

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Y LAS ZONAS INUNDABLES EN LA ZONA ESTE DE MÁLAGA EN LOS DESARROLLOS PREVISTOS POR EL PGOU EN REVISIÓN

FECHA: JUNIO 2010

ESCALA: 1:20,000  
0 125 250 500 750 1.000

PLANO: 3.3.- CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA. 4. DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

NÚMERO DE PLANO: 1  
HOJA: 1 DE 1

El último paso es obtener el umbral de escorrentía ponderado para cada subcuenca, que se empleará finalmente para el cálculo del caudal en cada caso.

Los resultados finales obtenidos tras la ponderación areal de cada polígono individual identificado para cada subcuenca se resume a continuación. Como se ha explicado anteriormente, se han realizado dos análisis:

1.- Situación actual. Con el PGOU vigente. Se aplicará para el cálculo de los caudales correspondientes al periodo de retorno de 10 años, así como para obtener los caudales correspondientes a T=2, T=5 y T=25 años.

CÓDIGO			NOMBRE	Umb Esc(mm)
1	1	1.1	Hondo	16.56
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	12.13
	3	1.3	Hondo	19.47
	4	1.4	Pastelero	8.73
	5	1.5	Pastelero	17.55
	6	1.6	Pastelero	11.80
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>14.66</b>
2	1	2.1	Carnicero	15.59
	2	2.2	Carnicero	10.95
	3	2.3	San Antonio	8.19
	4	2.4	Mayorazgo	8.00
	5	2.5	Carnicero	11.09
	6	2.6	Mayorazgo	7.90
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	6.36
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>10.40</b>
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	8.75
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	8.04
	3	3.3	Jaboneros	8.61
	4	3.4	Arroyo de Milla	15.06
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	14.60
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	15.11
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	13.58
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	4.06
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>11.23</b>
4	1	4.1	Wittemberg	8.87
	2	4.2	Wittemberg	9.00
	3	4.3	Wittemberg	5.60
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>6.35</b>
5	-	-	Sin nombre 1	8.00

CÓDIGO			NOMBRE	Umb Esc(mm)
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>8.00</b>
6	-	-	Sin nombre 2	7.90
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>7.90</b>
7	1	7.1	Jarazmín	6.79
	2	7.2	Jarazmín	7.34
	3	7.3	Jarazmín	5.04
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>6.74</b>

2.- Situación futurible, en la que se considera que se ha completado el desarrollo urbano previsto por la Revisión del Plan General de Ordenación Urbana. Se aplicará para el cálculo de los caudales correspondientes al periodo de retorno de 500 años, así como para obtener los caudales correspondientes a T=50, T=100 y T=1000 años.

CÓDIGO			NOMBRE	Umb Esc(mm)
1	1	1.1	Hondo	16.56
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	12.13
	3	1.3	Hondo	19.47
	4	1.4	Pastelero	8.73
	5	1.5	Pastelero	17.55
	6	1.6	Pastelero	11.80
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>14.70</b>
2	1	2.1	Carnicero	15.59
	2	2.2	Carnicero	10.95
	3	2.3	San Antonio	5.81
	4	2.4	Mayorazgo	4.58
	5	2.5	Carnicero	6.93
	6	2.6	Mayorazgo	1.00
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	1.00
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>7.71</b>
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	8.75
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	8.04
	3	3.3	Jaboneros	8.61
	4	3.4	Arroyo de Milla	15.06
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	14.60
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	15.11
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	13.09
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	3.33
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>11.09</b>
4	1	4.1	Wittemberg	8.87
	2	4.2	Wittemberg	9.00
	3	4.3	Wittemberg	2.87
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>5.88</b>
5	-	-	Sin nombre 1	1.00

CÓDIGO		NOMBRE	Umb Esc(mm)
<b>SIN NOMBRE 1</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.00</b>
6	-	Sin nombre 2	1.00
<b>SIN NOMBRE 2</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.00</b>
7	1	Jarazmín	6.76
	2	Jarazmín	7.31
	3	Jarazmín	1.96
<b>JARAZMÍN</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>6.13</b>

**3.4.- PRECIPITACION DE DISEÑO**

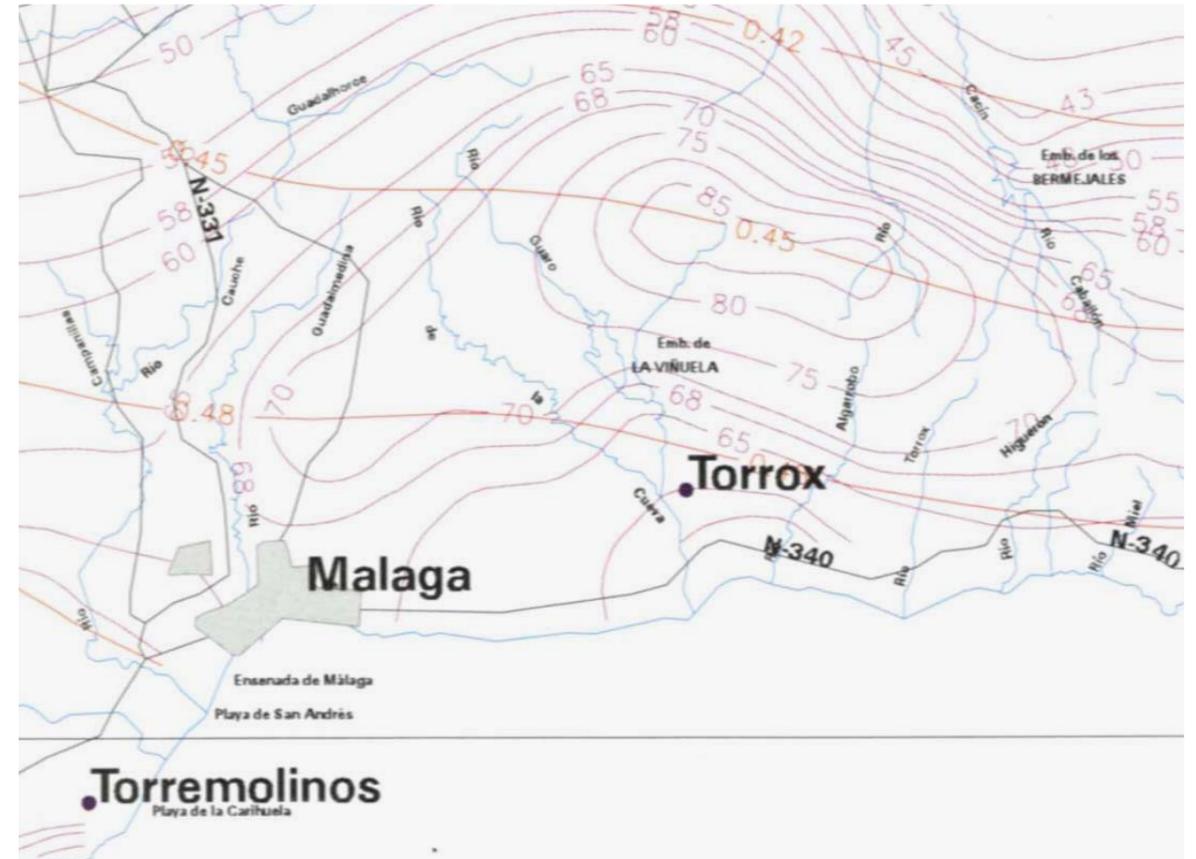
El estudio de las precipitaciones máximas diarias se llevó a cabo inicialmente a partir de los registros existentes en las estaciones meteorológicas ubicadas en el interior o en las proximidades de las cuencas estudiadas. Los registros de precipitaciones máximas fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología.

Además, para cotejar los datos de las estaciones pluviométricas, se consideraron los datos de precipitación de la publicación “Máximas llluvias diarias en la España Peninsular” elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

No obstante, en el presente estudio, y a petición expresa de la Gerencia Municipal de Urbanismo, sólo se han considerado los datos de precipitación de la publicación “Máximas llluvias diarias en la España Peninsular” elaborada por el CEDEX para el Ministerio de Fomento.

Dicha publicación contiene una serie de mapas de de isolíneas de precipitación que cubren todo el territorio español. Según dichos mapas, las isolíneas representan el coeficiente de variación Cv y el valor promedio P de la precipitación máxima diaria anual. Para un período de retorno dado T y el valor regional de Cv, se obtiene el factor de amplificación  $K_T$  según la tabla que se incluye en la publicación. Por último se obtiene la precipitación máxima diaria para el período de retorno deseado, sin más que multiplicar el valor medio de la precipitación P por el factor de amplificación  $K_T$ .

La siguiente figura reproduce la hoja con los valores de Cv y P correspondiente a la zona de proyecto.



**Mapa de isolíneas de P y Cv**

Se incluye a continuación el resumen con los valores obtenidos para los diferentes períodos de retorno analizados. Se ha realizado el análisis considerando las coordenadas UTM del centroide de cada cuenca.

CÓDIGO	NOMBRE	COORDENADAS UTM CENTRO APROX. CUENCA		Pd (mm)								
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000	
1	1.1	Hondo	376,278	4,079,995	64	93	114	144	168	194	259	290
	1.2	Sin nombre (Hondo)	375,247	4,071,275	60	88	108	137	161	185	249	278
	1.3	Hondo	374,291	4,070,554	60	88	109	137	165	185	249	278
	1.4	Pastelero	374,259	4,071,059	60	88	109	137	165	185	249	278
	1.5	Pastelero	373,872	4,070,497	60	88	109	137	165	185	249	278
	1.6	Pastelero	373,525	4,069,806	60	88	109	137	165	185	249	278
<b>PASTELERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>375,035</b>	<b>4,070,882</b>	60	88	109	137	165	185	249	278
2	2.1	Carnicero	376,198	4,070,116	60	88	109	137	165	185	249	278
	2.2	Carnicero	376,640	4,069,670	59	87	107	135	159	183	245	274
	2.3	San Antonio	376,339	4,068,739	59	87	107	135	159	183	245	274
	2.4	Mayorazgo	376,845	4,068,734	59	87	107	135	159	183	245	274
	2.5	Carnicero	375,998	4,068,538	59	87	107	135	159	183	245	274
	2.6	Mayorazgo	376,635	4,067,802	59	87	107	135	159	183	245	274
	2.7	Mayorazgo/La Caleta	376,130	4,067,272	59	87	107	135	159	183	245	274
<b>MAYORAZGO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>376,339</b>	<b>4,068,739</b>	59	87	107	135	159	183	245	274
3	3.1	Jaboneros y Garabitias	379,245	4,074,542	63	92	113	143	167	193	259	290
	3.2	Sin nombre y Sevillano	380,815	4,073,362	60	88	109	137	165	185	249	278
	3.3	Jaboneros	379,111	4,072,638	60	88	110	137	165	185	249	278
	3.4	Arroyo de Milla	377,630	4,073,295	61	88	110	139	163	188	253	282
	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	378,577	4,071,269	61	89	110	139	163	188	253	282
	3.6	Sin nombre (Jabonero)	378,488	4,069,743	61	89	110	139	163	188	253	282
	3.7	Sin nombre (Jabonero)	377,924	4,068,360	59	87	107	135	159	183	245	274
	3.8	Sin nombre (Jabonero)	377,989	4,066,397	59	87	107	135	159	183	245	274
<b>JABONERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>378,359</b>	<b>4,070,294</b>	59	87	107	135	159	183	245	274
4	4.1	Wittemberg	379,362	4,066,758	59	87	107	135	159	183	245	274
	4.2	Wittemberg	379,761	4,066,727	58	85	105	133	156	180	241	271
	4.3	Wittemberg	379,444	4,065,703	58	85	105	133	156	180	241	271
<b>WITTEMBERG</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>379,509</b>	<b>4,066,088</b>	58	85	105	133	156	180	241	271
5	-	Sin nombre 1	380,383	4,065,549	58	85	105	133	156	180	241	271
<b>SIN NOMBRE 1</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>380,383</b>	<b>4,065,549</b>	58	85	105	133	156	180	241	271
6	-	Sin nombre 2	380,531	4,065,382	58	85	105	133	156	180	241	271
<b>SIN NOMBRE 2</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>380,531</b>	<b>4,065,382</b>	58	85	105	133	156	180	241	271
7	7.1	Jarazmín	380,673	4,066,459	58	85	105	133	156	180	241	271
	7.2	Jarazmín	380,907	4,066,391	58	85	105	133	156	180	241	271
	7.3	Jarazmín	380,672	4,065,851	58	85	105	133	156	180	241	271
<b>JARAZMÍN</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>380,744</b>	<b>4,066,329</b>	58	85	105	133	156	180	241	271

### 3.5.- MÉTODO HIDROMETEOROLÓGICO DE LA INSTRUCCIÓN

#### 3.5.1.- Planteamiento general

La instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial", 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. Este método es válido para cuencas cuyo tiempo de concentración no supere las seis horas.

Para cuencas muy grandes el método propuesto por la Instrucción pierde precisión, empleando en estos casos el Método Racional que se estudia en la monografía publicada por el CEDEX "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas" a partir del cual se desarrolla el método de la instrucción 5.2-IC, y que difiere de éste en ciertos parámetros.

#### 3.5.2.- Fórmula de cálculo

El cálculo de caudales de referencia se realiza según la metodología expuesta en la instrucción 5.2-IC y la publicación del CEDEX "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas". Según la instrucción 5.2-IC, el caudal de referencia Q en el punto en el que desagua una cuenca o superficie, se obtiene según la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{K}$$

siendo:

- C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.

- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 por 100 en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación.

Para el caso del método propuesto en la publicación "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas" (Método modificado de Témez), la expresión de cálculo queda de la siguiente forma:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3,6} \times K$$

siendo:

- Q (m³/s): caudal punta.
  - I (mm/h): máxima intensidad media en el intervalo de duración Tc. En este caso se admite un coeficiente reductor para el cálculo de la precipitación (factor reductor por área), para tener en cuenta la diferente distribución areal de la lluvia. El valor del mencionado coeficiente corrector es, para el valor de A en km²:
- $$K_s = 1 - \frac{\log A}{15}$$
- A (km²): superficie de la cuenca.
  - C: coeficiente de escorrentía de la cuenca del intervalo donde se produce I.
  - K: coeficiente de uniformidad, función del tiempo de concentración.

A continuación se detallan los cálculos que se han realizado con el ánimo de determinar los parámetros básicos a introducir en ambas expresiones.

### 3.5.3.- Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria  $P_d$  correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía  $P_o$ , a partir del cual se inicia ésta.

Por tanto, el coeficiente de escorrentía, depende del período de retorno, a través del valor de  $P_d$ . El cálculo se realiza partiendo de la distribución del umbral de escorrentía que presenta cada cuenca y del valor de  $P_d$ . La fórmula de cálculo es la siguiente:

Se ha calculado el coeficiente de escorrentía mediante la expresión:

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

siendo:

C = coeficiente de escorrentía.

$P_d$  = precipitación máxima diaria.

$P_o$  = umbral de escorrentía.

La estimación del umbral de escorrentía, en función de los diferentes usos del suelo, la pendiente media y la permeabilidad superficial, ya fue realizada en el apartado 3.3.4. En este caso, nos falta únicamente determinar el coeficiente de escorrentía para cada cuenca en función del período de retorno considerado. El cálculo realizado se resume en la siguiente tabla:

			COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA								
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	Hondo	0.22	0.34	0.41	0.49	0.54	0.59	0.68	0.72
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	0.20	0.32	0.39	0.47	0.53	0.57	0.67	0.71
	3	1.3	Hondo	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
	4	1.4	Pastelero	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
	5	1.5	Pastelero	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
	6	1.6	Pastelero	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
2	1	2.1	Carnicero	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
	2	2.2	Carnicero	0.19	0.31	0.38	0.46	0.52	0.57	0.67	0.70
	3	2.3	San Antonio	0.19	0.31	0.38	0.46	0.63	0.68	0.76	0.79
	4	2.4	Mayorazgo	0.20	0.32	0.39	0.47	0.71	0.75	0.82	0.84
	5	2.5	Carnicero	0.19	0.31	0.38	0.46	0.57	0.62	0.71	0.74
	6	2.6	Mayorazgo	0.20	0.32	0.39	0.47	0.96	0.97	0.98	0.99
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	0.26	0.39	0.47	0.55	0.96	0.97	0.98	0.99
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.19	0.31	0.38	0.46	0.54	0.59	0.68	0.71
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	0.21	0.33	0.40	0.48	0.54	0.59	0.68	0.72
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.58	0.67	0.71
	3	3.3	Jaboneros	0.20	0.32	0.39	0.47	0.54	0.57	0.67	0.71
	4	3.4	Arroyo de Milla	0.20	0.32	0.39	0.47	0.53	0.58	0.68	0.71
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	0.20	0.32	0.39	0.47	0.53	0.58	0.68	0.71
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	0.20	0.32	0.39	0.47	0.53	0.58	0.68	0.71
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	0.19	0.31	0.38	0.46	0.52	0.57	0.67	0.70
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	0.41	0.55	0.62	0.69	0.79	0.83	0.88	0.90
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.19	0.31	0.38	0.46	0.52	0.57	0.67	0.70
4	1	4.1	Wittemberg	0.19	0.31	0.38	0.46	0.52	0.57	0.67	0.70
	2	4.2	Wittemberg	0.19	0.31	0.38	0.46	0.52	0.57	0.66	0.70
	3	4.3	Wittemberg	0.30	0.43	0.50	0.59	0.82	0.85	0.90	0.92
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.26	0.39	0.46	0.54	0.62	0.67	0.75	0.78
5	-	-	Sin nombre 1	0.19	0.31	0.38	0.46	0.96	0.97	0.98	0.99
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.19	0.31	0.38	0.46	0.96	0.97	0.98	0.99
6	-	-	Sin nombre 2	0.19	0.31	0.38	0.47	0.96	0.97	0.98	0.99
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.19	0.31	0.38	0.47	0.96	0.97	0.98	0.99
7	1	7.1	Jarazmín	0.24	0.36	0.44	0.52	0.58	0.62	0.72	0.75
	2	7.2	Jarazmín	0.22	0.34	0.41	0.49	0.55	0.60	0.69	0.73
	3	7.3	Jarazmín	0.33	0.47	0.54	0.62	0.89	0.91	0.94	0.95
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.24	0.37	0.44	0.52	0.61	0.66	0.74	0.77

**3.5.4.- Intensidad media de precipitación**

La intensidad media de precipitación a emplear en la estimación de caudales de referencia por el método hidrometeorológico, se obtiene de la siguiente expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1-T_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}}$$

siendo:

- T<sub>c</sub> = duración de la lluvia, igual al tiempo de concentración de la cuenca en horas.
- I<sub>t</sub> = intensidad de lluvia media en un intervalo de duración t, para un período de retorno dado.
- I<sub>d</sub> = intensidad media diaria, para ese mismo período de retorno (igual a P<sub>d</sub>/24).
- I<sub>1</sub>/I<sub>d</sub> = relación entre la intensidad de lluvia horaria y diaria, independiente del período de retorno considerado.

En nuestro caso, la relación I<sub>1</sub>/I<sub>d</sub> adopta el valor 9.2, para la zona de estudio, según el siguiente gráfico:



Según la anterior expresión y para los tiempos de concentración ya determinados, quedan los siguientes valores de la intensidad media en función del período de retorno considerado:

CÓDIGO			NOMBRE	It							
				T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	Hondo	19.70	28.62	35.09	44.32	51.71	59.71	79.72	89.26
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	21.88	32.09	39.38	49.95	58.71	67.46	90.79	101.37
	3	1.3	Hondo	30.37	44.54	55.16	69.34	83.51	93.63	126.02	140.69
	4	1.4	Pastelero	26.44	38.78	48.04	60.38	72.72	81.54	109.74	122.52
	5	1.5	Pastelero	48.33	70.89	87.80	110.36	132.91	149.03	200.58	223.94
	6	1.6	Pastelero	28.88	42.35	52.46	65.94	79.42	89.04	119.84	133.80
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	14.82	21.73	26.91	33.83	40.74	45.68	61.48	68.64
2	1	2.1	Carnicero	22.24	32.62	40.40	50.78	61.16	68.57	92.29	103.04
	2	2.2	Carnicero	28.59	42.15	51.84	65.41	77.04	88.66	118.70	132.76
	3	2.3	San Antonio	28.06	41.38	50.89	64.21	75.63	87.04	116.53	130.33
	4	2.4	Mayorazgo	26.63	39.27	48.30	60.94	71.77	82.61	110.60	123.69
	5	2.5	Carnicero	23.68	34.92	42.95	54.19	63.82	73.46	98.34	109.99
	6	2.6	Mayorazgo	37.09	54.69	67.26	84.86	99.95	115.03	154.01	172.24
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	22.73	33.52	41.23	52.02	61.27	70.52	94.41	105.58
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	14.21	20.95	25.76	32.50	38.28	44.06	58.99	65.97
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	22.29	32.54	39.97	50.59	59.07	68.27	91.62	102.59
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	22.41	32.87	40.72	51.18	61.64	69.11	93.02	103.85
	3	3.3	Jaboneros	22.97	33.69	42.12	52.46	63.18	70.83	95.34	106.44
	4	3.4	Arroyo de Milla	18.62	26.86	33.57	42.42	49.75	57.38	77.21	86.06
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	26.12	38.12	47.11	59.53	69.81	80.51	108.35	120.77
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	21.59	31.50	38.93	49.19	57.68	66.53	89.53	99.80
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	21.15	31.19	38.37	48.41	57.01	65.62	87.85	98.25
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	17.95	26.47	32.55	41.07	48.37	55.67	74.53	83.35
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	9.75	14.37	17.68	22.30	26.27	30.23	40.48	45.27
4	1	4.1	Wittemberg	34.07	50.24	61.79	77.97	91.83	105.69	141.49	158.24
	2	4.2	Wittemberg	33.95	49.75	61.45	77.84	91.30	105.35	141.05	158.61
	3	4.3	Wittemberg	25.69	37.65	46.51	58.91	69.10	79.73	106.75	120.04
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	21.78	31.92	39.43	49.95	58.58	67.60	90.50	101.77
5	-	-	Sin nombre 1	43.93	64.39	79.54	100.74	118.17	136.35	182.55	205.28
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	43.93	64.39	79.54	100.74	118.17	136.35	182.55	205.28
6	-	-	Sin nombre 2	42.16	61.78	76.32	96.67	113.38	130.83	175.16	196.97
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	42.16	61.78	76.32	96.67	113.38	130.83	175.16	196.97
7	1	7.1	Jarazmín	30.92	45.31	55.97	70.90	83.16	95.95	128.47	144.46
	2	7.2	Jarazmín	34.39	50.40	62.26	78.87	92.51	106.74	142.91	160.70
	3	7.3	Jarazmín	41.13	60.27	74.45	94.31	110.62	127.64	170.89	192.16
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	26.60	38.98	48.15	60.99	71.54	82.55	110.52	124.28

**3.5.5.- Superficie**

El último parámetro que interviene en la fórmula propuesta para el cálculo de caudales es la superficie de la cuenca. Estos valores ya fueron indicados en el apartado 3.2.2., pero volvemos a recordarlos de nuevo:

CÓDIGO			NOMBRE	S (Ha)
1	1	1.1	Hondo	276.7
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	114.7
	3	1.3	Hondo	37.6
	4	1.4	Pastelero	55.5
	5	1.5	Pastelero	15.0
	6	1.6	Pastelero	45.2
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>544.68</b>
2	1	2.1	Carnicero	134.6
	2	2.2	Carnicero	58.2
	3	2.3	San Antonio	41.3
	4	2.4	Mayorazgo	99.8
	5	2.5	Carnicero	63.5
	6	2.6	Mayorazgo	23.5
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	96.5
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>517.39</b>
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitias	526.9
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	382.4
	3	3.3	Jaboneros	194.6
	4	3.4	Arroyo de Milla	442.1
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	411.4
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	318.0
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	374.7
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	299.2
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>2,949.30</b>
4	1	4.1	Wittemberg	29.8
	2	4.2	Wittemberg	34.7
	3	4.3	Wittemberg	65.5
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>129.98</b>
5	-	-	Sin nombre 1	6.5
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>6.55</b>
6	-	-	Sin nombre 2	5.8
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>5.83</b>
7	1	7.1	Jarazmín	14.5
	2	7.2	Jarazmín	24.3
	3	7.3	Jarazmín	9.1
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>47.93</b>

**3.5.6.- Factor reductor por área y coeficiente de uniformidad**

En este caso nos ocupamos de los dos últimos parámetros que intervienen en la expresión de la publicación “Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas”.

En primer lugar, se considera el factor reductor de la precipitación para tener en cuenta la diferente distribución espacial de la lluvia sobre la superficie de la cuenca. La expresión que propone Témez para este parámetro es la siguiente:

$$K_s = 1 - \frac{\log A}{15}$$

siendo:

- A (km<sup>2</sup>): Superficie de la cuenca considerada.

Este factor reductor adopta valores inferiores a la unidad para aquellas cuencas de tamaño superior a 1 km<sup>2</sup>.

En segundo lugar, el coeficiente de uniformidad se calcula según la expresión:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

siendo:

- Tc (h): Tiempo de concentración de la cuenca.

Los valores que se obtienen son los de la siguiente tabla.

CÓDIGO		NOMBRE	Ks	K	
1	1	1.1	Hondo	0.97	1.10
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	1.00	1.07
	3	1.3	Hondo	1.00	1.04
	4	1.4	Pastelero	1.00	1.05
	5	1.5	Pastelero	1.00	1.01
	6	1.6	Pastelero	1.00	1.04
<b>PASTELERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.95</b>	<b>1.16</b>	
2	1	2.1	Carnicero	0.99	1.07
	2	2.2	Carnicero	1.00	1.04
	3	2.3	San Antonio	1.00	1.04
	4	2.4	Mayorazgo	1.00	1.05
	5	2.5	Carnicero	1.00	1.06
	6	2.6	Mayorazgo	1.00	1.02
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	1.00	1.07
<b>MAYORAZGO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.95</b>	<b>1.16</b>	
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitias	0.95	1.08
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	0.96	1.07
	3	3.3	Jaboneros	0.98	1.07
	4	3.4	Arroyo de Milla	0.96	1.11
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	0.96	1.05
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	0.97	1.08
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	0.96	1.08
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	0.97	1.11
<b>JABONERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.90</b>	<b>1.29</b>	
4	1	4.1	Wittemberg	1.00	1.03
	2	4.2	Wittemberg	1.00	1.03
	3	4.3	Wittemberg	1.00	1.05
<b>WITTEMBERG</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.99</b>	<b>1.07</b>	
5	-	-	Sin nombre 1	1.00	1.01
<b>SIN NOMBRE 1</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	
6	-	-	Sin nombre 2	1.00	1.02
<b>SIN NOMBRE 2</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.02</b>	
7	1	7.1	Jarazmín	1.00	1.03
	2	7.2	Jarazmín	1.00	1.03
	3	7.3	Jarazmín	1.00	1.02
<b>JARAZMÍN</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.00</b>	<b>1.05</b>	

### 3.5.7.- Caudales de referencia

Una vez determinados los valores del coeficiente de escorrentía, intensidad media de precipitación, área de las cuencas y demás parámetros, se calculan finalmente los siguientes caudales de referencia para cada una de las cuencas y subcuencas, en función del período de retorno considerado:

Caudales de referencia (m<sup>3</sup>/s) según la Instrucción 5.2.I.C

			SEGÚN INSTRUCCIÓN 5.2-IC								
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	Hondo	3.94	8.85	13.11	19.92	25.82	32.54	50.31	59.11
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	1.66	3.89	5.82	8.97	11.82	14.82	23.33	27.35
	3	1.3	Hondo	0.75	1.77	2.69	4.08	5.60	6.74	10.61	12.44
	4	1.4	Pastelero	0.97	2.27	3.46	5.25	7.20	8.67	13.65	16.00
	5	1.5	Pastelero	0.48	1.12	1.71	2.59	3.55	4.28	6.73	7.89
	6	1.6	Pastelero	0.86	2.02	3.08	4.67	6.41	7.72	12.15	14.24
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	5.33	12.51	19.04	28.85	39.58	47.66	75.04	87.95
2	1	2.1	Carnicero	1.98	4.64	7.06	10.70	14.68	17.68	27.83	32.62
	2	2.2	Carnicero	1.07	2.56	3.85	5.89	7.80	9.82	15.36	18.05
	3	2.3	San Antonio	0.75	1.78	2.68	4.10	6.59	8.12	12.22	14.17
	4	2.4	Mayorazgo	1.73	4.13	6.20	9.48	16.90	20.55	30.16	34.70
	5	2.5	Carnicero	0.97	2.32	3.49	5.33	7.77	9.68	14.85	17.35
	6	2.6	Mayorazgo	0.58	1.37	2.06	3.14	7.55	8.76	11.86	13.31
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	1.93	4.25	6.18	9.17	18.97	22.01	29.82	33.46
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	4.73	11.31	17.03	26.04	35.51	44.55	69.29	81.31
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	8.31	18.96	28.23	43.08	55.96	70.64	110.13	129.38
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	5.68	13.32	20.28	30.72	42.13	50.72	79.82	93.54
	3	3.3	Jaboneros	2.95	6.93	10.73	15.99	21.93	26.40	41.57	48.73
	4	3.4	Arroyo de Milla	5.56	12.55	19.43	29.69	38.92	49.05	77.05	90.04
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	7.27	16.76	25.38	38.77	50.82	64.06	100.62	117.57
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	4.64	10.71	16.21	24.76	32.46	40.91	64.27	75.10
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	5.11	12.20	18.36	28.09	37.18	46.79	73.20	86.07
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	7.43	14.55	20.17	28.46	38.28	45.83	65.46	74.64
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	18.52	44.26	66.60	101.87	134.85	169.70	265.48	312.14
4	1	4.1	Wittemberg	0.65	1.56	2.35	3.60	4.76	5.99	9.38	11.03
	2	4.2	Wittemberg	0.74	1.76	2.68	4.14	5.45	6.89	10.80	12.81
	3	4.3	Wittemberg	1.68	3.53	5.12	7.54	12.41	14.83	20.98	24.00
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	2.45	5.34	7.86	11.76	15.83	19.61	29.59	34.61
5	-	-	Sin nombre 1	0.18	0.43	0.66	1.02	2.48	2.89	3.91	4.41
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.18	0.43	0.66	1.02	2.48	2.89	3.91	4.41
6	-	-	Sin nombre 2	0.16	0.38	0.57	0.88	2.12	2.47	3.34	3.77
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.16	0.38	0.57	0.88	2.12	2.47	3.34	3.77
7	1	7.1	Jarazmín	0.36	0.80	1.18	1.79	2.32	2.91	4.46	5.24
	2	7.2	Jarazmín	0.60	1.38	2.07	3.15	4.12	5.18	8.02	9.47
	3	7.3	Jarazmín	0.42	0.85	1.22	1.77	2.98	3.52	4.87	5.53
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	1.03	2.28	3.38	5.09	6.97	8.66	13.12	15.38

## Caudales de referencia (m3/s) según la Publicación "Recomendaciones para el Cálculo Hidrometeorológico de Avenidas"

			SEGÚN METODO MODIFICADO DE TEMEZ								
CÓDIGO			NOMBRE	T2	T5	T10	T25	T50	T100	T500	T1000
1	1	1.1	Hondo	3.52	7.90	11.70	17.78	23.04	29.04	44.90	52.75
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	1.48	3.47	5.19	8.00	10.53	13.21	20.80	24.38
	3	1.3	Hondo	0.65	1.53	2.33	3.52	4.84	5.82	9.17	10.74
	4	1.4	Pastelero	0.85	1.99	3.03	4.59	6.30	7.58	11.94	13.99
	5	1.5	Pastelero	0.40	0.95	1.44	2.18	3.00	3.61	5.68	6.66
	6	1.6	Pastelero	0.75	1.76	2.67	4.05	5.56	6.69	10.54	12.35
<b>PASTELERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	4.88	11.45	17.43	26.41	36.23	43.62	68.68	80.50
2	1	2.1	Carnicero	1.75	4.11	6.25	9.47	13.00	15.65	24.64	28.88
	2	2.2	Carnicero	0.93	2.22	3.34	5.11	6.76	8.51	13.31	15.65
	3	2.3	San Antonio	0.65	1.55	2.33	3.56	5.72	7.05	10.61	12.30
	4	2.4	Mayorazgo	1.51	3.60	5.41	8.27	14.75	17.93	26.32	30.28
	5	2.5	Carnicero	0.86	2.05	3.08	4.71	6.87	8.55	13.13	15.33
	6	2.6	Mayorazgo	0.49	1.17	1.75	2.67	6.43	7.46	10.10	11.34
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	1.72	3.77	5.49	8.14	16.85	19.55	26.49	29.72
<b>MAYORAZGO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	4.37	10.43	15.70	24.02	32.75	41.09	63.90	74.98
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	7.11	16.23	24.16	36.86	47.88	60.44	94.22	110.69
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	4.87	11.42	17.38	26.33	36.12	43.48	68.43	80.19
	3	3.3	Jaboneros	2.57	6.04	9.36	13.94	19.12	23.02	36.25	42.48
	4	3.4	Arroyo de Milla	4.90	11.06	17.13	26.16	34.30	43.23	67.91	79.35
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	6.11	14.10	21.35	32.62	42.76	53.89	84.65	98.92
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	4.03	9.30	14.08	21.51	28.20	35.54	55.83	65.24
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	4.40	10.53	15.84	24.23	32.08	40.37	63.16	74.26
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	6.63	12.98	18.00	25.40	34.15	40.90	58.41	66.60
<b>JABONERO</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	17.96	42.94	64.62	98.83	130.83	164.64	257.56	302.83
4	1	4.1	Wittemberg	0.56	1.34	2.01	3.08	4.08	5.13	8.02	9.44
	2	4.2	Wittemberg	0.63	1.50	2.29	3.54	4.66	5.89	9.24	10.96
	3	4.3	Wittemberg	1.47	3.09	4.48	6.59	10.85	12.97	18.34	20.98
<b>WITTEMBERG</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	2.17	4.73	6.96	10.40	14.00	17.35	26.17	30.61
5	-	-	Sin nombre 1	0.15	0.37	0.56	0.86	2.10	2.44	3.30	3.73
<b>SIN NOMBRE 1</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.15	0.37	0.56	0.86	2.10	2.44	3.30	3.73
6	-	-	Sin nombre 2	0.13	0.32	0.48	0.74	1.79	2.09	2.83	3.19
<b>SIN NOMBRE 2</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.13	0.32	0.48	0.74	1.79	2.09	2.83	3.19
7	1	7.1	Jarazmín	0.31	0.69	1.02	1.54	2.00	2.50	3.83	4.51
	2	7.2	Jarazmín	0.51	1.18	1.77	2.69	3.52	4.43	6.86	8.09
	3	7.3	Jarazmín	0.35	0.72	1.03	1.50	2.53	2.98	4.13	4.69
<b>JARAZMÍN</b>			<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	0.89	1.98	2.94	4.44	6.07	7.54	11.43	13.40

En este caso se obtienen valores inferiores a los propuestos por la Instrucción 5.2-IC, debido fundamentalmente al coeficiente mayorador del 20% que emplea la fórmula de la Instrucción.

Por último, según los criterios expuestos por la Agencia Andaluza del Agua para un periodo de retorno de 500 años, se deben considerar los siguientes valores de caudal en función de la superficie de la cuenca:

SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup> )	Características de los terrenos
0-5	20.00	Rústicos y urbanos
5-20	15-20	Rústicos
5-30	15-20	Urbanos

Además, se debe también calcular el caudal con las siguientes fórmulas empíricas:

Si  $20 < S < 25 \text{ Km}^2$   $Q = 45 \cdot S^{0,636}$

Si  $S > 25 \text{ Km}^2$   $Q = 65,54 \cdot S^{0,522}$

Según dicho criterio los caudales a considerar para T=500 años no deben ser inferiores a los siguientes:

**Caudales de referencia (m<sup>3</sup>/s) según criterios de la Agencia Andaluza del Agua**

CAUDALES DE REFERENCIA			SEGÚN AAA (tabla)	SEGÚN AAA (fórmulas empíricas)
CÓDIGO	NOMBRE		Q (m3/sg)	Q (m3/sg)
1   1	1.1	Hondo	55.33	NO PROCEDE
	2	Sin nombre (Hondo)	22.94	NO PROCEDE
	3	Hondo	7.52	NO PROCEDE
	4	Pastelero	11.10	NO PROCEDE
	5	Pastelero	3.00	NO PROCEDE
	6	Pastelero	9.05	NO PROCEDE
<b>PASTELERO TOTAL DE LA CUENCA</b>			81.70	NO PROCEDE
2   1	2.1	Carnicero	26.92	NO PROCEDE
	2	Carnicero	11.63	NO PROCEDE
	3	San Antonio	8.25	NO PROCEDE
	4	Mayorazgo	19.96	NO PROCEDE
	5	Carnicero	12.71	NO PROCEDE
	6	Mayorazgo	4.71	NO PROCEDE
	7	Mayorazgo/La Caleta	19.29	NO PROCEDE
<b>MAYORAZGO TOTAL DE LA CUENCA</b>			77.61	NO PROCEDE
3   1	3.1	Jaboneros y Garabitias	79.04	NO PROCEDE
	2	Sin nombre y Sevillano	76.48	NO PROCEDE
	3	Jaboneros	38.92	NO PROCEDE
	4	Arroyo de Milla	88.42	NO PROCEDE
	5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	82.28	NO PROCEDE
	6	Sin nombre (Jabonero)	63.60	NO PROCEDE
	7	Sin nombre (Jabonero)	74.94	NO PROCEDE
	8	Sin nombre (Jabonero)	59.84	NO PROCEDE
<b>JABONERO TOTAL DE LA CUENCA</b>			442.40	383.44
4   1	4.1	Wittemberg	5.96	NO PROCEDE
	2	Wittemberg	6.94	NO PROCEDE
	3	Wittemberg	13.09	NO PROCEDE
<b>WITTEMBERG TOTAL DE LA CUENCA</b>			26.00	NO PROCEDE
5   -	-	Sin nombre 1	1.31	NO PROCEDE
<b>SIN NOMBRE 1 TOTAL DE LA CUENCA</b>			1.31	NO PROCEDE
6   -	-	Sin nombre 2	1.17	NO PROCEDE
<b>SIN NOMBRE 2 TOTAL DE LA CUENCA</b>			1.17	NO PROCEDE
7   1	7.1	Jarazmín	2.91	NO PROCEDE
	2	Jarazmín	4.87	NO PROCEDE
	3	Jarazmín	1.81	NO PROCEDE
<b>JARAZMÍN TOTAL DE LA CUENCA</b>			9.59	NO PROCEDE

### 3.5.8.- Caudales de cálculo

Para la determinación del caudal de la cuenca vertiente para el periodo de retorno de 500 años se considerará la situación futura (con los desarrollos previstos en el nuevo PGOU).

Se adoptará el mayor valor de los siguientes:

- El obtenido por el método racional propuesto en la Instrucción de Drenaje 5.2 I.C del Ministerio de Fomento, con la modificación introducida por Témez.
- El valor de caudal obtenido aplicando la tabla en función de la superficie propuesta por la Agencia Andaluza del Agua.
- El valor de caudal obtenido con las fórmulas empíricas dependientes de la superficie propuestas por la Agencia Andaluza del Agua.

Finalmente los valores de cálculo del presente estudio para un periodo de retorno de 500 años se recogen en la siguiente tabla.

Situación futura (con los desarrollos previstos en el nuevo PGOU). T500

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC															SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ					SEGÚN AAA (tabla)	SEGÚN AAA (fórmulas)	Qmax (m3/s)			
CÓDIGO	NOMBRE	Tc (h)	Pd (mm)	l1/ld	ld	lt (mm/h)	Corr.	Umb Esc(mm)	Po (mm)	Po corr (mm)	Pd/Po	C	AREA (Ha)	Q (m3/sg)	Ks	AREA (m2)	AREA (Km2)	K	Q (m3/sg)	Q (m3/sg)	Q (m3/sg)				
1	1	1.1	Hondo	1.47	259.00	9.20	10.79	79.72	3.10	16.56	51.34	25.00	10.36	0.68	276.67	<b>50.31</b>	0.97	2766651.26	2.77	1.10	<b>44.90</b>	55.33	NO PROCEDE	<b>55.33</b>	
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	1.09	249.00	9.20	10.38	90.79	3.10	12.13	37.60	25.00	9.96	0.67	114.69	<b>23.33</b>	1.00	1146923.99	1.15	1.07	<b>20.80</b>	22.94	NO PROCEDE	<b>22.94</b>	
	3	1.3	Hondo	0.60	249.00	9.20	10.38	126.02	3.10	19.47	60.36	25.00	9.96	0.67	37.59	<b>10.61</b>	1.00	375853.58	0.38	1.04	<b>9.17</b>	7.52	NO PROCEDE	<b>9.17</b>	
	4	1.4	Pastelero	0.78	249.00	9.20	10.38	109.74	3.10	8.73	27.06	25.00	9.96	0.67	55.51	<b>13.65</b>	1.00	555092.82	0.56	1.05	<b>11.94</b>	11.10	NO PROCEDE	<b>11.94</b>	
	5	1.5	Pastelero	0.24	249.00	9.20	10.38	200.58	3.10	17.55	54.41	25.00	9.96	0.67	14.98	<b>6.73</b>	1.00	149847.69	0.15	1.01	<b>5.68</b>	3.00	NO PROCEDE	<b>5.68</b>	
	6	1.6	Pastelero	0.66	249.00	9.20	10.38	119.84	3.10	11.80	36.58	25.00	9.96	0.67	45.24	<b>12.15</b>	1.00	452409.09	0.45	1.04	<b>10.54</b>	9.05	NO PROCEDE	<b>10.54</b>	
	<b>PASTELERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>2.13</b>	<b>249.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.38</b>	<b>61.48</b>	<b>3.10</b>	<b>14.70</b>	<b>45.57</b>	<b>25.00</b>	<b>9.96</b>	<b>0.67</b>	<b>544.68</b>	<b>75.04</b>	<b>0.95</b>	<b>5446778.43</b>	<b>5.45</b>	<b>1.16</b>	<b>68.68</b>	81.70	NO PROCEDE	<b>81.70</b>	
2	1	2.1	Carnicero	1.06	249.00	9.20	10.38	92.29	3.10	15.59	48.33	25.00	9.96	0.67	134.59	<b>27.83</b>	0.99	1345893.32	1.35	1.07	<b>24.64</b>	26.92	NO PROCEDE	<b>26.92</b>	
	2	2.2	Carnicero	0.65	245.00	9.20	10.21	118.70	3.10	10.95	33.95	25.00	9.80	0.67	58.17	<b>15.36</b>	1.00	581694.10	0.58	1.04	<b>13.31</b>	11.63	NO PROCEDE	<b>13.31</b>	
	3	2.3	San Antonio	0.68	245.00	9.20	10.21	116.53	3.10	5.81	18.01	18.01	13.60	0.76	41.26	<b>12.22</b>	1.00	412628.03	0.41	1.04	<b>10.61</b>	8.25	NO PROCEDE	<b>10.61</b>	
	4	2.4	Mayorazgo	0.74	245.00	9.20	10.21	110.60	3.10	4.58	14.20	14.20	17.26	0.82	99.82	<b>30.16</b>	1.00	998247.64	1.00	1.05	<b>26.32</b>	19.96	NO PROCEDE	<b>26.32</b>	
	5	2.5	Carnicero	0.92	245.00	9.20	10.21	98.34	3.10	6.93	21.48	21.48	11.40	0.71	63.54	<b>14.85</b>	1.00	635416.71	0.64	1.06	<b>13.13</b>	12.71	NO PROCEDE	<b>13.13</b>	
	6	2.6	Mayorazgo	0.40	245.00	9.20	10.21	154.01	3.10	1.00	3.10	3.10	79.03	0.98	23.53	<b>11.86</b>	1.00	235283.08	0.24	1.02	<b>10.10</b>	4.71	NO PROCEDE	<b>10.10</b>	
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	0.99	245.00	9.20	10.21	94.41	3.10	1.00	3.10	3.10	79.03	0.98	96.47	<b>29.82</b>	1.00	964703.52	0.96	1.07	<b>26.49</b>	19.29	NO PROCEDE	<b>26.49</b>	
	<b>MAYORAZGO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>2.22</b>	<b>245.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.21</b>	<b>58.99</b>	<b>3.10</b>	<b>7.71</b>	<b>23.90</b>	<b>23.90</b>	<b>10.25</b>	<b>0.68</b>	<b>517.39</b>	<b>69.29</b>	<b>0.95</b>	<b>5173866.40</b>	<b>5.17</b>	<b>1.16</b>	<b>63.90</b>	77.61	NO PROCEDE	<b>77.61</b>	
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	1.15	259.00	9.20	10.79	91.62	3.10	8.75	27.13	25.00	10.36	0.68	526.90	<b>110.13</b>	0.95	5269000.00	5.27	1.08	<b>94.22</b>	79.04	NO PROCEDE	<b>94.22</b>	
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	1.05	249.00	9.20	10.38	93.02	3.10	8.04	24.92	24.92	9.99	0.67	382.40	<b>79.82</b>	0.96	3824000.00	3.82	1.07	<b>68.43</b>	76.48	NO PROCEDE	<b>76.48</b>	
	3	3.3	Jaboneros	1.00	249.00	9.20	10.38	95.34	3.10	8.61	26.69	25.00	9.96	0.67	194.60	<b>41.57</b>	0.98	1946000.00	1.95	1.07	<b>36.25</b>	38.92	NO PROCEDE	<b>38.92</b>	
	4	3.4	Arroyo de Milla	1.49	253.00	9.20	10.54	77.21	3.10	15.06	46.69	25.00	10.12	0.68	442.10	<b>77.05</b>	0.96	4421000.00	4.42	1.11	<b>67.91</b>	88.42	NO PROCEDE	<b>88.42</b>	
	5	3.5	SN y arroyo de la Paloma	0.82	253.00	9.20	10.54	108.35	3.10	14.60	45.26	25.00	10.12	0.68	411.40	<b>100.62</b>	0.96	4114000.00	4.11	1.05	<b>84.65</b>	82.28	NO PROCEDE	<b>84.65</b>	
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	1.15	253.00	9.20	10.54	89.53	3.10	15.11	46.84	25.00	10.12	0.68	318.00	<b>64.27</b>	0.97	3180000.00	3.18	1.08	<b>55.83</b>	63.60	NO PROCEDE	<b>63.60</b>	
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	1.13	245.00	9.20	10.21	87.85	3.10	13.09	40.58	25.00	9.80	0.67	374.70	<b>73.20</b>	0.96	3747000.00	3.75	1.08	<b>63.16</b>	74.94	NO PROCEDE	<b>74.94</b>	
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	1.50	245.00	9.20	10.21	74.53	3.10	3.33	10.32	10.32	23.73	0.88	299.20	<b>65.46</b>	0.97	2992000.00	2.99	1.11	<b>58.41</b>	59.84	NO PROCEDE	<b>59.84</b>	
	<b>JABONERO</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>4.04</b>	<b>245.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.21</b>	<b>40.48</b>	<b>3.10</b>	<b>11.09</b>	<b>34.38</b>	<b>25.00</b>	<b>9.80</b>	<b>0.67</b>	<b>2949.30</b>	<b>265.48</b>	<b>0.90</b>	<b>29493000.00</b>	<b>29.49</b>	<b>1.29</b>	<b>257.56</b>	442.40	383.44	NO PROCEDE	<b>442.40</b>
4	1	4.1	Wittemberg	0.47	245.00	9.20	10.21	141.49	3.10	8.87	27.50	25.00	9.80	0.67	29.80	<b>9.38</b>	1.00	298005.28	0.30	1.03	<b>8.02</b>	5.96	NO PROCEDE	<b>8.02</b>	
	2	4.2	Wittemberg	0.46	241.00	9.20	10.04	141.05	3.10	9.00	27.90	25.00	9.64	0.66	34.71	<b>10.80</b>	1.00	347143.75	0.35	1.03	<b>9.24</b>	6.94	NO PROCEDE	<b>9.24</b>	
	3	4.3	Wittemberg	0.77	241.00	9.20	10.04	106.75	3.10	2.87	8.90	8.90	27.09	0.90	65.47	<b>20.98</b>	1.00	654687.85	0.65	1.05	<b>18.34</b>	13.09	NO PROCEDE	<b>18.34</b>	
	<b>WITTEMBERG</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.04</b>	<b>241.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.04</b>	<b>90.50</b>	<b>3.10</b>	<b>5.88</b>	<b>18.23</b>	<b>18.23</b>	<b>13.22</b>	<b>0.75</b>	<b>129.98</b>	<b>29.59</b>	<b>0.99</b>	<b>1299836.88</b>	<b>1.30</b>	<b>1.07</b>	<b>26.17</b>	26.00	NO PROCEDE	<b>26.17</b>	
5	-	-	Sin nombre 1	0.27	241.00	9.20	10.04	182.55	3.10	1.00	3.10	3.10	77.74	0.98	6.55	<b>3.91</b>	1.00	65471.99	0.07	1.01	<b>3.30</b>	1.31	NO PROCEDE	<b>3.30</b>	
	<b>SIN NOMBRE 1</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.27</b>	<b>241.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.04</b>	<b>182.55</b>	<b>3.10</b>	<b>1.00</b>	<b>3.10</b>	<b>3.10</b>	<b>77.74</b>	<b>0.98</b>	<b>6.55</b>	<b>3.91</b>	<b>1.00</b>	<b>65471.99</b>	<b>0.07</b>	<b>1.01</b>	<b>3.30</b>	1.31	NO PROCEDE	<b>3.30</b>	
6	-	-	Sin nombre 2	0.30	241.00	9.20	10.04	175.16	3.10	1.00	3.10	3.10	77.74	0.98	5.83	<b>3.34</b>	1.00	58340.47	0.06	1.02	<b>2.83</b>	1.17	NO PROCEDE	<b>2.83</b>	
	<b>SIN NOMBRE 2</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.30</b>	<b>241.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.04</b>	<b>175.16</b>	<b>3.10</b>	<b>1.00</b>	<b>3.10</b>	<b>3.10</b>	<b>77.74</b>	<b>0.98</b>	<b>5.83</b>	<b>3.34</b>	<b>1.00</b>	<b>58340.47</b>	<b>0.06</b>	<b>1.02</b>	<b>2.83</b>	1.17	NO PROCEDE	<b>2.83</b>	
7	1	7.1	Jarazmín	0.55	241.00	9.20	10.04	128.47	3.10	6.76	20.96	20.96	11.50	0.72	14.54	<b>4.46</b>	1.00	145401.87	0.15	1.03	<b>3.83</b>	2.91	NO PROCEDE	<b>3.83</b>	
	2	7.2	Jarazmín	0.45	241.00	9.20	10.04	142.91	3.10	7.31	22.66	22.66	10.64	0.69	24.33	<b>8.02</b>	1.00	243306.88	0.24	1.03	<b>6.86</b>	4.87	NO PROCEDE	<b>6.86</b>	
	3	7.3	Jarazmín	0.31	241.00	9.20	10.04	170.89	3.10	1.96	6.08	6.08	39.66	0.94	9.06	<b>4.87</b>	1.00	90605.78	0.09	1.02	<b>4.13</b>	1.81	NO PROCEDE	<b>4.13</b>	
	<b>JARAZMÍN</b>		<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.72</b>	<b>241.00</b>	<b>9.20</b>	<b>10.04</b>	<b>110.52</b>	<b>3.10</b>	<b>6.13</b>	<b>19.00</b>	<b>19.00</b>	<b>12.68</b>	<b>0.74</b>	<b>47.93</b>	<b>13.12</b>	<b>1.00</b>	<b>479314.53</b>	<b>0.48</b>	<b>1.05</b>	<b>11.43</b>	9.59	NO PROCEDE	<b>11.43</b>	

---

En el caso del periodo de retorno de 10 años, tomaremos como el caudal de referencia el obtenido por el método racional propuesto en la Instrucción de Drenaje 5.2-IC del Ministerio de Fomento, con la modificación introducida por Témez, tal y como prescribe la Agencia Andaluza del Agua. No obstante, indicar que, aplicando estrictamente la Instrucción 5.2-IC, sin la modificación de Témez, se observan en el caso de las cuencas que nos ocupan, valores ligeramente superiores a los obtenidos aplicando la modificación de Témez, si bien las diferencias no son significativas.

Indicar también que, para el periodo de retorno de 10 años se ha considerado únicamente la situación actual, puesto que su finalidad es la obtención de la zona ocupada por la lámina de agua sobre el cauce natural, con el fin de realizar una estimación del Dominio Público Hidráulico.

SEGÚN LA INSTRUCCIÓN 5.2-IC															SEGÚN MÉTODO MODIFICADO DE TÉMEZ							
CÓDIGO			NOMBRE	Tc (h)	Pd (mm)	l1/ld	ld	lt (mm/h)	Corr.	Umb Esc(mm)	Po (mm)	Po corr (mm)	Pd/Po	C	AREA (Ha)	Q (m3/sg)	Ks	AREA (m2)	AREA (Km2)	K	Q (m3/sg)	
1	1	1.1	Hondo	1.47	114.00	9.20	4.75	35.09	3.10	16.56	51.34	25.00	4.56	0.41	276.67	13.11	0.97	2766651.26	2.77	1.10	11.70	
	2	1.2	Sin nombre (Hondo)	1.09	108.00	9.20	4.50	39.38	3.10	12.13	37.60	25.00	4.32	0.39	114.69	5.82	1.00	1146923.99	1.15	1.07	5.19	
	3	1.3	Hondo	0.60	109.00	9.20	4.54	55.16	3.10	19.47	60.36	25.00	4.36	0.39	37.59	2.69	1.00	375853.58	0.38	1.04	2.33	
	4	1.4	Pastelero	0.78	109.00	9.20	4.54	48.04	3.10	8.73	27.06	25.00	4.36	0.39	55.51	3.46	1.00	555092.82	0.56	1.05	3.03	
	5	1.5	Pastelero	0.24	109.00	9.20	4.54	87.80	3.10	17.55	54.41	25.00	4.36	0.39	14.98	1.71	1.00	149847.69	0.15	1.01	1.44	
	6	1.6	Pastelero	0.66	109.00	9.20	4.54	52.46	3.10	11.80	36.58	25.00	4.36	0.39	45.24	3.08	1.00	452409.09	0.45	1.04	2.67	
<b>PASTELERO</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>2.13</b>	<b>109.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.54</b>	<b>26.91</b>	<b>3.10</b>	<b>14.66</b>	<b>45.45</b>	<b>25.00</b>	<b>4.36</b>	<b>0.39</b>	<b>544.68</b>	<b>19.04</b>	<b>0.95</b>	<b>5446778.43</b>	<b>5.45</b>	<b>1.16</b>	<b>17.43</b>
2	1	2.1	Carnicero	1.06	109.00	9.20	4.54	40.40	3.10	15.59	48.33	25.00	4.36	0.39	134.59	7.06	0.99	1345893.32	1.35	1.07	6.25	
	2	2.2	Carnicero	0.65	107.00	9.20	4.46	51.84	3.10	10.95	33.95	25.00	4.28	0.38	58.17	3.85	1.00	581694.10	0.58	1.04	3.34	
	3	2.3	San Antonio	0.68	107.00	9.20	4.46	50.89	3.10	8.19	25.39	25.00	4.28	0.38	41.26	2.68	1.00	412628.03	0.41	1.04	2.33	
	4	2.4	Mayorazgo	0.74	107.00	9.20	4.46	48.30	3.10	8.00	24.80	24.80	4.31	0.39	99.82	6.20	1.00	998247.64	1.00	1.05	5.41	
	5	2.5	Carnicero	0.92	107.00	9.20	4.46	42.95	3.10	11.09	34.38	25.00	4.28	0.38	63.54	3.49	1.00	635416.71	0.64	1.06	3.08	
	6	2.6	Mayorazgo	0.40	107.00	9.20	4.46	67.26	3.10	7.90	24.49	24.49	4.37	0.39	23.53	2.06	1.00	235283.08	0.24	1.02	1.75	
	7	2.7	Mayorazgo/La Caleta	0.99	107.00	9.20	4.46	41.23	3.10	6.36	19.72	19.72	5.43	0.47	96.47	6.18	1.00	964703.52	0.96	1.07	5.49	
<b>MAYORAZGO</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>2.22</b>	<b>107.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.46</b>	<b>25.76</b>	<b>3.10</b>	<b>10.40</b>	<b>32.24</b>	<b>25.00</b>	<b>4.28</b>	<b>0.38</b>	<b>517.39</b>	<b>17.03</b>	<b>0.95</b>	<b>5173866.40</b>	<b>5.17</b>	<b>1.16</b>	<b>15.70</b>
3	1	3.1	Jaboneros y Garabitas	1.15	113.00	9.20	4.71	39.97	3.10	8.75	27.13	25.00	4.52	0.40	526.90	28.23	0.95	5269000.00	5.27	1.08	24.16	
	2	3.2	Sin nombre y Sevillano	1.05	109.00	9.20	4.54	40.72	3.10	8.04	24.92	24.92	4.37	0.39	382.40	20.28	0.96	3824000.00	3.82	1.07	17.38	
	3	3.3	Jaboneros	1.00	110.00	9.20	4.58	42.12	3.10	8.61	26.69	25.00	4.40	0.39	194.60	10.73	0.98	1946000.00	1.95	1.07	9.36	
	4	3.4	Arroyo de Milla	1.49	110.00	9.20	4.58	33.57	3.10	15.06	46.69	25.00	4.40	0.39	442.10	19.43	0.96	4421000.00	4.42	1.11	17.13	
	5	3.5	Sin nombre y arroyo de la Paloma	0.82	110.00	9.20	4.58	47.11	3.10	14.60	45.26	25.00	4.40	0.39	411.40	25.38	0.96	4114000.00	4.11	1.05	21.35	
	6	3.6	Sin nombre (Jabonero)	1.15	110.00	9.20	4.58	38.93	3.10	15.11	46.84	25.00	4.40	0.39	318.00	16.21	0.97	3180000.00	3.18	1.08	14.08	
	7	3.7	Sin nombre (Jabonero)	1.13	107.00	9.20	4.46	38.37	3.10	13.58	42.10	25.00	4.28	0.38	374.70	18.36	0.96	3747000.00	3.75	1.08	15.84	
	8	3.8	Sin nombre (Jabonero)	1.50	107.00	9.20	4.46	32.55	3.10	4.06	12.59	12.59	8.50	0.62	299.20	20.17	0.97	2992000.00	2.99	1.11	18.00	
<b>JABONERO</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>4.04</b>	<b>107.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.46</b>	<b>17.68</b>	<b>3.10</b>	<b>11.23</b>	<b>34.81</b>	<b>25.00</b>	<b>4.28</b>	<b>0.38</b>	<b>2949.30</b>	<b>66.60</b>	<b>0.90</b>	<b>29493000.00</b>	<b>29.49</b>	<b>1.29</b>	<b>64.62</b>
4	1	4.1	Wittemberg	0.47	107.00	9.20	4.46	61.79	3.10	8.87	27.50	25.00	4.28	0.38	29.80	2.35	1.00	298005.28	0.30	1.03	2.01	
	2	4.2	Wittemberg	0.46	105.00	9.20	4.38	61.45	3.10	9.00	27.90	25.00	4.20	0.38	34.71	2.68	1.00	347143.75	0.35	1.03	2.29	
	3	4.3	Wittemberg	0.77	105.00	9.20	4.38	46.51	3.10	5.60	17.36	17.36	6.05	0.50	65.47	5.12	1.00	654687.85	0.65	1.05	4.48	
<b>WITTEMBERG</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>1.04</b>	<b>105.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.38</b>	<b>39.43</b>	<b>3.10</b>	<b>6.35</b>	<b>19.69</b>	<b>19.69</b>	<b>5.33</b>	<b>0.46</b>	<b>129.98</b>	<b>7.86</b>	<b>0.99</b>	<b>1299836.88</b>	<b>1.30</b>	<b>1.07</b>	<b>6.96</b>
5	-	-	Sin nombre 1	0.27	105.00	9.20	4.38	79.54	3.10	8.00	24.80	24.80	4.23	0.38	6.55	0.66	1.00	65471.99	0.07	1.01	0.56	
<b>SIN NOMBRE 1</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.27</b>	<b>105.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.38</b>	<b>79.54</b>	<b>3.10</b>	<b>8.00</b>	<b>24.80</b>	<b>24.80</b>	<b>4.23</b>	<b>0.38</b>	<b>6.55</b>	<b>0.66</b>	<b>1.00</b>	<b>65471.99</b>	<b>0.07</b>	<b>1.01</b>	<b>0.56</b>
6	-	-	Sin nombre 2	0.30	105.00	9.20	4.38	76.32	3.10	7.90	24.49	24.49	4.29	0.38	5.83	0.57	1.00	58340.47	0.06	1.02	0.48	
<b>SIN NOMBRE 2</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.30</b>	<b>105.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.38</b>	<b>76.32</b>	<b>3.10</b>	<b>7.90</b>	<b>24.49</b>	<b>24.49</b>	<b>4.29</b>	<b>0.38</b>	<b>5.83</b>	<b>0.57</b>	<b>1.00</b>	<b>58340.47</b>	<b>0.06</b>	<b>1.02</b>	<b>0.48</b>
7	1	7.1	Jarazmín	0.55	105.00	9.20	4.38	55.97	3.10	6.79	21.05	21.05	4.99	0.44	14.54	1.18	1.00	145401.87	0.15	1.03	1.02	
	2	7.2	Jarazmín	0.45	105.00	9.20	4.38	62.26	3.10	7.34	22.75	22.75	4.61	0.41	24.33	2.07	1.00	243306.88	0.24	1.03	1.77	
	3	7.3	Jarazmín	0.31	105.00	9.20	4.38	74.45	3.10	5.04	15.62	15.62	6.72	0.54	9.06	1.22	1.00	90605.78	0.09	1.02	1.03	
<b>JARAZMÍN</b>				<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>0.72</b>	<b>105.00</b>	<b>9.20</b>	<b>4.38</b>	<b>48.15</b>	<b>3.10</b>	<b>6.74</b>	<b>20.89</b>	<b>20.89</b>	<b>5.03</b>	<b>0.44</b>	<b>47.93</b>	<b>3.38</b>	<b>1.00</b>	<b>479314.53</b>	<b>0.48</b>	<b>1.05</b>	<b>2.94</b>

#### 4.- ESTUDIO HIDRAÚLICO

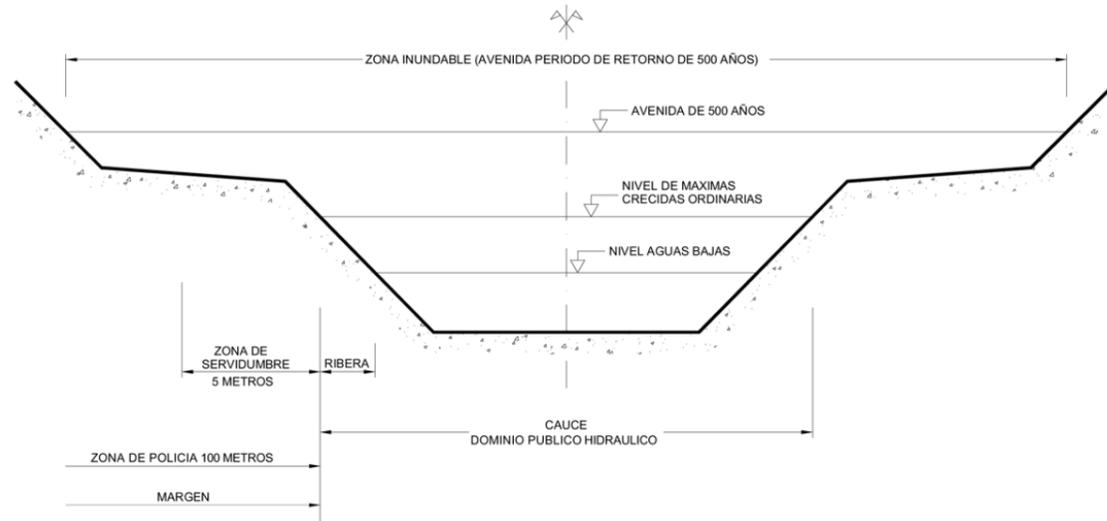
##### 4.1.- OBJETO DEL ESTUDIO

Comenzaremos por definir los siguientes términos, según establece la ley de Aguas, así como el Reglamento de Dominio Público Hidráulico:

- Cauce: terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.
- Caudal de máxima crecida ordinaria: media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente.
- Riberas: fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas.
- Márgenes: terrenos que lindan con los cauces. Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal a las siguientes restricciones:
  - a) A una zona de servidumbre de 5 m de anchura para uso público.
  - b) A una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condiciona el uso del suelo.
- Zonas inundables: las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período de retorno sea de quinientos años.

El concepto de caudal de M.C.O. es fundamental para la delimitación del cauce y por tanto de los bordes y zonificaciones del Dominio Público Hidráulico que establece la Ley de Aguas, y más ampliamente su Reglamento. Sin embargo la propia definición de la M.C.O. que se establece en la Ley de Aguas no representa un caudal concreto, sino que constituye una serie temporal de medias de valores máximos.

**ZONIFICACIÓN DEL CAUCE Y MÁRGENES INUNDABLES**



Para resolver los aspectos prácticos que conlleva la aplicación de la definición recogida en la Ley de Aguas sobre la M.C.O., en la delimitación de los cauces y, consecuentemente, en la definición del Dominio Público Hidráulico, se efectuó un estudio en el CEDEX en 1.994 para la D.G.C.A. en el que se establece de forma aproximada el valor del caudal de M.C.O.,  $Q_{M.C.O.}$ , en función de la media,  $Q_m$ , y el coeficiente de variación,  $C_v$ , de la distribución de máximos caudales anuales mediante la expresión:

$$\frac{Q_{M.C.O.}}{Q_m} = 0,7 + 0,6 \cdot C_v$$

O bien el valor de su periodo de retorno por la expresión alternativa:

$$T(Q_{M.C.O.}) = 5 \cdot C_v$$

El coeficiente de variación,  $C_v$ , de la mayoría de los cursos de agua españoles está comprendido en el intervalo  $0,3 \leq C_v \leq 1,4$ , que según la expresión anterior conduce a periodos de retorno entre 1,5 y 7 años. Los valores bajos corresponden a regímenes de hidrología moderada y los altos a las corrientes con hidrología extrema.

Siguiendo los criterios de la Agencia Andaluza del Agua, se ha optado finalmente por considerar un periodo de retorno de diez años para delimitar el Dominio Público Hidráulico, tomado el mismo del lado de la seguridad.

**4.2.- MODELO MATEMÁTICO DE CÁLCULO**

**4.2.1.- Datos Hidráulicos**

La simulación matemática del flujo requiere de un trabajo intenso preliminar que determine de la forma más real posible las condiciones geométricas del cauce, las condiciones de contorno y afinen al máximo las variables hidráulicas que determinan la cota absoluta de la lámina de agua. Seguidamente se analiza la información de la que se parte:

- Geometría

1. Para la elaboración de los cálculos hidráulicos se ha partido de la cartografía a escala 1:2.000 aportada por la Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga, por estar más actualizada (año 2.004) que la 1:1.000. En dicha cartografía además de existir curvas de nivel cada 2 m en cota, algunos elementos gráficos se hayan elevados (con cota absoluta), mientras que otros no. Por dicho motivo la primera fase del trabajo ha consistido en depurar la información de partida eligiendo las capas con información relevante para la geometrización del cauce y descartando aquellas que pudieran introducir errores en la modelización del cauce y sus márgenes.

2. Con los datos anteriores se ha realizado la conversión de la cartografía depurada a un modelo en formato GIS (TIN), modelizando así el terreno en tres dimensiones, para después, aplicando el programa GEO-RAS, obtener secciones transversales de los cauces cada 20 m aproximadamente. Tales secciones se han importado posteriormente al programa de modelización HEC-RAS.

- Condiciones hidráulicas de contorno

Las pendientes existentes en algunos tramos de los arroyos estudiados, las confluencias y otras incidencias, tales como la existencia de puntos de estrangulamiento con sección insuficiente, nos inducen a realizar los cálculos en régimen mixto, obteniendo los cruces de la lámina de agua con la línea de calado crítico y conociendo por tanto los tramos en régimen rápido y lento.

Se supone el régimen uniforme en el inicio y final de los arroyos; dicha condición impondrá errores en los extremos del cauce por lo general poco significativos.

- Variables de cálculo hidráulico

La asignación de valores de n de Manning inicialmente se realizaron de acuerdo a la bibliografía existente y conforme a la experiencia de los modelos físicos elaborados por el CEDEX, con modelizaciones físicas y matemáticas de procesos tormentosos, con datos conocidos de precipitación y láminas de agua en cauces o llanuras de inundación de la cuenca sur mediterránea, lo que ha permitido obtener los valores de rugosidad de los cauces. No obstante, puesto que los valores que recomienda la Agencia Andaluza del Agua son mayores, finalmente se han tenido asimismo en cuenta las Recomendaciones de la Agencia Andaluza del Agua para la Realización de los Estudios Hidrológico-Hidráulicos. Con estas premisas, se han considerado los siguientes valores de Manning:

- Encauzamientos en escollera y obras de drenaje transversal en hormigón armado: 0,035.
- Encauzamientos y embovedados de hormigón: 0,025.
- Cauces naturales normales: 0,045.

Finalmente debe indicarse que el cálculo se hace en régimen permanente.

#### 4.2.2.- Proceso de cálculo hidráulico

Se ha seguido la siguiente metodología de cálculo:

- 1º. Introducción de la geometría de los cauces independientes.
- 2º. Establecimiento de nudos de confluencia para que las condiciones de contorno en los cauces, den cotas de aguas congruentes en los arroyos convergentes aguas arriba y aguas abajo de dichas confluencias.
- 3º. Establecimiento de las condiciones de contorno en los extremos de los cauces.
- 4º. Introducción de los caudales obtenidos en la modelización hidrológica para T-10, y 500. Los caudales se han graduado a lo largo del cauce según el siguiente criterio: se establecen valores de caudal proporcionales a la superficie aguas arriba del punto del cauce, creando dos o tres tramos de cauce con caudales crecientes desde aguas arriba a aguas abajo.

Para la elaboración de los cálculos anteriores se han empleado las siguientes herramientas:

- Programa HEC-RAS v 3.1.2.

### 4.3.- CÁLCULOS CON HEC-RAS

#### 4.3.1.- Descripción del programa

Para los cálculos del flujo en los arroyos incluidos en el presente estudio en la situación futura de desarrollo urbano del municipio se ha empleado el software HEC-RAS que fue desarrollado en el Hydrologic Engineering Center (HEC). HEC-RAS es un paquete de programas de análisis hidráulico, en el cual el usuario interactúa con el sistema a través de un interface gráfico (GUI). El sistema está capacitado para realizar cálculos de flujo continuo y discontinuo, así como otros cálculos de diseño hidráulico.

El programa para cada uno de los proyectos gestiona la siguiente información:

- Datos del Plan
- Datos geométricos
- Datos de flujo continuo
- Datos de flujo discontinuo
- Datos de diseño hidráulico

Durante el transcurso de un estudio el modelador puede realizar varios planes diferentes. Cada plan representa un conjunto específico de datos geométricos y de datos de flujo. Una vez que los datos básicos son introducidos, el modelador puede fácilmente desarrollar nuevos planes. Después de que el programa ha realizado los cálculos para los diferentes planes, los resultados pueden compararse simultáneamente mediante tablas y gráficos.

Para desarrollar un modelo hidráulico con HEC – RAS hay que completar los siguientes pasos:

- Entrada de datos geométricos.
- Entrada de datos del flujo.

- Realización de los cálculos hidráulicos.
- Visión e impresión de los resultados.

Una vez establecida la geometría en planta del cauce o canal, se pueden introducir las secciones transversales. Se puede incluso también establecer uniones de flujos en el sistema.

Para introducir los datos de flujo continuo hay que especificar los siguientes parámetros:

- El número de perfiles para ser calculados, entre 1 y 500.
- Los datos del flujo.
- Condiciones de borde del sistema del río.
- Al menos un flujo debe ser introducido para cada segmento dentro del sistema.
- Los valores del flujo deben ser introducidos para todos los contornos.

Si se va a hacer un análisis en régimen subcrítico sólo son necesarias las condiciones de borde en el extremo de aguas abajo del arroyo.

En un análisis en régimen supercrítico sólo son necesarias las condiciones de borde en el extremo de aguas arriba del arroyo.

En un análisis en régimen mixto son necesarias las condiciones de borde tanto en los extremos aguas arriba como aguas abajo.

El programa permite la entrada de las siguientes condiciones de borde:

- Elevaciones de la superficie de agua conocidas.
- Profundidad crítica: El usuario no tiene que introducir ninguna información. El programa calculará la profundidad crítica para cada uno de los perfiles.

- Profundidad normal: El usuario debe introducir la pendiente de la línea de energía que deberá ser usada en los cálculos de profundidad normal (en la ecuación de Manning). Si la pendiente de la línea de energía es desconocida, el usuario podría aproximarla introduciendo la pendiente de la superficie de agua o la pendiente del fondo del canal. (Se recomienda que estas condiciones de contorno, cuando se desconocen, se den en extremos lo suficientemente alejadas de los tramos de cálculo, ya que con la longitud se disipan los errores; incluso para secciones lo suficientemente alejadas puede ocurrir que la condición de contorno no afecte al flujo en el tramo objeto del cálculo).

Una vez elaborado el cálculo el programa permite la impresión de los resultados obtenidos mediante diferentes tipos de tablas y gráficos, con opciones de generación de perfiles y vistas en tres dimensiones.

#### **4.3.2.- Hipótesis y limitaciones del programa**

El modelo matemático HEC-RAS 3.1.2 está basado en la ecuación de conservación de la energía, con las pérdidas de carga valoradas según la ecuación de Manning y las siguientes hipótesis:

1. Pueden hacerse los cálculos en régimen permanente o variable según una tabla de valores,  $Q / t$ .
2. El flujo es gradualmente variado: la curvatura de las líneas de corriente es despreciable, de manera que se puede suponer una distribución hidrostática de la presión.
3. El flujo se supone unidimensional, considerándose en la distribución horizontal de la velocidad las zonas de cauce y llanuras de inundación por ambos márgenes. La altura de la energía es igual para todos los puntos de la sección.

4. La pendiente del cauce ha de ser pequeña (menor a un 10 %), debido a que la altura de presión se supone equivalente a la cota de agua medida verticalmente.
5. Se admite cambio de régimen (de lento a rápido o viceversa) en un mismo cálculo.
6. La pendiente de la línea de energía es constante entre dos secciones transversales.
7. El lecho del cauce es fijo. No tiene en cuenta los procesos de acreción o erosión en el lecho.

El modelo matemático resuelve de forma iterativa la ecuación de conservación de la energía para calcular el nivel del agua en una sección a partir del nivel conocido de otra. Para calcular las pérdidas por fricción se utiliza la fórmula de Manning, pudiendo usarse diferentes procedimientos, tanto para asignar el valor del coeficiente, que varía de sección en sección, y en cada una horizontal o verticalmente, como para calcular el valor medio en cada tramo (media aritmética, geométrica y armónica...).

#### 4.3.3.- Resultados de la simulación.

Siguiendo la metodología de cálculo expuesta en el apartado anterior se han obtenido los siguientes resultados para cada sección:

- Caudal.
- Calado.
- Cota de rasante.
- Cota agua.
- Cota crítica.
- Cota energía.
- Pendiente de energía.
- Velocidad del canal
- Sección hidráulica.
- Número de Froude.

En los apéndices se aportan gráficos de vista en tres dimensiones del flujo, secciones transversales, y perfil longitudinal con cotas de agua para T-10 y T-500 y listado de las variables hidráulicas anteriores para T-10 y T-500.

Finalmente se han elaborado planos definiendo la zona de dominio público hidráulico, zonas de servidumbre y policía así como las zonas con peligro de inundación para T= 500 años.

#### 5.- CONCLUSIONES

Una vez conocida la cota de la lámina de agua en los diferentes cauces objeto de estudio, estamos en disposición de analizar y determinar los posibles riesgos inherentes a cada cauce y sus márgenes, y proponer las soluciones pertinentes que mejoren el grado de protección o establecer las restricciones convenientes al uso del suelo para evitar riesgos.

##### 5.1.- ANÁLISIS DE RIESGOS

Del estudio hidráulico elaborado al efecto podemos distinguir los siguientes tipos de riesgo:

1. Sección hidráulica insuficiente de obras de drenaje transversal y embovedados longitudinales, lo que conlleva la inundación de la carretera, camino o plataforma superior.
2. Inundación de las márgenes de los cauces.

Seguidamente vamos a analizar los diferentes tipos de riesgo.

##### 5.1.1.- Problemas de funcionamiento de obras de fábrica y embovedados

Del estudio hidráulico elaborado al efecto se detecta el fallo de las obras de drenaje y embovedados que figuran en el siguiente cuadro:

Obras de Drenaje que no cumplen:

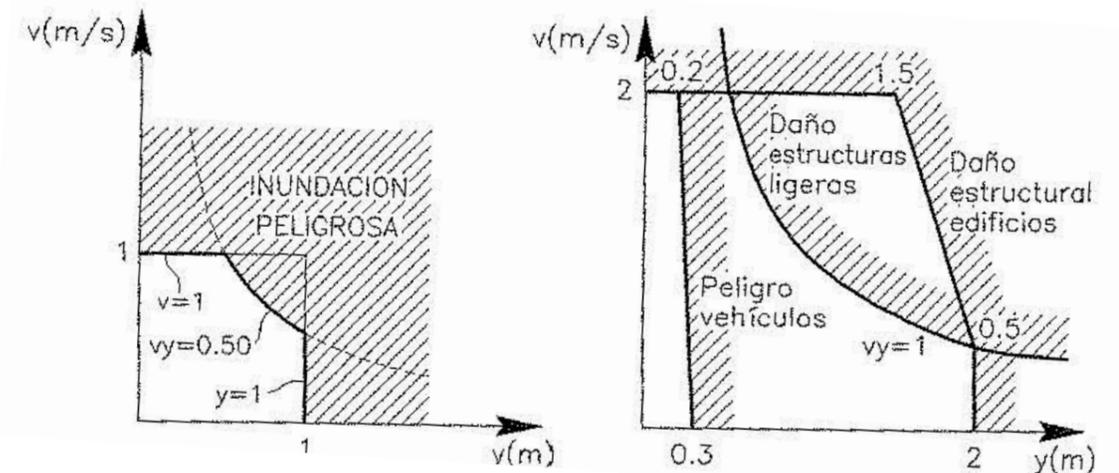
CUENCA	SUB-CUENCA	FICHA	ARROYO	OBRA	T	
					10	500
1	1.5	01-C1	Pastelero	Dique y ODT tubo $\Phi 400$ mm	X	X
	1.5	02-C1	Pastelero	ODT tubo $\Phi 1.000$ mm	X	X
	1.6	04-C1	Pastelero	Puente doble arco		
	1.6	05-C1	Pastelero	Paso superior sección rectangular 13.0x5.0		
2	2.5	06-C2	Carnicero	ODT tubo $\Phi 1.800$ mm		X
	2.7	08-C2	Mayorazgo/La Caleta	Bóveda 6.0x6.0		
3	3.7	03-C3.7	Sin nombre (Jabonero)	Pontón de 3 vanos		X
4	4.3	02.1 Y 02.2-C4	Wittemberg	Cajón 13.0x5.0		
	4.3	03-C4	Wittemberg	ODT marco 3.0x3.0-bóveda		
	4.3	04-C4	Wittemberg	ODT cajón 3.0x3.0		
	4.3	05-C4	Wittemberg	Paso superior sección rectangular 13.0x5.0		
	4.3	06-C4	Wittemberg	Paso superior sección rectangular 7.0x1.6		
	4.3	07-C4	Wittemberg	Paso superior sección rectangular 7.0x1.9		
7	7.1	01-C7	Jarazmín	Pontón 1.0x1.50/2.0 m		X
	7.1	02-C7	Jarazmín	ODT tubo $\Phi 1.000$ mm		X
	7.1	03-C7	Jarazmín	Pontón 1.0x1.50/2.0 m		X
	7.1	04-C7	Jarazmín	ODT tubo $\Phi 2.000$ mm		
	7.1	05-C7	Jarazmín	ODT tubo $\Phi 2.000$ mm		X
	7.1	08-C7	Jarazmín	Doble tubo $\Phi 1.000$ mm		X
	7.1	09-C7	Jarazmín	Doble tubo $\Phi 1.000$ mm		X

Con una x se ha marcado el período de retorno en el que se produce el fallo. Como fallo entendemos la inundación de la carretera o camino que cruza el cauce.

En particular la Instrucción de Carreteras para las obras de fábrica sólo exige el cumplimiento del drenaje para los caudales correspondientes a un período de 100 años, y en ferrocarriles se suelen dimensionar para 300 años. En nuestro caso se han comprobado para un periodo de retorno de 500 años. Cabe destacar la falta de capacidad de alguna de estas obras de drenaje para un periodo de retorno de 10 años. La falta de capacidad de las obras se traduce en la inundación de las vías y consecuentemente de las márgenes por la sobreelavación que se produce aguas arriba. Por este motivo y considerando la ubicación de tales obras de fábrica en un espacio principalmente urbano o urbanizable, parece recomendable exigir capacidades de desagüe superiores. Son importantes los efectos de sobreelavación aguas arriba en muchas de las obras de drenaje transversal estudiadas.

**5.1.2.- Problemas de inundación de márgenes**

En este apartado determinaremos los intervalos de cauce con inundación de sus márgenes. Atenderemos a los criterios de inundación peligrosa. De acuerdo a experimentos sobre la resistencia y estabilidad de personas ante el flujo del agua, se considera a nivel internacional como peligrosas las condiciones hidráulicas (calado y velocidad) del diagrama adjunto, es decir, calado mayor de 1 m, velocidad mayor de 1 m/s y producto de ambas mayor de 0.5 m<sup>2</sup>/s.



En el caso de la cuenca 1 (arroyo Pastelero) se cumplen las tres condiciones simultáneamente, por lo se ha considerado que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

En el caso de la cuenca 2, correspondiente a los arroyos Mayorazgo, San Antonio y Carnicero, se producen altas velocidades en la mayoría de los tramos, por lo que por lo que podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

En el caso del arroyo Jaboneros, cuenca 3, se producen tanto velocidades superiores a 1 m/s como calados superiores a 1 m, por lo que podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

En el caso de la cuenca 4, correspondiente al arroyo Wittemberg, se producen velocidades superiores a 1 m/s, por lo que también se ha considerado que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

En el caso de la cuenca 5, correspondiente al arroyo Sin nombre 1, se producen también velocidades elevadas, por lo que podemos concluir que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años.

Para el arroyo Sin nombre 2 (cuenca 6), se ha considerado que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años, debido a que se producen velocidades altas.

Para el arroyo Jarazmín (cuenca 7), se ha considerado que la zona de riesgo coincide con la de ocupación del agua para un periodo de retorno de 500 años, debido tanto a velocidades elevadas como a calados superiores a 1 m.

## 5.2.- DELIMITACIÓN DE ZONAS DE RIESGO POR INUNDACIÓN

De acuerdo a las consideraciones del apartado 5.1.2 se delimitan las zonas de riesgo por inundación con los resultados del flujo para 500 años en todos los casos con cotas obtenidas en agua clara sin considerar esponjamiento por transporte sólido. Las zonas de riesgo por inundación serán por tanto:

- Las obras de drenaje y encauzamientos con sección hidráulica insuficiente que producen la inundación del viario o plataforma superior. En este sentido debe considerarse que un alto porcentaje de las víctimas producidas en inundaciones y de los vehículos arrastrados en los últimos años han tenido su origen en el corte del viario por la lámina de la crecida; la subestimación de la capacidad de arrastre del agua con calados escasos, ha aventurado a numerosas víctimas al uso de los viales inundados, provocando pérdidas humanas y económicas considerables.
- Las zonas urbanas o urbanizables según el Documento de Aprobación Provisional del Plan General de Ordenación Urbana en redacción, que se inundan.

## 5.3.- MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y POLICÍA

Se refieren a la totalidad de los cauces. Estas labores corresponden al organismo de cuenca, si bien desde la administración municipal puede prestarse un apoyo importante en la gestión de las afecciones a los dominios públicos hidráulicos. En particular parecerían adecuadas las siguientes medidas preventivas:

- Prohibir las obras de embovedados de cauces o las modificaciones de trazado de cauces integrados en urbanizaciones, salvo que no exista otra posibilidad de integración.

- En las urbanizaciones que se desarrollen junto a cauces principales exigir a los promotores las correspondientes obras de encauzamiento.
- Coordinación con el Organismo de Cuenca, a efectos de planificar los proyectos de encauzamientos necesarios.

Málaga, Junio de 2.010

Los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Autores del Estudio

Fdo.: Inmaculada Barquero Zafra

Fdo.: Rafael Gallego López

Vº Bº  
Director del Estudio

Fdo.: Julio García Villanova

**APENDICES:**

- 1.- DATOS PREVIOS
  - 1.1.- Fichas de los cauces
  - 1.2.- PGOU
  - 1.3.- Situación de estaciones meteorológicas
  - 1.4.- Estudio pluviométrico
  
- 2.- ESTUDIO HIDROLOGICO
  - 2.1.- Cuenca de aportación
  - 2.2.- Usos del suelo
  - 2.3.- Litología
  - 2.4.- Permeabilidad superficial
  - 2.5.- Pendientes medias
  - 2.6.- Isolíneas de precipitación
  - 2.7.- Umbral de escorrentía y número de curva
  
- 3.- ESTUDIO HIDRAULICO. RESULTADOS
  - 3.1.- Cuenca 1. Arroyo Pastelero. T=10 años
  - 3.2.- Cuenca 2. Arroyo Mayorazgo. T=10 años
  - 3.3.- Cuenca 3. Arroyo Jaboneros. T=10 años
  - 3.4.- Cuenca 4. Arroyo Wittenberg. T=10 años
  - 3.5.- Cuenca 5. Arroyo sin nombre 1. T=10 años
  - 3.6.- Cuenca 6. Arroyo sin nombre 2. T=10 años
  - 3.7.- Cuenca 2. Arroyo Jarazmín. T=10 años
  - 3.8.- Cuenca 1. Arroyo Pastelero. T=500 años
  - 3.9.- Cuenca 2. Arroyo Mayorazgo. T=500 años
  - 3.10.- Cuenca 3. Arroyo Jaboneros. T=500 años
  - 3.11.- Cuenca 4. Arroyo Wittenberg. T=500 años
  - 3.12.- Cuenca 5. Arroyo sin nombre 1. T=500 años
  - 3.13.- Cuenca 6. Arroyo sin nombre 2 años
  - 3.14.- Cuenca 7. Arroyo Jarazmín. T=500 años
  
- 4.- DETERMINACION DE LAS ZONAS DE DOMINIO PUBLICO, ZONAS DE SERVIDUMBRE Y ZONAS DE POLICIA
  
- 5.- DETERMINACION DE LAS ZONAS CON PELIGRO DE INUNDACION PARA T=500 AÑOS.

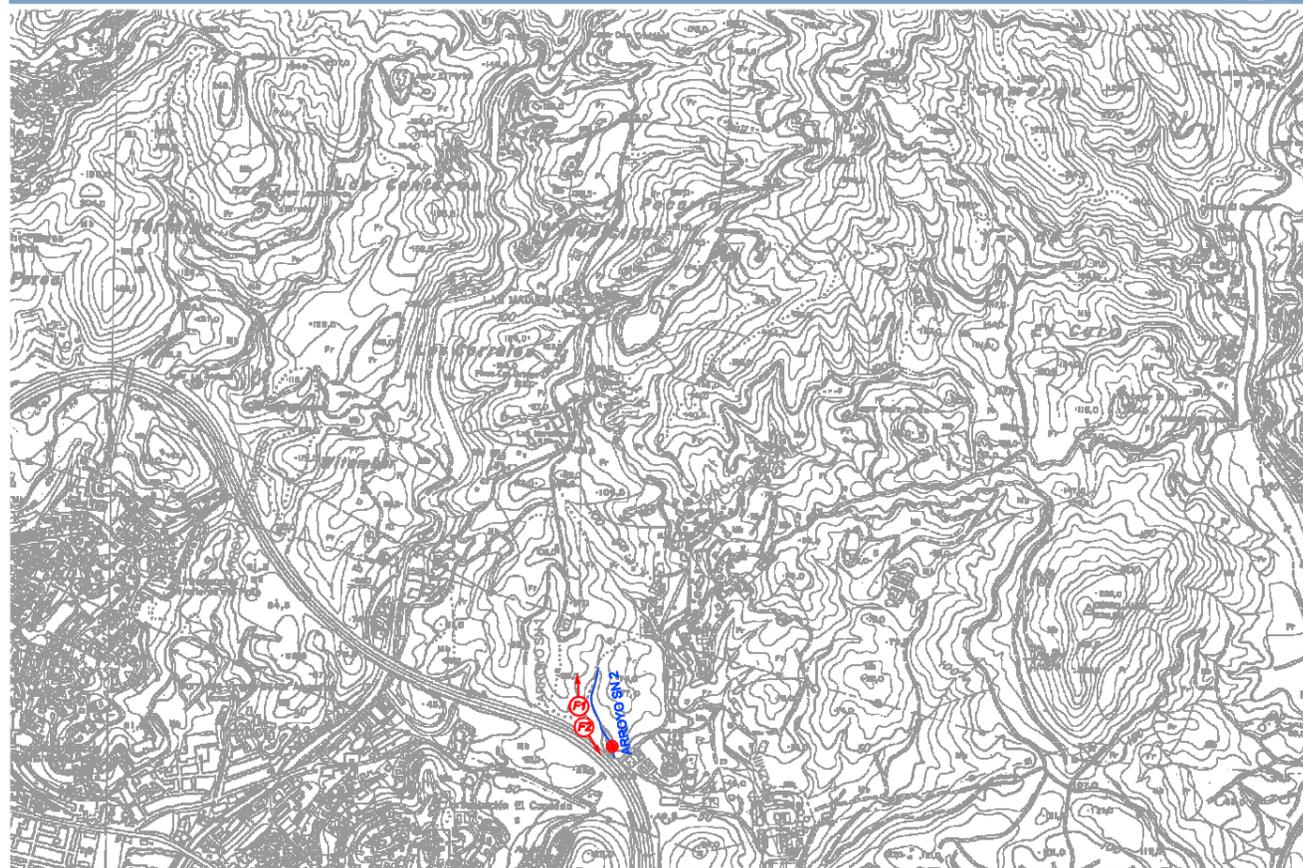
APENDICE:

- 1.- DATOS PREVIOS
  - 1.1.- Fichas de los cauces
  - 1.2.- PGOU
    - 1.2.1.- PGOU vigente
    - 1.2.2.- Aprobación provisional

1.1.- Fichas de los cauces

<b>FICHA DE CAUCE FLUVIAL N°:</b>	01-C6	<b>FECHA:</b>	19-11-08	<b>CUENCA:</b>	C6
<b>NOMBRE DEL CAUCE:</b>	Arroyo Sin nombre 2	<b>TIPO:</b>	PRINCIPAL	X	
			SECUNDARIO	-	

**SITUACION**



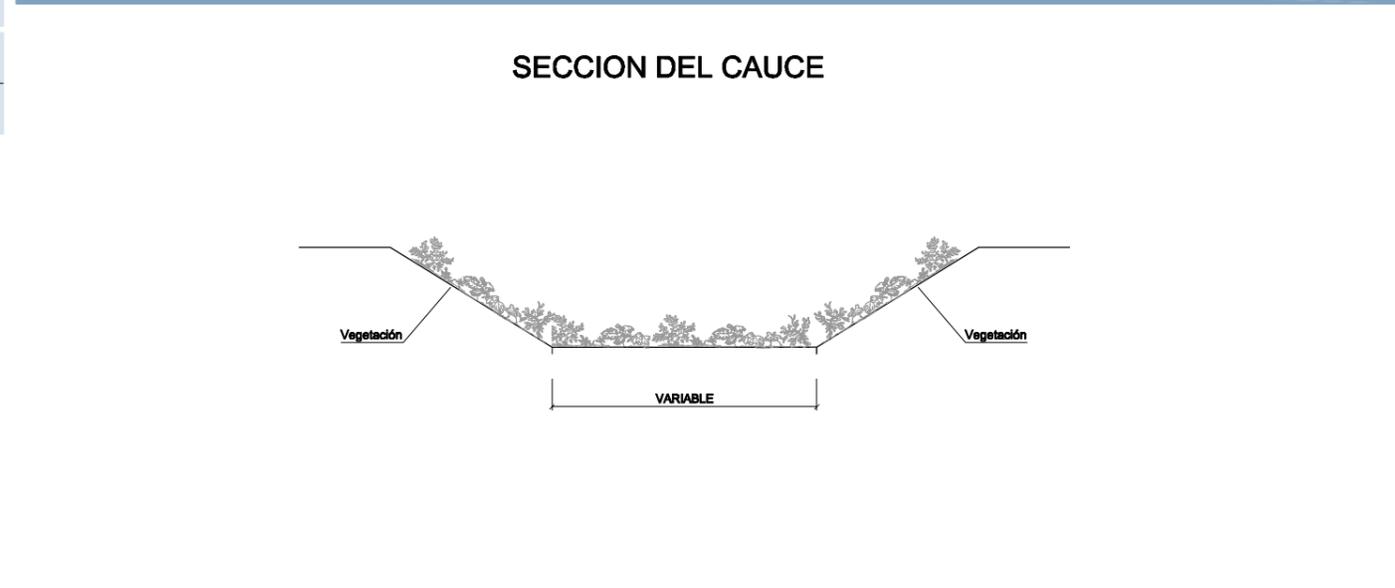
**AFECCIONES:**

No existen ( salvo cruce con autovía )

**DESCRIPCION DEL CAUCE:**

• GEOMETRIA:	Trapezial
• REGULARIDAD DE LA SECCION:	Media
• REVESTIMIENTO:	Cauce en tierras con presencia de vegetación
• n (ESTIMADO):	0.045

**CROQUIS DEL CAUCE**



**FOTOS DEL CAUCE**



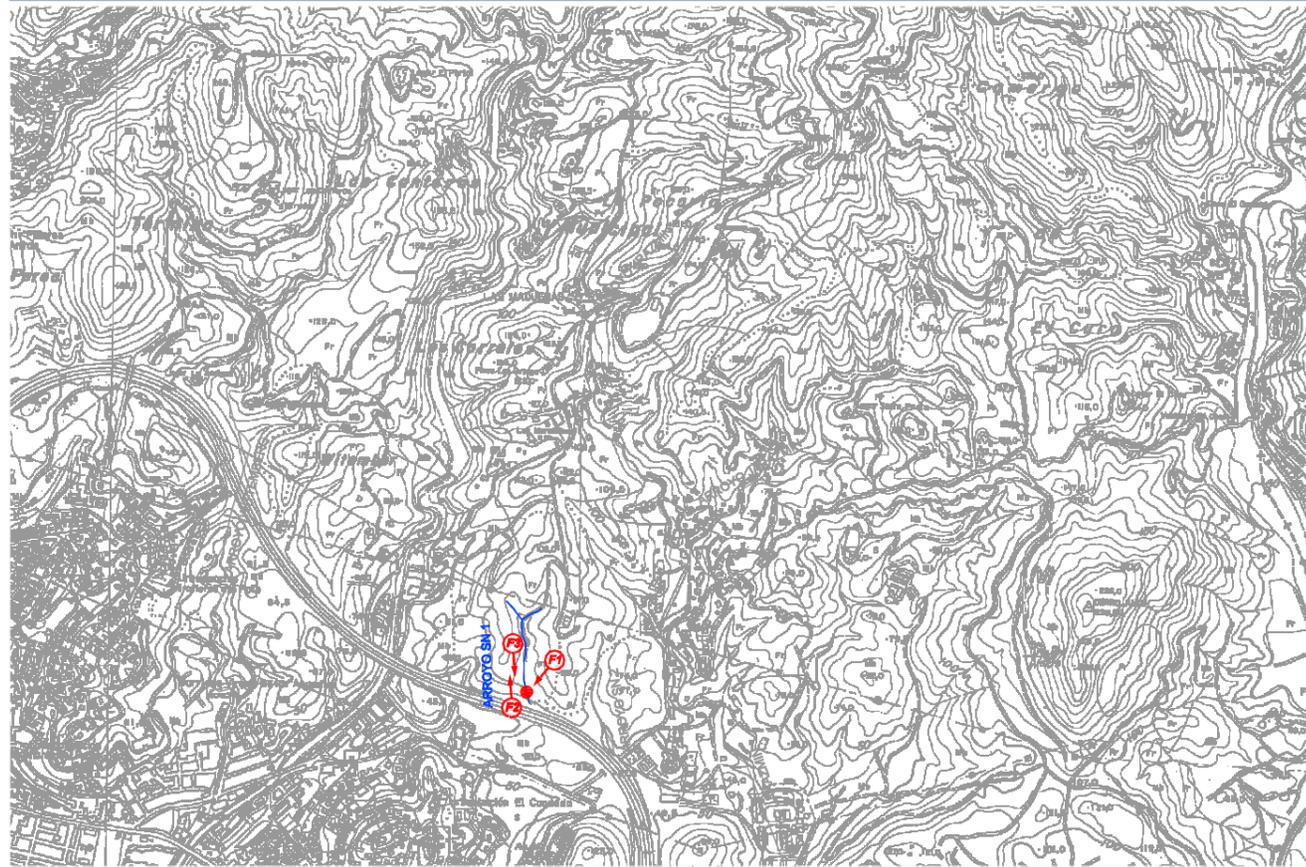
F1  
Sección cauce aguas arriba



F2  
Sección cauce aguas abajo

<b>FICHA DE CAUCE FLUVIAL N°:</b>	01-C5	<b>FECHA:</b>	19-11-08	<b>CUENCA:</b>	C5
<b>NOMBRE DEL CAUCE:</b>	Arroyo Sin nombre 1	<b>TIPO:</b>	PRINCIPAL		X
			SECUNDARIO		-

**SITUACION**



**AFECCIONES:**

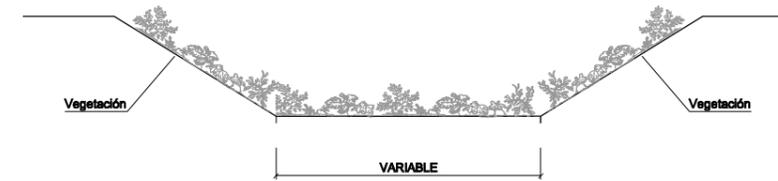
Cruce de autovía

**DESCRIPCION DEL CAUCE:**

• GEOMETRIA:	Trapezial
• REGULARIDAD DE LA SECCION:	Media
• REVESTIMIENTO:	Cauce en tierras con vegetación
• n (ESTIMADO):	0.045

**CROQUIS DEL CAUCE**

**SECCION DEL CAUCE**



**FOTOS DEL CAUCE**



F1  
Sección obra de drenaje aguas arriba



F2  
Sección cauce aguas arriba



F3  
Sección cauce aguas abajo