



# Anejo 1: Hidrológico e hidráulico.

## Índice

1. Estudio Hidrológico .....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Definición de la cuenca a estudiar .....	2
1.3. Ajuste Estadístico.....	3
1.3.1. Datos iniciales .....	3
1.3.2. Tratamiento previo de los datos.....	7
1.3.3. Distribuciones empleadas.....	11
1.3.4. Resultados del ajuste.....	13
1.4. Comparación de los valores de CAUMAX.....	13
1.5. Caudales punto de estudio .....	16
2. Estudio Hidráulico.....	19
2.1. Datos iniciales .....	19
2.2. Modelado con el programa .....	20
2.3. Resultados sin estructura (T = 100 años).....	26
2.4. Resultados con estructura .....	27

## 1. Estudio Hidrológico

### 1.1. Introducción

De acuerdo con el capítulo 2, de la instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial, en el que se indica que “para cuencas pequeñas son apropiados métodos hidrometeorológicos basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esa precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente. En las cuencas grandes estos métodos pierden precisión y, por tanto, la estimación de los caudales es menos correcta”.

Es necesario, por tanto, conocer el área de nuestra cuenca hasta el punto de estudio, para saber que método aplicamos.



## 1.2. Definición de la cuenca a estudiar

Para la cuenca se han descargado del centro de descargas del centro nacional de información geográfica (CNIG) modelos digitales del terreno (MDT). Como la cuenca tiene una gran extensión (abarca toda la subcuenca del alto Jalón) no es necesaria la precisión que nos ofrecen los MDT05 (que tienen un paso de malla de 05x05m), nos sirve aplicar los modelos de resolución 25 (MDT25) de la primera cobertura con paso de malla de 25 m, también se podría trabajar con los modelos de resolución 200 (MDT200).

Con el MDT combinado y utilizando las herramientas que nos proporciona QGIS, hemos corregido las posibles depresiones y posteriormente determinamos cuáles son las direcciones del flujo.

Una vez hecho esto con la capa obtenida podemos obtener nuestra cuenca en forma vectorial hasta el punto de estudio.

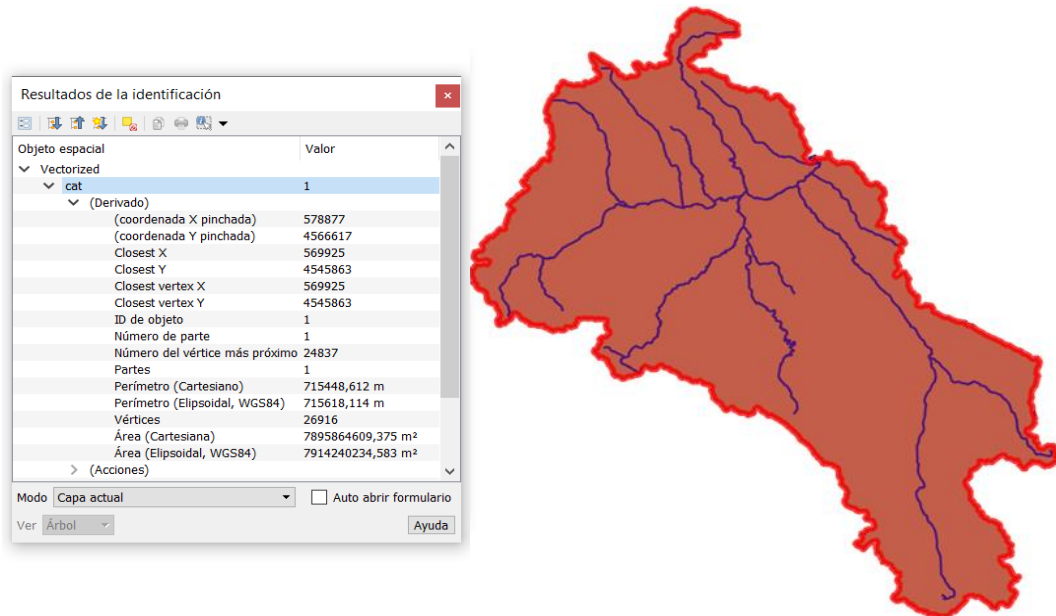


Imagen 1: Cuenca de la zona de estudio (Fuente: QGIS)

Se obtiene de esta forma un área de cuenca de valor 7.896 km<sup>2</sup> y un perímetro de valor 715 km como se puede observar en los Resultados de la identificación de la cuenca que nos proporciona el programa QGIS.

De acuerdo con el capítulo 2 antes mencionado, una vez calculada el área de la cuenca podemos afirmar que se trata de una cuenca grande. El caudal pico se puede obtener de las siguientes formas.

- La primera de ellas contempla la modelización de la cuenca (modelo distribuido o semidistribuido). Esta opción es una solución muy costosa tanto desde el punto de vista técnico como económico.
- La segunda opción sería realizar un ajuste estadístico a partir de datos de aforo de una estación cercana, pero necesitamos suficientes datos como para poder extrapolar.



- Una tercera opción es consultar mapas de caudales como los de CEDEX o CAUMAX, sin duda la más sencilla, pero no siempre son fiables.

Lo mejor es realizar un ajuste estadístico pero la estación más cercana se encuentra en Calatayud y solo tiene 13 años de datos, demasiado poco para extrapolar.

La otra opción más viable es usar mapas de caudales máximos, pero como ya hemos dicho, no siempre son todo lo precisos que deberían, es por ello por lo que, en primer lugar, se va a realizar una comprobación de los resultados aportados por CAUMAX en la estación de aforo la de Ateca, puesto que esta estación, que se encuentra aguas arriba de la de Calatayud, dispone de 65 años de datos de aforo.

## 1.3. Ajuste Estadístico.

### 1.3.1. Datos iniciales

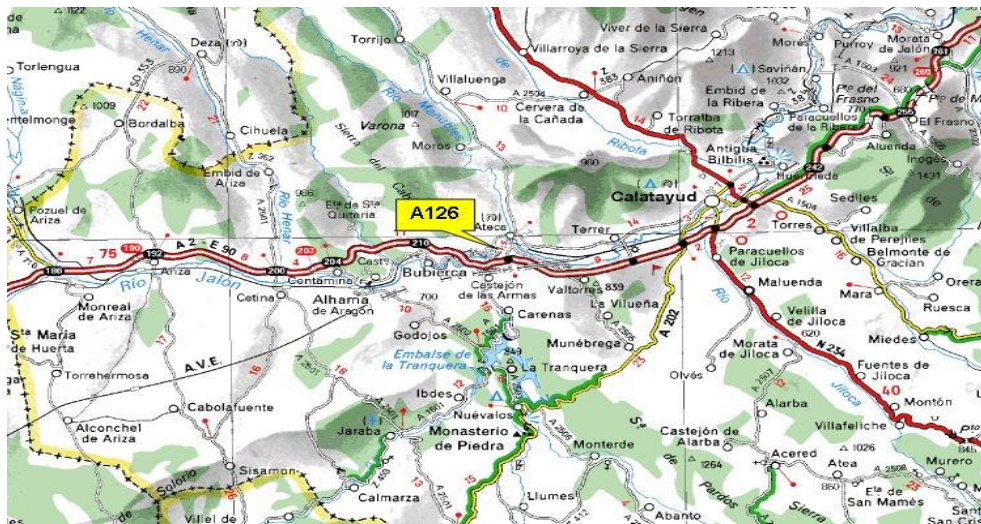


Imagen 2: Localización de la estación de Aforo de Ateca (Fuente: SAIHEbro)

La localización de nuestro punto de estudio respecto de la estación de Ateca se puede ver en la siguiente imagen



Imagen 3: Ubicación de la zona de estudio (Fuente: Google Maps)



Datos de la estación de aforo:

Código estación: 9126

Nombre estación: RIO JALON EN ATECA

Provincia: Zaragoza

Centro meteorológico territorial: Ebro

Cuenca (subcuencas): Ebro (Alto Jalón y Bajo Jalón)

Año inicial - año final de la serie: 1952 - 2016



Imagen 4: Foto de la estación de aforo de Ateca (Fuente: SAIHEbro)

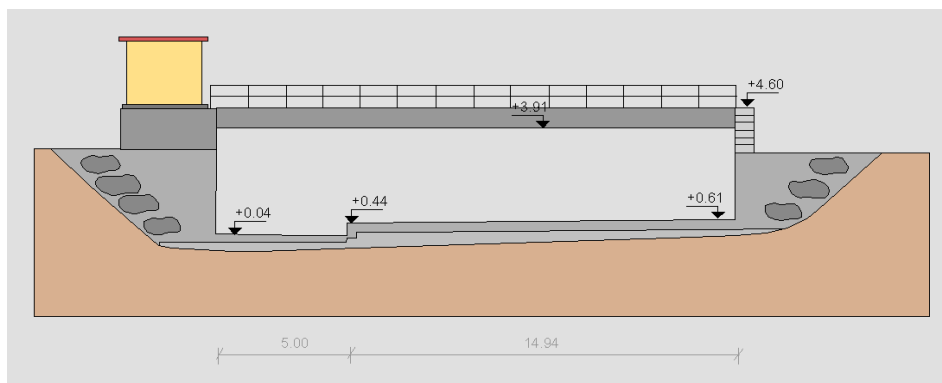


Imagen 5: Esquema de la estación de aforo de Ateca (Fuente: SAIHEbro)

Comparando el área de la cuenca hasta Ateca y hasta la estación de Calatayud que nos proporciona el CEDEX con el área calculada hasta el punto de estudio, observamos:

Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )		
CEDEX		Calculada
Ateca	Calatayud	Punto de estudio
3.619	6.841	7.895

Tabla 1: Comparación entre superficies (Elaboración propia)



En la siguiente tabla se pueden ver la lista de caudales observados en la estación de Ateca.

**Caudal instantáneo mensual en m3/s**

AÑO	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Máximo
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	
1952-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
1953-54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
1954-55	3,95	4,00	4,40	5,00	10,05	8,70	5,80	11,30	7,80	57,00	137,50	31,80	137,50
1955-56	10,35	10,35	27,00	7,50	5,25	66,00	38,50	214,00	20,50	5,80	11,10	54,50	214,00
1956-57	8,90	5,80	5,80	5,60	6,10	4,44	4,98	10,34	19,74	6,17	3,64	43,71	43,71
1957-58	7,60	4,40	4,70	10,70	5,60	5,00	3,90	4,40	34,00	14,90	2,50	17,50	34,00
1958-59	8,20	5,60	47,20	7,00	5,20	16,00	10,50	48,00	41,00	20,00	18,50	49,00	49,00
1959-60	21,00	8,60	31,50	40,00	44,00	44,00	21,70	17,00	37,20	8,90	6,70	7,60	44,00
1960-61	26,00	12,00	13,00	19,40	8,60	8,20	7,40	7,40	6,62	38,00	39,00	55,00	55,00
1961-62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00
1962-63	6,20	6,80	4,00	5,90	27,61	12,30	19,56	9,17	16,50	31,98	11,07	19,56	31,98
1963-64	14,50	20,52	19,56	12,30	15,70	8,45	12,74	24,07	26,98	31,36	17,76	12,74	31,36
1964-65	9,17	19,08	3,81	4,00	5,04	6,50	4,52	16,10	11,89	10,66	10,66	7,46	19,08
1965-66	30,10	20,04	10,29	22,64	27,15	18,08	31,56	23,16	21,60	19,00	14,86	13,64	31,56
1966-67	13,28	13,28	10,64	10,64	12,81	7,98	9,88	13,75	11,40	16,10	16,10	14,22	16,10
1967-68	8,74	33,20	7,08	3,24	3,24	6,04	8,74	5,52	11,02	17,27	19,22	7,98	33,20
1968-69	12,35	6,94	9,70	5,47	5,20	59,00	71,25	76,50	13,94	13,41	13,41	7,33	76,50
1969-70	41,56	33,02	27,55	44,00	31,80	23,30	19,15	10,23	19,98	17,49	19,98	11,82	44,00
1970-71	10,76	8,52	5,48	4,94	3,84	4,40	15,00	-	-	-	-	-	15,00
1971-72	36,80	7,30	9,26	9,26	23,00	27,10	20,54	17,56	11,71	19,72	24,64	94,65	94,65
1972-73	-	9,75	10,24	9,75	21,36	21,36	14,88	14,88	16,89	16,22	53,00	18,23	53,00
1973-74	5,08	3,60	2,80	2,38	1,94	5,08	10,73	11,22	15,55	20,54	26,28	20,54	26,28
1974-75	32,63	13,54	5,82	3,20	3,20	3,60	19,72	18,90	66,00	17,56	73,00	25,46	73,00
1975-76	15,55	3,97	11,22	4,34	7,30	6,19	11,71	10,24	17,56	22,18	17,56	14,88	22,18
1976-77	23,82	5,82	7,30	40,40	18,90	24,64	16,22	28,68	37,70	41,30	17,56	15,55	41,30
1977-78	7,30	5,82	11,71	13,54	18,90	18,23	5,82	14,21	15,55	24,64	17,56	16,22	24,64
1978-79	7,79	4,34	7,30	10,73	16,22	9,26	14,21	18,23	27,10	31,20	40,65	14,21	40,65
1979-80	7,79	10,73	4,34	9,26	12,20	10,24	8,28	13,54	12,87	23,00	16,22	14,88	23,00
1980-81	2,35	2,85	2,35	2,15	2,85	2,85	5,08	-	20,54	11,71	15,55	6,19	20,54
1981-82	1,35	1,55	3,97	2,85	2,60	2,35	2,60	30,38	15,55	8,28	5,08	4,71	30,38
1982-83	2,15	2,15	1,55	1,55	1,55	1,35	9,75	9,75	14,21	12,87	8,28	7,79	14,21
1983-84	1,13	1,32	3,00	2,00	2,40	2,40	2,20	6,93	23,82	17,56	12,20	15,55	23,82
1984-85	1,80	6,56	3,00	3,40	6,56	3,00	16,22	6,19	18,90	19,72	16,22	12,20	19,72
1985-86	1,80	2,40	2,20	2,20	4,34	3,40	3,60	98,40	18,90	20,54	19,72	14,21	98,40
1986-87	10,73	2,80	3,00	3,60	4,71	3,60	11,22	17,56	19,72	18,90	16,89	11,71	19,72
1987-88	3,97	3,00	3,40	6,19	4,34	3,40	13,54	11,22	64,95	47,40	17,56	15,55	64,95
1988-89	10,73	10,73	9,75	3,97	3,97	13,54	14,21	16,89	18,90	23,82	17,56	11,71	23,82
1989-90	1,95	2,35	-	3,39	3,39	2,79	5,19	8,91	22,18	31,20	15,55	11,71	31,20



1990-91	3,97	2,40	2,40	2,20	3,20	3,40	106,20	27,92	14,21	14,88	13,54	11,73	106,20
1991-92	13,54	2,79	2,79	2,38	2,38	5,85	12,20	16,89	9,85	14,88	16,22	11,26	16,89
1992-93	2,99	2,38	2,06	1,56	2,06	2,79	2,06	8,91	6,84	9,85	14,21	10,32	14,21
1993-94	2,80	2,00	1,80	3,00	1,80	2,00	10,73	12,87	11,71	11,71	12,20	1,60	12,87
1994-95	2,80	2,40	1,41	1,41	1,41	1,32	0,94	18,90	9,79	11,42	163,00	15,38	163,00
1995-96	2,66	9,04	6,46	-	-	-	-	9,10	15,47	21,86	19,16	7,61	21,86
1996-97	1,83	2,21	2,87	17,54	6,45	6,74	18,62	24,32	40,00	31,36	42,05	12,41	42,05
1997-98	6,74	9,90	16,49	13,43	13,43	11,50	8,70	22,40	15,98	17,00	13,43	9,10	22,40
1998-99	4,10	4,28	2,32	2,43	2,21	2,21	12,41	18,62	21,32	13,43	12,92	9,90	21,32
1999-00	4,28	2,01	1,83	2,54	2,01	1,83	2,21	11,10	14,96	13,43	12,41	1,29	14,96
2000-01	1,83	2,10	3,92	13,43	4,46	6,74	9,50	9,90	12,41	11,50	9,90	2,87	13,43
2001-02	4,28	2,32	1,92	2,01	2,10	2,21	3,74	10,30	10,70	10,70	15,98	5,87	15,98
2002-03	5,87	1,74	1,74	3,56	23,04	4,46	11,90	10,30	8,70	11,50	18,08	28,16	28,16
2003-04	4,82	4,64	3,20	2,98	8,70	14,45	12,92	25,60	12,41	16,49	12,41	20,24	25,60
2004-05	6,45	5,58	6,74	6,74	7,03	2,65	5,00	9,50	9,50	12,41	9,50	9,50	12,41
2005-06	2,43	4,10	2,01	2,01	2,10	2,54	5,29	9,50	11,10	13,43	9,90	15,47	15,47
2006-07	3,74	1,74	1,65	1,47	1,65	1,65	3,74	5,29	12,41	11,10	11,10	1,83	12,41
2007-08	1,29	1,29	1,29	1,47	1,47	1,47	2,87	9,90	11,10	11,10	15,47	8,30	15,47
2008-09	4,28	5,00	4,46	5,29	6,45	5,58	5,87	9,50	10,70	11,50	9,90	1,38	11,50
2009-10	2,54	2,21	2,32	4,82	6,45	11,10	14,96	14,45	12,41	11,10	11,10	9,10	14,96
2010-11	2,76	3,20	5,00	7,90	5,00	6,16	7,90	10,30	10,30	12,92	13,43	7,90	13,43
2011-12	1,74	2,21	2,76	2,01	2,43	1,65	1,83	8,30	10,30	10,70	10,30	0,92	10,70
2012-13	1,47	1,38	2,01	1,74	1,47	5,29	5,87	6,16	4,46	7,90	10,70	7,90	10,70
2013-14	8,70	2,43	2,32	3,20	5,58	5,29	2,98	9,90	12,92	18,08	9,50	8,30	18,08
2014-15	4,28	6,45	5,29	2,54	3,74	14,96	3,38	8,70	12,41	14,96	13,43	6,74	14,96
2015-16	2,32	7,03	2,01	5,87	5,29	5,00	4,28	9,90	9,50	11,50	11,10	9,50	11,50
2016-17	1,93	1,93	1,74	1,65	2,14	1,83	5,98	5,70	9,28	10,27	10,27	1,39	10,27

Tabla 2: Datos de aforo de la estación de Ateca (Fuente: CEDEX).

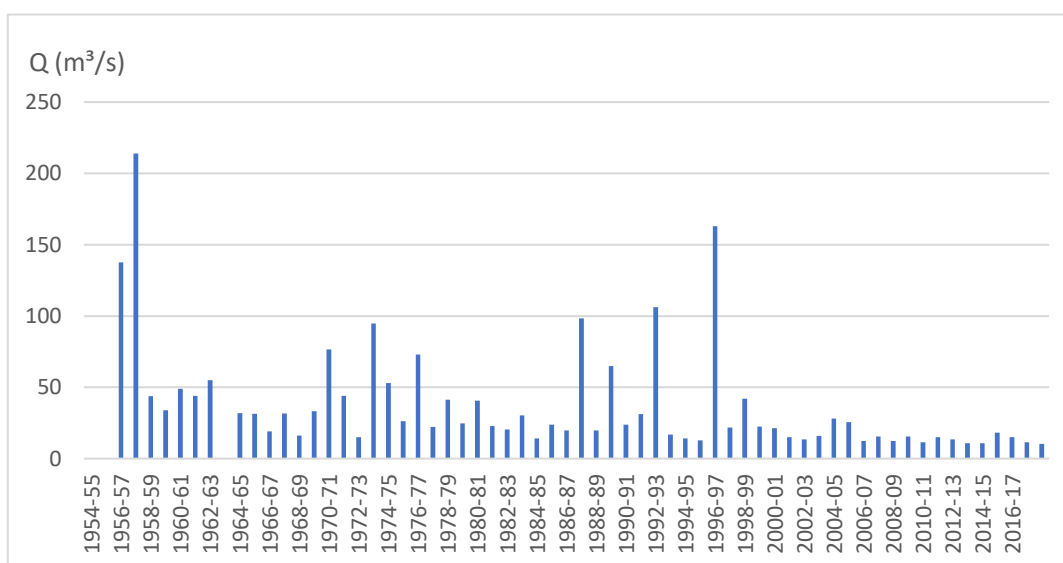


Imagen 6: Caudales máximos anuales (Elaboración propia)

Con estos datos ya se puede realizar el ajuste estadístico.



### 1.3.2. Tratamiento previo de los datos.

En primer lugar, se ha realizado el tratamiento de los datos, para eliminar aquellos años en los que no se dispone de datos en algún mes.

Para ello, en primer lugar, se eliminan aquellos años en los que faltan 4 meses o más, puesto que hemos considerado que a partir de ese umbral el error respecto a la realidad sería excesivo (Tabla 2).

AÑO	Identificación de meses faltantes												nº de años completos (≥ 8 meses)
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	61

1952-53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1953-54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1954-55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1955-56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1956-57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1957-58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1958-59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1959-60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1960-61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1961-62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1962-63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1963-64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1964-65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1965-66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1966-67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1967-68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1968-69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1969-70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1970-71	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1971-72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1972-73	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1973-74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1974-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1975-76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1976-77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1977-78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1978-79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1979-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1980-81	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1981-82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1982-83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1983-84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1



1984-85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1985-86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1986-87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1987-88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1988-89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1989-90	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1990-91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1991-92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1992-93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1994-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1995-96	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
1996-97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1997-98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1998-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1999-00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2000-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2001-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2002-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2003-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2004-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2005-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2006-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2007-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2008-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2009-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2010-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2011-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2012-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2013-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2014-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2015-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2016-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabla 3: Años completos, según criterio del estudiante (Fuente: elaboración propia).

Además, se ha calculado que meses son aquellos con una mayor probabilidad de poseer el caudal instantáneo del correspondiente año hidrológico y se ha observado que esos meses son mayo, junio, julio y agosto, y se ha considerado los años hidrológicos en los cuales alguno de estos meses como no válido para el análisis, puesto que se podría dar el caso de que el caudal pico de ese año hidrológico se hubiera producido dentro de ese mes.

AÑO	probabilidad observada de máximo anual												años válidos para análisis
	0	0,03	0,00	0,03	0,02	0,03	0,05	0,13	0,15	0,30	0,23	0,10	
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	60

1952-53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---





1953-54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1954-55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1955-56	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1956-57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1957-58	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1958-59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1959-60	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
1960-61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1961-62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1962-63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1963-64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1964-65	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1965-66	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1966-67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
1967-68	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1968-69	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1969-70	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1970-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971-72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1972-73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1973-74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1974-75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1975-76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1976-77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1977-78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1978-79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1979-80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1980-81	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1981-82	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1982-83	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1983-84	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1984-85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1985-86	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1986-87	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1987-88	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1988-89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1989-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1990-91	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1991-92	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1992-93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1993-94	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1994-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1995-96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1996-97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1997-98	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1998-99	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1



1999-00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2000-01	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2001-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2002-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2003-04	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2004-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2005-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2006-07	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2007-08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2008-09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2009-10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2010-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2011-12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2012-13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2013-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2014-15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
2015-16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
2016-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1

Tabla 4: Años válidos para el análisis, según criterio del estudiante (Elaboración propia).

Se ha obtenido, después de estos ajustes previos que se dispone de un total de 60 años útiles (de acuerdo con las condiciones impuestas).

<b>Datos de Aforos para Análisis Estadístico</b>			
<b>Año</b>	<b>Máximo</b>	<b>Año</b>	<b>Máximo</b>
1954-55	137,5	1987-88	64,95
1955-56	214	1988-89	23,82
1956-57	43,71	1989-90	31,2
1957-58	34	1990-91	106,2
1958-59	49	1991-92	16,89
1959-60	44	1992-93	14,21
1960-61	55	1993-94	12,87
1962-63	31,98	1994-95	163
1963-64	31,36	1995-96	21,86
1964-65	19,08	1996-97	42,05



1965-66	31,56	1997-98	22,4
1966-67	16,1	1998-99	21,32
1967-68	33,2	1999-00	14,96
1968-69	76,5	2000-01	13,43
1969-70	44	2001-02	15,98
1971-72	94,65	2002-03	28,16
1972-73	53	2003-04	25,6
1973-74	26,28	2004-05	12,41
1974-75	73	2005-06	15,47
1975-76	22,18	2006-07	12,41
1976-77	41,3	2007-08	15,47
1977-78	24,64	2008-09	11,5
1978-79	40,65	2009-10	14,96
1979-80	23	2010-11	13,43
1981-82	30,38	2011-12	10,7
1982-83	14,21	2012-13	10,7
1983-84	23,82	2013-14	18,08
1984-85	19,72	2014-15	14,96
1985-86	98,4	2015-16	11,5
1986-87	19,72	2016-17	10,27

Tabla 5: Caudales instantáneos (Elaboración propia)

### 1.3.3. Distribuciones empleadas.

Una vez realizado este tratamiento previo de los datos, se puede observar que los datos siguen una distribución asimétrica positiva.

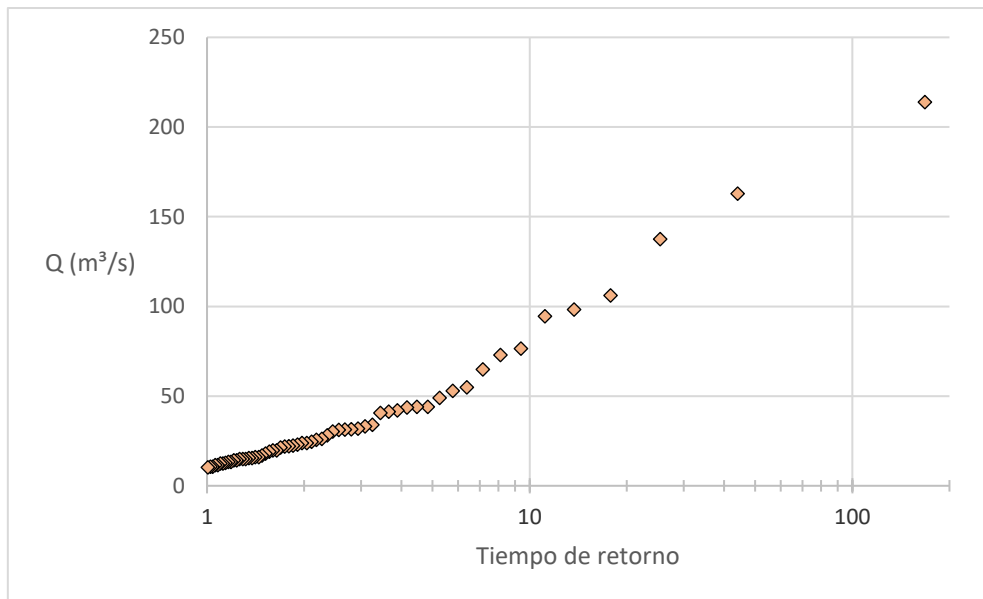


Imagen 7: Gráfico Q instantáneo (Elaboración propia)

Para poder estimar el caudal pico de un tiempo de retorno determinado se debe recurrir a una función de distribución de probabilidad.

Las distribuciones que se han considerado para este estudio son algunas de las que más se suelen emplear, como son:

- Distribución de Gumbel: También conocida como de valores extremos tipo 1 (EV1), se trata de una doble exponencial biparamétrica de asimetría fija. Válida para series de máximos (y mínimos).
- Distribución de valores extremos generalizada (GEV): Es una función de distribución tripamétrica. Esta distribución es una generalización de la anterior, añadiendo el parámetro de forma (k), de tal forma que {GEV=EV1 si k=0}. Igual que la anterior, es adecuada para series de máximos.
- Distribución generalizada de Pareto (GP): Función tripamétrica indicada para poblaciones con fuerte asimetría positiva.
- Distribución Log Pearson tipo III (LP III): Función tripamétrica que se emplea tanto para series de precipitaciones como de caudales máximos anuales con más de 50 años de datos y es la que recomienda la Agencia Internacional de Energía (AIE) y el Consejo de Recursos Hídricos de EE. UU. (USWRC).

Generalmente los ajustes mediante funciones tripamétricas (como la generalizada de valores extremos, la Log Pearson Tipo III y la generalizada de Pareto) dan como resultado un mejor ajuste que las biparamétricas (como Gumbel)

Se procede, pues, a realizar el ajuste con las 3 distribuciones que parecen más adecuadas:

También cabe recalcar la importancia de la elección del método de ajuste, para nuestro caso de estudio, como nos interesa que la distribución se ajuste bien a los valores extremos de nuestra distribución de datos asimétrica positiva, el ajuste por máxima



verosimilitud (ML), tal y como se puede observar en la imagen 9 no hace justicia a los valores extremos, es por ello por lo que necesitamos un ajuste por momentos ponderados (PWM). Dicho método de ajuste se puede emplear puesto que se dispone de muchos años de datos.

### 1.3.4. Resultados del ajuste

A la vista de los resultados, se puede afirmar que la distribución que mejor se ajusta sería la GEV o LPIII, ambas se ajustan de forma muy similar, elegimos la distribución GEV porque da valores un poco superiores, quedando de esta forma del lado de la seguridad.

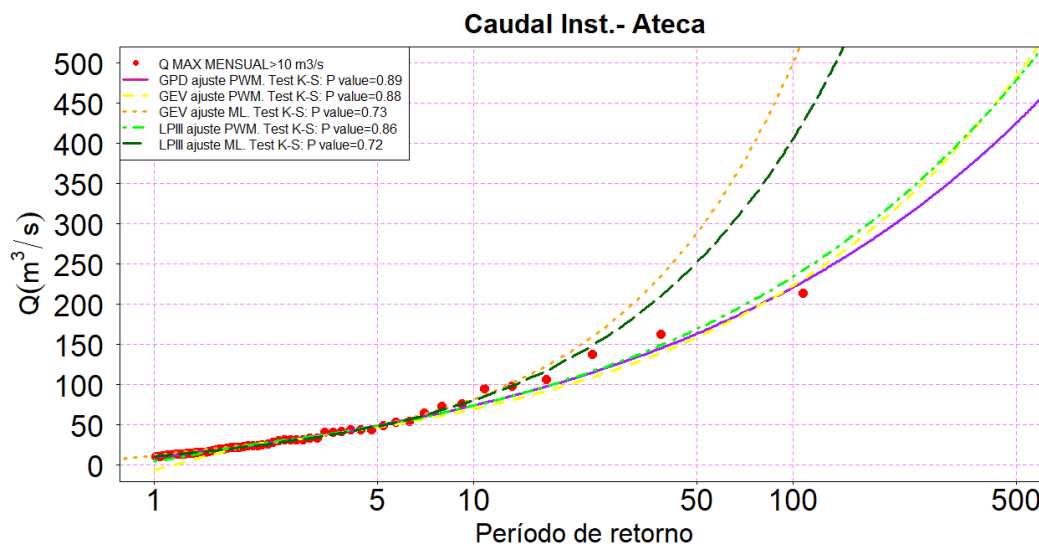


Imagen 8: Gráfico ajuste estadístico (Elaboración propia)

El caudal instantáneo para un periodo de retorno de 100 años es del orden de 230 m³/s y para tiempo de retorno 500 años es del orden de 470 m³/s.

El siguiente paso que hemos realizado es comprobar si, para la estación de Ateca, los valores de caudales de crecida proporcionados por CAUMAX, son coherentes con los que hemos obtenido con nuestro ajuste estadístico.

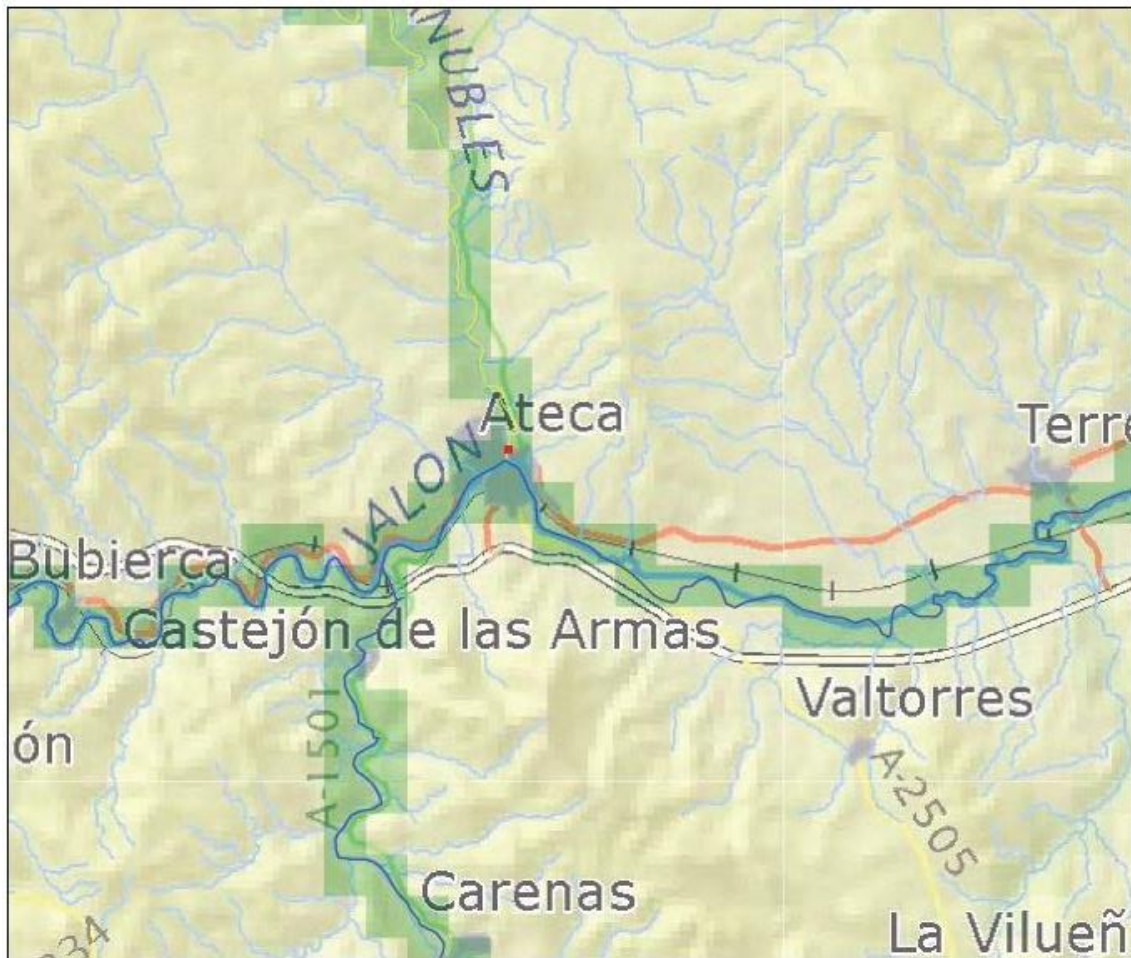
## 1.4. Comparación de los valores de CAUMAX

Utilizando el programa CAUMAX, hemos buscado la zona para la que queremos los caudales y seleccionado los tiempos de retorno de 100 y 500 años, obteniendo los siguientes resultados (imágenes 9 y 10).



	GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE FOMENTO	MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	<b>CEDEX</b>	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
				CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

**Demarcación hidrográfica del Ebro**



**INFORME CONSULTA CAUDALES**

**COORDENADAS UTM. HUSO 30**

X utm : 601271.2      Y utm : 4576433.0

**RESULTADO**

Periodo de retorno (años) : 100	Caudal (m3/s) : 317
---------------------------------	---------------------

**LEYENDA**

- punto
- Demarcación
- Ríos
- Estaciones de aforo
- Caudales 100 años
- cartografia.ecw



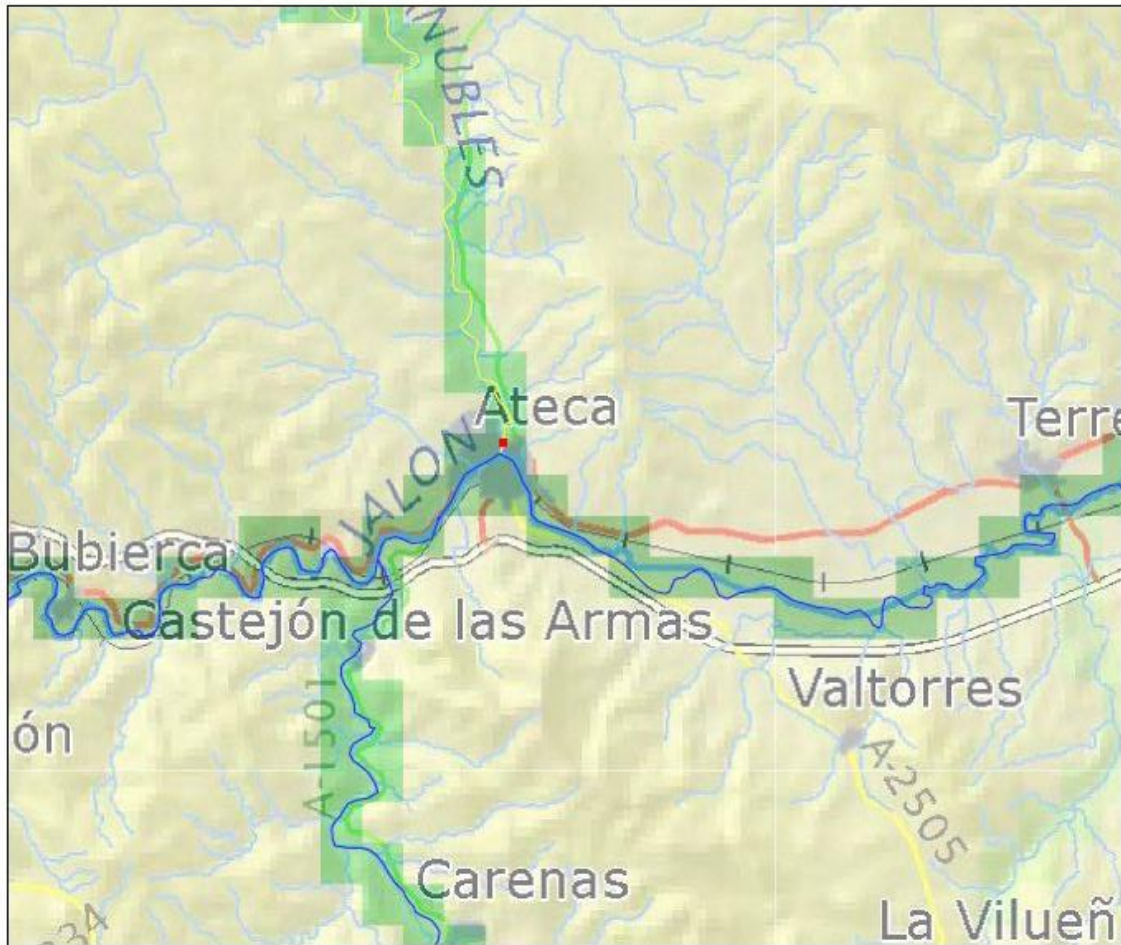
Fecha : 01.09.2020

Imagen 9: Información Caudal en Ateca para T 100 años (Fuente: CAUMAX)



	GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE FOMENTO	MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	<b>CEDEX</b>	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE
				CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

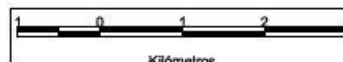
**Demarcación hidrográfica del Ebro**



**INFORME CONSULTA CAUDALES**

COORDENADAS UTM. HUSO 30	
X utm : 601271.2	Y utm : 4576433.0
RESULTADO	
Periodo de retorno (años) : 500	Caudal (m <sup>3</sup> /s) : 464

LEYENDA	
	punto
	Demarcación
	Ríos
	Estaciones de aforo
	Caudales 100 años
	cartografia.ecw



Fecha : 01.09.2020

Imagen 10: Información Caudal en Ateca T 500 años (Fuente: CAUMAX)



De acuerdo con las fichas obtenidas con CAUMAX, los valores de los caudales instantáneos son:

- Para periodo de retorno 100 de 317 m<sup>3</sup>/s
- Para periodo de retorno 500 de 464 m<sup>3</sup>/s.

También hemos decidido compararlos con la base de datos del SAIH Ebro. Hemos observado que los caudales de crecida son:

- Para periodo de retorno de 100 años de 300 m<sup>3</sup>/s
- Para periodo de retorno de 500 años de 447 m<sup>3</sup>/s.

Información sobre Caudales de Referencia		
Caudal que limita el régimen ordinario del extraordinario		
Descripción	Caudal m <sup>3</sup> /s	Comentario
Máxima crecida ordinaria	117	Asociada a periodo de retorno de 5 años
Caudales de crecida con periodo de retorno de:		
Periodo	Caudal m <sup>3</sup> /s	Comentario
2 años	66	Caudales en régimen natural
5 años	117	
10 años	153	
25 años	203	
100 años <small>Recorte rectangular</small>	300	
500 años	447	

Imagen 11: Información sobre caudales de la estación de Ateca (Fuente: SAIH Ebro)

Analizando los caudales de crecida obtenidos con cada uno de los métodos en la estación de Ateca:

Periodo de retorno	Comparación de caudales de crecida de Ateca en m <sup>3</sup> /s		
	Ajuste estadístico	CAUMAX	SAIH Ebro
T 100	230	317	300
T 500	470	474	447

Tabla 6: Resumen de los caudales de crecida (Elaboración propia)

Hemos decidido que si bien, no son del todo precisos para periodos de retorno bajos, sí que dan una idea del orden de magnitud de los resultados y en todo caso, puesto que los valores proporcionados por CAUMAX están mayorados, nos quedaríamos del lado de la seguridad.

Respecto al periodo de retorno 500, los valores obtenidos en nuestro estudio sí que son coherentes con los proporcionados por CAUMAX y los que podemos observar en el SAIH Ebro (del orden de 460 m<sup>3</sup>/s).

El motivo de que los resultados obtenidos en cada fuente (SAIH, CAUMAX, Estudio Hidrológico) no coincida es debido a que cada uno utiliza diferentes ajustes.

## 1.5. Caudales punto de estudio

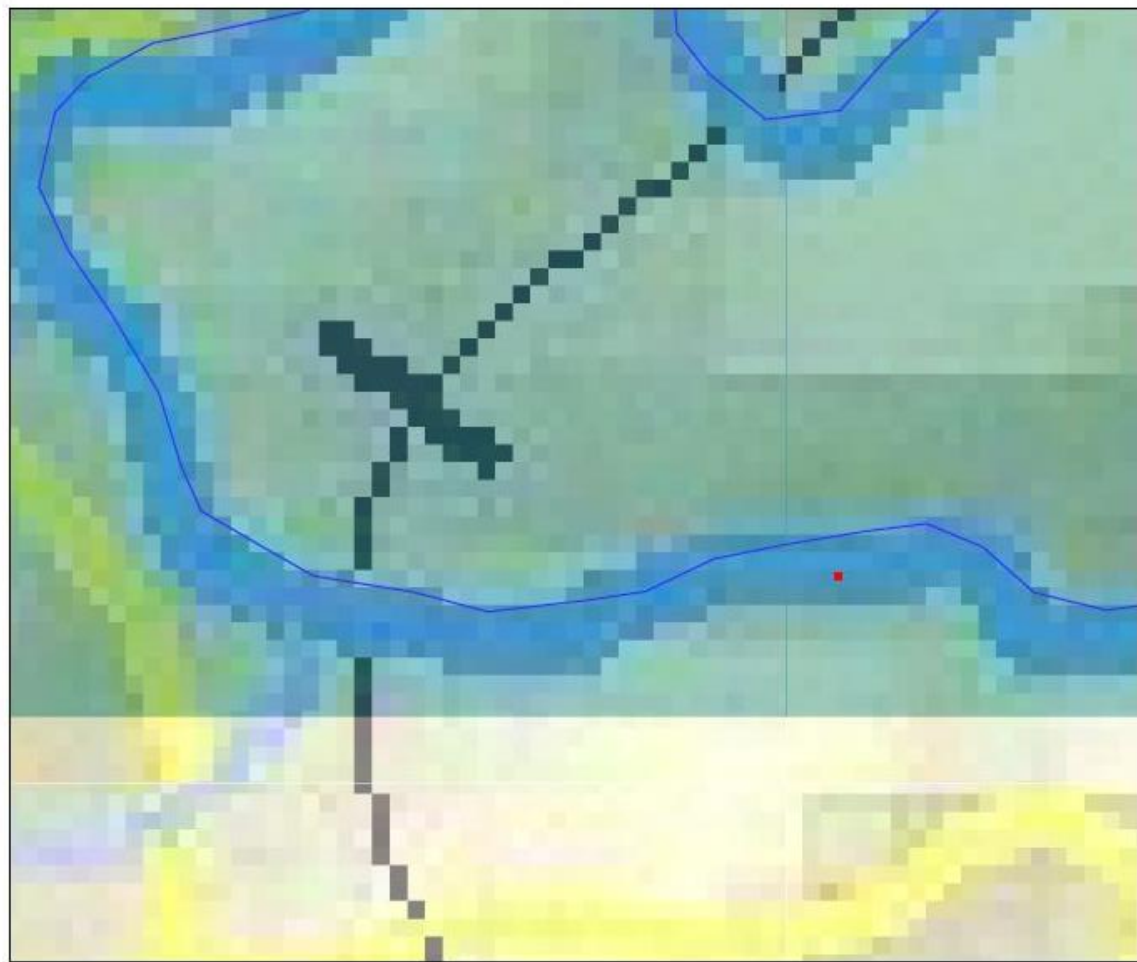
De igual forma que antes, obtenemos los valores de caudales de crecida para el punto de estudio (Imágenes 12 y 13).





	<b>Gobierno de España</b>	<b>Ministerio de Fomento</b>	<b>Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente</b>	<b>CEDEX</b>	<b>SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE</b>
				CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

**Demarcación hidrográfica del Ebro**



**INFORME CONSULTA CAUDALES**

COORDENADAS UTM. HUSO 30	
X utm : 616066.6	Y utm : 4583710.2
RESULTADO	
Periodo de retorno (años) : 100	Caudal (m3/s) : 370

**LEYENDA**

- punto
- Demarcación
- Ríos

Caudales 500 años

cartografia.ecw



Fecha : 06.09.2020

Imagen 12: Información Caudal en el punto de estudio T 100 años (Fuente: CAUMAX)



	GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE FOMENTO	MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	<b>CEDEX</b> CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
--	--------------------	-----------------------	--	--	--

### Demarcación hidrográfica del Ebro



#### INFORME CONSULTA CAUDALES

COORDENADAS UTM. HUSO 30	
X utm : 616066.6	Y utm : 4583710.2
RESULTADO	
Periodo de retorno (años) : 500	Caudal (m3/s) : 534

LEYENDA	
	punto
	Demarcación
	Ríos
Caudales 500 años	
cartografia.ecw	



Fecha : 06.09.2020

Imagen 13: Información Caudal en el punto de estudio T 500 años (Fuente: CAUMAX)



Los caudales pico para el punto de estudio serán, de acuerdo con CAUMAX:

- Para periodo de retorno 100 de 370 m<sup>3</sup>/s
- Para periodo de retorno 500 de 534 m<sup>3</sup>/s

## 2. Estudio Hidráulico

El objeto de este estudio es comprobar el funcionamiento hidráulico de la estructura de acuerdo con la normativa vigente, Instrucción de drenaje de carreteras 5.2 I.C.

Hemos utilizado el software libre Iber, que nos permite generar un modelo bidimensional, pudiendo realizar el análisis de elementos pormenorizados como son el efecto de pilas y estribos.

### 2.1. Datos iniciales

Para el estudio hidráulico hemos utilizado:

- Topografía a escala 1:500 (taquimétrico proporcionado por el tutor) y MDT 05x05 del CNIG. Se han utilizado dos topografías, una más detallada (la primera) para ver en profundidad lo que sucede en el punto de estudio y otra con menor detalle (MDT05) para contextualizar el problema. No se ha realizado un taquimétrico de toda el área porque resulta innecesario a efectos prácticos para este estudio.
- Vista satélite para determinar los coeficientes de Manning
- Geometría básica del recinto, preparada en AutoCAD, donde se delimitan las condiciones de contorno, así como las zonas de mayor y menor detalle de la topografía y las pilas

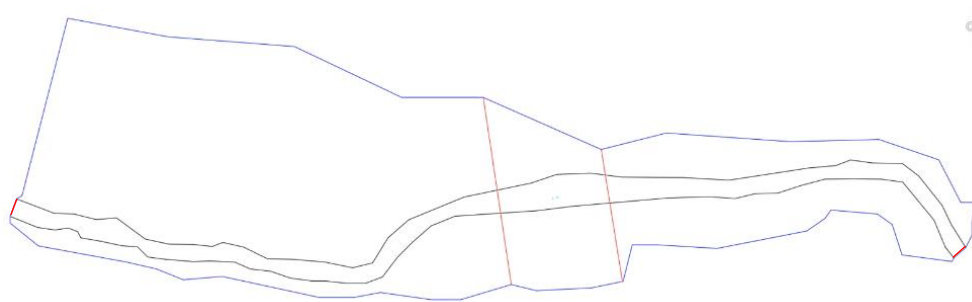


Imagen 14: Mapa base para Iber (Elaboración propia con AutoCAD).

Las condiciones de contorno vienen condicionadas por:

- Un estrechamiento natural ubicado aguas arriba del punto de estudio.
- El puente del ferrocarril que se encuentra aguas abajo y que supone otro estrechamiento.



En la siguiente imagen podemos apreciar cómo, en la zona izquierda y la de la derecha, los caudales son mayores debido a los estrechamientos antes comentados.

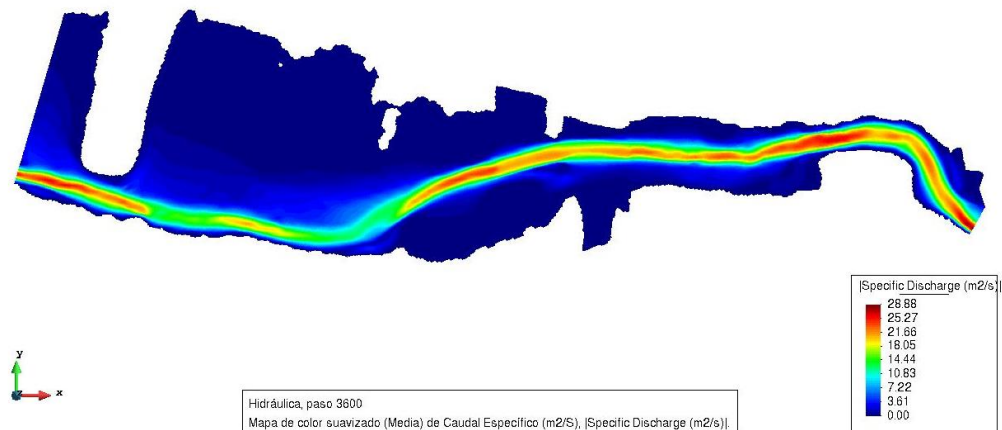


Imagen 15: Representación gráfica de los caudales en situación inicial (Fuente: Iber)

La siguiente ortofoto se utiliza para determinar los coeficientes de rozamiento



Imagen 16: Ortofoto de la zona de estudio (Fuente: Google Earth)

## 2.2. Modelado con el programa

Realizamos la modelización hidráulica con el programa Iber, partiendo de la geometría básica que hemos realizado.

Descripción del modelo Iber.

Se trata de un software con el cual trabajamos con modelos bidimensionales para el cálculo hidráulico. Las características más relevantes son:

- Trabaja con mallas formadas por triángulos y creando entidades geométricas (NURBS). Para el cálculo el programa integra las ecuaciones mediante algoritmos numéricos de volúmenes finitos, obteniendo resultados reales para



regímenes supercríticos, subcríticos o mixtos. Es el propio programa el que ajusta el incremento del tiempo de cálculo, esto nos permite trabajar con calados elevados.

- Para iniciar la simulación tenemos disponibles todas las condiciones posibles: seco, mojado, o incluso a partir de una simulación anterior. También existe la posibilidad de introducir viaductos o condición de régimen crítico.
- La entrada de datos se realiza mediante ficheros de texto (ficheros ASCII). La visualización de los resultados se realiza directamente sobre el programa pudiendo, además, visualizarlos con capas ráster, vectoriales y ortofotos.

El programa nos proporciona una superficie donde posteriormente podremos calcular la malla dejando los espacios de las pilas.

Para el modelado de las pilas podemos realizar un mallado con unas dimensiones de 5 o 10 cm o un paso de malla con menor definición pero que sea capaz de reproducir el efecto de las pilas. En el primer caso tendremos una mayor definición, pero el coste computacional es elevado. Sin embargo, el segundo caso representa una solución intermedia acorde con el alcance de este TFG.

Los caudales que debemos incluir en el programa son los que nos proporciona CAUMAX para el punto de estudio, esto es:

- $T=100 \rightarrow Q= 370 \text{ m}^3/\text{s}$
- $T=500 \rightarrow Q= 534 \text{ m}^3/\text{s}$

Añadimos las condiciones de contorno tanto entradas como salidas de forma que la simulación sea estable durando un largo tiempo.

Para el hidrograma de entrada consideramos que en el instante inicial (0s) circulan  $2\text{m}^3/\text{s}$  y, para simplificar el problema y que no requiera mucho tiempo para calcularlo, consideramos que en el instante 300 segundos ya estará circulando el caudal máximo y que este se mantendrá hasta los 3600 segundos, para ver así el comportamiento en el punto máximo (pico), que es donde observamos los daños. Por último, le asignamos el punto de entrada por el río (estrechamiento-punto de control de entrada).

En la Salida 2D, situada aguas abajo del puente del ferrocarril, imponemos un calado crítico, porque, como ya indicamos anteriormente, este puente provoca una sección de control y lo que ocurra aguas abajo ya no es influyente en nuestro modelo.

Para poder comparar los resultados se van a modelizar dos situaciones:

- Situación inicial sin puente (nos deja del lado de la seguridad) modelizando para un tiempo de retorno de 100 años
- Situación con estructura, para periodo de 100 y de 500 años

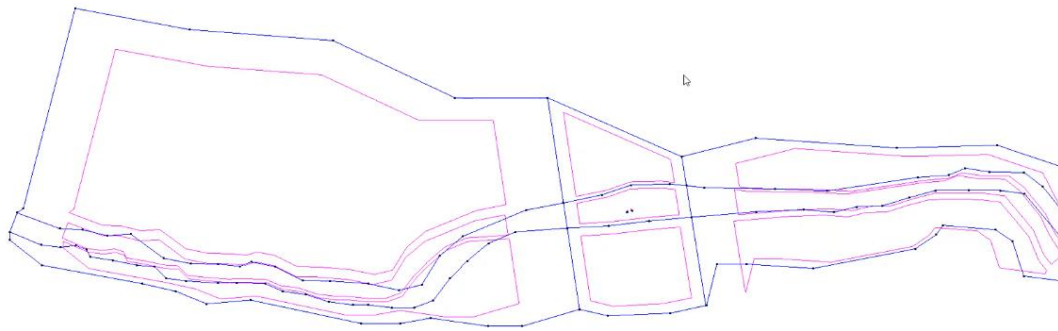


Imagen 17: Superficies NURBS (Fuente: Iber)



Imagen 18: Superficies NURBS zona de las Pilas (Fuente: Iber)

Con las superficies delimitadas podemos crear una Malla, aquí hemos tenido en cuenta que no necesitamos un elevado nivel de detalle en todo el modelo.

En las llanuras de inundación por ejemplo podemos obtener unos valores aceptables con una malla de 4 metros, para el río, como quiero mayor detalle, seleccionamos un paso de malla de 2 metros, en la zona donde se encuentran los estribos seleccionamos 1 metro, para poder ver mejor que sucede y en la zona de contacto de las pilas con el río (la parte central que es más conflictiva), seleccionamos 0,5 metros para tener información muy detallada de todo lo que sucede.

En la imagen 16 se muestra la discretización para la definición geométrica de las mallas. Como se puede observar en la zona del puente, se tiene un mallado más fino porque es donde necesitamos más resolución.

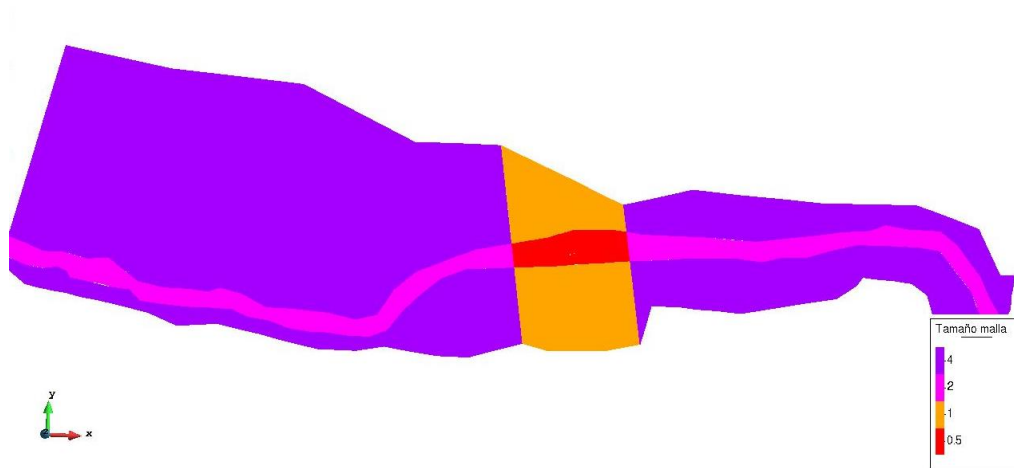


Imagen 19: Representación gráfica de los pasos de malla (Fuente: Iber)

Procedemos a agregar los datos geomorfológicos agregando las rugosidades según ortofoto:

- Seleccionamos un valor del número de Manning de 0.035 en el río, este valor que es bastante aceptable puesto que en la zona se ha observado que pese a que hay vegetación el cauce se encuentra bastante limpio.
- Para la llanura de inundación (estribos incluidos) elegimos “pradera” del menú desplegable y como hay bastante vegetación consideramos un número de Manning de 0.5



Imagen 20: Representación gráfica de las rugosidades (Fuente: Iber)

A continuación, se ha generado la malla, pudiendo observar lo siguiente:

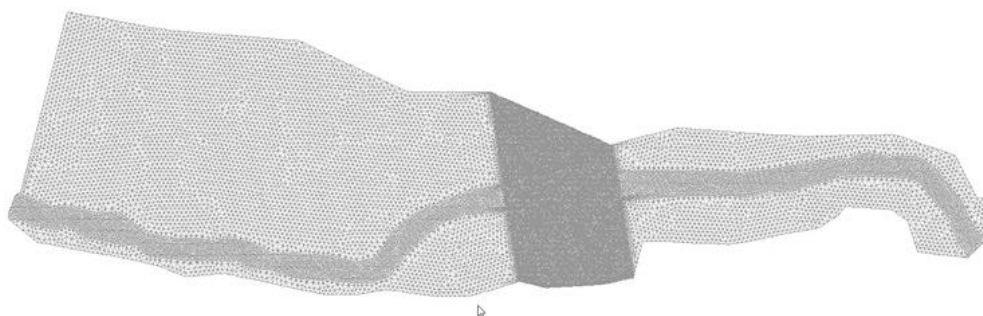


Imagen 21: Malla de la zona de estudio (Fuente: Iber)



Haciendo zoom en la zona del río donde se encuentran las pilas, podemos ver cómo, al darle menor paso de malla, esta es más precisa. También se observan los huecos donde val las pilas.



Imagen 22: Detalle pilas de la malla (Fuente: Iber)

A continuación, hemos añadido relieve a la malla, en primer lugar, añadimos el MDT 05 (Modelo Digital del Terreno con paso de malla de 5 metros) que hemos obtenido del CNIG

Para la zona de mayor interés, hemos añadido:

- La topografía sin estribos obtenida mediante un taquimétrico que nos ha proporcionado el tutor, es así como hemos obtenido la malla de la siguiente imagen. Esta se emplea para el estudio hidráulico sin estructura.

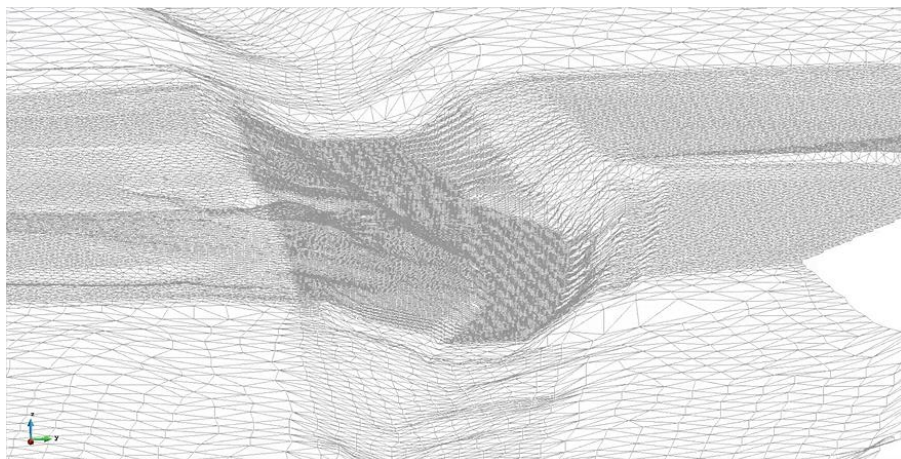


Imagen 23: Relieve de la malla sin estribos (Fuente: Iber)

- La topografía con los estribos del puente obtenida mediante un taquimétrico (proporcionado el tutor), es así como hemos obtenido la siguiente malla. Esta malla se emplea para el estudio hidráulico con la estructura para periodo de retorno 100 y 500.



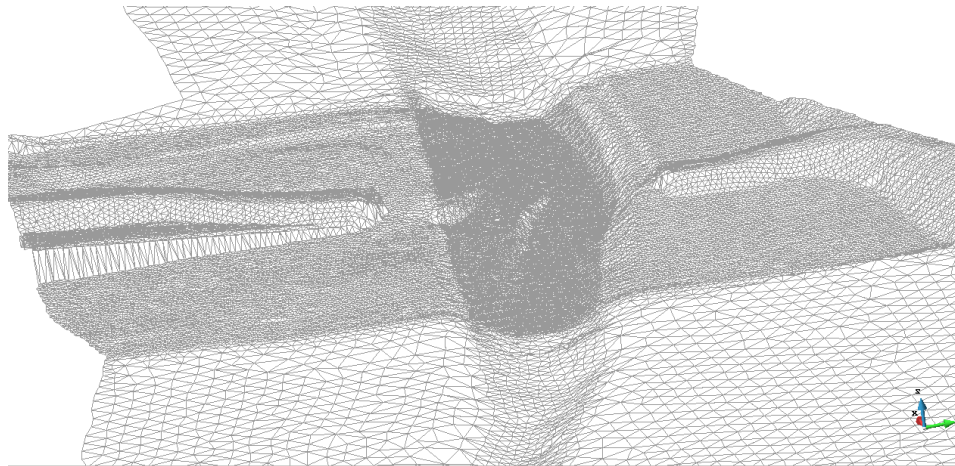


Imagen 24: Relieve de la malla con estribos (Fuente: Iber)

En las imágenes 25 y 26 se puede apreciar, mediante código de colores la variación de cotas de la malla.

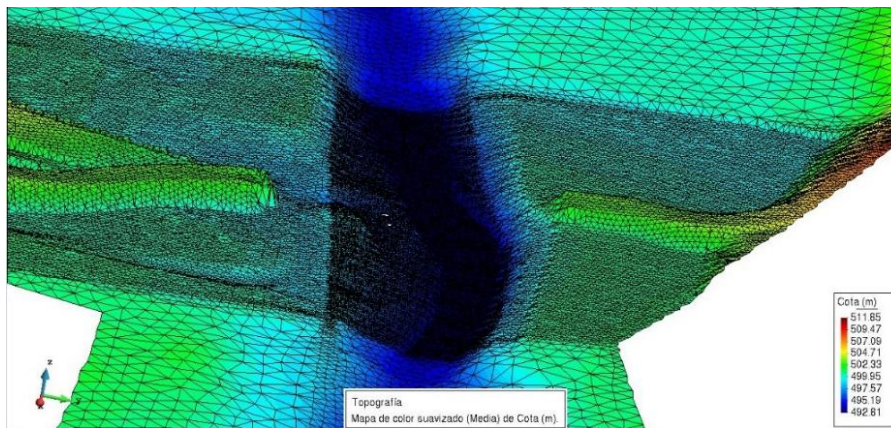


Imagen 25: Representación de la cota de la malla con estribos (Fuente: Iber)

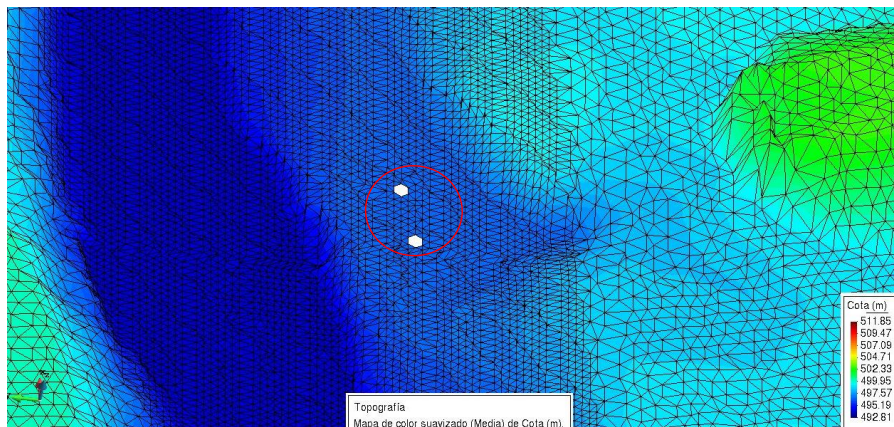


Imagen 26: Detalle de las Pilas de la malla (Fuente: Iber)

Una vez que hemos definido la malla, antes de poner el programa a calcular, tenemos que añadir los datos de simulación, inicio (0 s), fin (3600 s) e intervalos (300 s). También se añaden datos respecto a la capacidad que va a requerir del ordenador.

Con esto establecido ya podemos calcular.



### 2.3. Resultados sin estructura (T = 100 años)

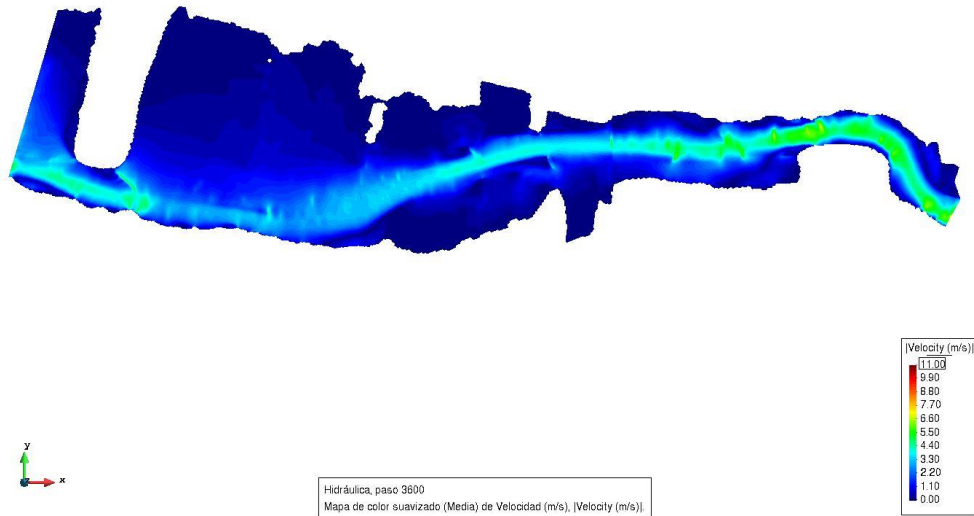


Imagen 27: Representación gráfica de las velocidades en situación inicial (Fuente: Iber)

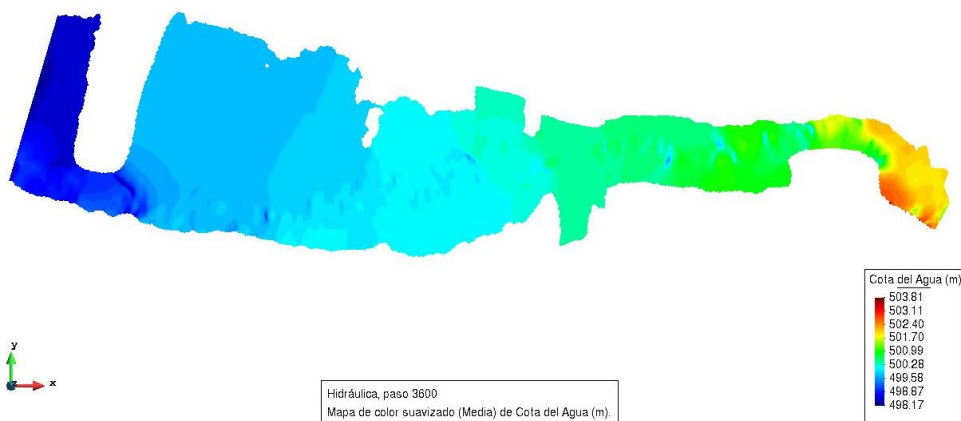


Imagen 28: Representación gráfica de la cota de la lámina de agua en situación inicial (Fuente: Iber)

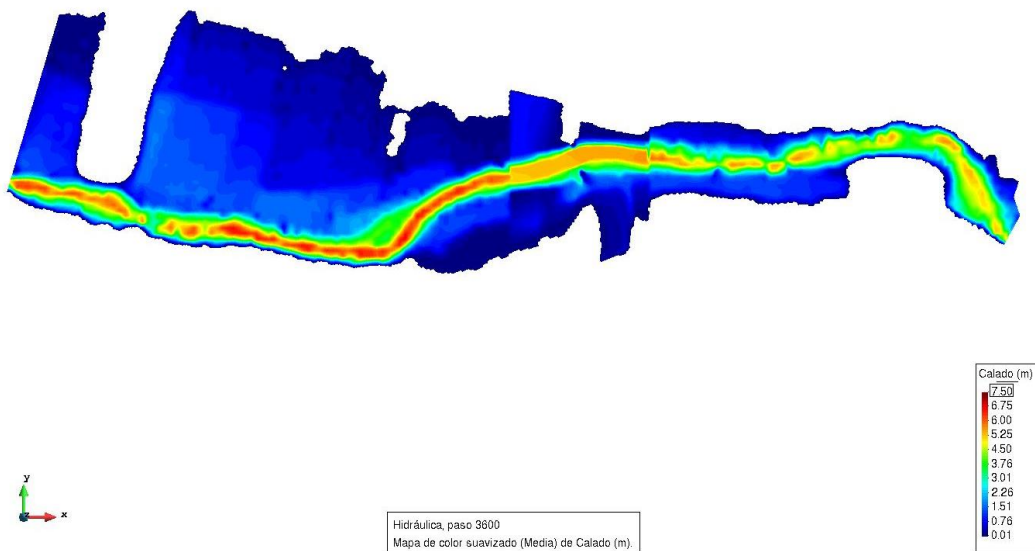


Imagen 29: Representación gráfica de los calados en situación inicial (Fuente: Iber)



## 2.4. Resultados con estructura

- Para **periodo de retorno 100 años** ( $Q = 370 \text{ m}^3/\text{s}$ ) los resultados obtenidos son:

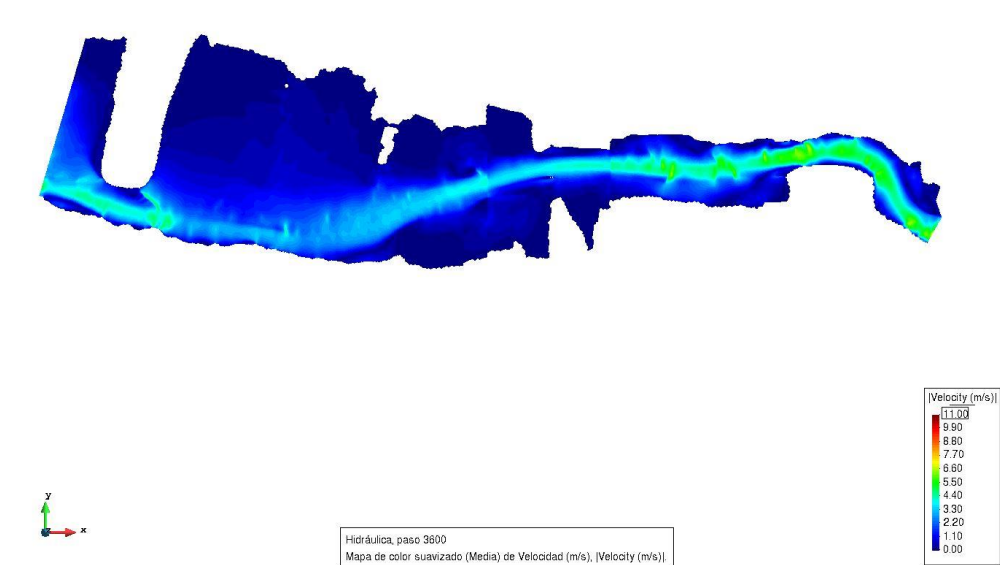


Imagen 30: Representación gráfica de las velocidades con estructura para T100 (Fuente: Iber)

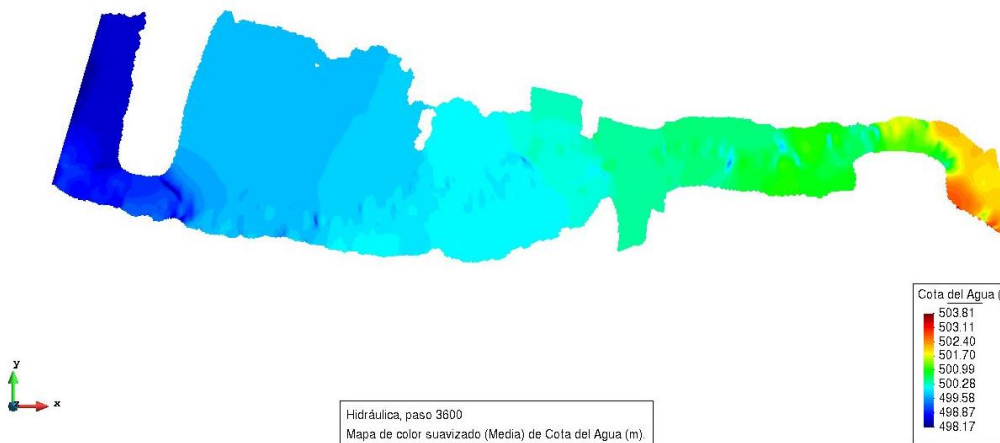


Imagen 31: Representación gráfica de la cota de la lámina de agua con estructura para T100 (Fuente: Iber)

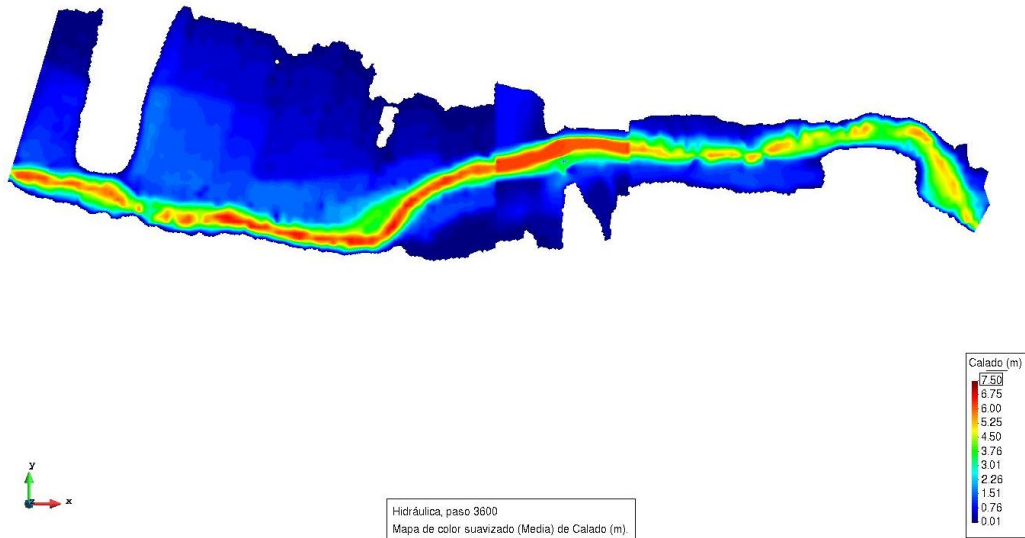


Imagen 32: Representación gráfica de los calados con estructura para T100 (Fuente: Iber)

- Para **periodo de retorno 500 años** ( $Q = 534 \text{ m}^3/\text{s}$ ) los resultados obtenidos son:

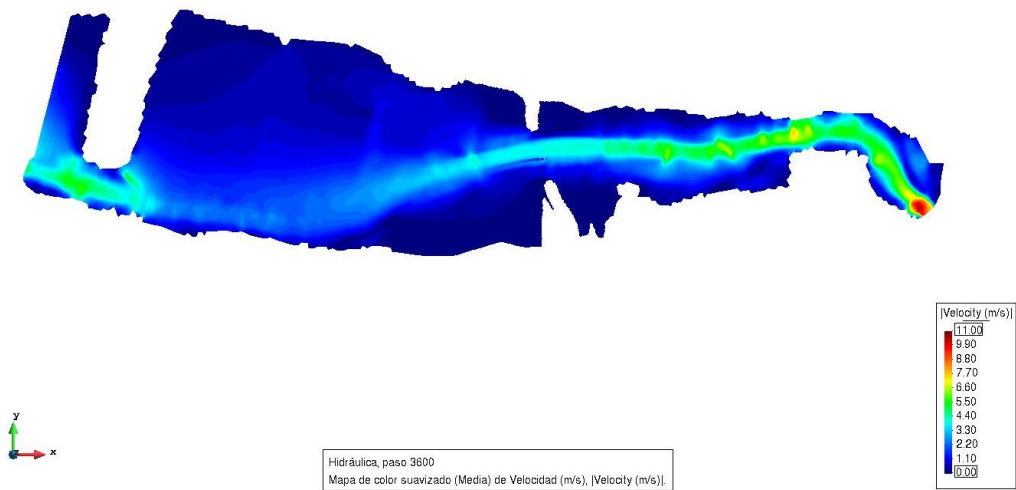


Imagen 33: Representación gráfica de las velocidades con estructura para T500 (Fuente: Iber)

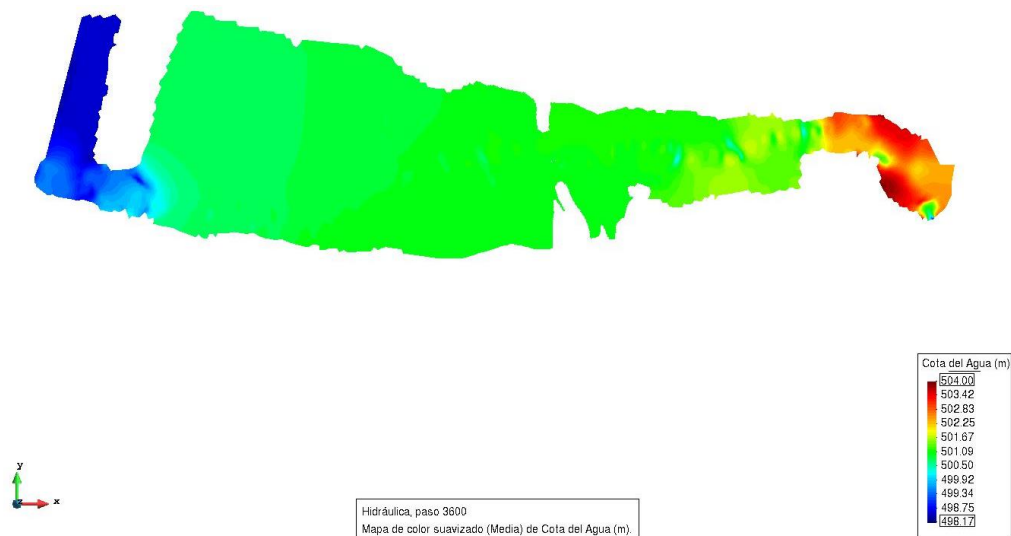




Imagen 34: Representación gráfica de la cota de la lámina de agua con estructura para T500 (Fuente: Iber)

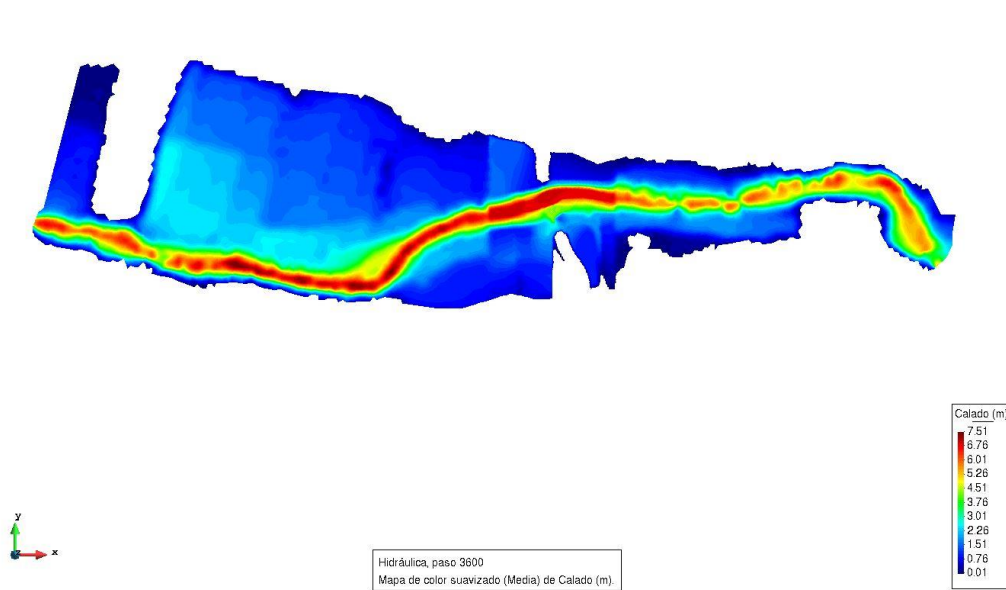


Imagen 35: Representación gráfica de los calados con estructura para T500 (Fuente: Iber)



# Anejo 2 Trazado Geométrico

## Índice

1. Introducción.....	1
2. Datos Generales.....	2
3. Alineación en planta.....	2
4. Perfiles transversales.....	3
5. Rasante.....	4
6. Alzado.....	5
7. Resultados.....	9
8. Listados.....	11
8.1. Resumen de trazado.....	11
8.2. Diagrama de velocidades.....	18
8.3. Listado de alineaciones.....	20
8.4. Resumen de características.....	22
8.5. Mediciones de los perfiles transversales.....	24

## 1. Introducción.

En este anexo se muestra de forma más detallada el procedimiento seguido para la modelización de la obra lineal, así como de la estructura implícita en ella, siguiendo la metodología BIM. Como se puede ver se trata de llevar a cabo una transformación del CAD al BIM, a partir de los datos de diseño de este proyecto.

Lo primero que hemos hecho es introducir la cartografía, esta ha sido tomada en campo durante el mes de marzo, cuando el calado del río era aproximadamente de 50 cm, motivo por el que no hay puntos en todo el cauce del río. Dicha topografía ha sido proporcionada por el tutor.

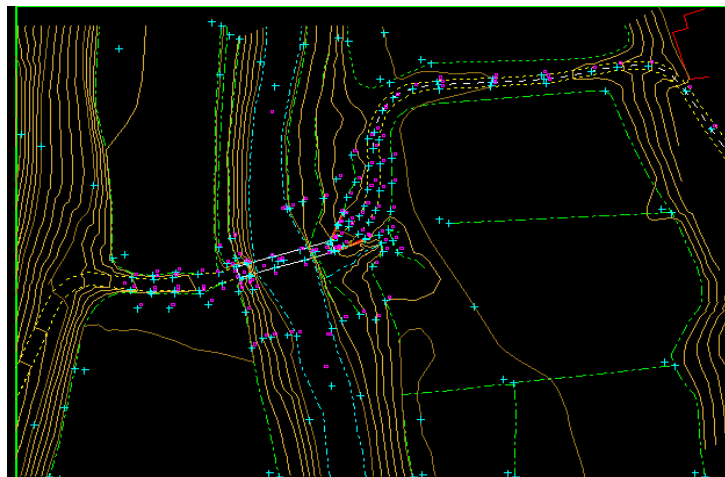


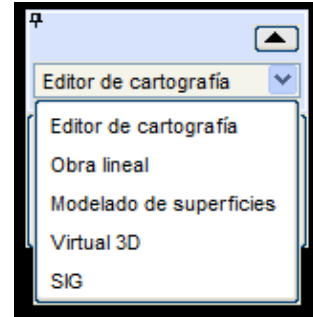
Imagen 1: Topografía de la zona de estudio (Fuente: Tutor)



Para empezar lo primero que se debe hacer es acceder a las herramientas que proporciona el programa para modelar obras lineales (las podemos encontrar accediendo al menú desplegable de la ventana que tenemos arriba a la derecha).

Podemos ver que tenemos acceso a numerosas herramientas para la realización de modelos.

Por el momento nos centramos en “Obra lineal” así que accedemos clicando en esta opción y se nos abre una ventana para introducir los datos generales.



## 2. Datos Generales.

Deberemos seleccionar la normativa que corresponde a nuestra obra, una de las ventajas de utilizar Istram es que nos proporciona una amplia cantidad de Normativas ya introducidas en el programa.

Hemos configurado la ventana de datos generales para que se ajuste a nuestro proyecto, incluyendo todos los datos necesarios y seleccionado la Norma 3.1-IC de Trazado, tanto en alzado como en planta.

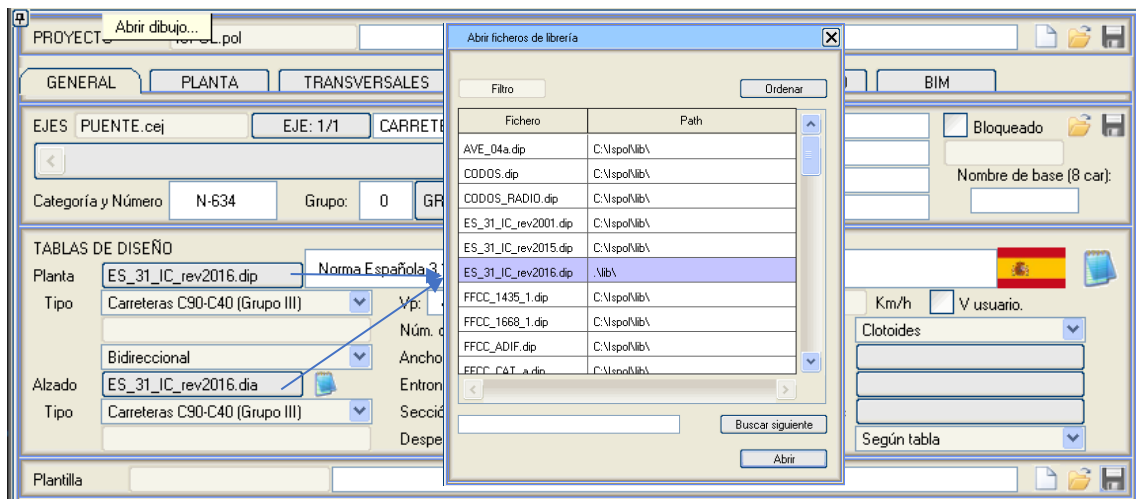


Imagen 2: Opciones generales (Istram)

## 3. Alineación en planta.

El siguiente paso es definir cuál es el trazado en planta del tramo de carretera que estamos modelando, esto lo hemos hecho desde la pestaña de “PLANTA”.

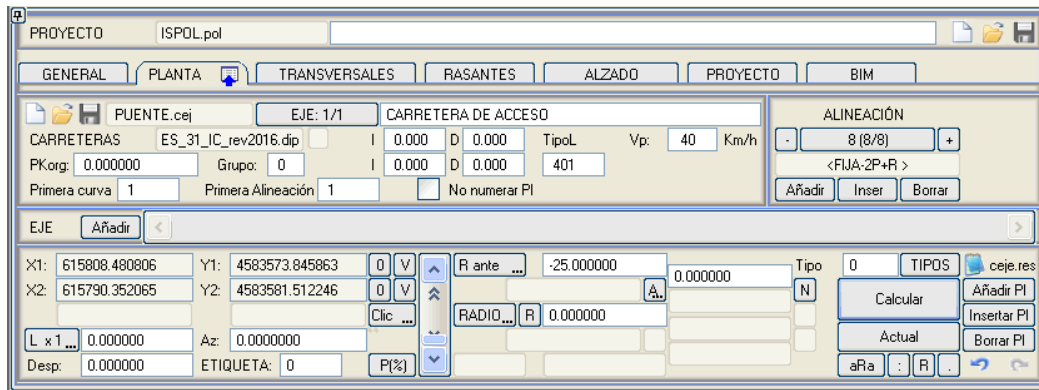


Imagen 3: Opciones Planta (Istram)

Para realizar el trazado el procedimiento que hemos seguido ha sido, partiendo de un trazado recto sobre el camino existente (parte derecha de la imagen 1), trazar una curva y contracurva, tratando de encaminar el trazado hacia una recta que será el puente, salimos del mismo con un conjunto de curvas y rectas hasta ajustarnos de nuevo a el camino existente.

Para que el programa intérprete cuando insertamos una recta y cuando una curva debemos alternar en "tipo" entre 0 (para rectas) y 8 (para las curvas).

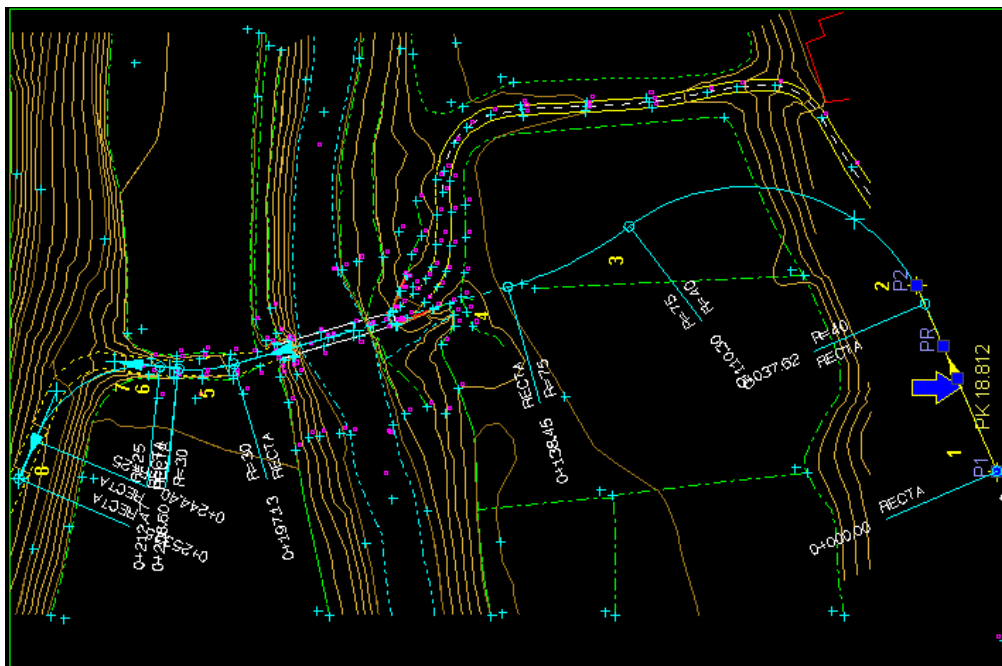


Imagen 4: Eje de una carretera (Istram)

## 4. Perfiles transversales

En la pestaña de "TRANSVERSALES", hemos seleccionado el eje de la carretera y generamos.



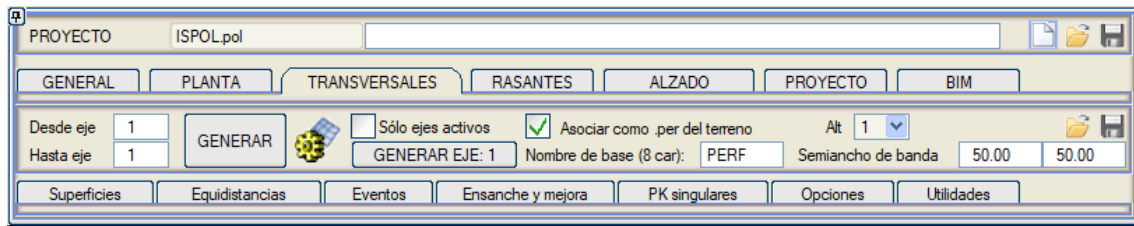


Imagen 5: Opciones Transversales (Istram)

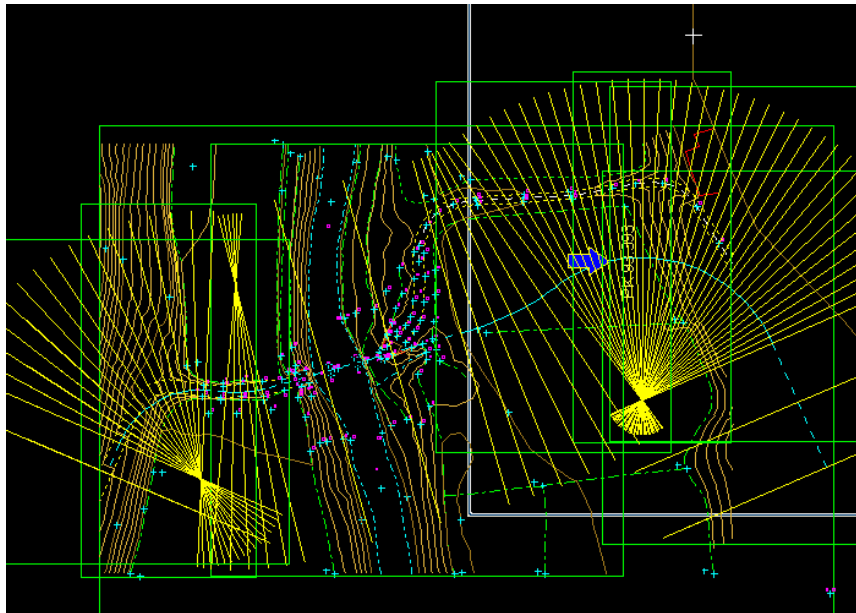


Imagen 6: Perfiles transversales (Istram)

## 5. Rasante

En esta pestaña podemos observar numerosas opciones de las cuales nos interesan principalmente los PK que corresponden a los “puntos” de las rasantes, el listado de rasantes lo podemos observar al lado del botón de cálculo.

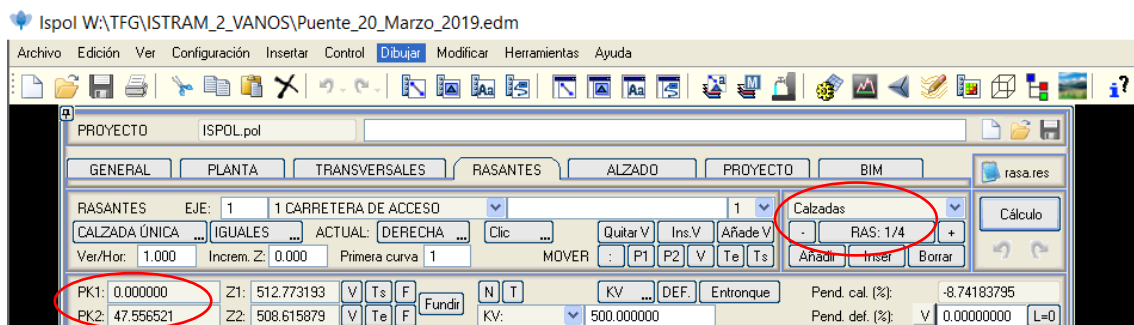


Imagen 7: Opciones Rasantes (Istram)

El procedimiento a seguir para realizar las rasantes es muy similar a lo que hemos realizado previamente en planta, en este caso deberemos, después de clicar al lado de PK1, pulsar en el punto inicial de nuestro trazado o introducirlo manualmente.

A continuación, apretando al lado de PK2 deberemos clicar en el punto donde queremos que finalice dicho trazo, para el siguiente trazo deberemos seleccionar la opción de añadir y en el nuevo elemento, de igual forma que en planta seleccionamos el botón **V** para establecer que el PK1 sea el mismo que el PK2 del tramo anterior y seleccionamos un punto donde queramos acabar el nuevo tramo. Se repite este procedimiento hasta



salvar todo el perfil, teniendo en cuenta que la pendiente máxima para una C40 es de un 7%, puede llegar al 10% en casos excepcionales.

## 6. Alzado

En la pestaña de Alzado, podemos definir todas las opciones de personalización de nuestro trazado.

- Anchos y peraltes, donde tenemos la opción de realizar el cálculo de forma automática (partiendo de un valor en el caso de los anchos) siguiendo la normativa anteriormente mencionada. De las distintas opciones, debemos seleccionar, la correspondiente a la Norma 3.1-IC, concretamente la correspondiente a la última revisión de 2016, como se ve en la imagen.

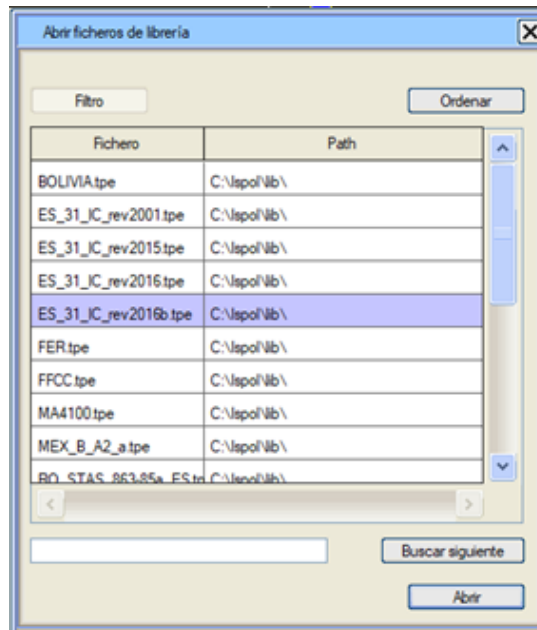


Imagen 8: Opciones de Normativas (Istram)

- Calzadas auxiliares, aquí hemos añadido 0,5 m (el arcén) en las columnas correspondiente (tanto a la izquierda como a la derecha), teniendo en cuenta el esquema proporcionado por el programa.

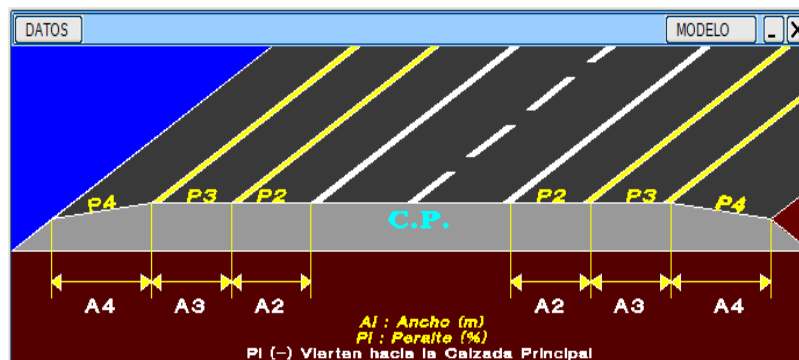


Imagen 9: Esquema Calzadas auxiliares (Istram)

- El paquete de firmes donde hemos definido una capa de ZA (Zahorra Artificial) y de MBC (Mezcla Bituminosa en Caliente), dando tanto a derecha como a izquierda, una profundidad de 0,25 para ZA y 0,3 para MBC (hay que tener en



cuenta que las profundidades son acumulativas por lo cual de MBC solo hay 0,05). Añadimos también el talud exterior con un valor de 2, la posición que deseamos que ocupe en la calzada, el ancho exterior y en Tramos, seleccionamos el PK de inicio y final (para asegurarnos que cubría todo el tramo hemos puesto un numero alto).

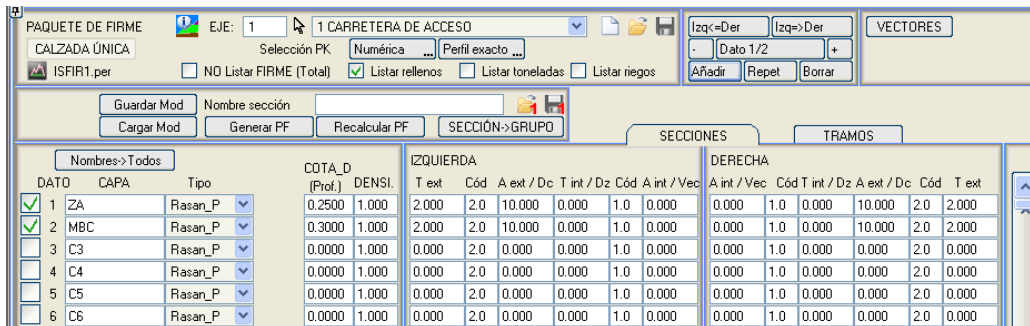


Imagen 10: Opciones Paquete de firme (Istram)

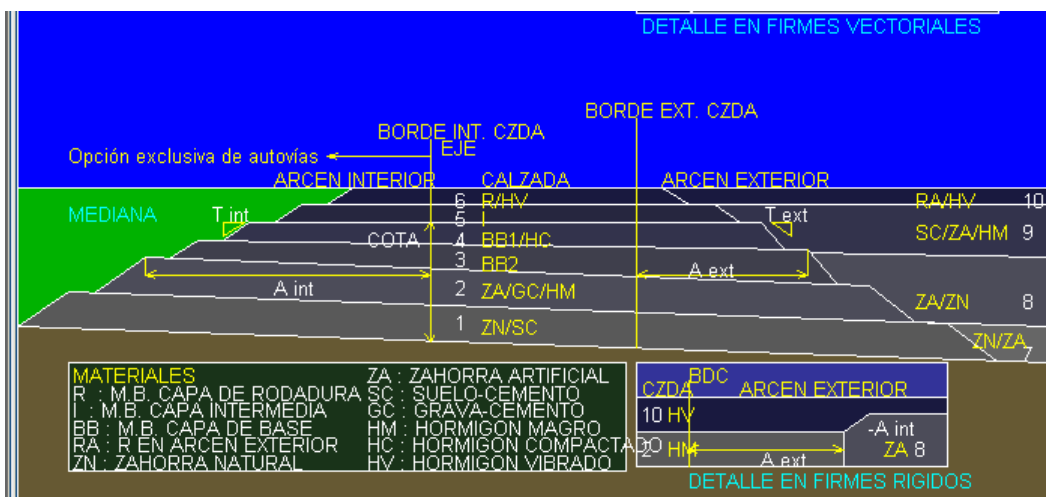


Imagen 11: Esquema Paquete de firme (Istram)

- Las secciones tipo, donde se ha definido una sección que corresponde a la carretera ya existente, otra que corresponde al puente y una última sección que corresponde a los estribos puesto que se utilizan para variar gradualmente el ancho de la carretera pudiendo así poner las barreras necesarias del puente (más adelante hablaremos de las barreras). Indicamos también un espesor mínimo 0,3 m, una pendiente mínima de 4%, máxima de 7%, el valor de capa vegetal y los Pk de inicio y final de cada sección.
- Zona de cálculo, el cálculo de la sección se divide en 3 zonas, esto se debe a como ya mencionamos anteriormente la carretera, los estribos y el puente. Cambiamos, el valor de la capa vegetal (V) y debemos escribir el PK correspondiente al inicio y fin de los tramos.
- Desmontes, nos aparecen 3 ventanas, modificamos el talud y las características de la cuneta de acuerdo con las indicaciones del tutor (talud del pavimento con valor de 2, de altura y ancho de la cuneta  $\frac{1}{2}$ , a la superficie en contacto con la carretera, en tierra un talud 0,3 y ángulo de 50) en la primera



(correspondiente con los tramos de carreteras), la 2ª y 3ª ventana corresponde con los estribos y el puente respectivamente, que no tienen desmonte.

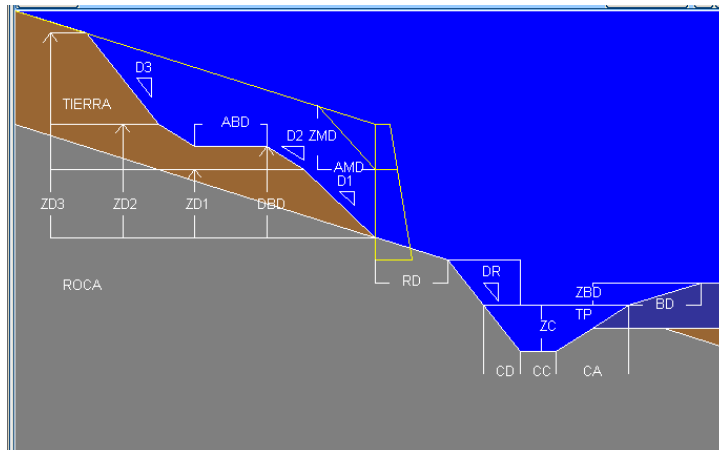


Imagen 12: Esquema desmonte y cuneta (Istram)

- Terraplenes, también aparecen 3 igual que en desmontes, solo que aquí deberemos compilar los terraplenes para la primera y segunda ventana (con el talud con un valor de 2, para terraplén un valor de 10 y un talud de 1,5), que corresponden con las carreteras y los estribos respectivamente, y la tercera que pertenece al puente no tiene terraplén.

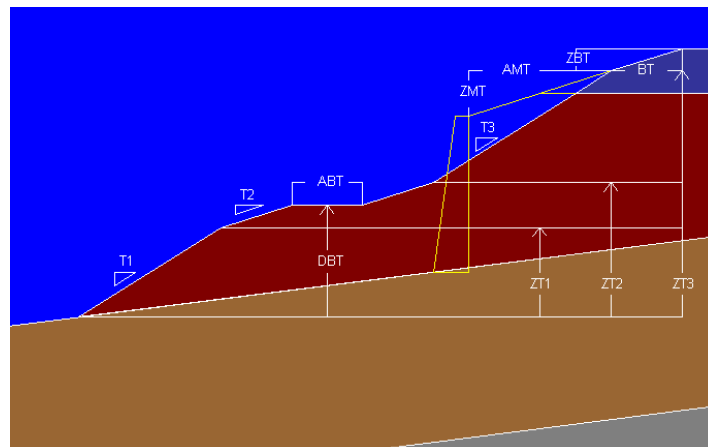


Imagen 13: Esquema terraplén (Istram)

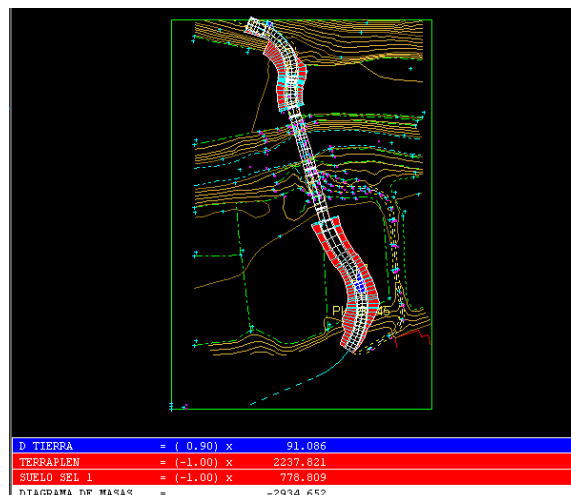


Imagen 14: Calculo de Rasantes (Istram)



- **Diagrama de velocidad**, este se genera de forma automática, seleccionando: un vehículo (en nuestro caso, para quedar del lado de la seguridad, elegimos el más potente de los disponibles en el programa, un Jaguar V8 4.0 de 229 CV, obteniendo un diagrama de velocidades (modelo BIM tabla 1y 2) y un total de 9 balizas (como la velocidad de proyecto es de 40 km/h no es necesario utilizar un vehículo tan potente, con lo que, no serían necesarias las balizas).

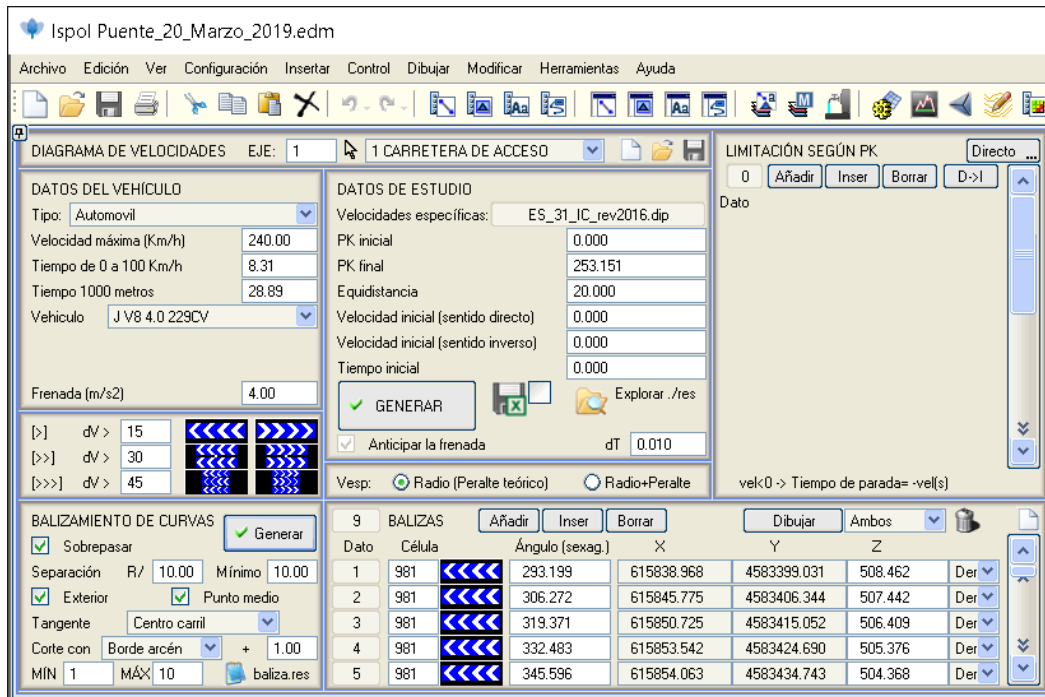


Imagen 15: Opciones del diagrama de velocidad (Istram)

- **Visibilidad**, aquí realizamos un estudio (en ambos sentidos de la carretera) de la visibilidad para adelantamiento en la pestaña de "Visibilidad" fijando la velocidad en 40 km/h.
- Y añadimos las **marcas viales** que nos ha indicado el tutor, indicando el Pk de inicio y fin, su posición (izquierda derecha o ambos) y el tipo de línea (de acuerdo con los códigos del programa).

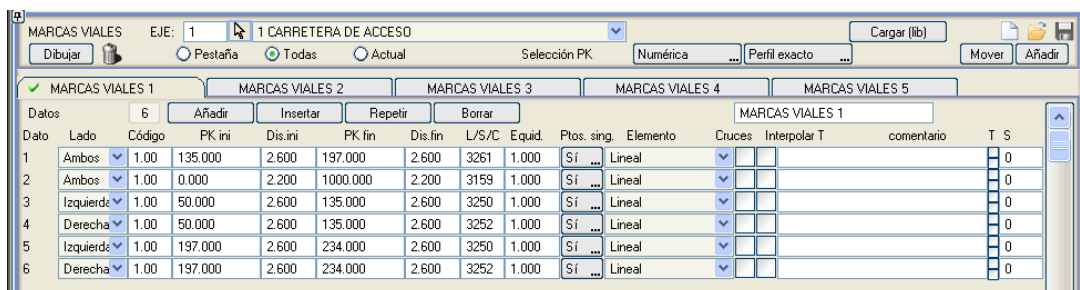


Imagen 16: Marcas viales (Istram)

- **Estructuras**, en esta ventana podemos modelar la estructura que nos ha proporcionado el tutor, debemos elegir el tablero, vigas, pilares, estribos y aletas de la tabla, o si es necesario, modificar alguno de los predeterminados que nos proporciona el programa (en nuestro caso los elementos utilizados están



adaptados al punto de estudio, de acuerdo con lo indicado por el tutor), una vez agregados todos los elementos deberemos añadirlos en la pestaña pertinente, añadimos también el PK inicial y final, el número de vanos (2), el espesor del tablero (0,2), indicamos el PK (de las pilas) y seleccionamos el tablero, viga, estribo y pilar que modificamos anteriormente.

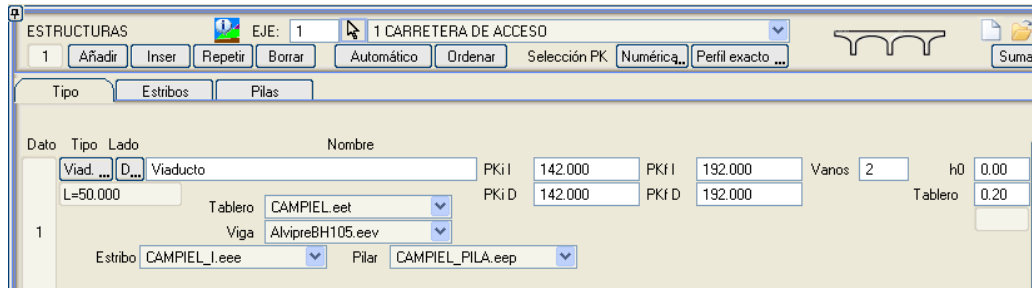


Imagen 17: Opciones tipo de la estructura (Istram)



Imagen 18: Algunos ejemplos modelados (Istram)

- **Barreras de seguridad**, por ser un tramo con una velocidad de diseño de 40 km/h solo son necesarias en el puente, en el supuesto de tener suficiente presupuesto se podrían añadir (por seguridad) en las curvas cuando aparece desnivel. El programa también nos permite poner sistema de protección de motoristas (SPM) en caso de que sea necesario.

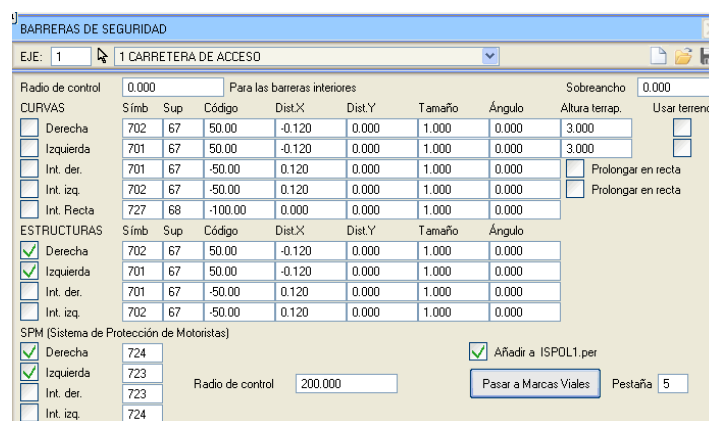


Imagen 19: Opciones Barreras de seguridad (Istram)

## 7. Resultados

Podemos ver si acudimos de nuevo a la ventana de rasantes, como ahora aparece nuestro puente sobre el río.

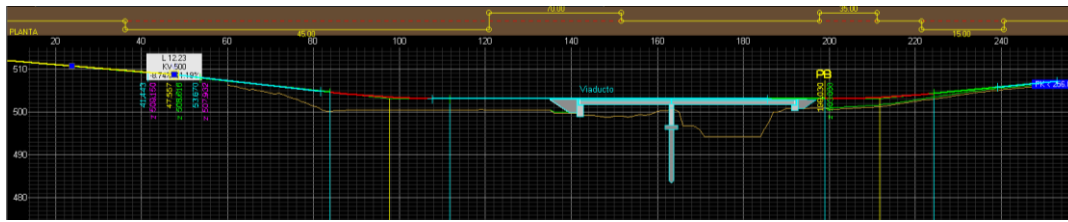


Imagen 20: Rasante con estructura (Istram)

El visor 3D nos da la opción de quitar las distintas capas (cartografía, firme, tablero, superficie de desmante o suelo seleccionado entre otros) para poder ver solo algunos de los elementos en detalle, como se puede apreciar en las siguientes imágenes:

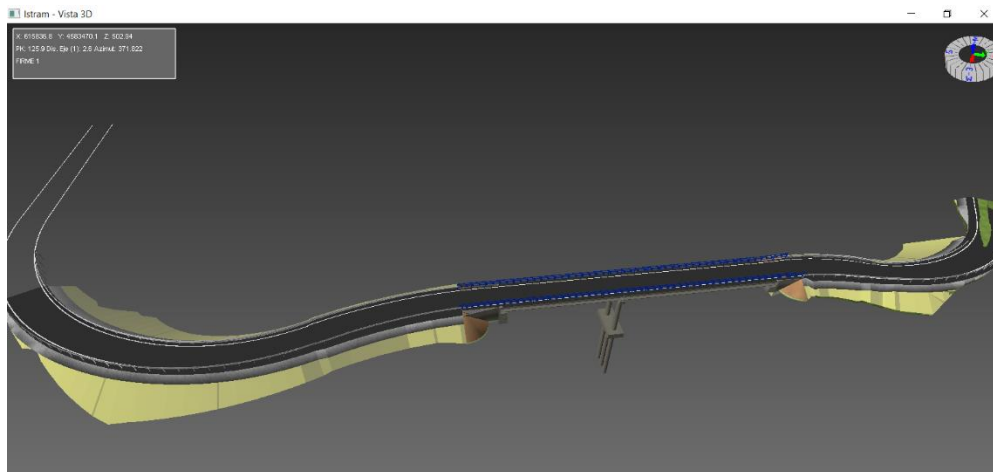


Imagen 21: Modelo sin cartografía (Istram)

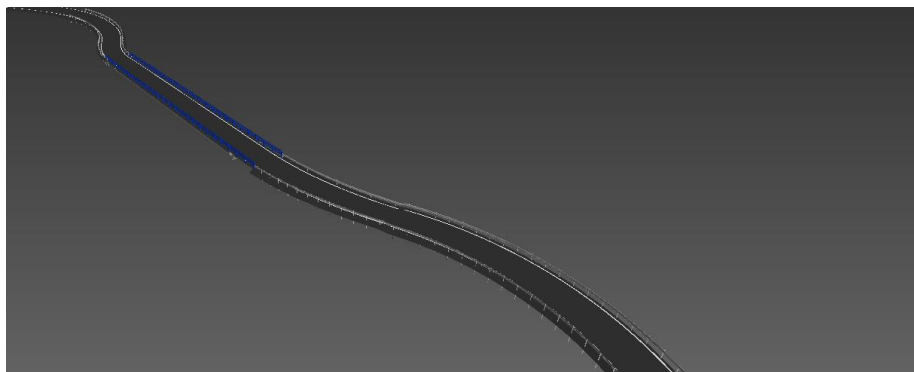


Imagen 22: Detalle de la carretera (Istram)

Como el programa nos permite navegar por este modelo tridimensional podemos observar la estructura desde múltiples ángulos, a continuación, en la imagen X podemos ver la parte inferior de la estructura, las vigas, pila, pilotaje, aletas, estribos y neoprenos.



Imagen 23: Detalles de las vigas, neoprenos y pila (Istram)

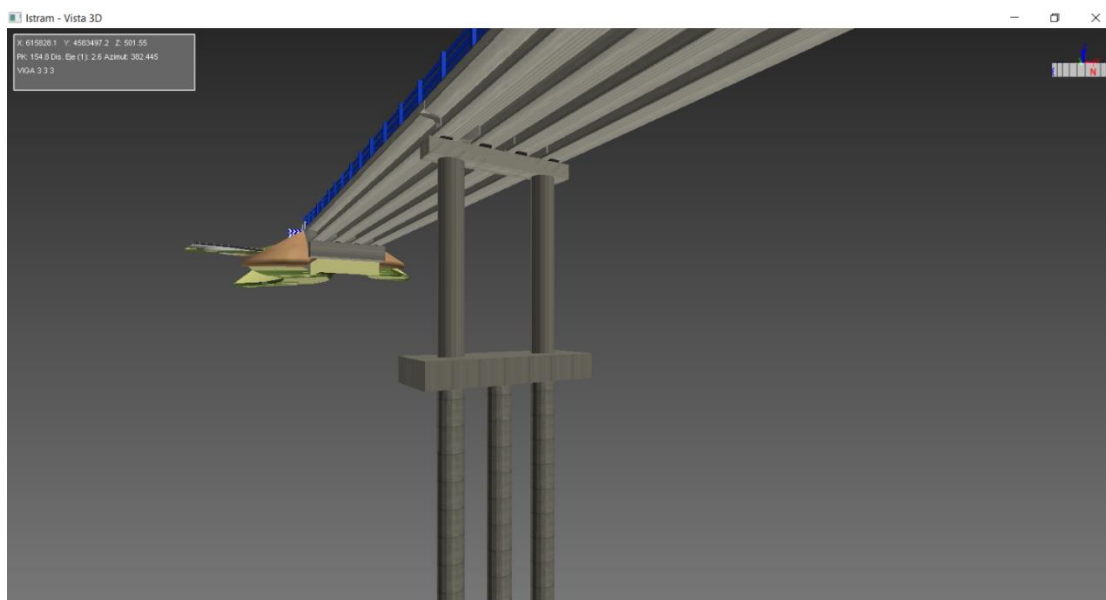


Imagen 24: Detalle pilas y sus pilotes (Istram)

## 8. Listados

### 8.1. Resumen de trazado

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 1

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
ANEJOS DE TRAZADO  
=====

RESUMEN DE ALINEACIONES EN PLANTA

PK inicial      PK final      Longitud      Variación Az      Radio      A

-----





0+000.000	0+037.624	37.624	0.000	0.000	0.000
0+037.624	0+110.303	72.680	115.673	40.000	0.000
0+110.303	0+138.453	28.150	23.894	75.000	0.000
0+138.453	0+197.126	58.673	0.000	0.000	0.000
0+197.126	0+208.599	11.473	24.346	30.000	0.000
0+208.599	0+212.469	3.870	0.000	0.000	0.000
0+212.469	0+244.404	31.935	81.321	25.000	0.000
0+244.404	0+253.151	8.748	0.000	0.000	0.000

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 2

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
 ANEJOS DE TRAZADO  
 =====

ALINEACIONES RECTAS

PK inicial	PK final	Longitud	Tipo	Vp	Lmin s	Lmin o	Lmax
0+000.000	0+037.624	37.624		40	56	111	668
0+138.453	0+197.126	58.673	Lmin,o	40	56	111	668
0+208.599	0+212.469	3.870	Lmin,s	40	56	111	668
0+244.404	0+253.151	8.748		40	56	111	668

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 3

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
 ANEJOS DE TRAZADO  
 =====

ALINEACIONES CIRCULARES

PK inicial	PK final	Longitud	Radio	Per ini Izq
0+037.624	0+110.303	72.680	40.000	-7.00%
0+110.303	0+138.453	28.150	75.000	-0.00%
0+197.126	0+208.599	11.473	30.000	7.00%
0+212.469	0+244.404	31.935	25.000	-2.80%

Per fin izq	Per ini der	Per fin der	Per. Norma	Vel espe.
-0.00%	-7.00%	-0.00%	7.00%	36
-2.00%	-0.00%	2.00%	7.00%	48
7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	32
-5.73%	-2.80%	-5.73%	7.00%	29



PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
 ANEJOS DE TRAZADO  
 =====

CURVAS DE TRANSICION

-----  
 DATOS TRAZADO

	Alinea.Circular   Curva			Clotoides			
	-----			Entrada		Salida	
Alin	Longit.	Radio	Var.   Azimut	A	Longitud	A	Longitud
2	72.680	-40.000	115.673	0.000	0.000	0.000	0.000
3	28.150	75.000	23.894	0.000	0.000	0.000	0.000
5	11.473	30.000	24.346	0.000	0.000	0.000	0.000
7	31.935	-25.000	81.321	0.000	0.000	0.000	0.000

INSTRUCCION CARRETERAS 3.1 IC 4.4.3						PARAMETROS		
Var.Acce.Centr.   Transi.			Percepción Visual					
J Norm.	J Maxi.	Peralte	1/18	ret 0.5	1/5 om.	A	A	A
A1	A1	A2	A3	A4	A5	Normal	Minima	Maxima
40	35	40	15	30	35	40	40	49
55	50	55	25	50	30	55	55	67
35	30	35	10	25	15	35	35	43
25	20	30	10	25	20	30	30	37

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
 ANEJOS DE TRAZADO  
 =====

COORDINACION ELEMENTOS



Alineación	PK inicial	PK final	Longitud	Radio
2	0+037.624	0+110.303	72.680	40.000
3	0+110.303	0+138.453	28.150	75.000
5	0+197.126	0+208.599	11.473	30.000
7	0+212.469	0+244.404	31.935	25.000

Radio entrada/salida

Maximo	Mínimo
49.000	34.000
97.000	53.000
33.000	27.000
17.000	21.000

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 6

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

ANEJOS DE TRAZADO

RESUMEN TRAZADO EN ALZADO

Rasante Unica	P.K.	Cota (m.)	Pendiente (%)	L entre Vértices
	0+000.000	512.773	-8.742	47.557
Tg. Entrada	0+041.443	509.150	-8.742	
Vértice	0+047.557	508.616		
Tg. Salida	0+053.670	507.932	-11.187	50.199
Tg. Entrada	0+083.771	504.564	-11.187	
Vértice	0+097.755	503.000		
Tg. Salida	0+111.739	503.000	0.000	113.940
Tg. Entrada	0+199.030	503.000	0.000	
Vértice	0+211.695	503.000		
Tg. Salida	0+224.361	504.283	10.132	
	0+252.889	504.283	10.132	41.194

Parametro (Kv)	L Acuerdo (m.)	Bisectriz (m.)	Tiempos (s)	Velocidad (Km/h)
			4.280	40



500	12.227	0.037	4.518	40
250	27.968	0.391	10.255	40
250	25.331	0.321	3.707	40

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 7

PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====

ANEJOS DE TRAZADO

=====

ACUERDOS VERTICALES

Rasante Unica	P.K.	Cota (m.)	Parametro (Kv)	KV Minimo Convexo
Tg. Entrada	0+041.443	509.150		
Vértice	0+047.557	508.616	500	1636
Tg. Salida	0+053.670	507.932		
Tg. Entrada	0+083.771	504.564		
Vértice	0+097.755	503.000	250	
Tg. Salida	0+111.739	503.000		
Tg. Entrada	0+199.030	503.000		
Vértice	0+211.695	503.000	250	
Tg. Salida	0+224.361	504.283		

KV Deseable			Velocidad (Km/h)
Concavo	Convexo	Concavo	
	1636		40



760	1650	40
760	1650	40

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
 PROYECTO :  
 190  
 Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 8

=====

ANEJOS DE TRAZADO

=====

CONSIDERACIONES ESTETICAS

Rasante Unica	P.K.	Cota (m.)	Pendiente (%)	L entre Vértices
	0+000.000	512.773	-8.742	47.557
Tg. Entrada	0+041.443	509.150	-8.742	
Vértice	0+047.557	508.616		
Tg. Salida	0+053.670	507.932	-11.187	50.199
	0+083.771	504.564	-11.187	
Tg. Entrada	0+083.771	504.564	-11.187	
Vértice	0+097.755	503.000		
Tg. Salida	0+111.739	503.000	0.000	113.940
	0+199.030	503.000	0.000	
Tg. Entrada	0+199.030	503.000	0.000	
Vértice	0+211.695	503.000		
Tg. Salida	0+224.361	504.283	10.132	
	0+252.889	504.283	10.132	41.194

Parametro (Kv)	L Acuerdo (m.)	Var. Pend. dP	Velocidad (Km/h)	Condición La > Vp	Condición Kv > Vp/dP
500	12.227	0.024	40	X	X
250	27.968	0.112	40	X	X
250	25.331	0.101	40	X	X



PROYECTO :

190

Eje 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====

ANEJOS DE TRAZADO

=====

COORDINACION DE LOS TRAZADOS EN PLANTA Y ALZADO  
Rasante Unica

-----

1) Acuerdos verticales en curvas circulares en planta  
Localización de los puntos de tangencia

-----

(/)	(PK	41.443)	Tangente en circulo R=	-40
(/)	(PK	53.670)	Tangente en circulo R=	-40
(/)	(PK	83.771)	Tangente en circulo R=	-40
(/)	(PK	111.739)	Tangente en circulo R=	75
(/)	(PK	199.030)	Tangente en circulo R=	30
(/)	(PK	224.361)	Tangente en circulo R=	-25

-----

-----

2) Alineación única en planta que contenga un acuerdo vertical corto  
Acuerdo vertical cóncavo o convexo con: L menor que 1.5 Vp

-----

(/)	(PK	41.443 -	53.670)	Acuerdo corto en Circulo R=	-40
-----	-----	----------	---------	-----------------------------	-----

-----

-----

3) Acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta

-----

(v) Ubicación de puntos de inflexión en planta adecuada

-----

-----

4) Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavo consecutivos  
Separación entre acuerdos: d menor que 3.0 Vp

-----

(v) Ubicación de acuerdos consecutivos en recta adecuada

-----

-----

5) Recta seguida de curva en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo  
Separación entre acuerdos: d menor que 3.0 Vp

-----

(v) Ubicación de acuerdos consecutivos en recta/curva adecuada

-----

-----

6) Alineación curva corta con acuerdo vertical cóncavo corto



Acuerdo vertical cóncavo con:  $L$  menor que  $1.5 V_p$

(v) No se produce ubicación de acuerdos cóncavos cortos en curvas cortas

7) Conjunto de alineaciones en planta en que se pueden percibir dos acuerdos cóncavos o convexos simultáneamente  
En una distancia  $D$  menor de 800 metros con un giro  $g$  menor de 45 grados

(v) No se dan puntos altos consecutivos próximos

8) Acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta

(/) (PK 110.303) Punto de Inflexión en Acuerdo Cóncavo  
(/) (PK 208.599) Punto de Inflexión en Acuerdo Cóncavo  
(/) (PK 212.469) Punto de Inflexión en Acuerdo Cóncavo

9) Alineación única en planta con acuerdo vertical corto entre pendientes largas

Longitud  $K_v$  menor que  $1.5 V_p$  y Longitud Rasantes mayor que  $3.0 V_p$

(v) Ubicación de acuerdos en alineación única adecuada

10) Alineación única en planta con rasante uniforme entre acuerdos del mismo signo

Longitud menor que  $3.0 V_p$

(v) Ubicación de rasantes en alineación única adecuada

11) Curva en planta corta dentro de un acuerdo vertical largo  
Longitud menor que  $3.0 V_p$

(v) No se curvas cortas en acuerdos largos

## 8.2. Diagrama de velocidades

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 1

PROYECTO :

GRUPO : 0 : Grupo 0

190

EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO



```
*****
* * *           DIAGRAMA DE VELOCIDADES           * * *
* * *           PK. crecientes                       * * *
*****
```

DATOS DEL VEHICULO: Automovil Vmax=240.00m/s t(0-100Km/h)=8.31sg  
 t(1000m)=28.89sg

P.K. Inicial...: 0.000  
 P.K. Final.....: 253.151  
 Equidistancia...: 20.000  
 Vel. Inicial...: 0.00  
 T. Inicial.....: 0.00

P.K.	t (sg)	v (km/h)	v.espec.	v.limit.	Radio	i(%)	v.esp(R)	a (m/s2)
0.00	0.00	0.00	195.90	250.00	0.00	-8.742	195.90	0.00
20.00	2.67	50.50	195.90	250.00	0.00	-8.742	195.90	4.33
40.00	4.35	36.00	36.00	250.00	-40.00	-8.742	36.00	0.00
60.00	6.35	36.00	36.00	250.00	-40.00	-11.187	36.00	0.00
80.00	8.35	36.00	36.00	250.00	-40.00	-11.187	36.00	0.00
100.00	10.35	36.00	36.00	250.00	-40.00	-4.696	36.00	0.00
120.00	12.21	47.28	47.70	250.00	75.00	0.000	47.70	3.58
140.00	13.72	49.08	195.90	250.00	0.00	0.000	195.90	3.52
160.00	14.99	64.04	195.90	250.00	0.00	0.000	195.90	3.05
180.00	16.17	52.82	195.90	250.00	0.00	0.000	195.90	-4.00
200.00	17.96	31.60	31.60	250.00	30.00	0.388	31.60	0.00
220.00	20.32	28.90	28.90	250.00	-25.00	8.388	28.90	0.00
240.00	22.81	28.90	28.90	250.00	-25.00	10.132	28.90	0.00
253.15	24.28	39.09	195.90	250.00	0.00	10.132	195.90	2.88

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001

pagina 2

PROYECTO :

GRUPO : 0 : Grupo 0

190

EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

```
*****
* * *           DIAGRAMA DE VELOCIDADES           * * *
* * *           PK. decrecientes                       * * *
```





\*\*\*\*\*

DATOS DEL VEHICULO: Automovil Vmax=240.00m/s t(0-100Km/h)=8.31sg  
 t(1000m)=28.89sg

P.K. Inicial...: 253.151  
 P.K. Final.....: 0.000  
 Equidistancia..: 20.000  
 Vel. Inicial...: 0.00  
 T. Inicial.....: 0.00

P.K.	t (sg)	v (km/h)	v.espec.	v.limit.	Radio	i(%)	v.esp(R)	a (m/s2)
253.15	0.00	0.00	195.90	250.00	0.00	-10.132	195.90	0.00
220.00	4.77	28.90	28.90	250.00	-25.00	-8.388	28.90	0.00
200.00	7.13	31.60	31.60	250.00	30.00	-0.388	31.60	0.00
180.00	8.92	51.58	195.90	250.00	0.00	-0.000	195.90	3.44
160.00	10.15	65.72	195.90	250.00	0.00	-0.000	195.90	3.00
140.00	11.38	49.50	195.90	250.00	0.00	-0.000	195.90	-3.98
120.00	12.89	47.70	47.70	250.00	75.00	-0.000	47.70	0.00
100.00	14.75	36.00	36.00	250.00	-40.00	4.696	36.00	0.00
80.00	16.75	36.00	36.00	250.00	-40.00	11.187	36.00	0.00
60.00	18.75	36.00	36.00	250.00	-40.00	11.187	36.00	0.00
40.00	20.75	36.00	36.00	250.00	-40.00	8.742	36.00	0.00
20.00	22.44	50.90	195.90	250.00	0.00	8.742	195.90	2.60
0.00	23.71	61.99	195.90	250.00	0.00	8.742	195.90	2.25

### 8.3. Listado de alineaciones

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
 PROYECTO :  
 GRUPO : 0 : Grupo 0  
 190  
 EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 1

=====  
 \* \* \* LISTADO DE LAS ALINEACIONES \* \* \*  
 =====

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA
1	RECTA	37.624	0.000	615791.923	4583379.889
2	CIRC.	72.680	37.624	615826.505	4583394.710
3	CIRC.	28.150	110.303	615842.565	4583455.718
4	RECTA	58.673	138.453	615830.056	4583480.751
5	CIRC.	11.473	197.126	615814.080	4583537.208
6	RECTA	3.870	208.599	615813.118	4583548.570
7	CIRC.	31.935	212.469	615813.530	4583552.418



8 RECTA	8.748	244.404	615798.409	4583578.105
		253.151	615790.352	4583581.512

RADIO	PARAMETRO	AZIMUT	Cos/Xc/Xinf	Sen/Yc/Yinf
		74.2238	0.9191450	0.3939193
-40.000		74.2238	615810.748	4583431.476
75.000		358.5506	615902.222	4583501.172
		382.4449	-0.2722738	0.9622198
30.000		382.4449	615842.947	4583545.376
		6.7908	0.1064679	0.9943161
-25.000		6.7908	615788.672	4583555.079
		325.4698	-0.9210305	0.3894905
		325.4698		

# EJES EN PLANTA

```

#-----
#   Num Eje   P.K. inicial   N.Palabras   Titulo del Eje
#-----
EJE      1           0.000000           3 CARRETERA DE ACCESO
REV      2003
ALIAS4   N-634
GRUPO    0
TIPO     401
CM       2
CAR      0
VD       40.000
MD       0
RV       20.11 200001
VU       0 80.000
DPT      3
DAT      3
EFR      1
DIP      ES_31_IC_rev2016.dip
DIA      ES_31_IC_rev2016.dia
NCE      1.000
ACE      3.500
    
```

```

#-----
#Anchos  derecha  derecha  izquierda  izquierda
#-----
ANCHOS   0.000    0.000    0.000    0.000
#-----
#   Tipo           clave      X (L ant)   Y (dL ant)   R
#-----
#-----
ALI FIJA-2P+R      0 615791.922994 4583379.889246 0.000000
0 0.000 0 0 0.000 0.000
615830.484959 4583396.415802
ALI GIRATORIA     8 615844.075347 4583409.355945 -40.000000
0 0.000 0 0 0.000 0.000
    
```



ALI FLOTANTE	8	0.000000	0.000000	75.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
ALI FIJA-2P+R	0	615821.057118	4583512.551704	0.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
		615813.769980	4583538.304560	
ALI FLOTANTE	8	0.000000	0.000000	30.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
ALI FIJA-2P+R	0	615813.311602	4583550.382529	0.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
		615814.543131	4583561.883917	
ALI FLOTANTE	8	0.000000	0.000000	-25.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
ALI FIJA-2P+R	0	615808.480806	4583573.845863	0.000000
0 0.000 0 0	0.000	0.000		
		615790.352065	4583581.512246	

A1	A2	A	L	D	Az
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

### 8.4. Resumen de características

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001 pagina 1  
 PROYECTO :  
 GRUPO : 0 : Grupo 0  
 190

=====  
 \* \* \* RESUMEN DE CARACTERISTICAS \* \* \*  
 =====

=====  
 GRUPO 0 : Grupo 0  
 =====

Eje 1 : Longitud 253.151 (D 96.151 T 201.751) : CARRETERA DE ACCESO

LONGITUD TOTAL 253.151 (D 96.151 T 201.751)

PLANTA =====

Longitud en CURVA CIRCULAR	144.237 m.	56.98%
Longitud en CLOTOIDE	0.000 m.	0.00%
Longitud en RECTA	108.915 m.	43.02%
Longitud de la RECTA MAS LARGA	58.673 m.	



Longitud de la RECTA MAS CORTA	3.870 m.
RADIO MAXIMO	75.000 m. Ve=47.70 Km/h
RADIO MINIMO	25.000 m. Ve =28.90 Km/h
RADIO MEDIO PONDERADO	42.714 m.
Total de CURVAS A LA DERECHA	2
Total de CURVAS A LA IZQUIERDA	2
Total de RECTAS	4

-----  
 ALZADO =====

Longitud Total	252.889 m.	(DER+IZQ)
para Rasantes distintas)		
Longitud en RAMPA/PENDIENTE	187.363 m.	74.09%
Longitud en ACUERDO VERTICAL	65.527 m.	25.91%
Longitud en RAMPA	115.819 m.	45.80%
Longitud en PENDIENTE	71.544 m.	28.29%
PENDIENTE MAXIMA	11.19 %	
PENDIENTE MINIMA	0.00 %	
PENDIENTE MEDIA PONDERADA	5.52 %	
P x L	13.947 m.	
RAMPA o PENDIENTE MAS CORTA	41.194 m.	entre
vertices		
PEND. MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA	28.529 m.	pen= 10.13%
RAMPA MAS LARGA A LA PEND. MAXIMA	30.101 m.	pen=-11.19%
Acuerdo Concavo MAXIMO	250.000	
Acuerdo Concavo MINIMO	250.000	
Acuerdo Convexo MAXIMO	500.000	
Acuerdo Convexo MINIMO	500.000	
Acuerdo Concavo de LONGITUD MINIMA	25.331 m.	
Acuerdo Convexo de LONGITUD MINIMA	12.227 m.	
Número de tramos	4	
Longitud Tramo mínimo	28.529	
Longitud Tramo máximo	87.290	
Total de Acuerdos cóncavos	2	
Total de Acuerdos convexos	1	

-----  
 VELOCIDAD ESPECIFICA =====

VELOCIDAD ESPECIFICA MAXIMA	47.70 Km/h
VELOCIDAD ESPECIFICA MINIMA	28.90 Km/h
VELOCIDAD DE PLANEAMIENTO	35.38 Km/h

=====



### 8.5. Mediciones de los perfiles transversales

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
 PROYECTO :  
 GRUPO : 0 : Grupo 0  
 190  
 EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 1

=====

\* \* \* MEDICIONES DE LOS PERFILES TRANSVERSALES\* \* \*

=====

PERFIL VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL
0.0	FIRME	1.026	0.00	0.0	D TIERRA	4.554	0.00
4.6	SUELO SEL 1 FIRME	3.046 1.016	0.00 1.02	0.0 1.0	D TIERRA	4.628	4.59
9.3	SUELO SEL 1 FIRME	3.017 1.038	3.03 1.03	3.0 2.0	D TIERRA	4.729	4.68
12.2	SUELO SEL 1 FIRME	3.076 1.030	3.05 0.65	6.1 2.7	D TIERRA	4.768	2.96
14.0	SUELO SEL 1 FIRME	3.051 1.024	1.91 0.39	8.0 3.1	D TIERRA	4.791	1.80
18.9	SUELO SEL 1 FIRME	3.035 1.037	1.14 1.03	9.1 4.1	D TIERRA	4.886	4.84
23.9	SUELO SEL 1 FIRME	3.069 1.054	3.05 1.05	12.2 5.2	D TIERRA	5.082	4.98



Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón.  
 Modelización BIM del conjunto estructura-río. Término municipal de Calatayud (Zaragoza).

29.0	6.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.115 1.060	3.09 1.06	15.3 6.2	D TIERRA	5.239	5.16
34.3	7.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.129 1.071	3.12 1.07	18.4 7.3	D TIERRA	5.297	5.27
39.6	8.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.160 1.068	3.14 1.07	21.5 8.3	D TIERRA	5.374	5.34
45.1	9.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.149 1.088	3.15 1.08	24.7 9.4	D TIERRA	5.562	5.47
50.7	10.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.206 1.080	3.18 1.08	27.9 10.5	D TIERRA	5.684	5.62
56.4	11.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.177 1.071	3.19 1.08	31.1 11.6	D TIERRA	5.619	5.65
62.1	12.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.152 1.111	3.16 1.09	34.2 12.7	D TIERRA	5.920	5.77
65.8	12.624	SUELO SEL 1 FIRME	3.268 1.102	3.21 0.69	37.4 13.4	D TIERRA	5.932	3.70
68.1	13.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.235 1.096	2.03 0.41	39.5 13.8	D TIERRA	5.943	2.23
74.6	14.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.218 1.179	1.21 1.14	40.7 14.9	D TIERRA	7.146	6.54
81.9	15.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.898 1.186	3.56 1.18	44.2 16.1	D TIERRA	7.474	7.31
		SUELO SEL 1	3.913	3.91	48.1			



89.0	16.000	FIRME	1.121	1.15	17.3	D TIERRA	6.732	7.10
		SUELO SEL 1	3.283	3.60	51.7			

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
 PROYECTO :  
 GRUPO : 0 : Grupo 0  
 190  
 EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 2

=====

\* \* \* MEDICIONES DE LOS PERFILES TRANSVERSALES\* \* \*

=====

PERFIL VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL
95.8	FIRME	1.158	1.14	18.4	D TIERRA	6.753	6.74
	SUELO SEL 1	3.403	3.34	55.1			
102.4	FIRME	1.109	1.13	19.5	D TIERRA	6.531	6.64
	SUELO SEL 1	3.247	3.32	58.4			
109.5	FIRME	1.209	1.16	20.7	D TIERRA	7.759	7.14
	SUELO SEL 1	3.973	3.61	62.0			



Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón.  
Modelización BIM del conjunto estructura-río. Término municipal de Calatayud (Zaragoza).

117.4	20.000	FIRME	1.215	1.21	21.9	D TIERRA	8.008	7.88
		SUELO SEL 1	3.987	3.98	66.0			
125.4	21.000	FIRME	1.220	1.22	23.1	D TIERRA	7.871	7.94
		SUELO SEL 1	4.002	3.99	70.0			
133.3	22.000	FIRME	1.226	1.22	24.3	D TIERRA	7.908	7.89
		SUELO SEL 1	4.016	4.01	74.0			
141.3	23.000	FIRME	1.232	1.23	25.6	D TIERRA	8.142	8.02
		SUELO SEL 1	4.031	4.02	78.0			
149.6	24.000	FIRME	1.237	1.23	26.8	D TIERRA	8.445	8.29
		SUELO SEL 1	4.046	4.04	82.1			
158.2	25.000	FIRME	1.243	1.24	28.0	D TIERRA	8.719	8.58
		SUELO SEL 1	4.060	4.05	86.1			
166.8	26.000	FIRME	1.250	1.25	29.3	D TIERRA	8.618	8.67
		SUELO SEL 1	4.075	4.07	90.2			
175.6	27.000	FIRME	1.256	1.25	30.5	D TIERRA	9.020	8.82
		SUELO SEL 1	4.090	4.08	94.3			
184.0	28.000	FIRME	1.162	1.21	31.7	D TIERRA	7.724	8.37
		SUELO SEL 1	3.386	3.74	98.0			
191.6	29.000	FIRME	1.174	1.17	32.9	D TIERRA	7.373	7.55
		SUELO SEL 1	3.415	3.40	101.4			
199.3	30.000	FIRME	1.274	1.22	34.1	D TIERRA	8.035	7.70
		SUELO SEL 1	4.135	3.77	105.2			
207.4	31.000	FIRME	1.280	1.28	35.4	D TIERRA	8.215	8.12





Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón.  
 Modelización BIM del conjunto estructura-rio. Término municipal de Calatayud (Zaragoza).

215.9	32.000	SUELO SEL 1 FIRME	4.150 1.286	4.14 1.28	109.3 36.7	D TIERRA	8.705	8.46
224.1	33.000	SUELO SEL 1 FIRME	4.165 1.205	4.16 1.25	113.5 37.9	D TIERRA	7.830	8.27
231.9	34.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.496 1.195	3.83 1.20	117.3 39.1	D TIERRA	7.824	7.83
240.4	35.000	SUELO SEL 1 FIRME	3.469 1.304	3.48 1.25	120.8 40.4	D TIERRA	9.006	8.42
		SUELO SEL 1	4.210	3.84	124.6			

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
 PROYECTO :  
 GRUPO : 0 : Grupo 0  
 190  
 EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 3

=====  
 \* \* \* MEDICIONES DE LOS PERFILES TRANSVERSALES\* \* \*  
 =====

PERFIL VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL
237.000	FIRME	1.772	1.78	290.3	D TIERRA	3.378	3.40
384.4							
2241.9	SUELO SEL 1	4.788	5.07	922.6	TERRAPLEN	0.002	3.97



Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón.  
 Modelización BIM del conjunto estructura-río. Término municipal de Calatayud (Zaragoza).

	VEGETAL	2.557	4.09	219.3			
238.000	FIRME	1.752	1.76	292.1	D TIERRA	3.391	3.38
387.8							
	SUELO SEL 1	4.700	4.74	927.4	TERRAPLEN	0.002	0.00
2241.9							
	VEGETAL	2.510	2.53	221.8			
239.000	FIRME	1.721	1.74	293.8	D TIERRA	3.412	3.40
391.2							
	SUELO SEL 1	4.601	4.65	932.0	TERRAPLEN	0.002	0.00
2241.9							
	VEGETAL	2.458	2.48	224.3			
240.000	FIRME	1.687	1.70	295.5	D TIERRA	3.431	3.42
394.6							
	SUELO SEL 1	4.519	4.56	936.6	TERRAPLEN	0.002	0.00
2241.9							
	VEGETAL	2.414	2.44	226.7			
241.000	FIRME	1.775	1.73	297.3	D TIERRA	5.314	4.37
399.0							
	SUELO SEL 1	5.240	4.88	941.5	TERRAPLEN	0.001	0.00
2241.9							
	VEGETAL	3.776	3.10	229.8			
242.000	FIRME	1.774	1.77	299.0	D TIERRA	5.669	5.49
404.5							
	SUELO SEL 1	5.267	5.25	946.7	TERRAPLEN	0.001	0.00
2241.9							
	VEGETAL	3.896	3.84	233.7			
243.000	FIRME	1.773	1.77	300.8	D TIERRA	5.818	5.74
410.2							
	SUELO SEL 1	5.303	5.29	952.0	TERRAPLEN	0.001	0.00
2241.9							
	VEGETAL	3.636	3.77	237.4			
243.436	FIRME	1.773	0.77	301.6	D TIERRA	5.806	2.53
412.8							
	SUELO SEL 1	5.320	2.32	954.3	TERRAPLEN	0.001	0.00
2241.9							



Estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de un puente sobre el río Jalón.  
Modelización BIM del conjunto estructura-rio. Término municipal de Calatayud (Zaragoza).

	VEGETAL	3.597	1.58	239.0			
244.000	FIRME	1.772	1.00	302.6	D TIERRA	5.918	3.31
416.1							
	SUELO SEL 1	5.375	3.02	957.3	TERRAPLEN	0.001	0.00
2241.9							
	VEGETAL	3.651	2.04	241.1			
245.000	FIRME	1.771	1.77	304.4	D TIERRA	5.938	5.93
422.0							
	SUELO SEL 1	5.453	5.41	962.8	TERRAPLEN	0.002	0.00
2241.9							
	VEGETAL	3.689	3.67	244.7			
246.000	FIRME	1.770	1.77	306.1	D TIERRA	5.903	5.92
427.9							
	SUELO SEL 1	5.515	5.48	968.2	TERRAPLEN	0.013	0.01
2241.9							
	VEGETAL	3.732	3.71	248.4			
247.000	FIRME	1.771	1.77	307.9	D TIERRA	5.859	5.88
433.8							
	SUELO SEL 1	5.576	5.55	973.8	TERRAPLEN	0.092	0.05
2242.0							
	VEGETAL	3.806	3.77	252.2			

Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
PROYECTO :  
GRUPO : 0 : Grupo 0  
190  
EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

pagina 4

=====  
\* \* \* MEDICIONES DE LOS PERFILES TRANSVERSALES\* \* \*  
=====



PERFIL VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL	VOL. ACUMUL.	MATERIAL	AREA PERFIL	VOL. PARCIAL
247.252	FIRME	1.771	0.45	308.3	D TIERRA	5.685	1.45
435.3							
2242.0	SUELO SEL 1	5.584	1.41	975.2	TERRAPLEN	0.124	0.03
	VEGETAL	3.759	0.95	253.2			
248.000	FIRME	1.770	1.32	309.7	D TIERRA	5.919	4.34
439.6							
2242.1	SUELO SEL 1	5.591	4.18	979.4	TERRAPLEN	0.186	0.12
	VEGETAL	3.846	2.84	256.0			
248.778	FIRME	1.769	1.38	311.0	D TIERRA	5.871	4.59
444.2							
2242.3	SUELO SEL 1	5.591	4.35	983.7	TERRAPLEN	0.256	0.17
	VEGETAL	3.850	2.99	259.0			
249.000	FIRME	1.769	0.39	311.4	D TIERRA	5.913	1.31
445.5							
2242.4	SUELO SEL 1	5.591	1.24	985.0	TERRAPLEN	0.277	0.06
	VEGETAL	3.869	0.86	259.8			
250.000	FIRME	1.768	1.77	313.2	D TIERRA	4.260	5.09
450.6							
2242.7	SUELO SEL 1	5.588	5.59	990.5	TERRAPLEN	0.329	0.30
	VEGETAL	3.473	3.67	263.5			
250.304	FIRME	1.768	0.54	313.7	D TIERRA	4.110	1.27
451.9							
2242.8	SUELO SEL 1	5.588	1.70	992.2	TERRAPLEN	0.342	0.10
	VEGETAL	3.447	1.05	264.6			



251.000	FIRME	1.767	1.23	315.0	D TIERRA	4.095	2.86
454.7							
2243.0	SUELO SEL 1	5.586	3.89	996.1	TERRAPLEN	0.372	0.25
	VEGETAL	3.464	2.40	267.0			
252.000	FIRME	1.766	1.77	316.7	D TIERRA	4.063	4.08
458.8							
2243.4	SUELO SEL 1	5.584	5.59	1001.7	TERRAPLEN	0.406	0.39
	VEGETAL	3.480	3.47	270.4			
252.889	FIRME	1.766	1.57	318.3	D TIERRA	4.060	3.61
462.4							
2243.8	SUELO SEL 1	5.582	4.96	1006.7	TERRAPLEN	0.430	0.37
	VEGETAL	3.496	3.10	273.6			
253.000	FIRME	1.765	0.20	318.5	D TIERRA	4.060	0.45
462.9							
2243.8	SUELO SEL 1	5.582	0.62	1007.3	TERRAPLEN	0.434	0.05
	VEGETAL	3.499	0.39	273.9			
253.151	FIRME	1.765	0.27	318.8	D TIERRA	4.059	0.61
463.5							
2243.9	SUELO SEL 1	5.581	0.84	1008.1	TERRAPLEN	0.437	0.07
	VEGETAL	3.501	0.53	274.5			



Istram V.20.11.11.06 EDUCACIONAL 200001  
PROYECTO :  
GRUPO : 0 : Grupo 0  
190  
EJE : 1 : CARRETERA DE ACCESO

=====  
\* \* \* RESUMEN DE VOLUMENES TOTALES \* \* \*  
=====

MATERIAL	VOLUMEN
FIRME	318.8
D TIERRA	463.5
SUELO SEL 1	1008.1
TERRAPLEN	2243.9
VEGETAL	274.5
TABLERO	91.1