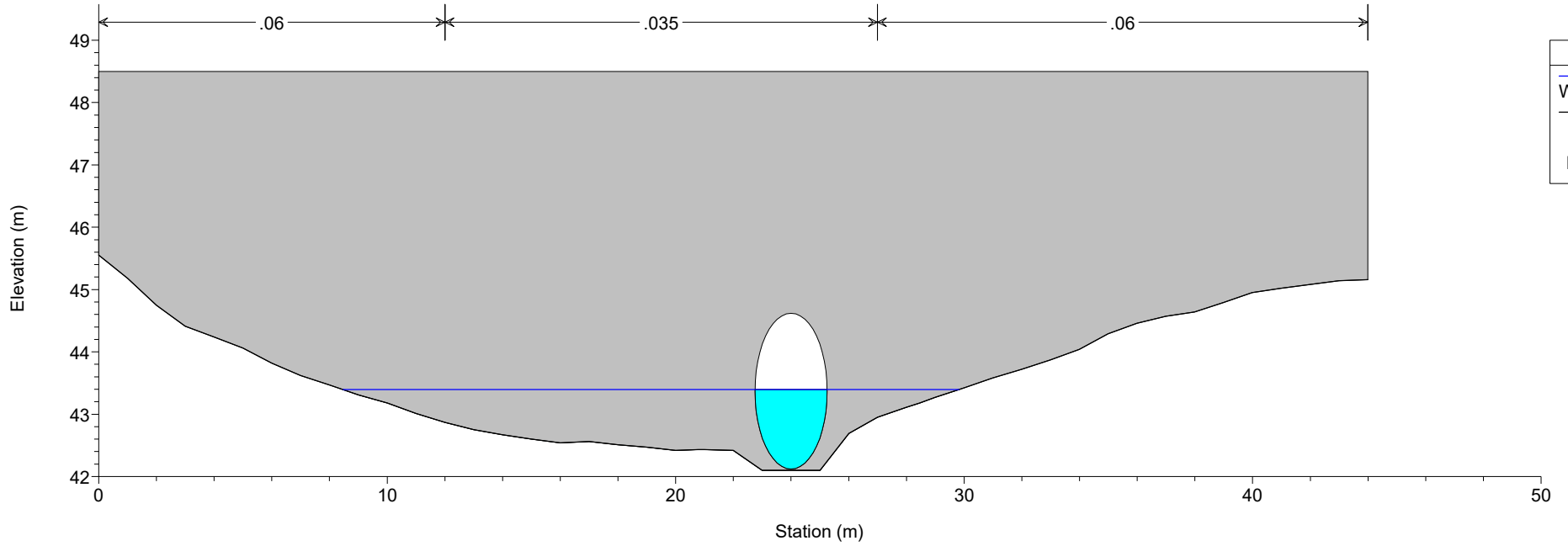
HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 30 Culv



Legend	
—	WS TR500
—	Ground
□	Levee
	Bank Sta

### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

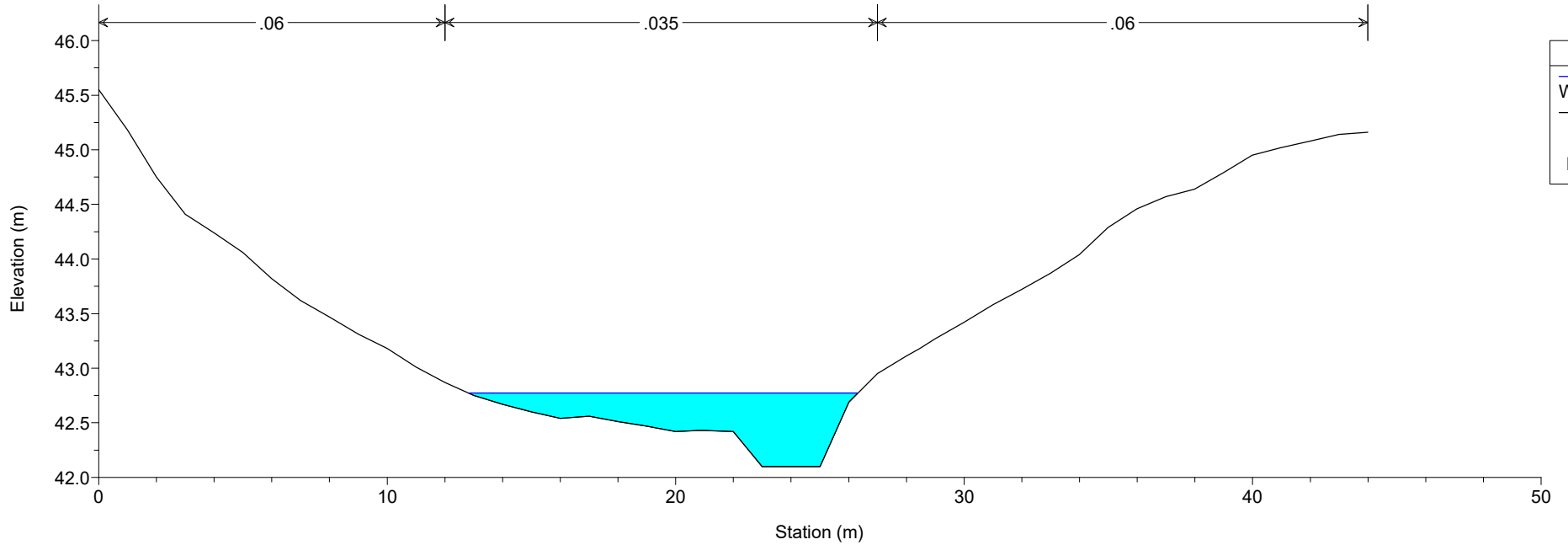
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 30 Culv



Legend
WS TR500
Ground
Bank Sta

### HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

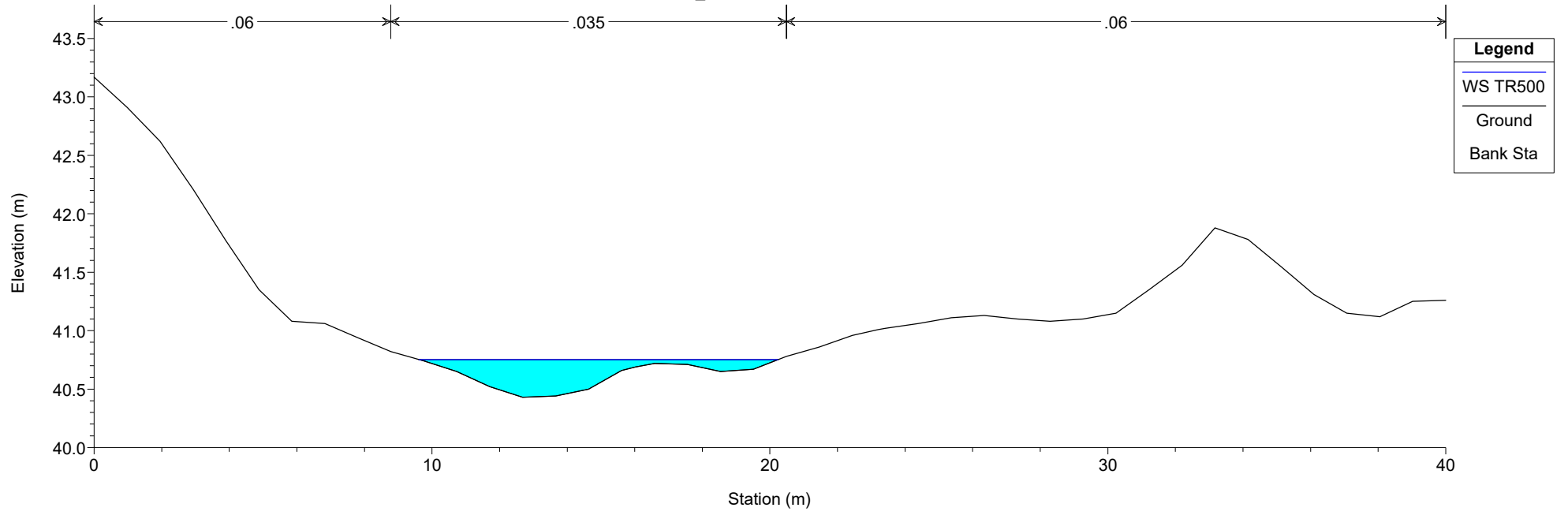
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 15



Legend
WS TR500
Ground
Bank Sta

# HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 2



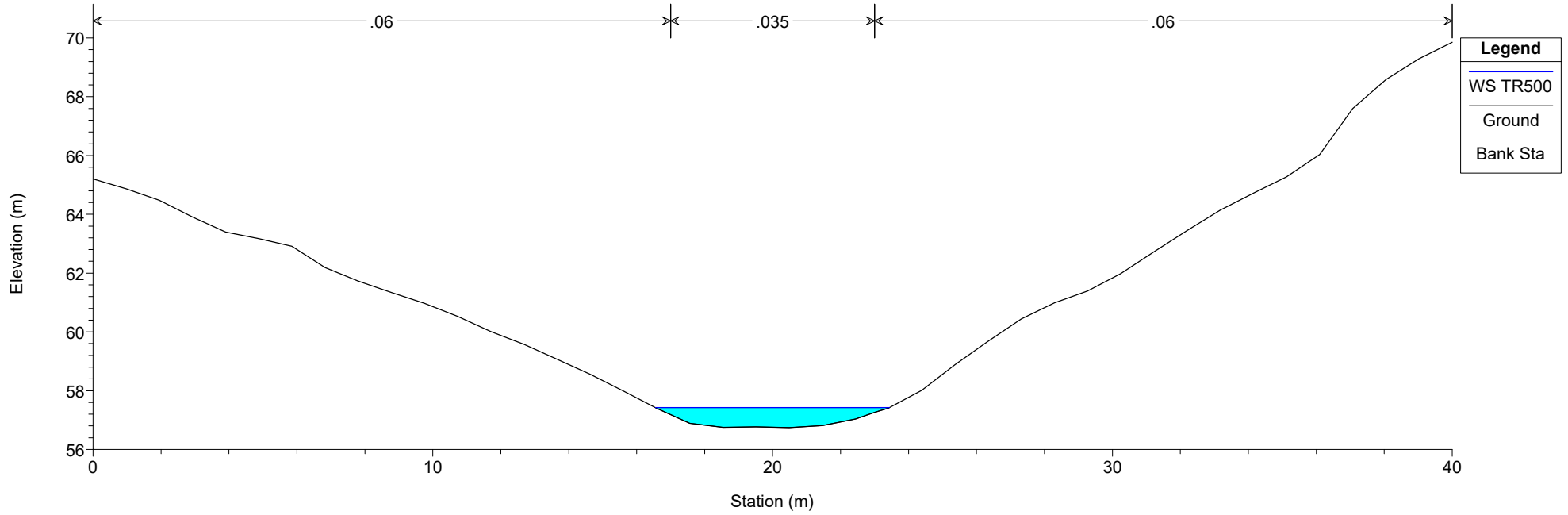


2. SECCIONES TRANSVERSALES DE CONTROL MEDIDA CORRECTORA

---

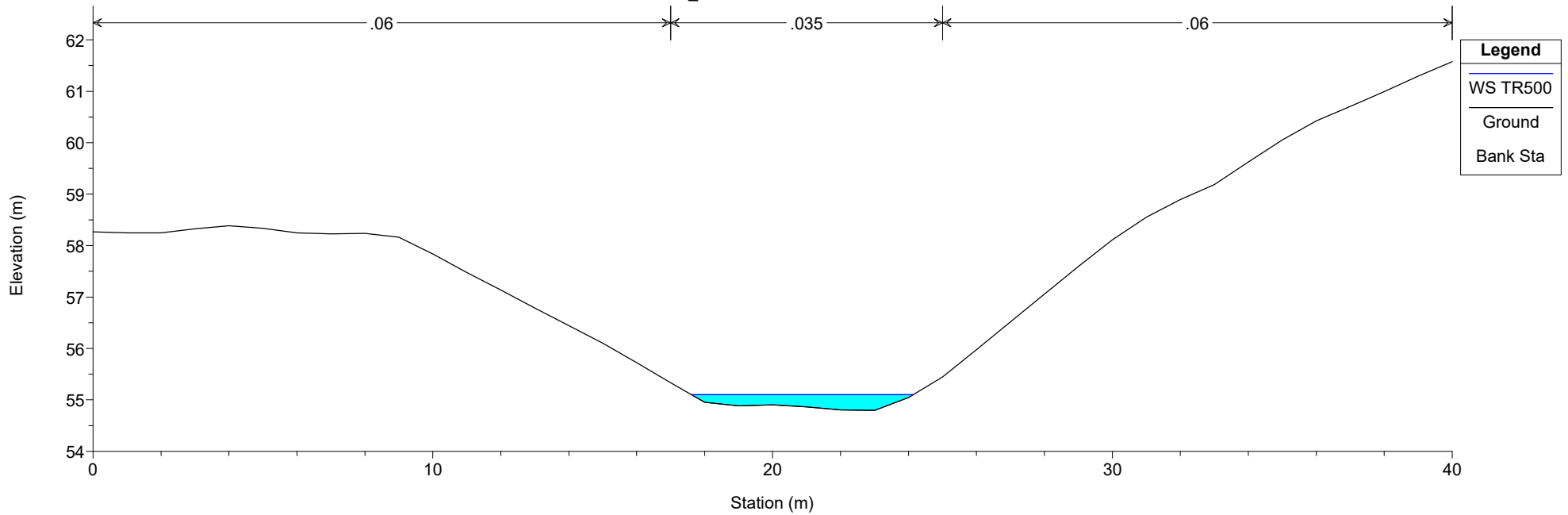
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 240



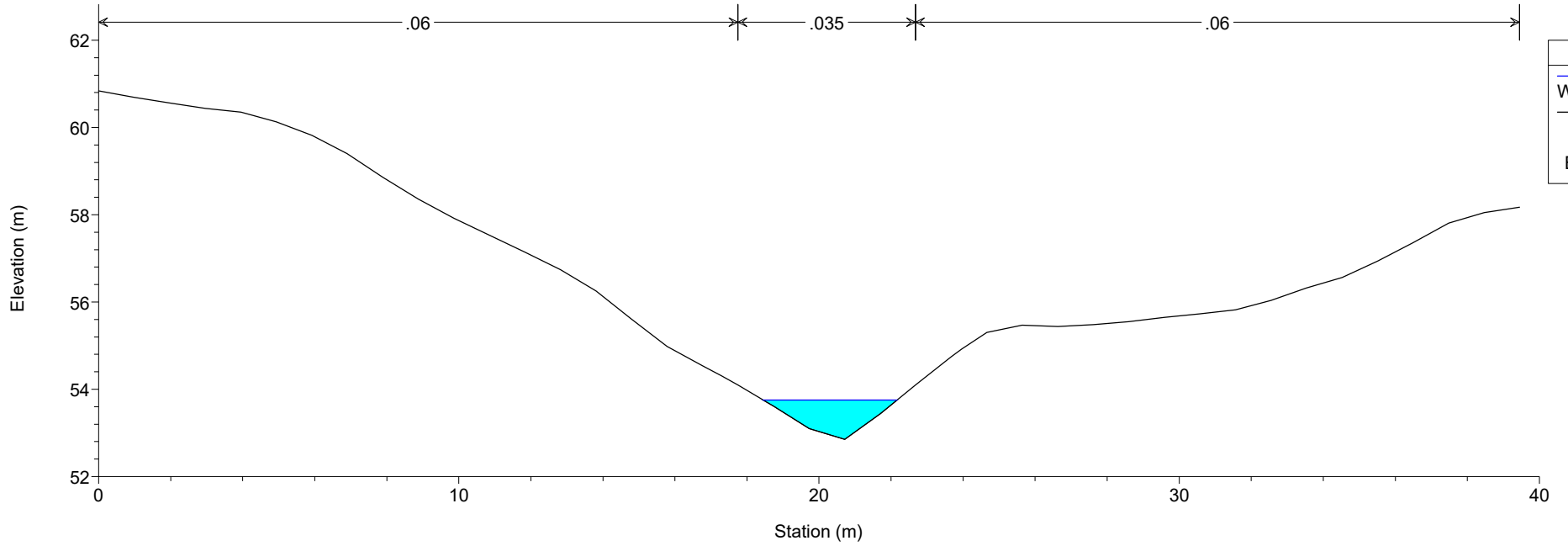
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 220



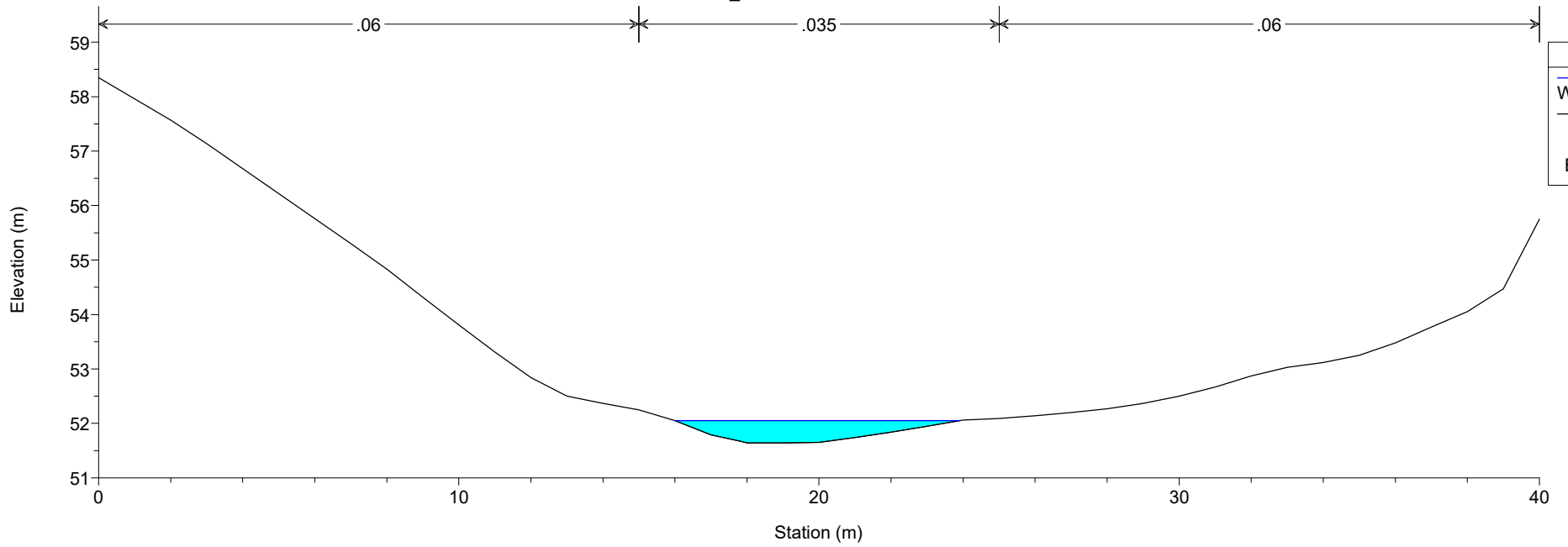
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 205



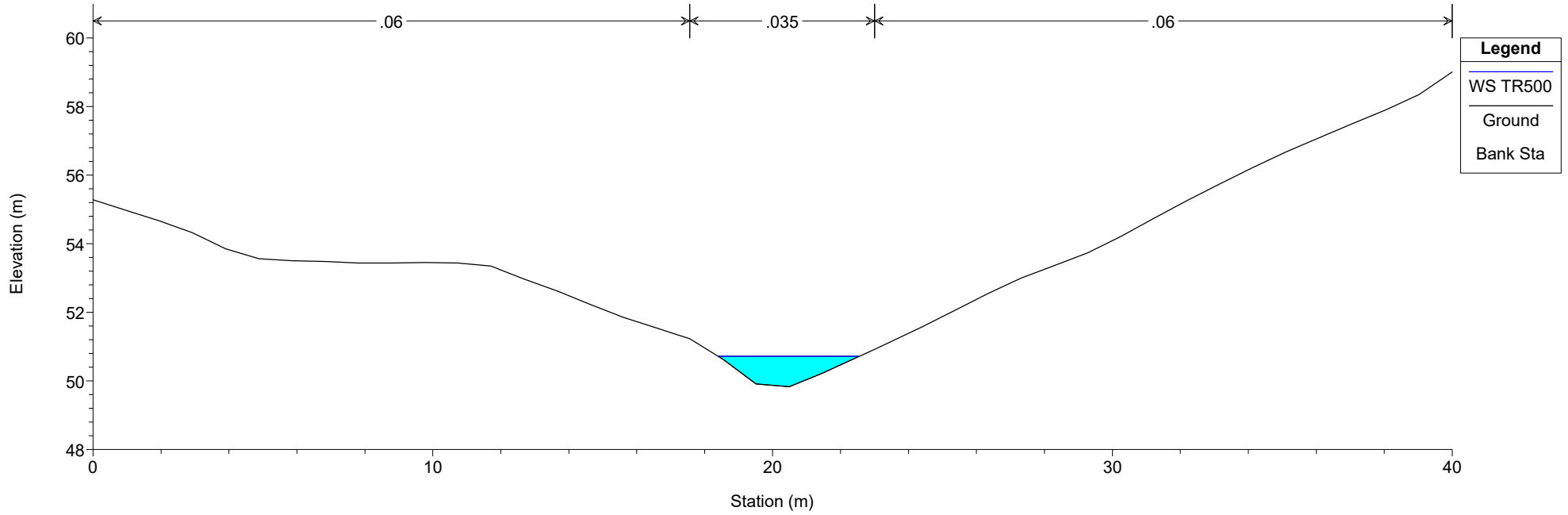
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 182



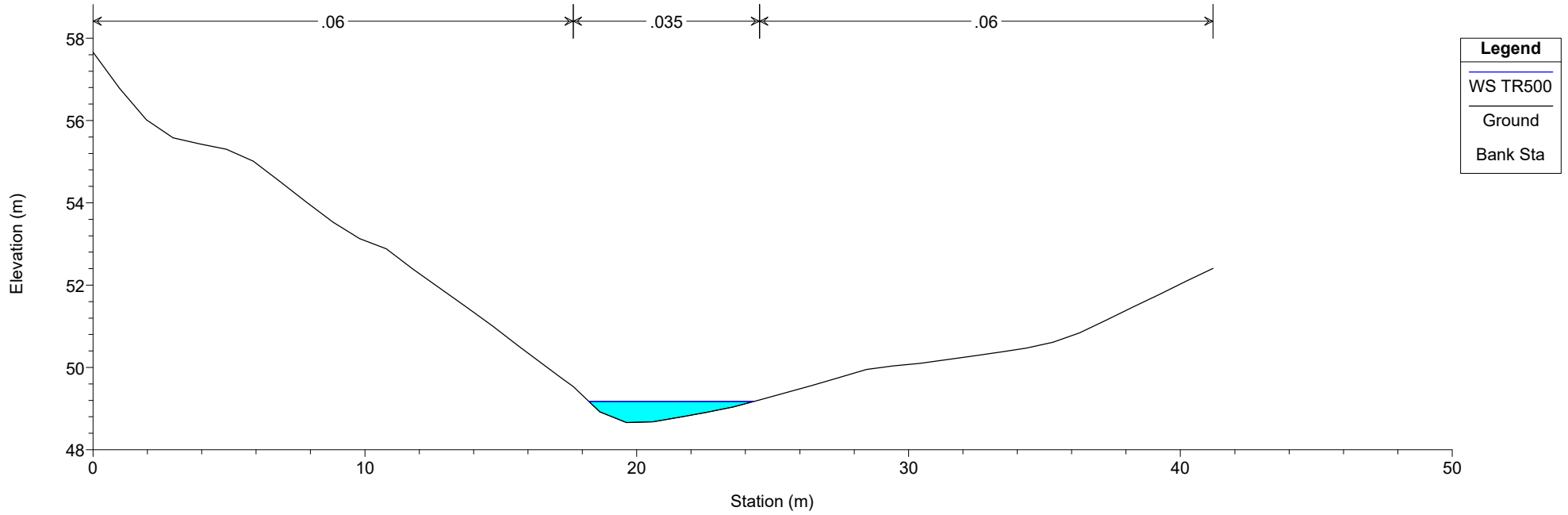
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 160



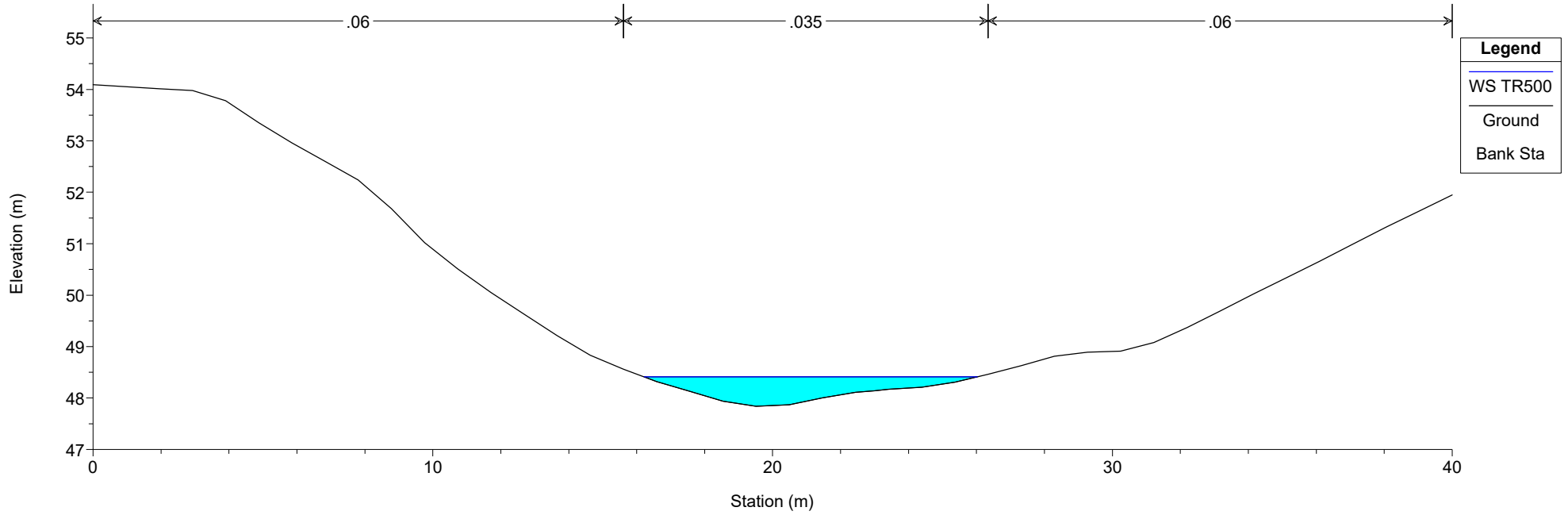
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 139



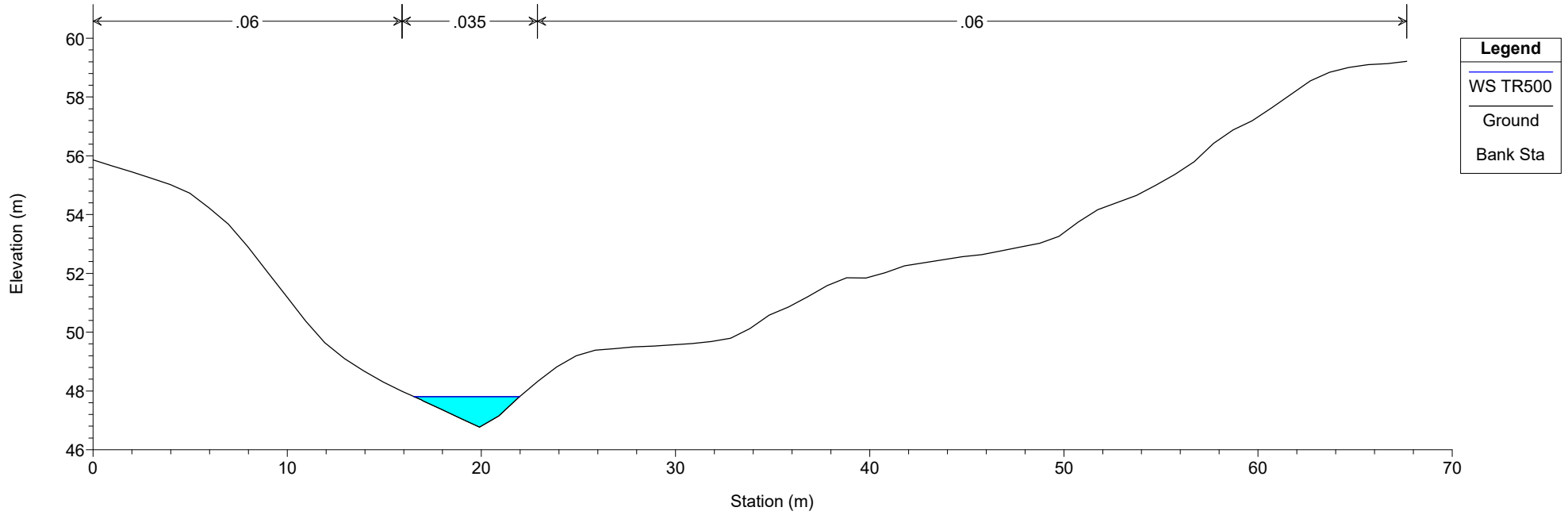
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 120



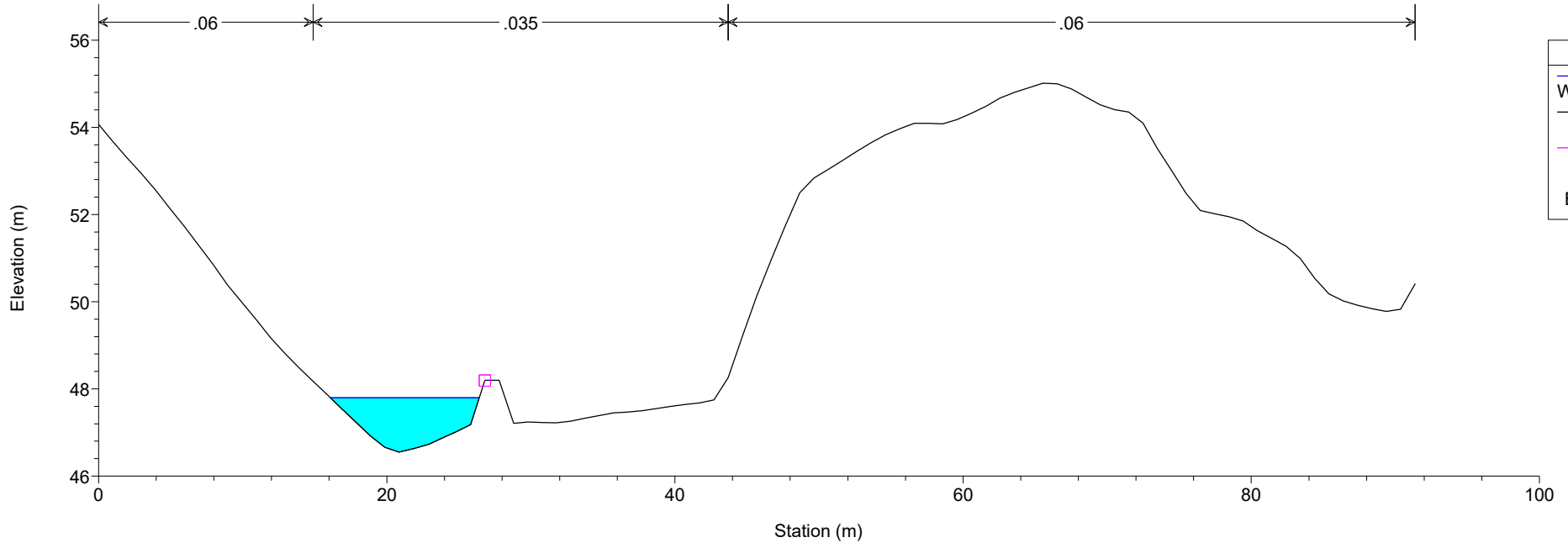
### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 100

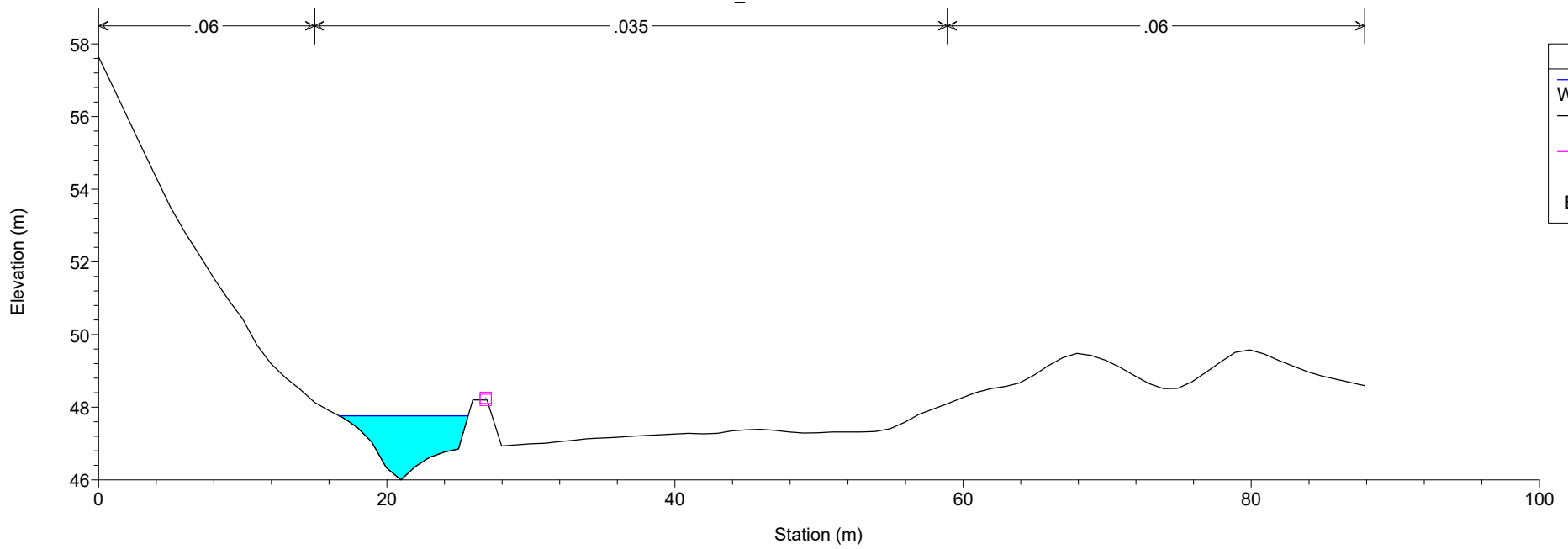




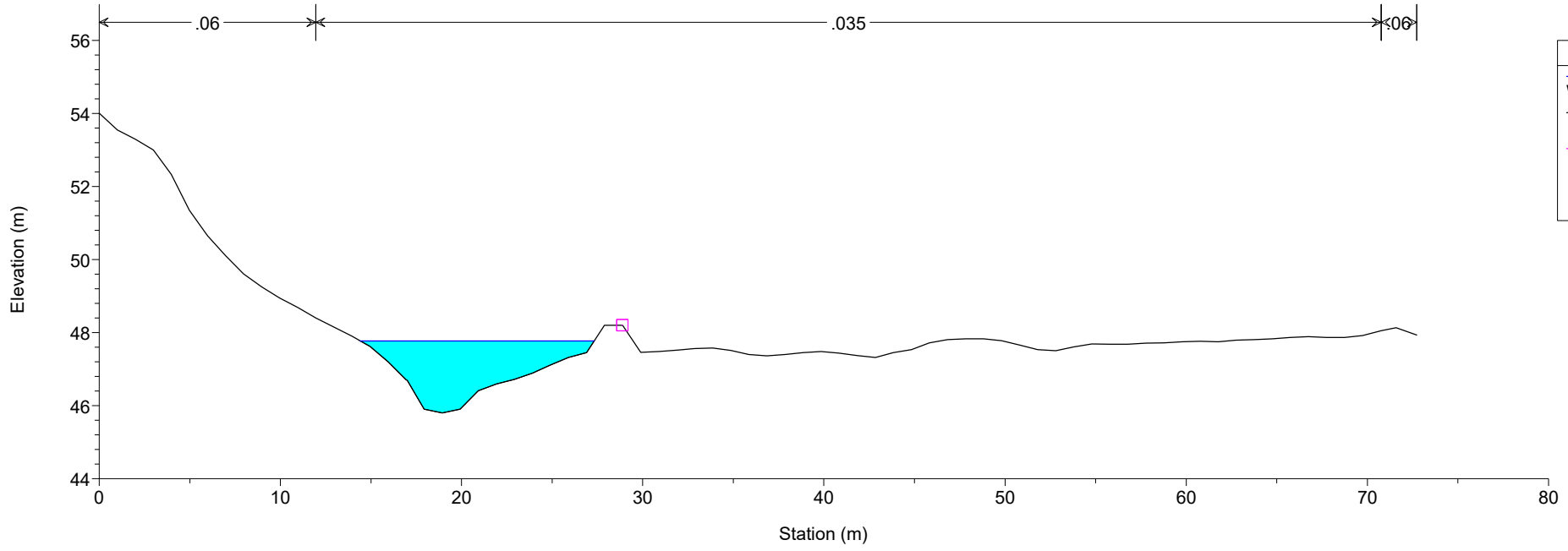
HEC\_JUAN\_ROJO\_MC  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 81



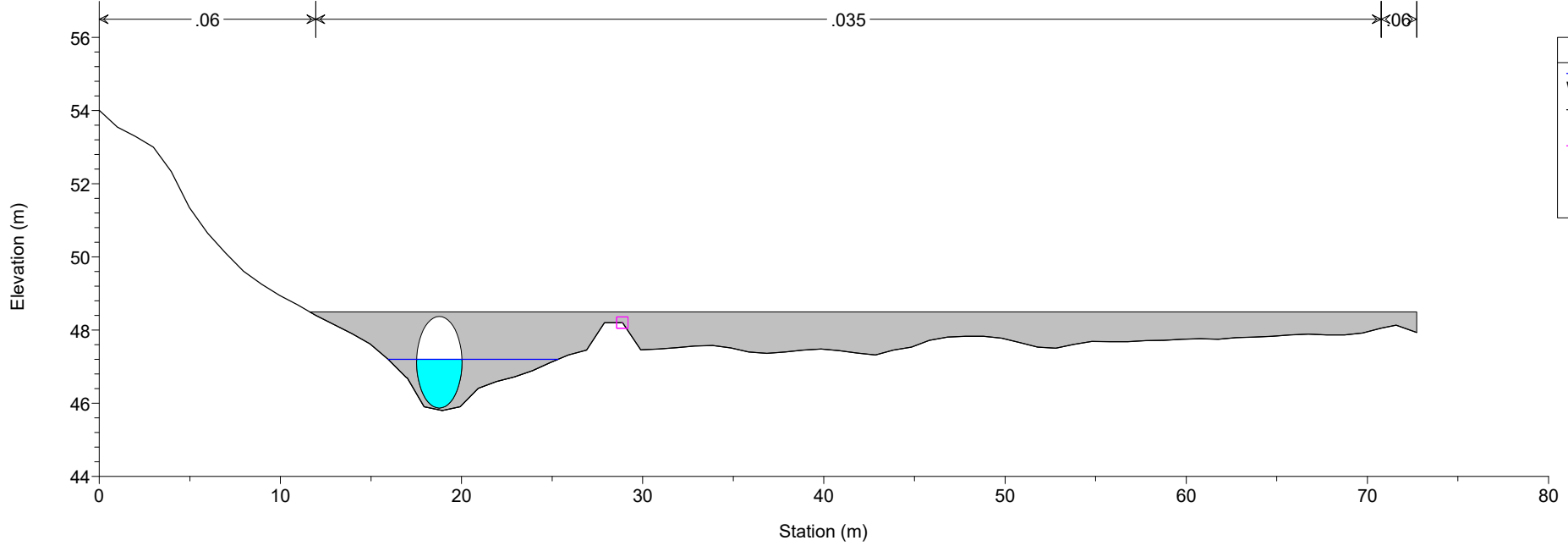
HEC\_JUAN\_ROJO\_MC  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 59



HEC\_JUAN\_ROJO\_MC  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 40

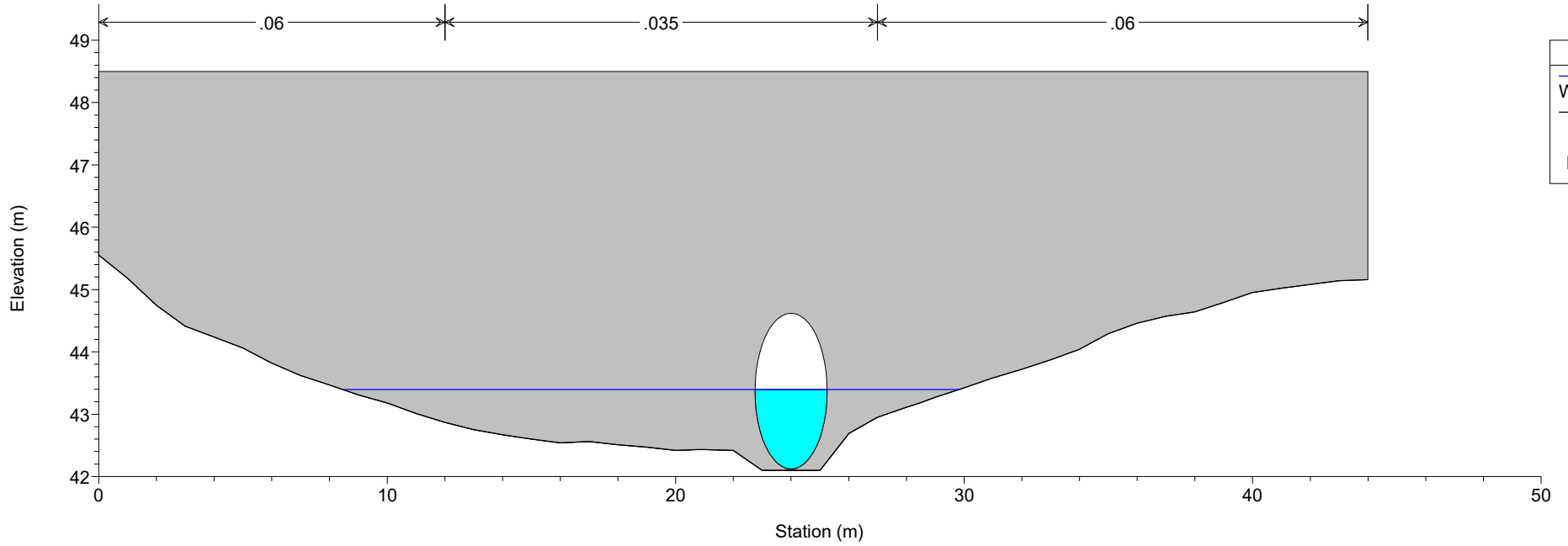


HEC\_JUAN\_ROJO\_MC  
 River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 30 Culv



### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

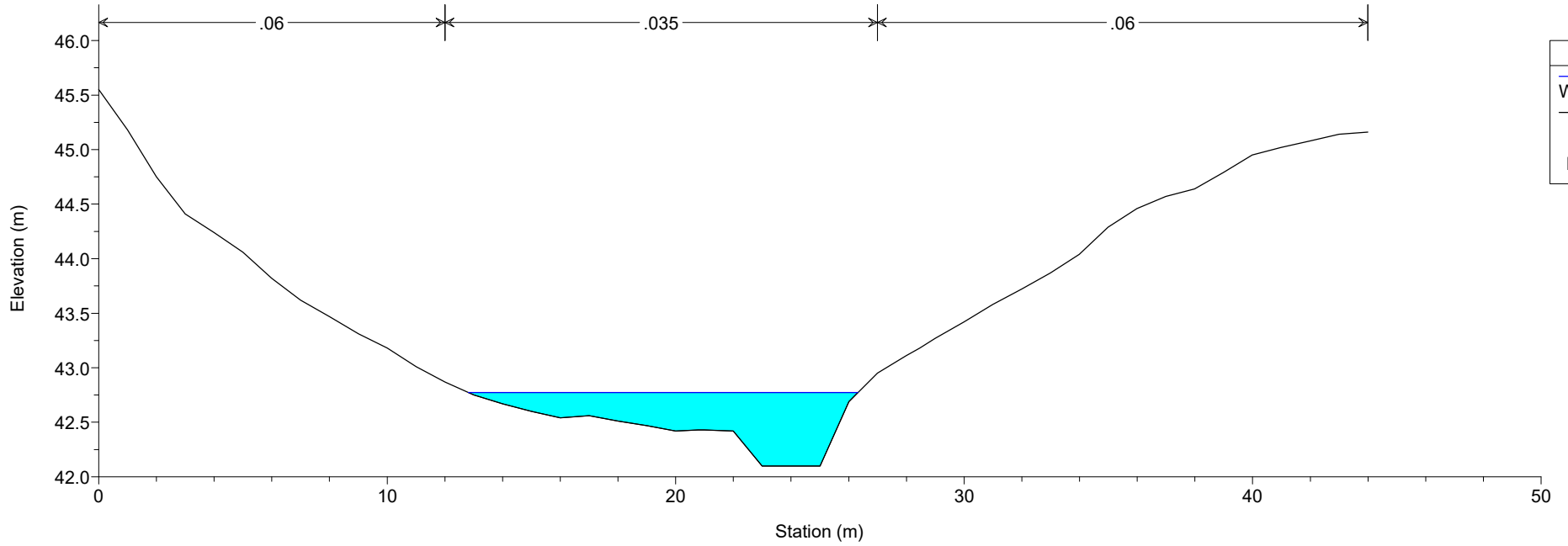
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 30 Culv



Legend
WS TR500
Ground
Bank Sta

### HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

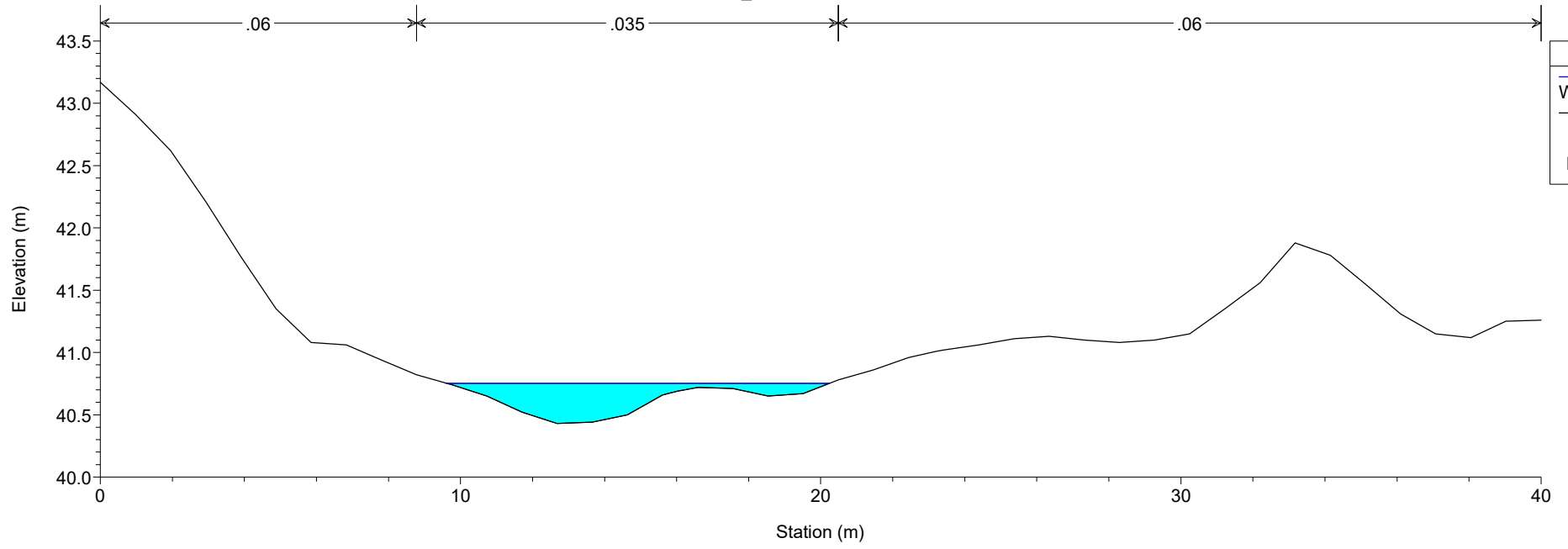
River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 15



Legend
WS TR500
Ground
Bank Sta

# HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

River = JUAN\_ROJO Reach = UNICO RS = 2



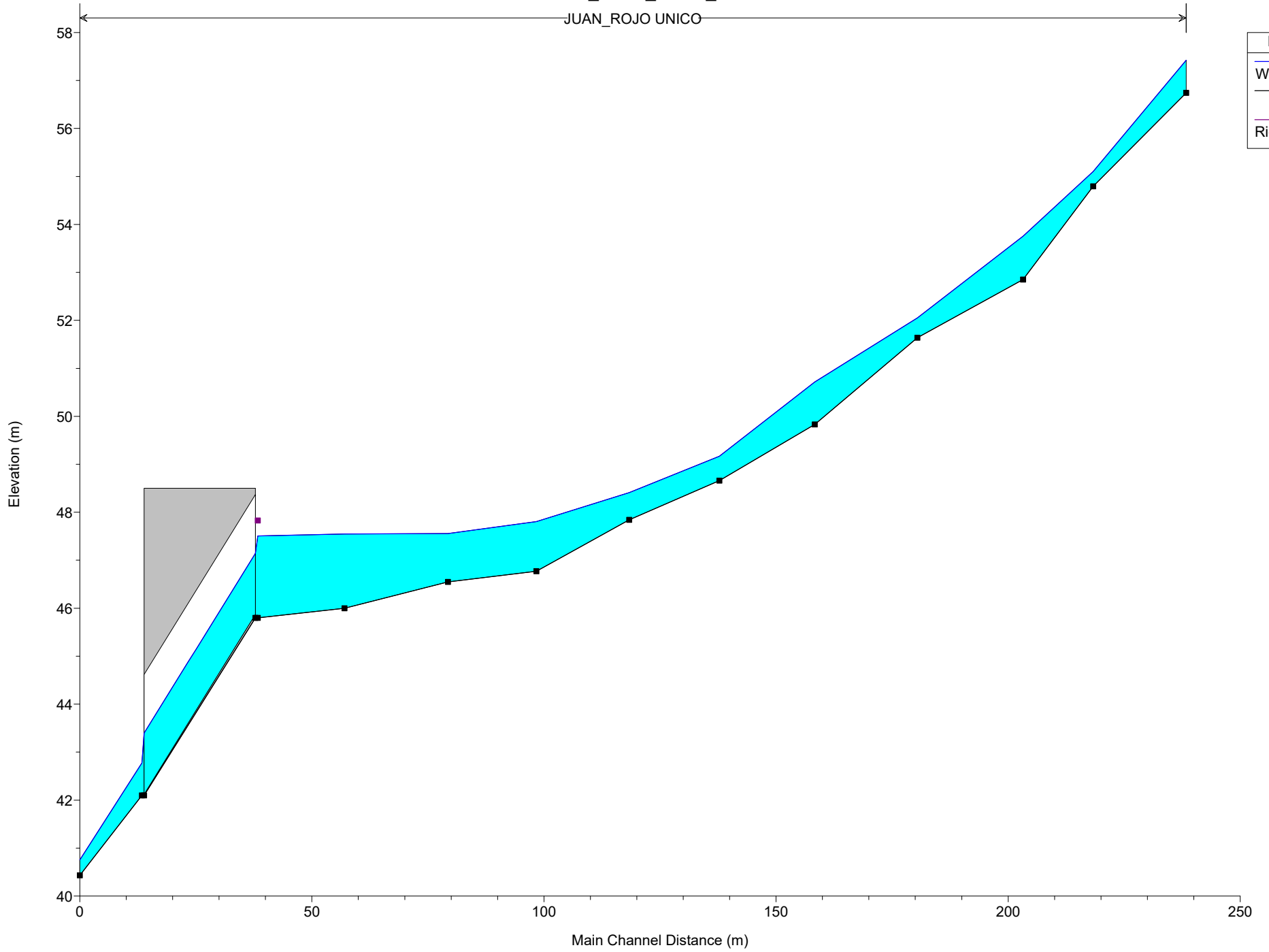
### 3. PERFIL LONGITUDINAL INICIAL

---



# HEC\_JUAN\_ROJO\_INICIAL

JUAN\_ROJO UNICO



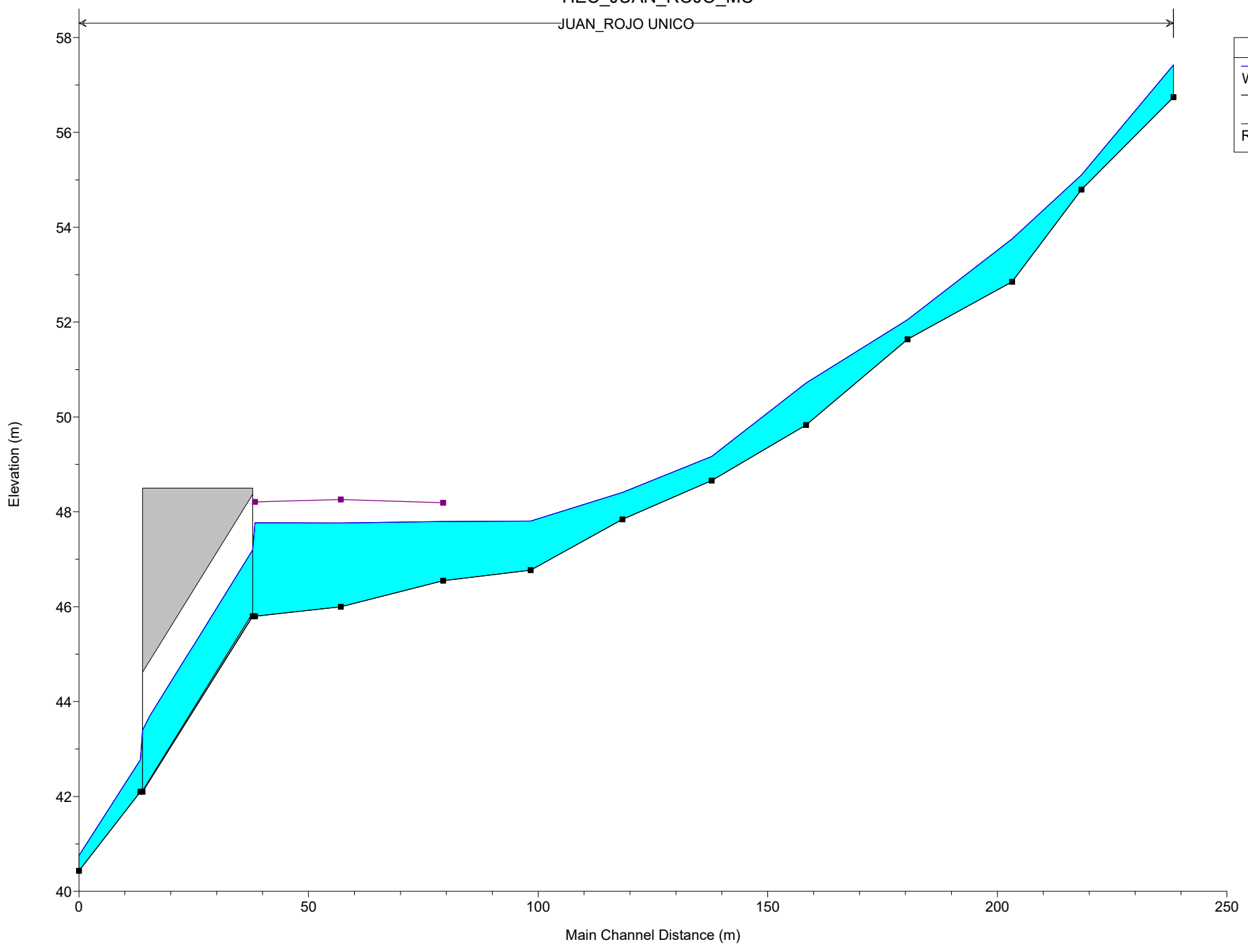
**Legend**

- WS TR500
- Ground
- Right Levee

#### 4. PERFIL LONGITUDINAL MEDIDA CORRECTORA

# HEC\_JUAN\_ROJO\_MC

JUAN\_ROJO UNICO



**Legend**

- WS TR500
- Ground
- Right Levee

5. DATOS HIDRÁULICOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL INICIAL

---

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: JUAN\_ROJO Reach: UNICO Profile: TR500

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Vel Total (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Mann Wtd Total
UNICO	240	TR500	7.91	56.74	57.42	57.42	2.28	3.48	6.88	0.99	0.033
UNICO	220	TR500	7.91	54.80	55.10	55.42	5.71	1.39	6.53	3.95	0.035
UNICO	205	TR500	7.91	52.85	53.76	54.05	4.25	1.86	3.72	1.92	0.035
UNICO	182	TR500	7.91	51.64	52.05	52.26	3.78	2.09	7.92	2.35	0.035
UNICO	160	TR500	7.91	49.83	50.72	50.92	3.58	2.21	4.14	1.57	0.035
UNICO	139	TR500	7.91	48.66	49.17	49.42	4.18	1.89	6.05	2.39	0.035
UNICO	120	TR500	7.91	47.84	48.41	48.50	2.57	3.08	9.80	1.46	0.035
UNICO	100	TR500	7.91	46.77	47.81	47.87	2.68	2.95	5.44	1.16	0.035
UNICO	81	TR500	7.91	46.55	47.56	47.32	0.86	9.17	22.05	0.43	0.035
UNICO	59	TR500	7.91	46.00	47.55		0.46	17.21	38.14	0.22	0.035
UNICO	40	TR500	7.91	45.80	47.51	46.80	0.71	11.10	26.02	0.35	0.035
UNICO	30		Culvert								
UNICO	15	TR500	7.91	42.10	42.77	42.77	1.79	4.41	13.50	1.00	0.035
UNICO	2	TR500	7.91	40.43	40.75	40.99	5.20	1.52	10.62	4.39	0.035

6. DATOS HIDRÁULICOS DE LAS SECCIONES DE CONTROL MC

---



HEC-RAS Plan: Plan 04 River: JUAN\_ROJO Reach: UNICO Profile: TR500

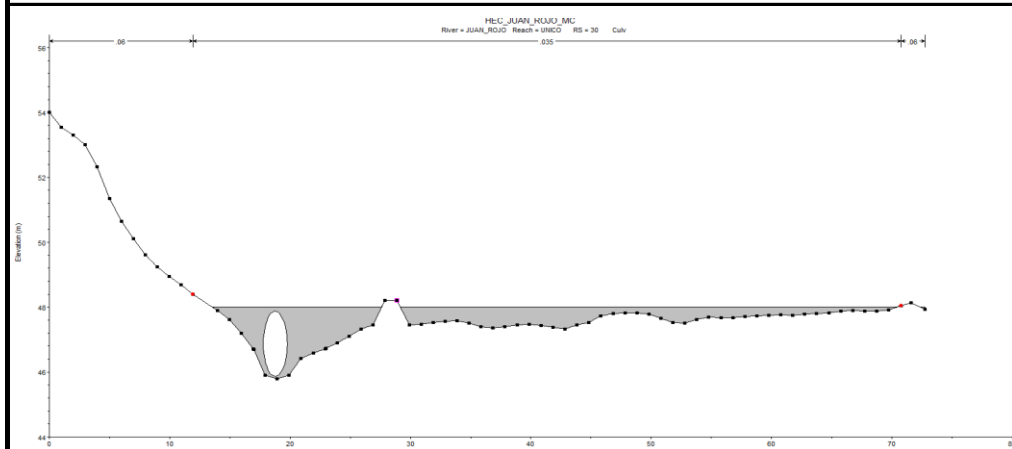
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	Vel Total (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	Mann Wtd Total
UNICO	240	TR500	7.91	56.74	57.42	57.42	2.28	3.48	6.88	0.99	0.033
UNICO	220	TR500	7.91	54.80	55.10	55.42	5.71	1.39	6.53	3.95	0.035
UNICO	205	TR500	7.91	52.85	53.76	54.05	4.25	1.86	3.72	1.92	0.035
UNICO	182	TR500	7.91	51.64	52.05	52.26	3.78	2.09	7.92	2.35	0.035
UNICO	160	TR500	7.91	49.83	50.72	50.92	3.58	2.21	4.14	1.57	0.035
UNICO	139	TR500	7.91	48.66	49.17	49.42	4.18	1.89	6.05	2.39	0.035
UNICO	120	TR500	7.91	47.84	48.41	48.50	2.57	3.08	9.80	1.46	0.035
UNICO	100	TR500	7.91	46.77	47.81	47.87	2.68	2.95	5.44	1.16	0.035
UNICO	81	TR500	7.91	46.55	47.80	47.29	0.94	8.43	10.33	0.33	0.035
UNICO	59	TR500	7.91	46.00	47.77	47.07	0.92	8.62	8.99	0.30	0.035
UNICO	40	TR500	7.91	45.80	47.77	46.80	0.60	13.20	12.91	0.19	0.035
UNICO	30		Culvert								
UNICO	15	TR500	7.91	42.10	42.77	42.77	1.79	4.41	13.50	1.00	0.035
UNICO	2	TR500	7.91	40.43	40.75	40.99	5.20	1.52	10.62	4.39	0.035

## 7. OBRA DE PASO

---

NUMERO DE CONTROL	1		
CAUCE DE ESTUDIO:	ARROYO JUAN ROJO		
LOCALIZACIÓN:	SECCIÓN 30		
COORDENADAS:	HUSO	ETRS 89 HUSO 30	
		X, m	Y, m
		415100	4067107
DESCRIPCION DEL CAUCE			
TIPO DE SECCIÓN	CIRCULAR DE 2.5 METROS DE DIÁMETRO	LECHO	HORMIGÓN
ESTADO DE CONSERVACIÓN	BUENO	MARGEN DERECHA	HORMIGÓN
Nº DE MANNING	0.017	MARGEN IZQUIERDA	HORMIGÓN

CROQUIS DE LA SECCIÓN



FOTOS DE LA OBRA DE DRENAJE

AGUAS ARRIBA



AGUAS ABAJO



INACCESIBLE

OBSERVACIONES

**ANEXO IV - REPORTAJE FOTOGRÁFICO**





*Vistas panorámicas del ámbito de estudio*





*Parcela de estudio*





*Arroyo Juan Rojo*



*Río Torrox*

**ANEXO V - PLANOS:**


1. PLANO DE LOCALIZACIÓN. TOPOGRÁFICO NACIONAL 1:25.000.
2. PLANO DE LOCALIZACIÓN. ORTOFOTO.
3. PLANO DE CUENCA. ARROYO JUAN ROJO.
4. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (LIDAR). ÁMBITO DE ESTUDIO.
5. TOPOGRAFÍA. CURVAS DE NIVEL 1m.
6. USOS DEL SUELO. NÚMERO DE MANNING.
7. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. ZONA INUNDABLE.
8. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. CALADO MÁXIMO.
9. RÍO TORROX - ESTADO INICIAL TR – 500 AÑOS. VELOCIDADES DEL FLUJO.
10. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. ZONA INUNDABLE.
11. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. CALADO MÁXIMO.
12. RÍO TORROX - MEDIDA CORRECTORA TR – 500 AÑOS. VELOCIDAD DEL FLUJO.
13. ARROYO JUAN ROJO – PLANO DE LOCALIZACIÓN DE SECCIONES
14. ARROYO JUAN ROJO – PROPUESTA DE DELIMITACIÓN DE ZONA INUNDABLE
15. ARROYO JUAN ROJO – PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)

PLANO DE LOCALIZACIÓN  
TOPOGRÁFICO NACIONAL 1 : 25.000

### LEYENDA

 ZONA DE ESTUDIO

Nº DE PLANO  
**1**

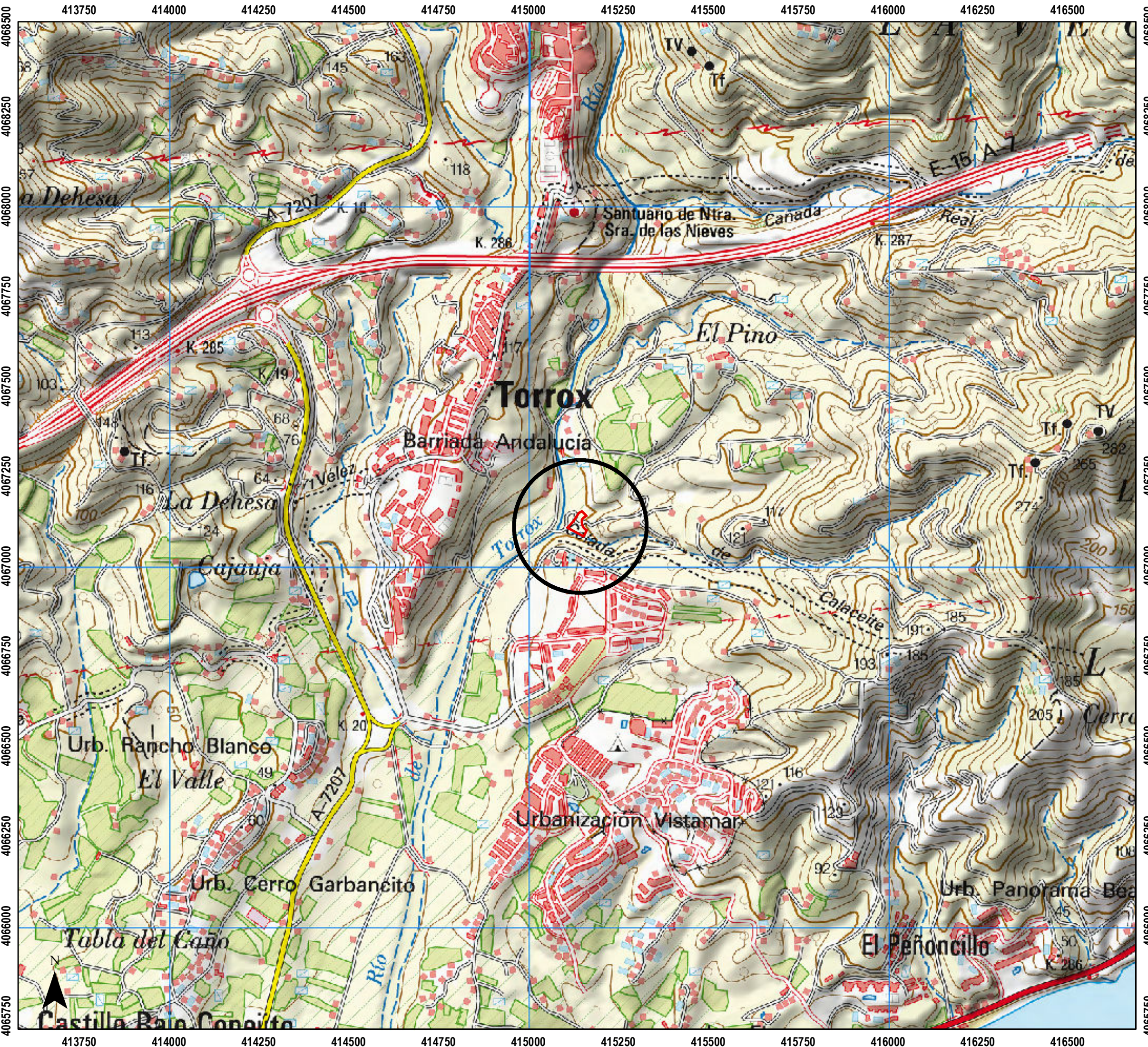
ESCALA  
1 : 10.000

Nº DE EXPEDIENTE:  
**25 / 18**

FORMATO:  
A-3

FECHA  
**21 / 10 / 2018**

REDACTOR  
**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL






413750 414000 414250 414500 414750 415000 415250 415500 415750 416000 416250 416500

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**PLANO DE LOCALIZACIÓN  
TOPOGRÁFICO NACIONAL 1 : 25.000**

**LEYENDA**

 ZONA DE ESTUDIO

<b>Nº DE PLANO</b> <b>2</b>	<b>ESCALA</b> 1 : 10.000
--------------------------------	-----------------------------

<b>Nº DE EXPEDIENTE:</b> <b>25 / 18</b>	<b>FORMATO:</b> A-3
--	------------------------

<b>FECHA</b> <b>21 / 10 / 2.018</b>
--

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

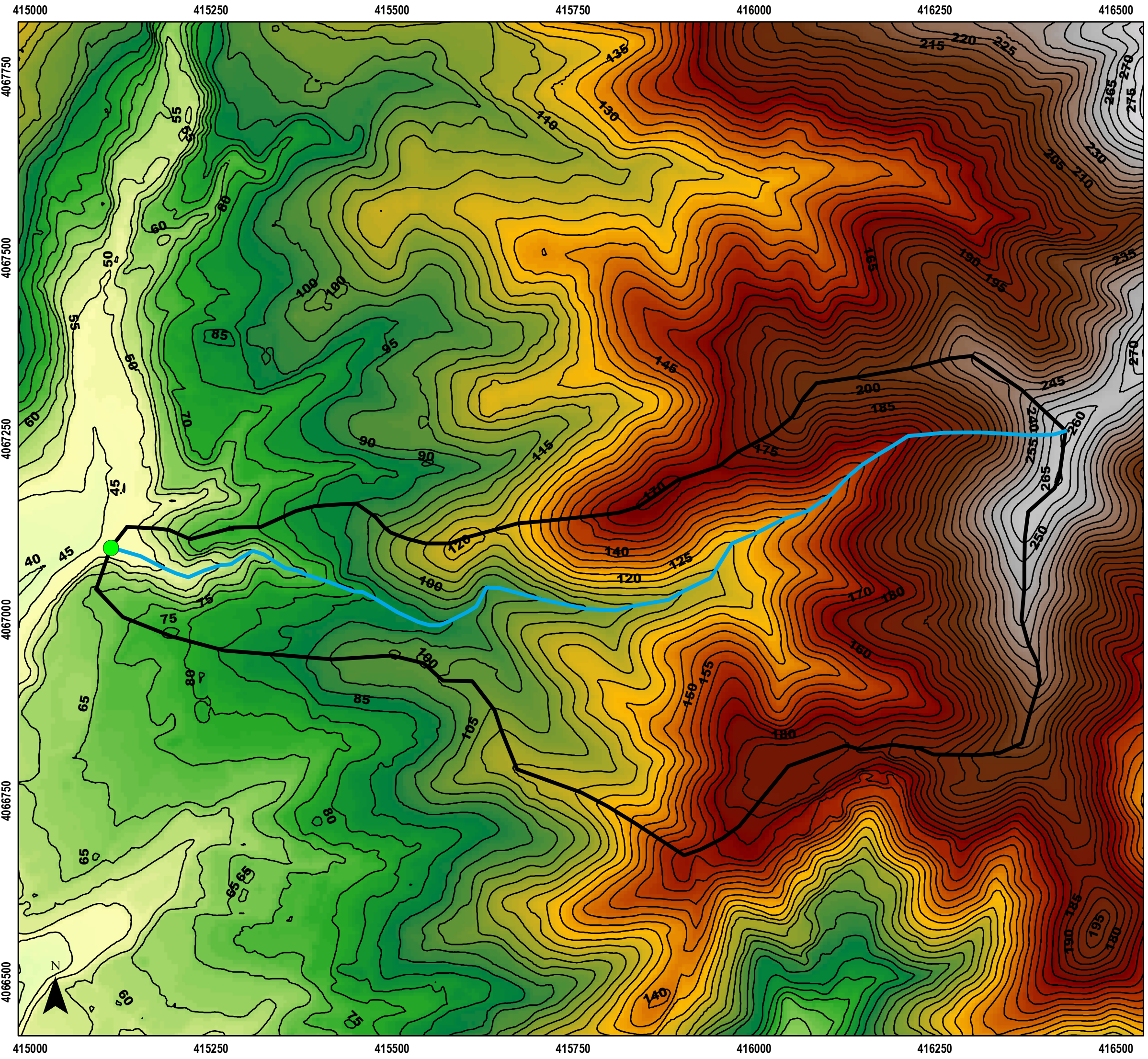


4068500  
4068250  
4068000  
4067750  
4067500  
4067250  
4067000  
4066750  
4066500  
4066250  
4066000  
4065750

4068500  
4068250  
4068000  
4067750  
4067500  
4067250  
4067000  
4066750  
4066500  
4066250  
4066000  
4065750

413750 414000 414250 414500 414750 415000 415250 415500 415750 416000 416250 416500





**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**PLANO DE CUENCA  
ARROYO JUAN ROJO**

**LEYENDA**

- Punto de Salida
- Cuenca Juan Rojo
- Curvas de nivel

**Topografía MDT05**

**Value**

High : 321,465

Low : 0

**Nº DE PLANO**  
**3**

**ESCALA**  
1 : 5.000

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**21 / 10 / 2018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



414750

415000



415250

415500

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE  
RÍO TORROX A SU PASO POR  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 132 / 20 Kv  
UBICADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE  
TORROX (MÁLAGA)**

**MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (LIDAR)  
ÁMBITO DE ESTUDIO**











**LEYENDA**

-  LIMITE MODELIZACION
-  ZONA DE ESTUDIO

**Modelo digital de elevaciones**

Data percentage: 19,5

**Elevación, msnm**

-  180 - 200
-  160 - 180
-  140 - 160
-  120 - 140
-  100 - 120
-  80 - 100
-  60 - 80
-  40 - 60
-  20 - 40
-  17,22 - 20

**Nº DE PLANO**  
**4**

**ESCALA**  
1 : 5.000

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**18 / 10 / 2018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL

4067500

4067500

4067250

4067250

4067000

4067000

4066750

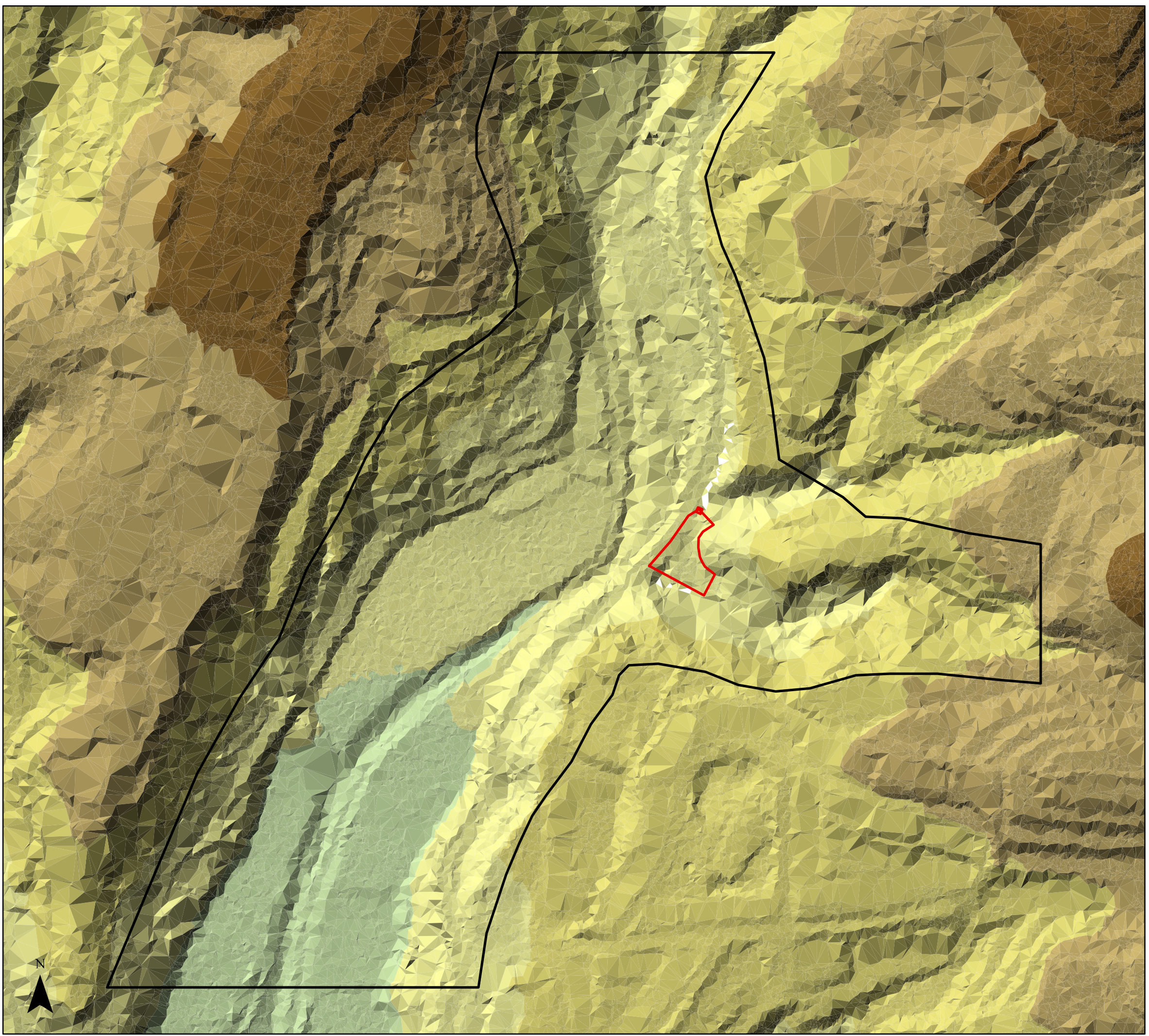
4066750

414750

415000

415250

415500





415000

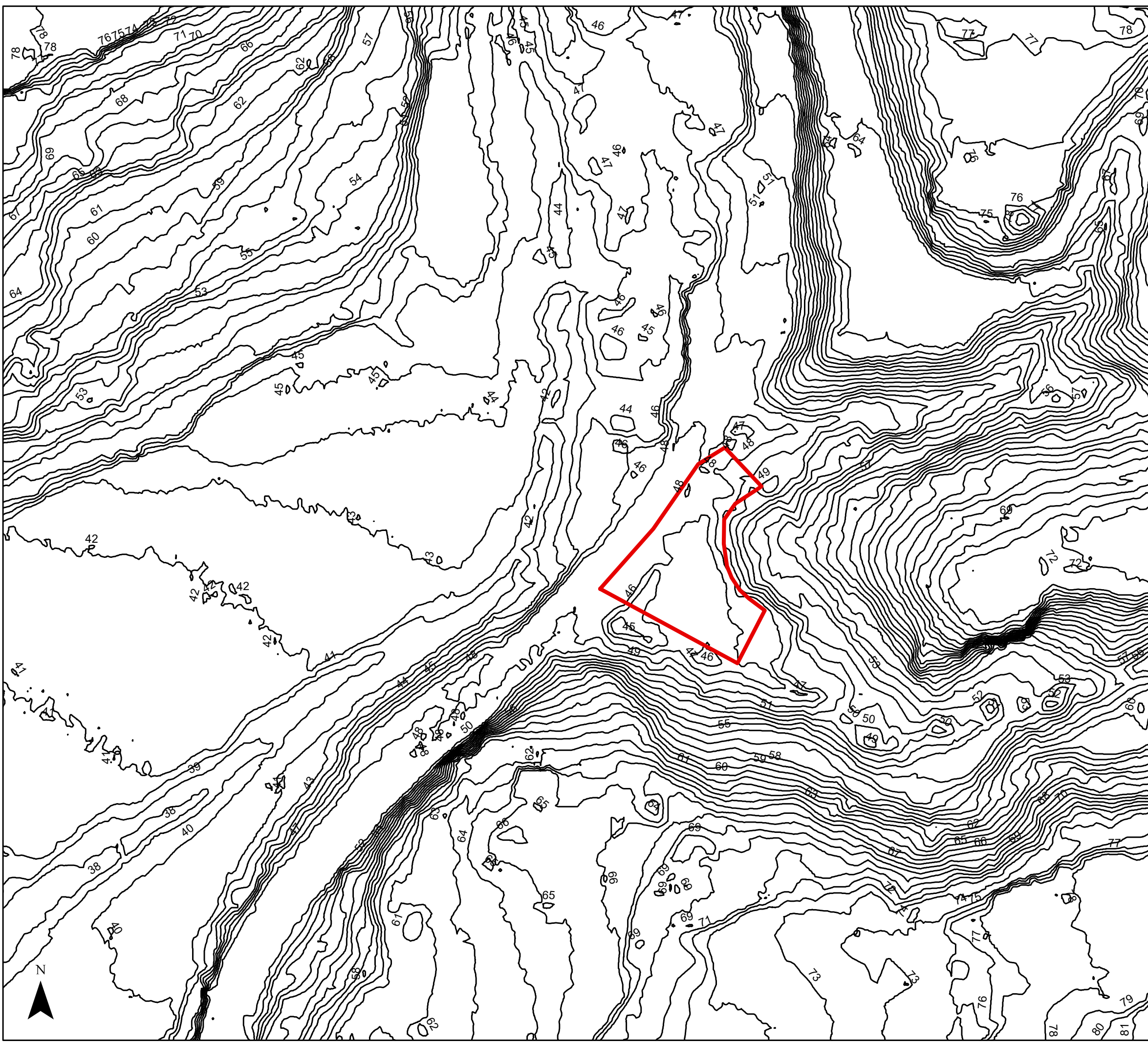
415250

4067250

4067250

4067000


4067000




**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX A SU PASO POR  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES (LIDAR)  
ÁMBITO DE ESTUDIO**

**LEYENDA**

 ZONA DE ESTUDIO

 CURVA DE NIVEL CADA 1m

**Nº DE PLANO**  
**5**

**ESCALA**  
**1 : 3.000**

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
**A-3**

**FECHA**  
**21 / 10 / 2018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

415000

415250



414750

415000

415250

415500

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX A SU PASO POR  
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**NÚMERO DE MANNING**

**LEYENDA**

**USO\_SIOSE**

- Cultivos herbáceos
- Cursos de agua
- Depuradora
- Edificaciones
- Frutales tropicales
- Industria aislada
- Invernadero
- Red viaria
- Suelo desnudo

**Nº DE PLANO**  
**6**

**ESCALA**  
**1 : 3.000**

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
**A-3**

**FECHA**  
**21 / 10 / 2018**

**REDACTOR**  
**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

4067500

4067250

4067000

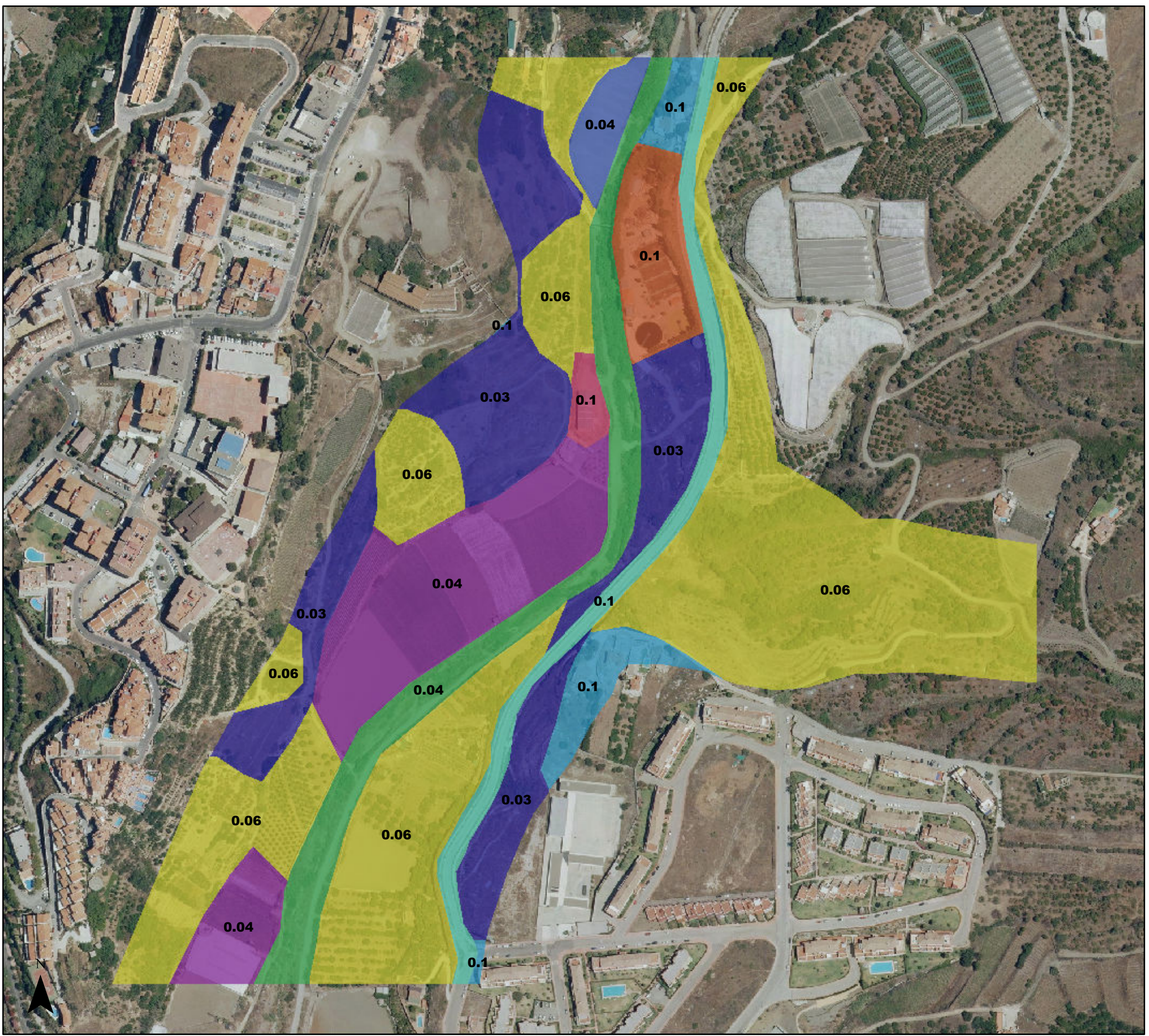
4066750

4067500

4067250

4067000

4066750



414750

415000

415250

415500



415000

415100




415200

415300

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**ESTADO INICIAL TR - 500 AÑOS  
ZONA INUNDABLE**

**LEYENDA**

-  Zona de implantación
-  CURVA DE NIVEL CADA 1m
-  Zona inundable 500 años

**Nº DE PLANO**  
**7**

**ESCALA**  
**1 : 1.500**

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
**A-3**

**FECHA**  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**  
**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL

4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

4067000

415000

415100

415200

415300





415000

415100

415200

415300

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**ESTADO INICIAL TR - 500 AÑOS  
CALADO MÁXIMO**

**LEYENDA**

 Zona de implantación

**CALADO\_INICIAL**

**m**

-  0 - 1
-  1 - 2
-  2 - 3
-  3 - 4
-  4 - 5
-  5 - 6
-  6 - 7
-  7 - 8
-  8 - 9

**Nº DE PLANO**  
**8**

**ESCALA**  
1 : 1.500

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**21 / 10 / 2018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL

4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

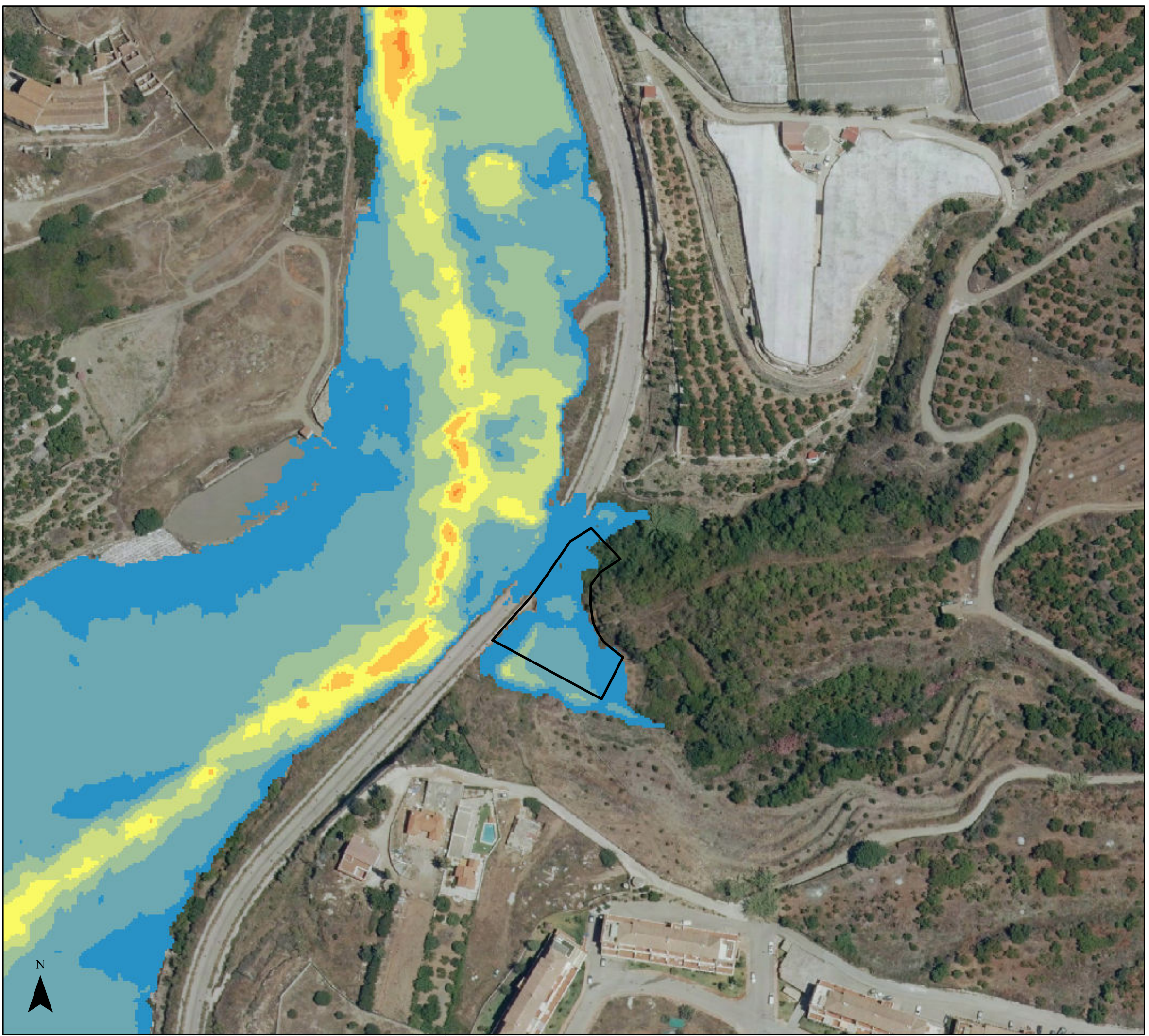
4067000

415000

415100

415200

415300





415000

415100


415200

415300













**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**ESTADO INICIAL TR - 500 AÑOS  
VELOCIDAD DEL FLUJO**

**LEYENDA**

 ZONA DE ESTUDIO

**VELOCIDAD\_INICIAL**  
**M / Seg**

-  0 - 1
-  1 - 2
-  2 - 3
-  3 - 4
-  4 - 5
-  5 - 6
-  6 - 7
-  7 - 8
-  8 - 9
-  9 - 10
-  10 - 11
-  11 - 12

**Nº DE PLANO**  
**9**

**ESCALA**  
**1 : 1.500**

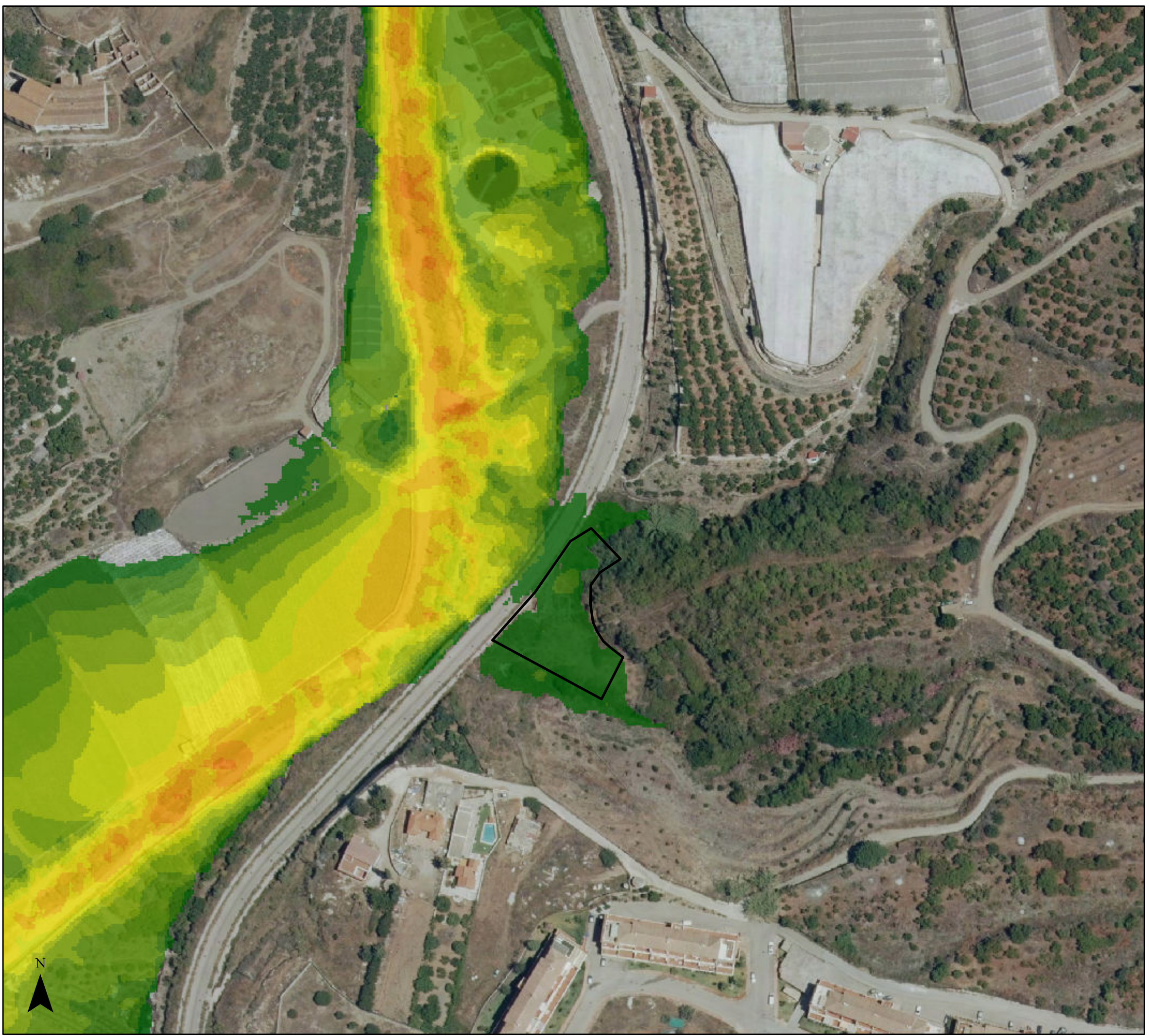
**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
**A-3**

**FECHA**  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL



415000

415100

415200

415300

4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

4067000



415000

415100





415200

415300

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**MEDIDA CORRECTORA TR - 500 AÑOS  
ZONA INUNDABLE**

**LEYENDA**

-  MURO\_PROPUUESTO
-  ZONA DE IMPLANTACIÓN
-  CURVA DE NIVEL CADA 1m
-  Zona inundable 500 años

**Nº DE PLANO**  
**10**

**ESCALA**  
1 : 1.500

**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL

4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

4067000

415000

415100

415200

415300





415000

415100

415200

415300

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**MEDIDA CORRECTORA TR - 500 AÑOS  
CALADO MÁXIMO**

**LEYENDA**

— MURO\_PROPUUESTO

□ ZONA DE ESTUDIO

**CALADO**  
metros

0 - 1
1 - 2
2 - 3
3 - 4
4 - 5
5 - 6
6 - 7
7 - 8
8 - 9

**Nº DE PLANO**  
**11**

**ESCALA**  
1 : 1.500

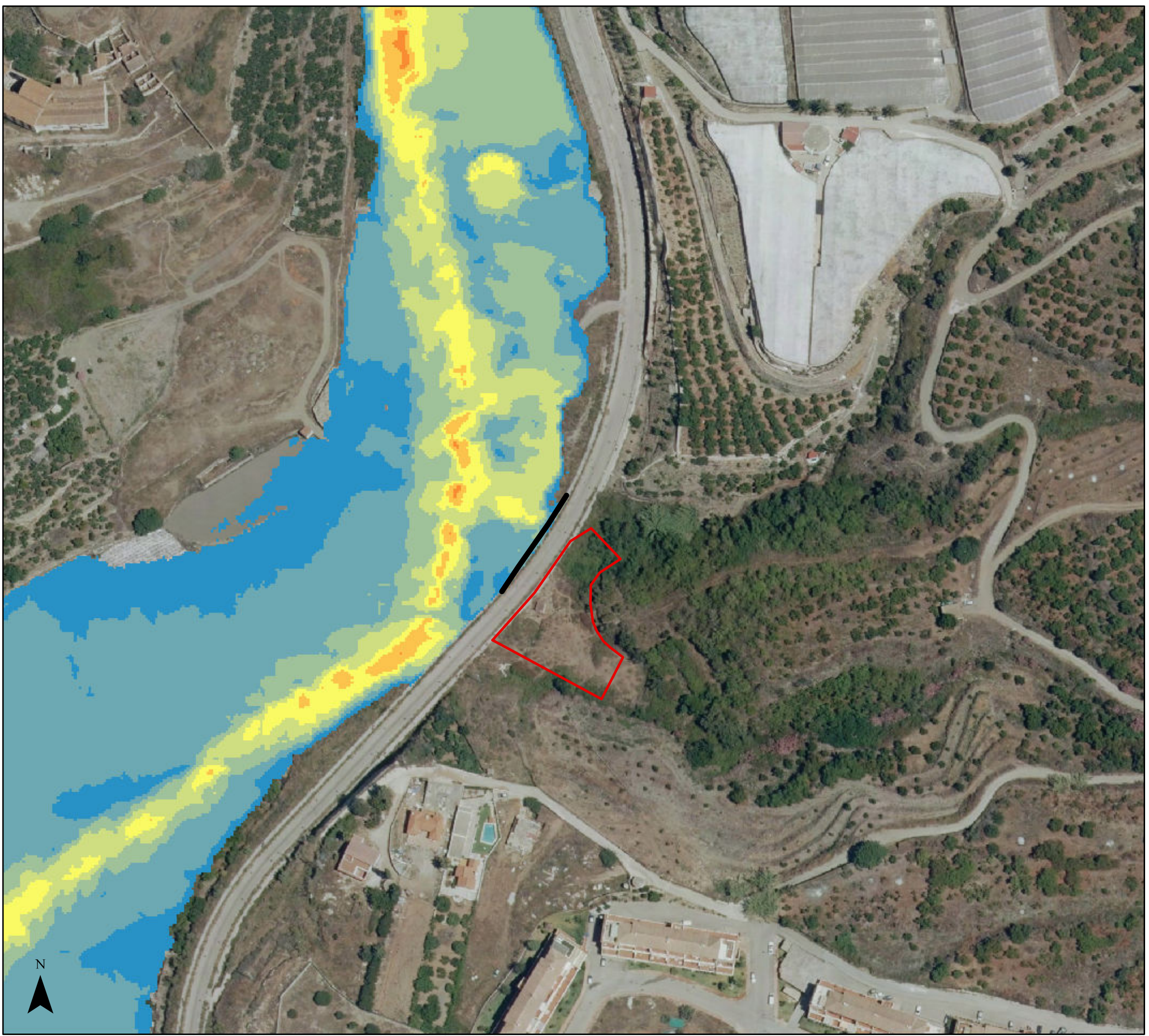
**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL



4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

4067000

415000

415100

415200

415300





414900

415000

415100


415200


415300

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**













**MEDIDA CORRECTORA TR - 500 AÑOS  
VELOCIDAD DEL FLUJO**

**LEYENDA**

 ZONA DE ESTUDIO

 MURO\_PROPUUESTO

**VELOCIDAD\_MURO**  
**M / SEG**

-  0 - 1
-  1 - 2
-  2 - 3
-  3 - 4
-  4 - 5
-  5 - 6
-  6 - 7
-  7 - 8
-  8 - 9
-  9 - 10
-  10 - 11
-  11 - 12

**Nº DE PLANO**  
**12**

**ESCALA**  
1 : 1.500

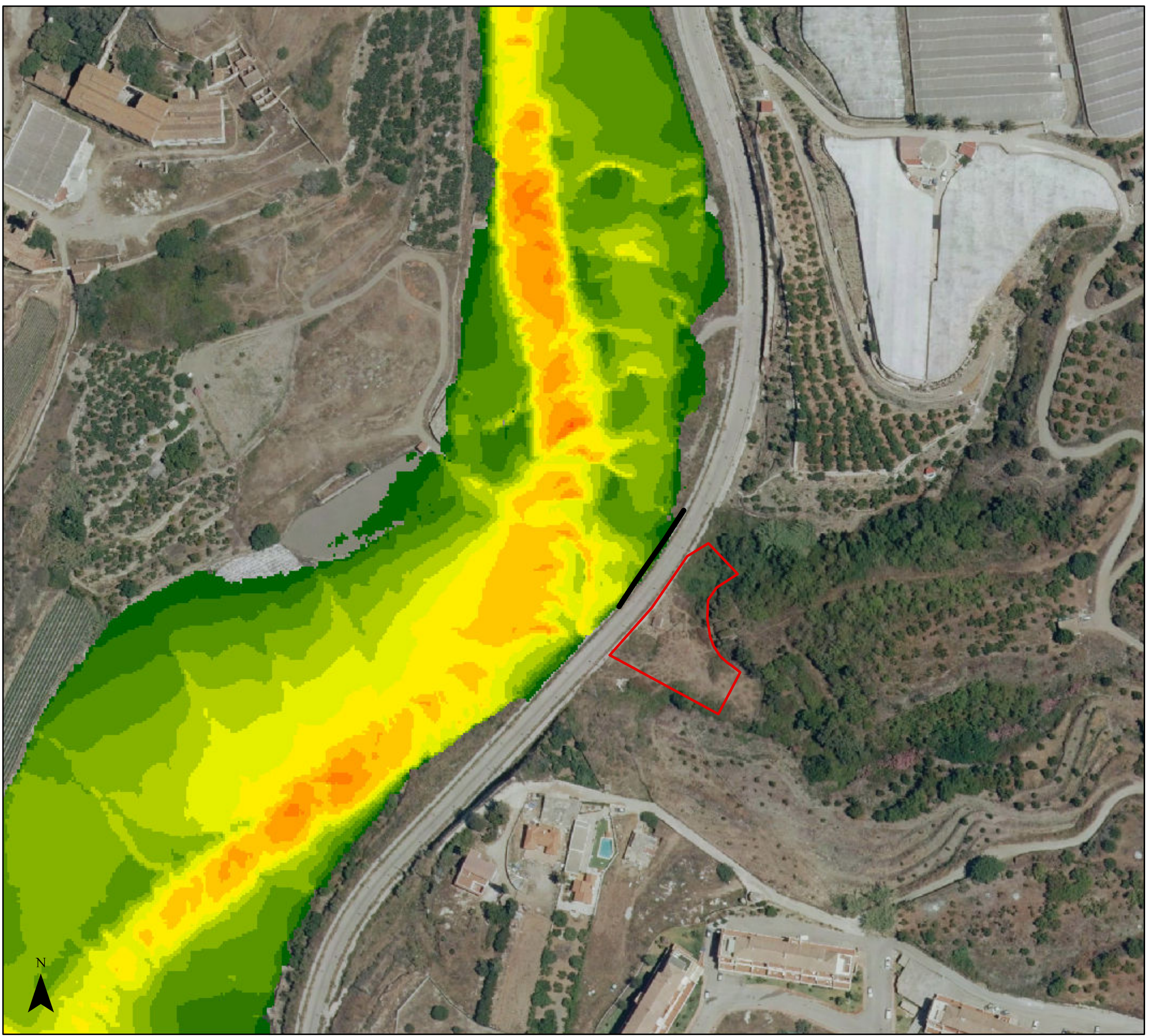
**Nº DE EXPEDIENTE:**  
**25 / 18**

**FORMATO:**  
A-3

**FECHA**  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL



4067300

4067200

4067100

4067000

4067300

4067200

4067100

4067000



414900

415000

415100

415200

415300





406720

406720

406700

406700

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
 DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
 A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
 132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
 MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)

PLANO DE LOCALIZACIÓN DE  
 SECCIONES - ARROYO JUAN ROJO

### LEYENDA

- Cauce
- Secciones Transversales Analizadas
- Zona implantación

Nº DE PLANO  
**13**

ESCALA  
 1 : 1.000

Nº DE EXPEDIENTE:  
**25/18**

FORMATO: A-3

FECHA  
**21 / 10 / 2.018**

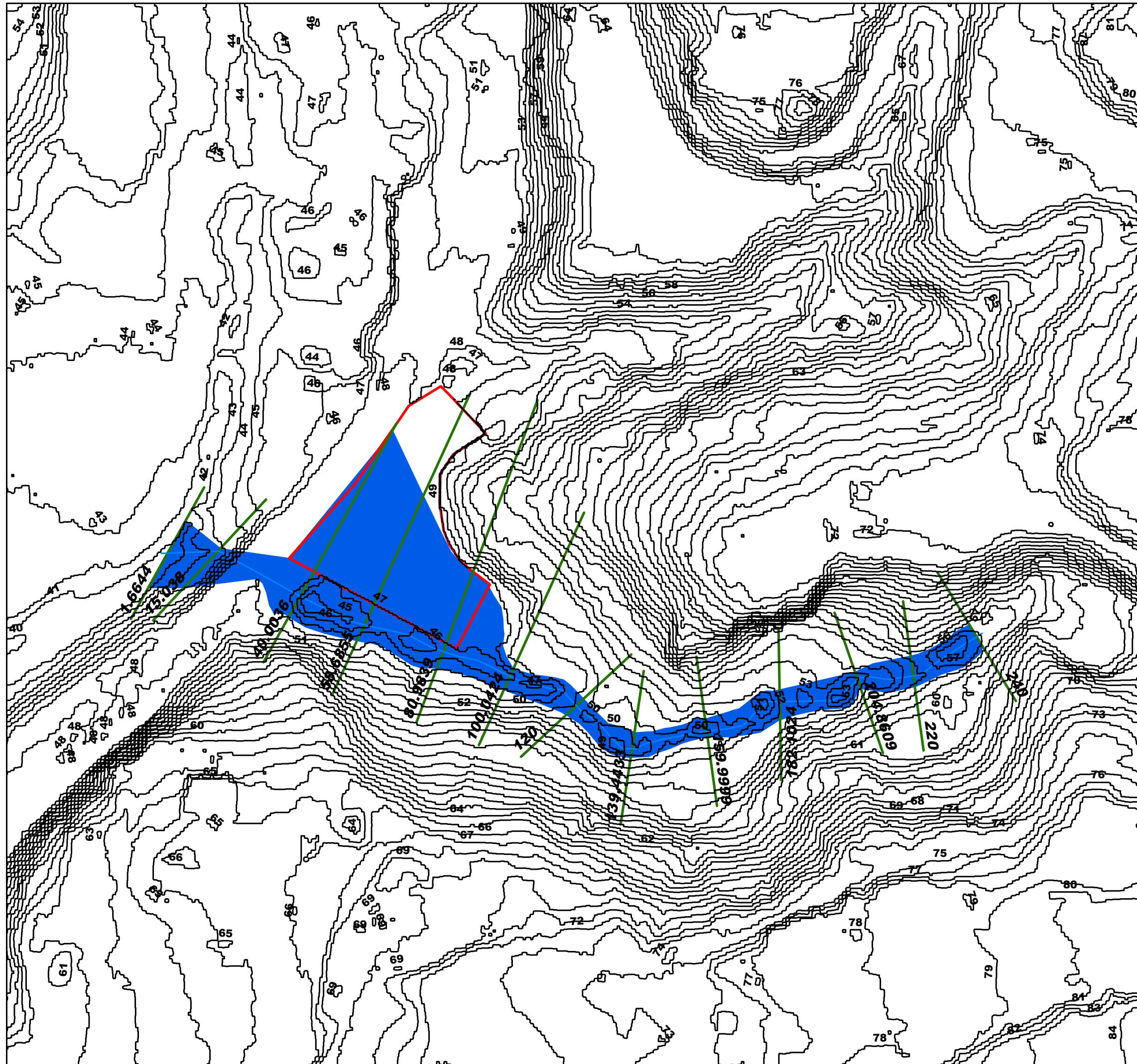
**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
 GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



406720

406700








406720

406700

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**PROPUESTA DE DELIMITACIÓN  
DE ZONA INUNDABLE 500 AÑOS  
ARROYO JUAN ROJO**

## LEYENDA

-  Topografía
-  Cauce
-  Secciones Transversales Analizadas
-  Zona implantación
-  Zona inundable (TR:500años)

Nº DE PLANO  
**14**

ESCALA  
1 : 1.000

Nº DE EXPEDIENTE:  
**25 / 18**

FORMATO: A-3

FECHA  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



415000 415050 415100 415150 415200 415250

406720  
406715  
406710  
406705  
406700



415000 415050 415100 415150 415200 415250

**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO  
DE RÍO TORROX Y ARROYO JUAN ROJO  
A SU PASO POR SUBESTACIÓN ELÉCTRICA  
132 / 20 Kv UBICADA EN EL TÉRMINO  
MUNICIPAL DE TORROX (MÁLAGA)**

**PROPUESTA DE MEDIDA  
CORRECTORA - ARROYO JUAN ROJO**

## LEYENDA

- Muro de protección
- Cauce
- Secciones Transversales Analizadas
- Zona implantación
- Zona inundable (TR:500años)

Nº DE PLANO  
**15**

ESCALA  
1 : 1.000

Nº DE EXPEDIENTE:  
**25 / 18**

FORMATO: A-3

FECHA  
**21 / 10 / 2.018**

**REDACTOR**

**FERRANDIZ 48** FERRÁNDIZ 48  
GRUPO DE INGENIERIA AMBIENTAL