

MEMORIA ESPECÍFICA DEL ARROYO TEATINOS

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.

Tal como hemos determinado en el plano que aportamos en el anejo de cálculos hidrológicos, en el que determinamos el área vertiente, la superficie de la cuenca está bien definida dado que en su mayor parte es exterior a la zona urbanizada y el terreno tiene una topografía movida que nos ha permitido determinar con exactitud las divisorias con las cuencas limítrofes

Nos ha parecido conveniente fijar sólo dos puntos de control en los que determinamos los caudales correspondientes a 10 y 500 años de periodo de retorno. La homogeneidad de la cuenca no aconseja hacer más determinaciones.

En el espacio comprendido entre los dos puntos de control es en donde determinamos el dominio público hidráulico y la zona de inundación.

2.- CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS.

Aportamos unas hojas de cálculo en las que casi siempre tenemos que hacer una corrección, que aumenta los caudales de cálculo. Tenemos que atender, para obtener la aprobación sin problemas del documento, los criterios establecidos por la Cuenca Mediterránea Andaluza, que recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea, para cuencas de carácter rústico de extensión inferior a 20 Km² <> 2.000 Ha) de caudales específicos mínimos de 20 m³ / seg / km².

Atendemos esos criterios con la utilización de los procedimientos de cálculo genéricamente establecidos, con la modificación siguiente: aumentamos la velocidad media calculada de circulación del agua por el cauce principal de la cuenca desde 0,74 hasta 2,05 m/seg, con ello conseguimos aumentar el caudal específico del primer punto de control, con 500 años de periodo de retorno, desde 11,51 hasta 20,16 m³/seg. Con ello demostramos que nos quedamos claramente del lado de la seguridad.

En la hoja de cálculos hidráulicos con la que determinamos las láminas de agua que nos permiten determinar las ocupaciones en el arroyo, variamos el caudal de la forma siguiente:

- Con el periodo de retorno de 10 años entre 13,87 m³/seg en el P1 hasta 22,44 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 62 % hasta el 100 %.
- Con el periodo de retorno de 500 años entre 46,66 m³/seg en el P1 hasta 61,21 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 76 % hasta el 100 %.

3.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.

El único lugar en el que hemos considerado necesario verificar la capacidad hidráulica de obras de drenaje longitudinal existente es en el cruce bajo la avenida del Puerto de la Torre, punto final de la zona de estudio de este arroyo.

Verificamos en la hoja de cálculo en la que determinamos la capacidad de evacuación, que con un calado a la entrada de 5,30 m, lo que supone 1,80 m por encima de la clave del pontón entra el caudal de cálculo con 500

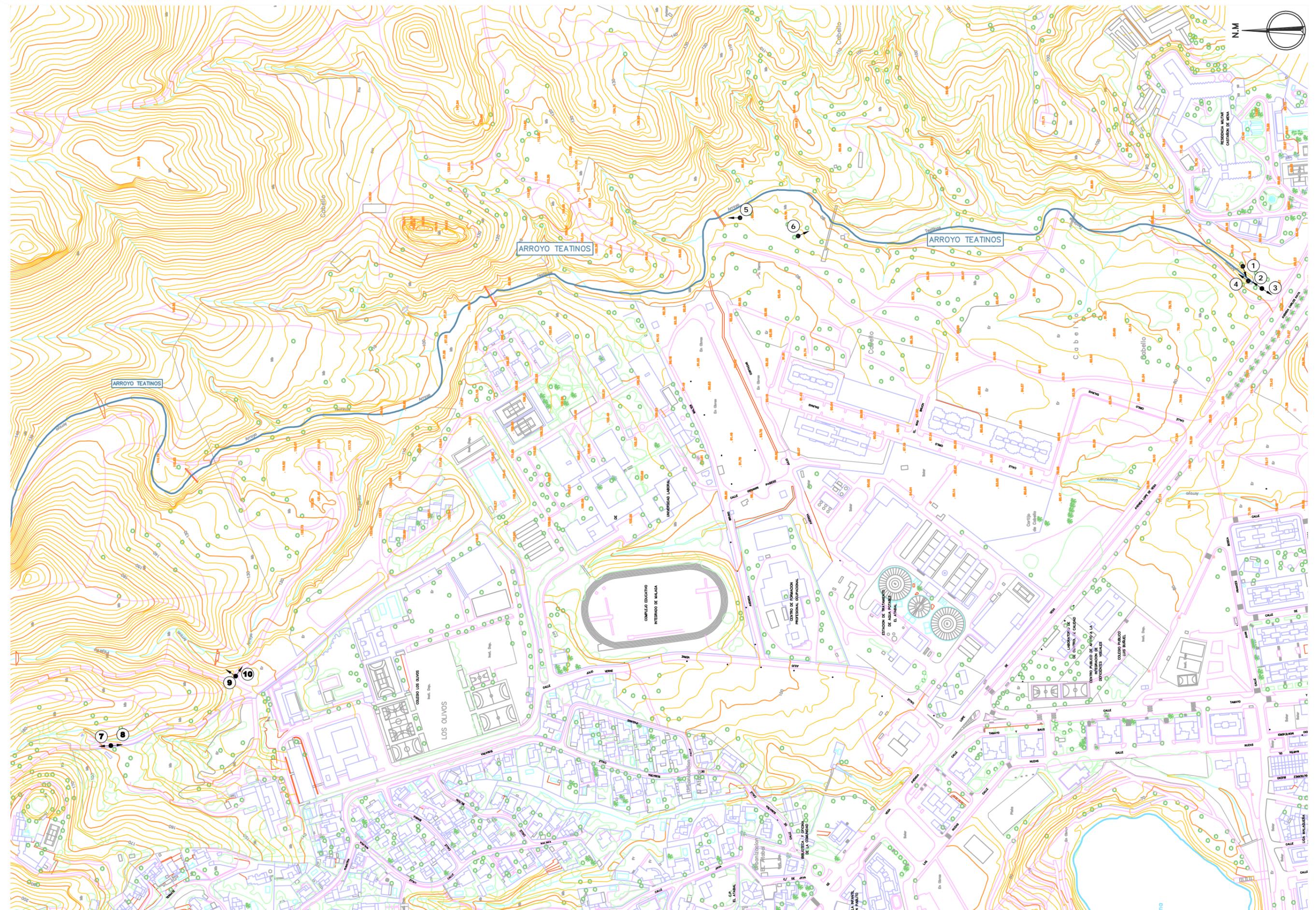
años de periodo de retorno Verificamos en la fotografía nº 1 que ello es posible sin que se produzca el desbordamiento del arroyo.

Respecto de la capacidad hidráulica del pontón, en la parte inferior de la hoja determinamos que se precisa una pendiente del 1,52 % para que pueda transitar en caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno. Tenemos que advertir que estamos utilizando un coeficiente de Stricker de 40, que es el que nos exige la C.M.A. Este coeficiente nos parece demasiado bajo para una obra de esta naturaleza, por lo que estamos seguros de que, aunque la pendiente sea algo menor del 1,52 %, ese caudal máximo pasaría sin ningún problema.

Las hojas electrónicas con las que determinamos el dominio público hidráulico no nos han dado ningún problema en su elaboración. Los límites del Dominio Público Hidráulico y de la Zona de Inundación están bien definidos y tienen una continuidad razonable. La superficie que hemos fijado con el primer deslinde, de 1,70 Ha, nos parece suficientemente exacta y representativa.

4.- CONCLUSIONES.

Entendemos que la información técnica aportada en este arroyo es suficiente para definir lo que se nos ha solicitado, no obstante quedamos a disposición de los Técnicos Municipales o de la A.A.A. para aclarar cualquier parte de su contenido.



c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 1 - Al llegar al vial que une, con Málaga, al puerto de la torre, nos encontramos con esta importante obra de embovedado del arroyo



Fotografía 2 - Desde el interior de la Obra de Drenaje tomamos dos fotografías, esta primera mirando el cauce hacia aguas arriba.



Fotografía 3 - En la segunda fotografía miramos el interior. La bóveda tiene 4,00 m de anchura y 3,50 de altura. Transita a todo lo ancho del vial y sus zonas aledañas, que conduce al Puerto de la Torre.



Fotografía 4 - El arroyo, en este primer tramo, está limitado con escollera



Fotografía 5 – La zona intermedia del arroyo nos muestra su importante entidad. Vemos un azud para contención de acarrees, de gaviones, destruido por alguna riada.



Fotografía 6 – Otra obra de paso sobre el arroyo que acredita su importancia



Fotografía 7 – Teníamos dudas respecto del límite occidental del área vertiente situada como límite del contexto urbano. Nos hemos desplazado a esa zona y hemos identificado el cauce del arroyo que nos producía las dudas.



Fotografía 8 – Un poco más aguas debajo de la posición en la que tomamos la fotografía anterior hemos encontrado este origen de un embovedado. Casi estamos seguros de que se deriva fuera del Teatinos, pero por seguridad hemos incluido este afluente como el más occidental.



Fotografía 9 – Un poco más al sur nos encontramos con otro afluente, fuera del contexto urbano, que no nos ofrece dudas. Vemos otra de las numerosas trampas de acarreo con que cuenta esta cuenca.



Fotografía 10 – Mirando hacia aguas abajo vemos como se configura el arroyo con total claridad. La coronación de la loma de la derecha la hemos configurado como el límite de área vertiente.

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS.

1.- DOCUMENTACIÓN UTILIZADA.

Para la realización del presente estudio hidrológico hemos utilizado la documentación siguiente, que es la recomendada por los Técnicos del Departamento de Hidrología en la Cuenca Mediterránea Andaluza de la Agencia Andaluza del Agua:

- 1.- Criterios para la autorización de actuaciones en la zona de policía.
- 2.- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Dirección general de Carreteras del Ministerio de Fomento).
- 3.- Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España – Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente).

Dentro de la documentación que debe presentar cualquier solicitante en la Agencia Andaluza del Agua, se precisa un Estudio Hidrológico que se debe realizar atendiendo a las consideraciones siguientes:

Se deben determinar los caudales asociados a periodos de retorno de 100 y 500 años. Para cuencas que se puedan considerar unitarias, con superficie de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración comprendidos entre 1 y 24 horas, se recomienda como método hidrometeorológico la variante del método racional reflejado en la Instrucción de Carreteras 5.2. IC "Drenaje Superficial". Este método resulta adecuado para una cuenca, como la que nos ocupa, con un suficiente grado de homogeneidad espacial tanto en sus características de escorrentía como en la estructura de las tormentas en la región.

Para la aplicación del método hay que determinar, en primer lugar, la precipitación máxima para los periodos de retorno considerados. Se recomienda utilizar el "Mapa para el cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

2.- CÁLCULOS HIDROLÓGICOS UTILIZANDO EL MÉTODO REGIONAL.

Este procedimiento se basa en la determinación de los caudales de cálculo utilizando la publicación "Máximas lluvias en la España Peninsular" editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Esta publicación nos permite obtener las máximas precipitaciones en un lugar de la España Peninsular con solo conocer sus coordenadas UTM. La determinación de precipitaciones se basa en cálculos hidrometeorológicos y en las nuevas tecnologías estadísticas.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente "índice de avenida", asume que la variable Y resultante de dividir, en cada estación, los valores máximos anuales por su media, sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Es decir, se cumple que $Y = P_{max} / P_{med}$

Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P_{med} se estima exclusivamente a partir de los datos de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t con la media local P_{med} según la siguiente expresión: $X_t = Y_t \times P_{med}$

Para realizar el cálculo, en principio, utilizamos el método gráfico. Incluimos al final de este anejo un plano elaborado a partir de los mapas incluidos en el anejo nº 1 de la publicación citada, pero con una información geográfica mayor de nuestra zona de estudio.

Las coordenadas del punto que tomamos como representativo de la cuenca y los valores de los parámetros que se obtienen, para los periodos de retorno consignados, los hemos consignado y calculado en la TABLA Nº 1 que consignamos en la hoja electrónica que figura en la última parte del anejo.

Hemos verificado que los valores obtenidos, aplicando el procedimiento gráfico, coinciden razonablemente con los que proporciona la aplicación informática MAXPLU que acompaña a esta publicación.

Los valores de Y_t se obtienen de la tabla 7.1 de la publicación, que reproducimos abreviadamente, con la denominación "TABLA Nº 2" en la hoja electrónica que adjuntamos al final de este anejo. Los valores de Y_t obtenidos los hemos utilizado en la TABLA Nº 1 para fijar los valores del citado cuantil.

3.- CÁLCULOS UTILIZANDO LA PUBLICACIÓN DEL INSTITUTO DE METEOROLOGÍA.

En la publicación - Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España; Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente) -, encontramos 3 estaciones pluviométricas que se puedan relacionar con nuestra cuenca. Sus valores de lluvia esperada en 24 h los reproducimos en la TABLA Nº 3.

4.- VALORES DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ADOPTADOS.

El resumen de las precipitaciones máximas en periodos de 24 horas para los periodos de retorno consignados y los dos métodos de cálculo utilizados se recoge en el cuadrante siguiente, es decir en la TABLA Nº 4.

Hemos adoptado, para todos los periodos de retorno el valor máximo obtenido en los dos procedimientos de cálculo, con lo que nos quedamos claramente del lado de la seguridad. Esta información se consiga en la última fila de la citada TABLA Nº 4.

5.- CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Utilizamos para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca el método generalmente aceptado. No obstante nos quedamos del lado de la seguridad mayorando la velocidad media de circulación del agua por parecernos baja la que se obtiene del cálculo realizado

6.- COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA UTILIZADO.

El coeficiente de escorrentía C define la proporción de la intensidad de lluvia, I, que genera escorrentía superficial. Se ha determinado el valor de los coeficientes de escorrentía en una tabla que también adjuntamos en este anejo, resultando los valores que se han consignado en la TABLA nº 6.

7.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA PARA CADA PERIODO DE RETORNO.

Utilizamos la fórmula de Nadal que es la que determina mejores ajustes en la zona considerada para lluvias de corta duración; su expresión es la siguiente: $I_t = 9.25 \times I_h \times t^{(-0.55)}$. Siendo:

I_t - la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración "t" minutos, expresada en mm / hora.

Ih - la intensidad media de la precipitación horaria máxima, también expresada en mm/hora.

t - es la duración de la precipitación expresada en minutos = Tc.

La intensidad media horaria de la precipitación correspondiente a 60 x 24 =1440 minutos, es el valor de Pd/24 determinado anteriormente para los diferentes periodos de retorno. De ello podemos deducir Ih en la formula anterior de la siguiente forma:

$$Pd / 24 = 9.25 \times Ih \times 1.440^{(-0.55)} - \text{De donde obtenemos: } Ih = 0.246 \times Pd$$

Es decir, que la precipitación del chubasco de una hora de duración es aproximadamente el 25% del valor de la precipitación máxima diaria del periodo de retorno correspondiente.

Aplicando nuevamente la formula de Nadal para el valor del Tiempo de Concentración obtenido anteriormente obtendremos las Intensidades máximas de lluvia para los distintos periodos de retorno considerados

Con la fórmula anterior y los valores de Pd antes consignados, obtenemos en la siguiente TABLA, la N° 5, para cada periodo de retorno, las intensidades horarias correspondientes al chubasco de una hora de duración y el de la lluvia de cálculo, con duración igual al tiempo de concentración.

8.- EXPRESIÓN A UTILIZAR PARA DETERMINAR LOS CAUDALES DE CÁLCULO.

La determinación de los caudales de cálculo, en el ámbito de este anejo, sólo tiene una razón de ser que es la obtención de los caudales específicos QE (escorrentía producida en 1 km²) que resultan para cada periodo de retorno en función de las hipótesis realizadas. Dichos caudales específicos nos permiten tener una idea fundamentada del nivel de corrección de nuestros cálculos. Para determinar estos caudales aplicamos la fórmula Racional a una superficie de 1 km². La expresión es: $Q = C \times I \times A / 3,6$. Siendo:

C: Coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I.

I (mm/h): Máxima intensidad media en el intervalo de duración igual a Tc.

A (Km²): Superficie de la cuenca; en este caso: A = 1.

Q (m³/seg): Caudal punta.

En la TABLA siguiente, es decir en la N° 6, calculamos los caudales de cálculo para los periodos de retorno que estamos utilizando. Dado que empleamos una superficie de 1 km² coinciden con los caudales específicos (QE) que, como hemos comentado, son los valores medios generados por una superficie de cuenca de un kilómetro cuadrado.

9.- CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que la Agencia Andaluza del Agua recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea para cuencas de bastante extensión) de caudales específicos de 20 m³ / seg / km², creemos que es correcta la utilización del periodo de retorno y caudal que hemos resaltado en la tabla anterior.

10.- CONSIDERACIONES PARTICULARES DE LA CUENCA DEL ARROYO TEATINOS.

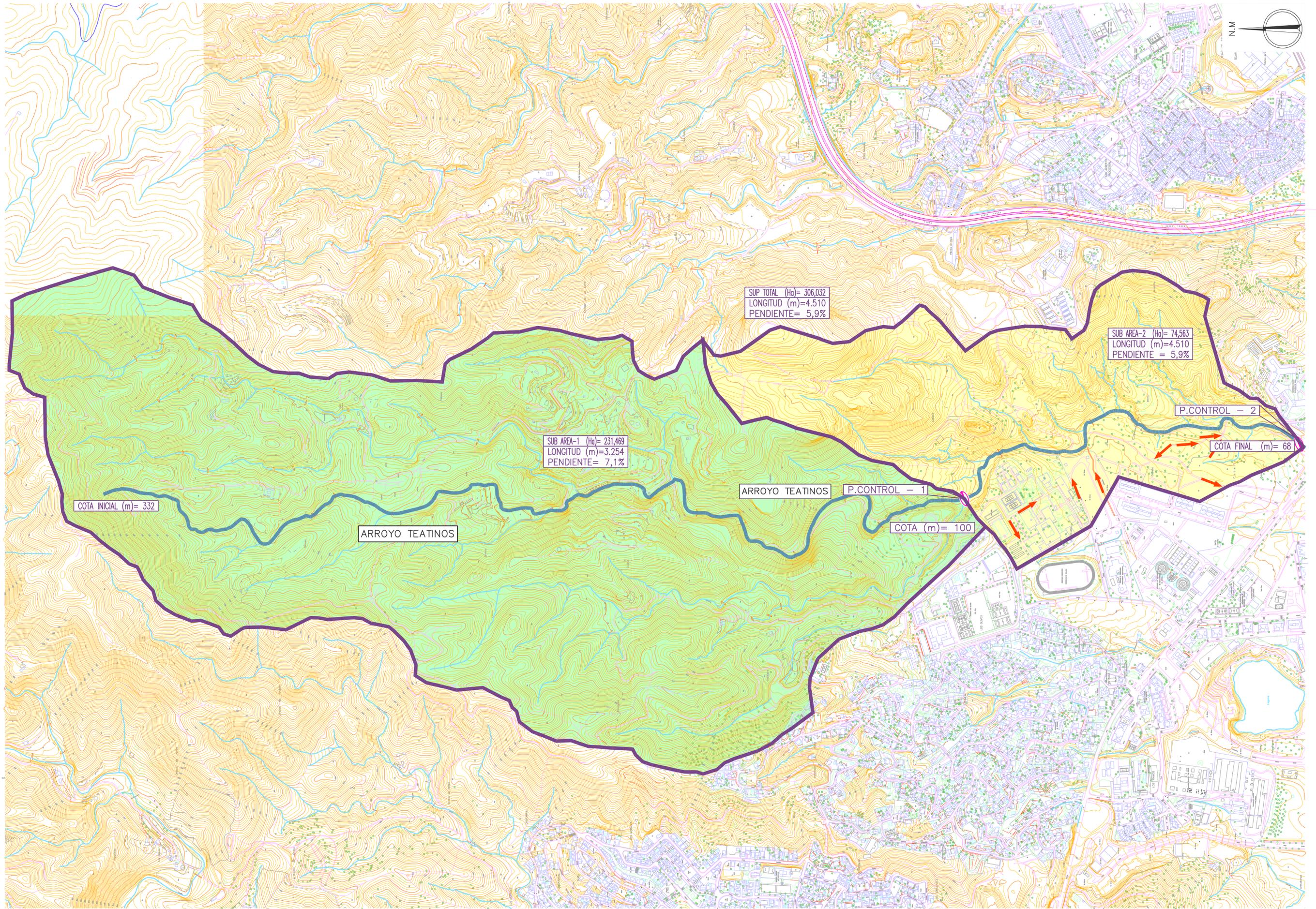
La cuenca del Arroyo Teatinos presenta una morfología bastante regular, por lo que hemos considerado que los coeficientes de escorrentía van a ser homogéneos para cada periodo de retorno en todo el área vertiente.

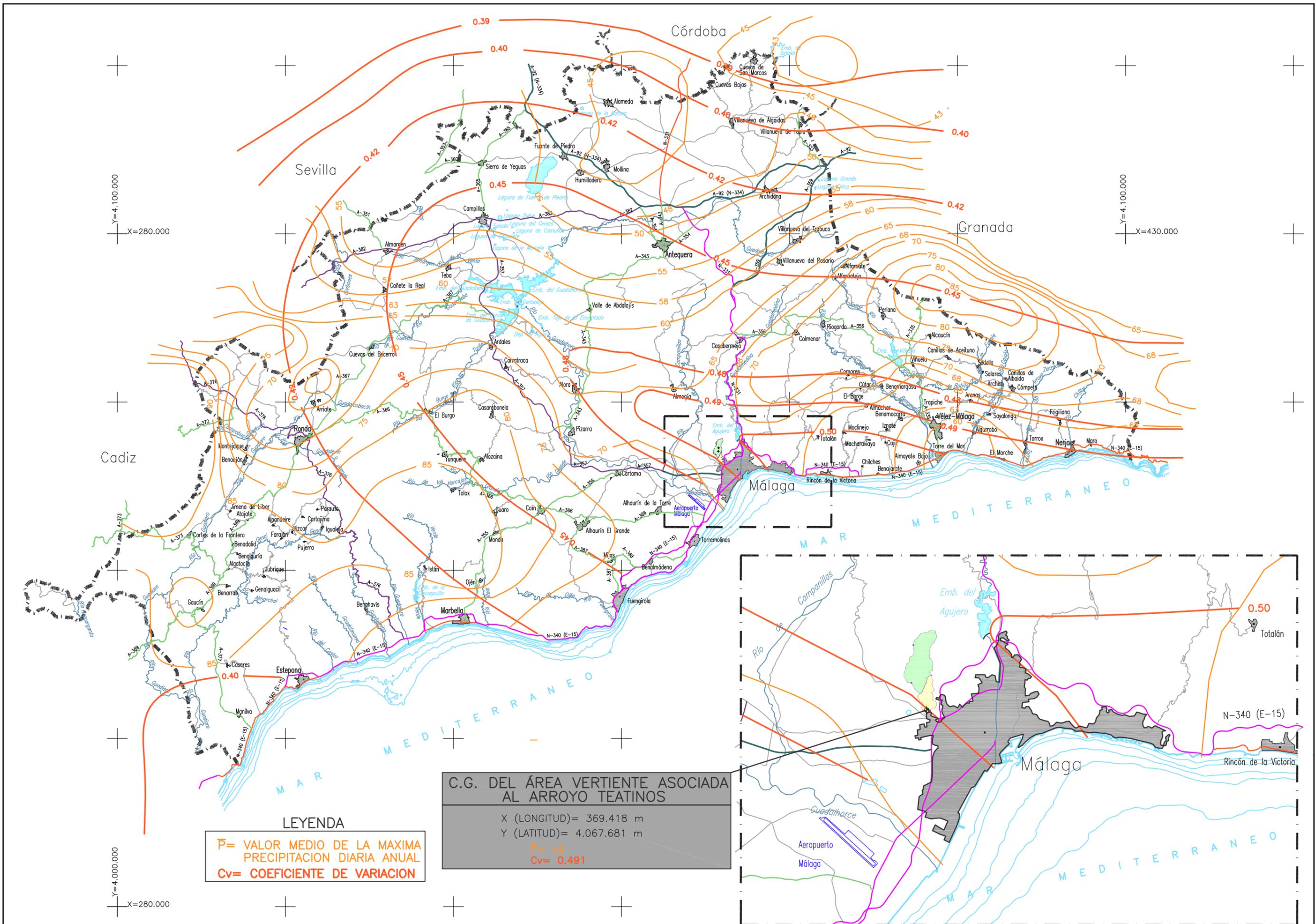
Partiendo de esta hipótesis hemos obtenido los coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno y el caudal específico considerando el área total, a partir del cual, obtenemos los caudales de cálculo para cada punto de control sin más que multiplicar el caudal específico por el área que recoge cada punto.

A continuación consignamos una tabla resumen con los caudales de cálculo de cada punto de control:

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS			PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS		
CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /seg):	7.33		CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /seg):	20.00	
TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)	TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)
P.C. 1	231.469	16.97	P.C. 1	231.469	46.29
P.C. 2	306.032	22.43	P.C. 2	306.032	61.21

Con los planos y las hojas electrónicas que complementan este anejo creemos que queda perfectamente claro el método de cálculo empleado.





Y=4.100.000
X=280.000

Y=4.100.000
X=430.000

Y=4.000.000
X=280.000

LEYENDA
 \bar{P} = VALOR MEDIO DE LA MAXIMA PRECIPITACION DIARIA ANUAL
 C_v = COEFICIENTE DE VARIACION

C.G. DEL ÁREA VERTIENTE ASOCIADA AL ARROYO TEATINOS
 X (LONGITUD) = 369.418 m
 Y (LATITUD) = 4.067.681 m
 \bar{P} = 69
 C_v = 0.491

CÁLCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA - ARROYO TEATINOS

Utilizamos el contenido del capítulo 2 de la Instrucción 5.2-IC (Drenaje Superficial). En la misma, se reconoce que para pequeñas cuencas (tiempos de concentración inferiores a seis horas) son apropiados los métodos hidrometeorológicos.

El coeficiente de escorrentía se puede obtener de la aplicación de la fórmula siguiente, en el que las variables están referidas al tiempo de retorno considerado.

$$C = [(Pd/Po) - 1] \times [(Pd/Po) + 23] / [(Pd/Po) + 11]^2$$

Pd: Precipitación total diaria (mm)
Po: Umbral de escorrentía

En el proyecto que nos ocupa determinaremos los coeficientes a utilizar en la determinación del umbral de escorrentía. Utilizamos los valores de la tabla que se adjunta a continuación, clasificando los suelos en varios grupos que suman la superficie total

La superficie total de la cuenca es : 306.032 Ha.

Descripción de la zona		Tipo	Grupo	Po	Porc.	Ha.
Zonas de monte bajo con vegetación media		32	C	22	30.0%	91.8
Zonas próximas al núcleo urbano		34	C	43	20.0%	61.2
Zonas urbanizadas		41		1	50.0%	153
		Totales:		100.0%	306.0	

	Periodo de Retorno	Precipitación en 24 h (Pd)	Umbral E. (Po)			Valores medios	
			22	43	1	C	Po
Utilizando los datos de precipitaciones en 24 horas, obtenidos con anterioridad, obtenemos los siguientes valores de C:	5	92.3	0.38	0.17	0.99	0.64	16.2
	10	112.7	0.45	0.22	0.99	0.67	16.7
	25	139.7	0.52	0.29	0.99	0.71	16.7
	50	163.9	0.58	0.34	1.00	0.74	16.7
	100	189.3	0.63	0.39	1.00	0.76	17.4
	200	216.2	0.67	0.44	1.00	0.79	16.9
	500	254.1	0.72	0.50	1.00	0.81	17.8

CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DE LA TABLA SIGUIENTE				
Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa	Perfecto
			Areno-limosa	
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa	Bueno a moderado
			Franca	
			Franco-arcillo-arenosa	
			Franco-limosa	
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
			Franco-arcillo-limosa	
			Arcillo-arenosa	
			Arcillosa	
D	Muy lenta	Pequeña u Horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA							
Uso de la tierra	Tipo	Pendiente (%)	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
Barbecho	1	>=3	R	15	8	6	4
	2	<3	N	17	11	8	6
	3	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	4	>=3	R	23	13	8	6
	5	<3	N	25	16	11	8
	6	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	7	>=3	R	29	17	10	8
	8	<3	N	32	19	12	10
	9	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación cultivos pobres	10	>=3	R	26	15	9	6
	11	<3	N	28	17	11	8
	12	<3	R/N	30	19	13	10
Rotación cultivos densos	13	>=3	R	37	20	12	9
	14	<3	N	42	23	14	11
	15	<3	R/N	47	25	16	13
Praderas	16	>=3	Pobre	24	14	8	6
	17		Media	53	23	14	9
	18		Buena	*	33	18	13
	19		Muy Buena	*	41	22	15
	20	<3	Pobre	58	25	12	7
	21		Media	*	35	17	10
	22		Buena	*	*	22	14
	23		Muy Buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares (aprovechamiento forestal)	24	>=3	Pobre	62	26	15	10
	25		Media	*	34	19	14
	26		Buena	*	42	22	15
	27	<3	Pobre	*	34	19	14
	28		Media	*	42	22	15
	29		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)	30		Muy clara	40	17	8	5
	31		Clara	60	24	14	10
	32		Media	*	34	22	16
	33		Espesa	*	47	31	23
	34		Muy espesa	*	65	43	33
Tipo de terreno		Pendiente	Umbral de escorrentía				
Rocas permeables	35	>=3		3			
	36	<3		5			
Rocas impermeables	37	>=3		2			
	38	<3		4			
Firmes granu.sin pavimento	39			2			
Adoquinados	40			1.5			
Pavim. Bitumin./Hormigón	41			1			

Nota: N: Cultivo según líneas de nivel; R: cultivo según máxima pendiente

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS (CUENCAS DE MENOS DE 3.000 Ha) - ARROYO TEATINOS

TABLA N° 1 - Estimación de los Cuantiles Locales Xt							
Longitud:	Latitud:	P. Retorno	Columna	Cv	Pmed	Yt	Xt
369,418	4,067,681	5	1	0.491	69.0	1.293	89.2
		10	2			1.604	110.7
		25	3			2.025	139.7
		50	4			2.376	163.9
		100	5			2.744	189.3
		200	6			3.134	216.2
		500	7			3.683	254.1
TABLA N° 2 - Determinación de Yt en función de Cv							
P.Retorno	5	10	25	50	100	200	500
Columna	1	2	3	4	5	6	7
0.30	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

TABLA N° 3: Determinación de Pd - (INSTITUTO DE METEOROLOGÍA)							
Lluvia esperada en 24 horas según periodos de retorno (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
6-155A	106.3	133.1	166.9	192.1	217.0	241.8	274.6
Málaga Aeropuerto							
6-170	84.9	102.0	123.5	139.5	155.4	171.2	192.0
Málaga - Pantano del Agujero							
6-171A	85.8	102.9	124.4	140.4	156.3	172.1	193.0
Málaga Carmelita							
Valor medio	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9
TABLA N° 4 - Determinación de los valores Pd de cálculo							
Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)							
Periodos	5	10	25	50	100	200	500
M.Regional	89.2	110.7	139.7	163.9	189.3	216.2	254.1
I.Meteoro.	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9
Adoptados	92.3	112.7	139.7	163.9	189.3	216.2	254.1
TABLA N° 5 - Determinación del Tiempo de Concentración y de las intensidad de lluvia							
$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \times 0.76}$	L (Km) =	4.51	J (m/m) =	0.059	Tc (minutos)	96.8	
$V_{med} (m/seg) =$	0.78	$V_{med} adoptada (m/seg) =$	2.50	Tc Propuesto (minutos) =	30.1		
Cálculo de la intensidad de lluvia para cada periodo de retorno (mm)							
Periodo	5	10	25	50	100	200	500
$P_d (mm/día)$	92.3	112.7	139.7	163.9	189.3	216.2	254.1
$P_o (mm/día)$	16.2	16.7	16.7	16.7	17.4	16.9	17.8
$I_h (mm/h)$	22.7	27.7	34.4	40.3	46.6	53.2	62.5
$I_t (mm/h)$	32.3	39.4	48.9	57.3	66.3	75.7	88.9
I_h : Intens.horaria del chubasco de una hora de duración; I_t : Intensidad horaria del de duración Tc							
TABLA N° 6 - Determinación de los caudales específicos y de cálculo						$S_{cuenc. (Ha)} =$	306.032
Caudales específicos para los distintos periodos de retorno (m^3/seg)							
Periodo R.	5	10	25	50	100	200	500
$I_t (mm/h)$	32.30	39.40	48.90	57.30	66.30	75.70	88.90
$C_{escorrentia}$	0.64	0.67	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81
Q_e	5.74	7.33	9.64	11.78	14.00	16.61	20.00
$Q_{cálculo}$	17.57	22.44	29.51	36.05	42.83	50.84	61.21
Para los cálculos posteriores, dadas las condiciones de proyecto, seleccionamos como periodos de retorno (años)						10	500

OBRAS DE DRENAJE CON CLAVE CIRCULAR - CONTROL A LA ENTRADA - EMBOCADURA REPRODUCIDA EN LA FOTOGRAFÍA N° 1

VALORES DE ENTRADA PARA REALIZAR EL CÁLCULO							CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)	61.21		
A: Anchura lateral interior (m)	4.00	F: Altura total de la obra (m)	1.50 + 2.00 =	3.50	Ht: Calado aguas arriba de la entrada					
H: Altura de los hastiales rectos (m) ...	1.50	S: Superficie a sección llena: (m ²)	4.00 x 1.50 + 0.50 x π x 2.00 ² =	12.28	Ho: Calado a la entrada (se varia hasta obtener Q de cálculo); valor inicial (m) =					
R: Radio de la bóveda (m)	2.00	Pt: Perímetro a sección llena (m)	4.00 + 2 x 1.50 + π x 2.00 =	13.28	5.00					
Tipo de material constitutivo del canal:	Hormigón	Adoptado ↓ ↓	Ke: Coef. perdida de carga entrada ...	0.50	β: Semiángulo: vertical - línea que une el centro del círculo con el borde de la sección mojada					
k: coefic. Strickler Recomienda TABLA 4.1 - 5.2-IC:	60 - 75	40	H1: Calado de sección mojada con J crítica							
CÁLCULO DEL CAUDAL EN FUNCIÓN DEL CALADO H ₀ A LA ENTRADA					El cálculo realizado es correcto Si FORM. da como resultado cero		$5 \sin \beta \cdot \cos \beta - 4 \sin \beta [(H_0 - F)/R + 1] - \beta + S_l / R^2 = 0$			
Ho	β(deg)	FORM.	H1	V	S	Q	P	Rh	J	Ht
5.00	43.390	0.0000	2.95	5.18	11.248	58.26	10.25	1.097	0.01482	5.68
5.10	42.054	0.0000	2.99	5.25	11.334	59.50	10.34	1.096	0.01524	5.80
5.20	40.759	0.0000	3.01	5.35	11.413	61.06	10.43	1.094	0.01587	5.93
5.30	39.505	0.0000	3.04	5.44	11.485	62.48	10.52	1.092	0.01645	6.05
5.40	38.292	0.0000	3.07	5.52	11.552	63.77	10.61	1.089	0.01700	6.18
5.50	37.123	-0.0001	3.09	5.61	11.613	65.15	10.69	1.086	0.01762	6.30
5.60	35.995	0.0000	3.12	5.70	11.669	66.51	10.77	1.083	0.01826	6.43
5.70	34.910	0.0000	3.14	5.79	11.720	67.86	10.84	1.081	0.01889	6.55
5.80	33.867	0.0000	3.16	5.88	11.767	69.19	10.92	1.078	0.01955	6.68
5.90	32.865	0.0000	3.18	5.96	11.809	70.38	10.99	1.075	0.02016	6.81

DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DEL CUERPO DE OBRA					Las fórmulas a aplicar son:	$V = k \times R^{2/3} \times J^{1/2}$		$Q = V \times S$
h	β(deg)	J(%)	S	P	R _h	R _h ^{2/3}	V	Q
3.00	41.41	1.52	11.37	10.39	1.095	1.062	5.24	59.59
3.05	39.19	1.52	11.50	10.54	1.091	1.060	5.23	60.16
3.10	36.87	1.52	11.63	10.71	1.086	1.057	5.21	60.57
3.15	34.41	1.52	11.74	10.88	1.079	1.052	5.19	60.95
3.20	31.79	1.52	11.85	11.06	1.072	1.047	5.16	61.16
3.25	28.96	1.52	11.95	11.26	1.062	1.041	5.13	61.32
3.30	25.84	1.52	12.05	11.48	1.049	1.032	5.09	61.31
3.35	22.33	1.52	12.13	11.72	1.035	1.023	5.04	61.12
3.40	18.19	1.52	12.20	12.01	1.015	1.010	4.98	60.74
3.45	12.84	1.52	12.25	12.38	0.989	0.993	4.90	60.03

SITUACIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA PARA LAS AVENIDAS CON DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO ARROYO TEATINOS EN HACIENDA CABELLO

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO					$V = k \times R^{2/3} \times J^{1/2}$				$Q = V \times S$			
Para el dimensionamiento utilizaremos la formula de Manning - Strickler, que tiene la expresión y la interpretación siguientes:					P : perímetro mojado en m.				J : pendiente en tanto por uno			
Tipo de material constitutivo del canal:		Tierra con ligera vegetación			S : Sección mojada en m ² .				V : Velocidad en m./seg.			
k: coefic. Recomendado TABLA 4.1 DE LA 5.2-IC:		25-30	Adoptado →	30	R : Radio hidráulico en m. (S/P)				Q : Caudal en m3/seg.			
DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES					Periodo →	5	10	25	50	100	200	500
Coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno					0.64	0.67	0.71	0.74	0.76	0.79	0.81	
Lluvia esperada →	Periodo→	5	10	25	50	100	200	500	$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \times 0.76}$			
	Ih (mm/h) →	22.7	27.7	34.4	40.3	46.6	53.2	62.5				
	It (mm/h) →	32.3	39.4	48.9	57.3	66.3	75.7	88.9				
Superficie (Ha)	Long.cauce(Km)	Cota superior	Cota Inferior	Pendiente (m/m)	Tc (minutos)	Veloc.calculada	Veloc.adoptada	Tc utilizado→	Utilizamos 30.1 minutos para calcular las Intensidades horarias de las lluvias de cálculo			
306.03	4.510	332.00	68.00	0.059	96.8	0.78	2.50	30.1				
DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE CÁLCULO					Carácter de la lluvia:		Habitual	Media	Excepcional	Caudales a aproximar en ← los campos siguientes		
Carácter de la lluvia:					Habitual	Medio	Excepcional	Intensidades de lluvia (mm/h):		39.4	66.3	88.9
Periodo de retorno (años):					10	100	500	Caudal Cálculo C x I x A / 360.....		22.44	42.83	61.21
Coeficientes de escorrentía:					0.670	0.760	0.810	Q especificos (m ³ /seg/Km ²):		7.33	14.00	20.00
CÁLCULO DE CALADOS PARA UNA LLUVIA DE CARÁCTER HABITUAL CON 10 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO Y CAUDAL TOTAL DE CÁLCULO IGUAL A											22.44	
NºPerfil	%	Q en la Sección	Pendiente (%)	Anchura inferior	Talud (H/V) izq.	Talud derecho	Calado	Perímetro (m)	Sección (m ²)	Radio Hidra.(m)	Velocidad(m/seg)	Caudal (m ³ /seg)
1	76%	16.97	1.71%	24.71	1.20	1.72	0.36	25.99	9.08	0.35	1.95	17.71
2	78%	17.41	1.71%	18.94	5.82	6.09	0.41	23.89	8.77	0.37	2.02	17.72
3	79%	17.82	1.71%	7.42	1.54	2.64	0.72	10.77	6.43	0.60	2.79	17.94
4	79%	17.82	4.31%	10.15	1.26	2.46	0.47	12.15	5.18	0.43	3.55	18.39
5	80%	17.84	4.31%	9.30	0.90	1.12	0.50	10.72	4.90	0.46	3.71	18.18
6	82%	18.29	4.31%	18.01	1.25	1.50	0.34	19.17	6.28	0.33	2.97	18.65
7	84%	18.74	2.36%	12.58	1.87	2.36	0.50	14.92	6.82	0.46	2.75	18.76
8	86%	19.19	2.36%	21.87	4.34	7.98	0.37	26.49	8.94	0.34	2.25	20.12
9	86%	19.34	2.36%	8.99	3.19	2.58	0.61	12.72	6.56	0.52	2.98	19.55
10	86%	19.34	2.46%	7.21	2.96	2.92	0.68	11.43	6.26	0.55	3.16	19.78
11	87%	19.61	2.46%	6.28	5.68	3.58	0.69	12.82	6.54	0.51	3.00	19.62
12	89%	20.06	3.70%	10.09	1.02	3.19	0.53	12.62	5.94	0.47	3.49	20.73
13	91%	20.51	2.23%	7.79	5.08	1.21	0.69	12.45	6.87	0.55	3.01	20.68
14	93%	20.96	2.23%	4.60	3.17	8.12	0.80	13.80	7.29	0.53	2.93	21.36
15	95%	21.30	1.10%	6.02	4.37	9.17	0.85	17.67	10.01	0.57	2.16	21.62
16	96%	21.63	1.10%	6.64	5.11	4.15	0.88	14.98	9.43	0.63	2.31	21.78
17	97%	21.86	1.10%	18.83	7.54	5.26	0.53	25.70	11.78	0.46	1.87	22.03
18	99%	22.31	4.13%	2.09	1.31	2.09	1.15	6.65	4.65	0.70	4.81	22.37
19	100%	22.44	4.13%	3.70	1.76	0.28	1.00	6.76	4.72	0.70	4.81	22.70

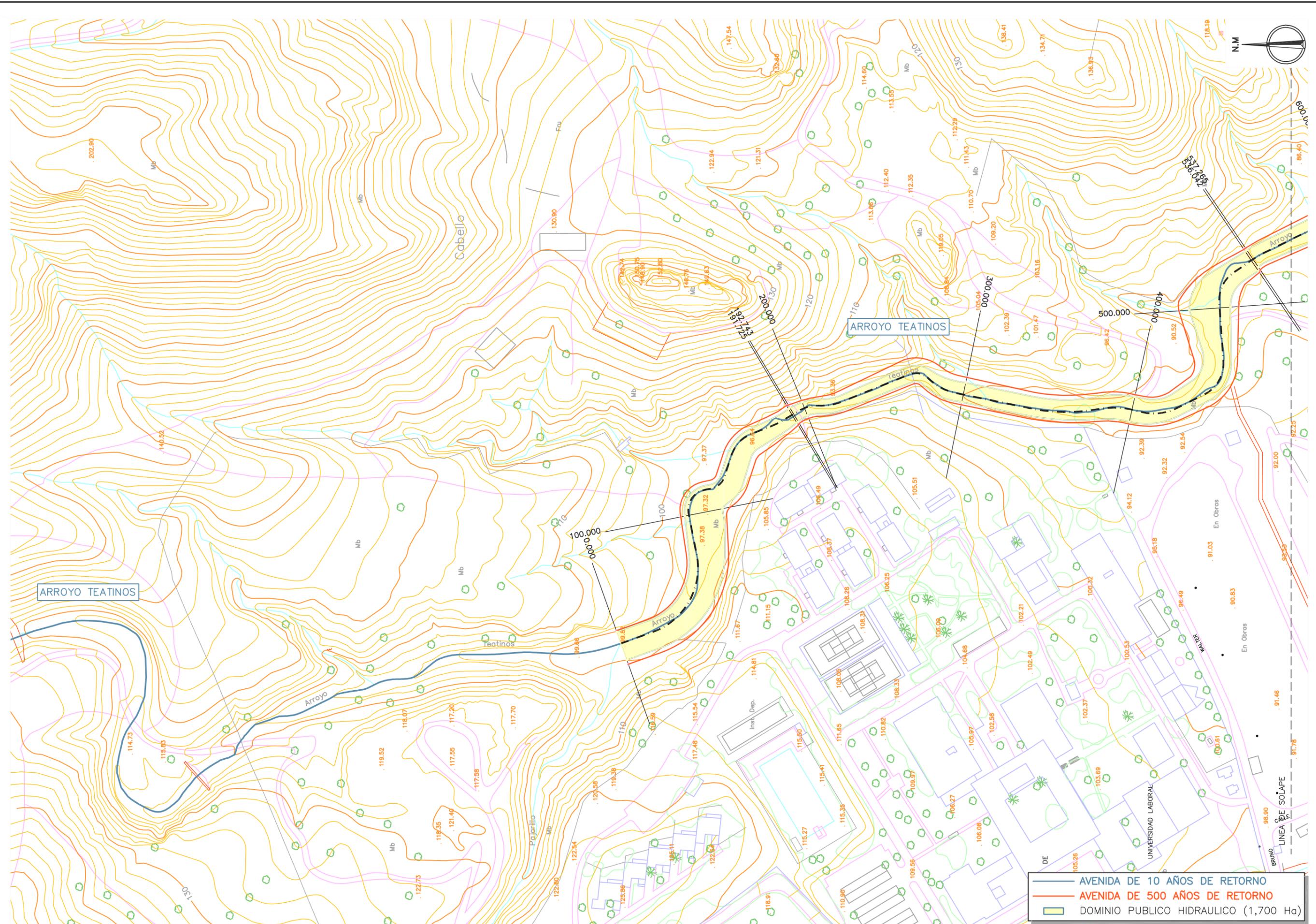
CÁLCULO DE CALADOS PARA UNA LLUVIA DE CARÁCTER EXCEPCIONAL CON 500 AÑOS DE PERIODO DE RETORNO Y CAUDAL TOTAL DE CÁLCULO IGUAL A												61.21
NºPerfil	%	Q en la Sección	Pendiente (%)	Anchura inferior	Talud (H/V) izq.	Talud derecho	Calado	Perímetro (m)	Sección (m ²)	Radio Hidra.(m)	Velocidad(m/seg)	Caudal (m ³ /seg)
1	76%	46.29	1.71%	24.71	1.20	1.72	0.65	27.02	16.68	0.62	2.85	47.54
2	78%	47.50	1.71%	18.94	5.82	6.09	0.73	27.76	17.00	0.61	2.82	47.94
3	79%	48.60	1.71%	7.42	1.54	2.64	1.27	13.34	12.79	0.96	3.82	48.86
4	79%	48.60	4.31%	10.15	1.26	2.46	0.84	13.73	9.84	0.72	5.00	49.20
5	80%	48.66	4.31%	9.30	0.90	1.12	0.91	11.89	9.30	0.78	5.28	49.10
6	82%	49.89	4.31%	18.01	1.25	1.50	0.62	20.12	11.69	0.58	4.33	50.62
7	84%	51.11	2.36%	12.58	1.87	2.36	0.91	16.84	13.20	0.78	3.91	51.61
8	86%	52.33	2.36%	21.87	4.34	7.98	0.65	29.99	16.82	0.56	3.13	52.65
9	86%	52.76	2.36%	8.99	3.19	2.58	1.08	15.59	13.07	0.84	4.10	53.59
10	86%	52.76	2.46%	7.21	2.96	2.92	1.17	14.48	12.46	0.86	4.26	53.08
11	87%	53.50	2.46%	6.28	5.68	3.58	1.16	17.28	13.51	0.78	3.99	53.90
12	89%	54.72	3.70%	10.09	1.02	3.19	0.94	14.58	11.34	0.78	4.89	55.45
13	91%	55.95	2.23%	7.79	5.08	1.21	1.20	15.89	13.88	0.87	4.08	56.63
14	93%	57.17	2.23%	4.60	3.17	8.12	1.28	19.33	15.14	0.78	3.80	57.53
15	95%	58.09	1.10%	6.02	4.37	9.17	1.37	24.80	20.95	0.84	2.80	58.66
16	96%	59.01	1.10%	6.64	5.11	4.15	1.46	20.47	19.56	0.96	3.06	59.85
17	97%	59.62	1.10%	18.83	7.54	5.26	0.93	30.88	23.05	0.75	2.60	59.93
18	99%	60.84	4.13%	2.09	1.31	2.09	1.87	9.50	9.85	1.04	6.26	61.66
19	100%	61.21	4.13%	3.70	1.76	0.28	1.76	9.09	9.67	1.06	6.34	61.31



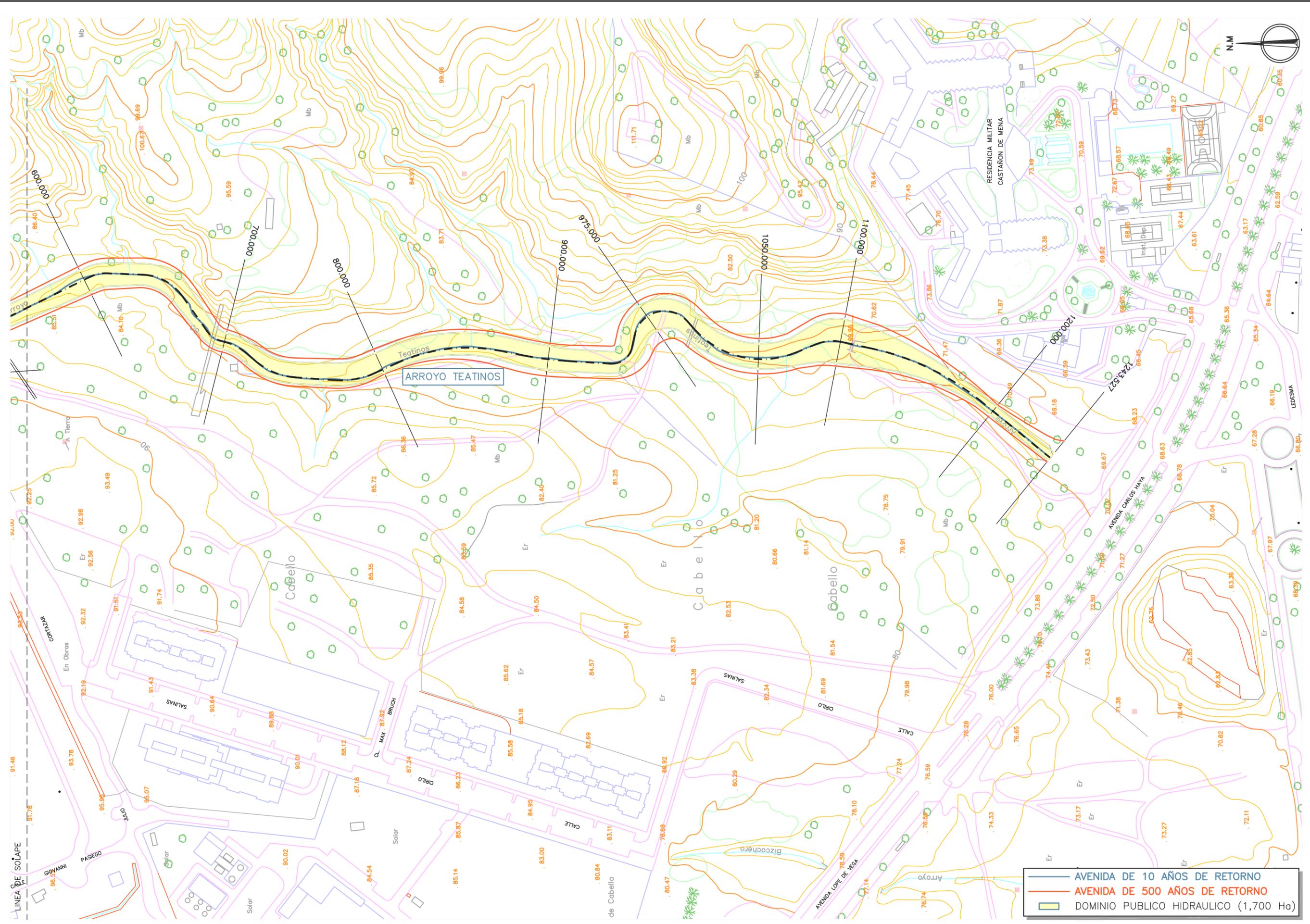
ARROYO TEATINOS

HOJA 1

HOJA 2

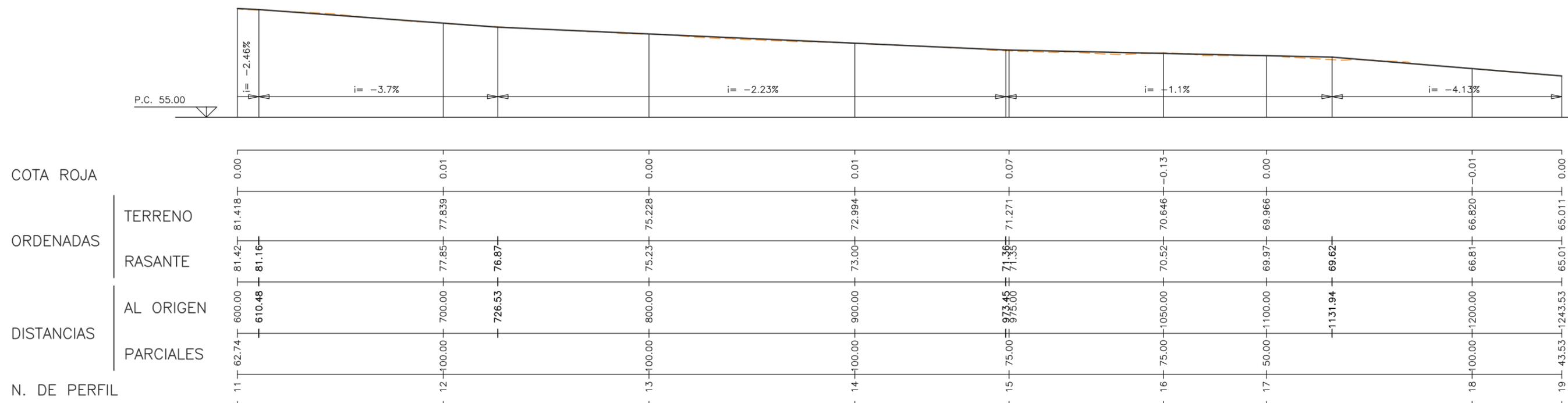


- AVENIDA DE 10 AÑOS DE RETORNO
- AVENIDA DE 500 AÑOS DE RETORNO
- DOMINIO PUBLICO HIDRAULICO (1,700 Ha)

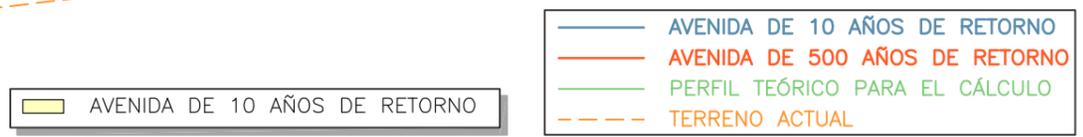
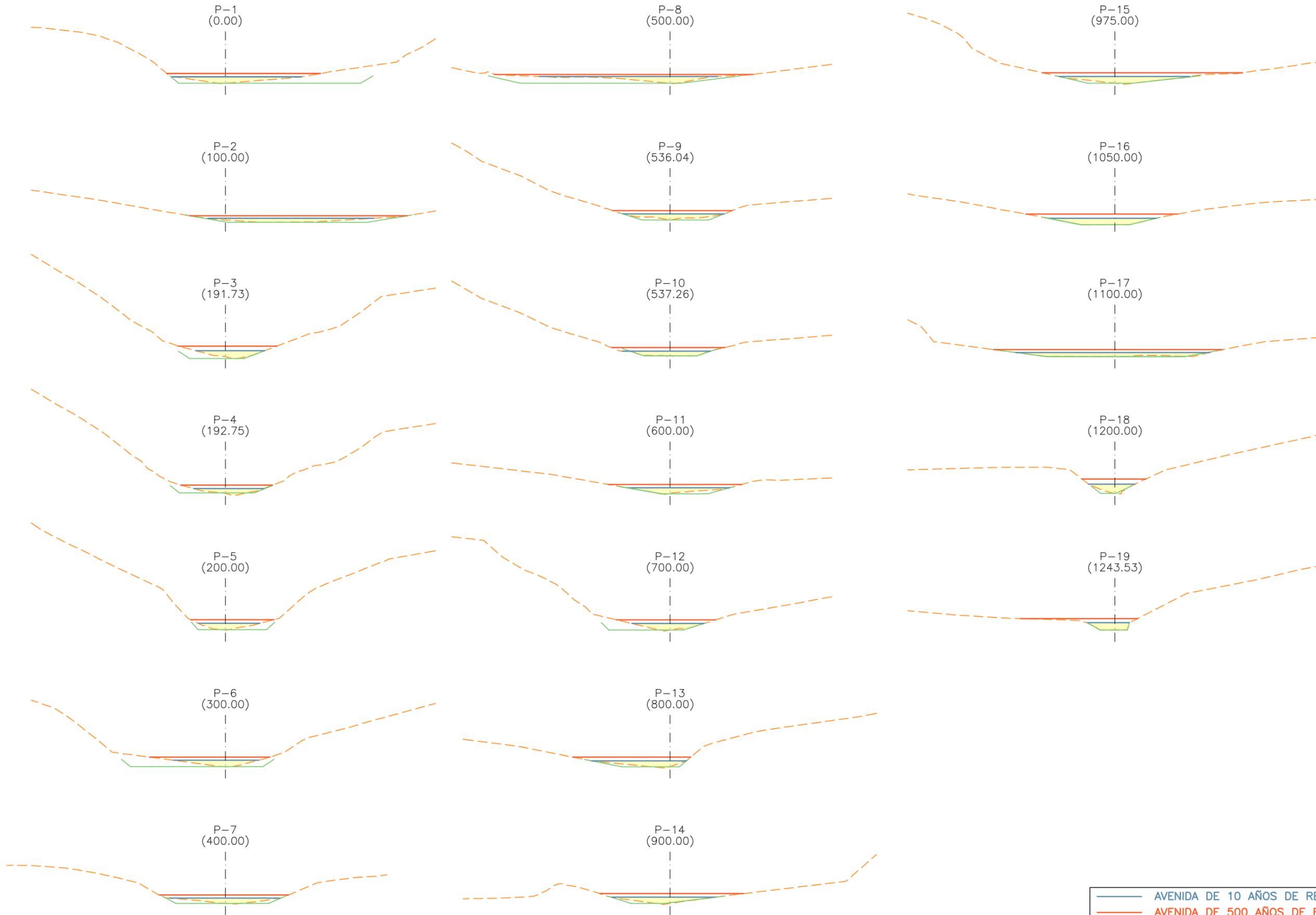


- AVENIDA DE 10 AÑOS DE RETORNO
- AVENIDA DE 500 AÑOS DE RETORNO
- DOMINIO PUBLICO HIDRAULICO (1,700 Ha)

ARROYO TEATINOS



ARROYO TEATINOS



TRAVASE DEL ARROYO DEL CUARTO AL ARROYO DE LOS ANGELES

MEMORIA ESPECÍFICA DEL ARROYO DEL CUARTO

1.- DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA.

El área vertiente del arroyo Del Cuarto tiene dos sub-áreas situadas al norte de la A-7. Sus superficies son pequeñas (58,8 y 40,7 Ha) y las obras de paso que hemos encontrado en su recorrido suficientemente amplias como para que no tengamos ninguna duda sobre su capacidad hidráulica. La más occidental la hemos reproducido en la fotografía nº 1 y la oriental llega a unirse con la anterior en el lugar que muestra la fotografía nº 3. Las secciones de ambas obras de paso son más amplias que las que comentamos a continuación, que cuentan, además, con mayores áreas vertientes.

Los efluentes de las dos áreas antes comentadas circulan por un tramo de cauce bien definido y suficientemente amplio, que mostramos en las fotografías nº 5 a 7. En la fotografía nº 8 mostramos el cauce antiguo, por el que circularía el caudal de los tramos antes mostrados antes de construirse el trasvase, cuyo recorrido mostramos en las fotografías siguientes.

La fotografía nº 10 nos ofrece una información de importancia, esta es la embocadura del "túnel" que atraviesa por debajo de una loma de cierta entidad para trasvasar estos caudales hacia el arroyo de Los Ángeles. Este es un punto importante de este cauce que merece, tal como hemos hecho, determinar la capacidad hidráulica de la embocadura y de la conducción que atraviesa la loma.

Las fotografías 11 y 12 nos ofrecen una visión de la zona norte del sub-área vertiente 4, por donde transita un afluente, del Cuarto ya trasvasado. No hemos reconocido ninguna infraestructura de pluviales y sería deseable que se tuviese en cuenta la posibilidad de construirse cuanto antes.

Las restantes fotografías nos muestran la zona del trasvase, con un arroyo de suficiente sección transversal que cuenta con unas obras de paso bajo los viales existentes que son suficientes. Nos ha parecido lo lógico verificar la capacidad de evacuación de la última, situada inmediatamente antes de la desembocadura en el arroyo de Los Ángeles.

2.- CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS.

Aportamos unas hojas de cálculo en las que casi siempre tenemos que hacer una corrección, que aumenta los caudales de cálculo. Tenemos que atender, para obtener la aprobación sin problemas del documento, los criterios establecidos por la Cuenca Mediterránea Andaluza, que recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea, para cuencas de carácter rústico de extensión inferior a 20 Km² <> 2.000 Ha) de caudales específicos mínimos de 20 m³ / seg / km².

Atendemos esos criterios con la utilización de los procedimientos de cálculo genéricamente establecidos, con la modificación siguiente: aumentamos la velocidad media calculada de circulación del agua por el cauce principal de la cuenca desde 0,72 hasta 1,95 m/seg, con ello conseguimos aumentar el caudal específico del primer punto de control, con 500 años de periodo de retorno, desde 11,66 hasta 20,16 m³/seg. Con ello demostramos que nos quedamos claramente del lado de la seguridad.

En la hoja de cálculos hidráulicos con la que determinamos las láminas de agua que nos permiten determinar las ocupaciones en el arroyo, variamos el caudal de la forma siguiente:

- Con el periodo de retorno de 10 años entre 3,67 m³/seg en el P1 hasta 8,54 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 43 % hasta el 100 %.
- Con el periodo de retorno de 500 años entre 11,36 m³/seg en el P1 hasta 26,41 m³/seg en el P2. Ello supone aplicar una variación lineal al caudal de cálculo del P2 desde el 43 % hasta el 100 %.

3.- CONSIDERACIONES HIDRÁULICAS.

Ya hemos comentado que hemos juzgado conveniente verificar la capacidad hidráulica de obras de drenaje longitudinal en dos puntos; el primero es la embocadura del trasvase (fotografía nº 10) y el segundo el punto final de la zona de estudio de este arroyo (fotografía nº 16).

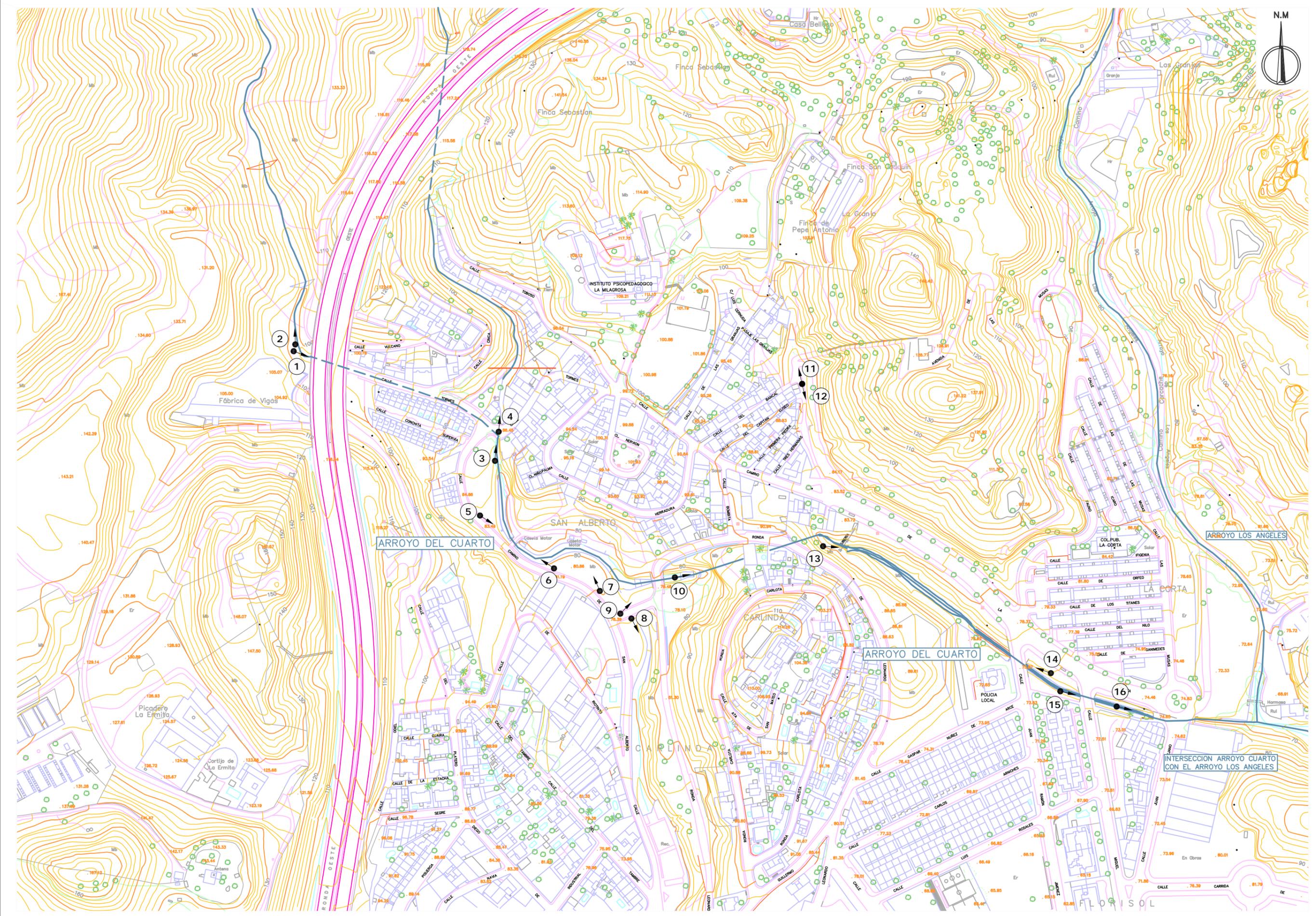
En el primer punto verificamos, en la hoja de cálculo en la que determinamos la capacidad de evacuación, que con un calado a la entrada de 3,70 m, lo que supone 1,45 m por encima de la clave del pontón entra el caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno; este dato es aceptable dada la configuración del entorno de la embocadura, aunque quizás sería conveniente realizar una protección del entorno con escollera u hormigón. Respecto de la capacidad hidráulica del pontón, en la parte inferior de la hoja determinamos que se precisa una pendiente del 2,10 % para que pueda transitar en caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno. La pendiente es un poco superior a la del longitudinal del arroyo, pero podemos tener dos ventajas frente a esta circunstancia. Por un lado advertimos que estamos utilizando un coeficiente de Stricker de 40, que es el que nos exige la C.M.A.; este coeficiente nos parece demasiado bajo para una obra de esta naturaleza, por lo que la utilización de otro superior mejoraría la situación. Por otro lado, en el caso de una insuficiencia de circulación de caudal en régimen libre, se podría poner en carga la obra, aumentando así la pendiente hidráulica, y ello no supondría problemas aguas arriba pos posible inundación.

En el segundo punto verificamos, en la hoja de cálculo en la que determinamos la capacidad de evacuación, que con un calado a la entrada de 3,60 m, lo que supone 0,60 m por encima de la clave del pontón entra el caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno; este dato es más que aceptable. Respecto de la capacidad hidráulica del pontón, en la parte inferior de la hoja determinamos que se precisa una pendiente del 0,90 % para que pueda transitar en caudal de cálculo con 500 años de periodo de retorno. No tenemos problema en emitir una opinión favorable respecto de la idoneidad de la obra existente.

Las hojas electrónicas con las que determinamos el dominio público hidráulico no nos han dado ningún problema en su elaboración. Los límites del Dominio Público Hidráulico y de la Zona de Inundación están bien definidos y tienen una continuidad razonable. La superficie que hemos fijado con el primer deslinde, de 0,498 Ha, nos parece suficientemente exacta y representativa.

4.- CONCLUSIONES.

Entendemos que la información técnica aportada en este arroyo es suficiente para definir lo que se nos ha solicitado, no obstante quedamos a disposición de los Técnicos Municipales o de la A.A.A. para aclarar cualquier parte de su contenido. Advertimos también lo justo del dimensionamiento de la obra de trasvase, en función de lo que antes hemos comentado.



c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 1 – Esta es la embocadura del ramal más occidental del arroyo del Cuarto. Los pilares de la estructura sitúan perfectamente el emplazamiento.



Fotografía 3 – Si nos fijamos bien podemos ver en el muro de la izquierda la salida del embovedado anterior. De frente vemos la obra de paso bajo un vial.



Fotografía 2 – Desde la misma posición miramos hacia aguas arriba. Vemos, en primera plano, uno de los azudes, con trampas de acarreo, con los que cuenta este arroyo.



Fotografía 4 - Por encima de la obra de drenaje anterior, el cauce discurre entre las viviendas de esta barriada, tal como muestra esta fotografía.

c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 5 – En un punto próximo a la zona donde se realiza el trasvase hacia el arroyo de los Ángeles hemos realizado esta fotografía. Las condiciones del cauce son semejantes a las anteriores.



Fotografía 7 – A lo largo de todo el recorrido el cauce está encauzado con suficiente amplitud.



Fotografía 6 – Vemos, a lo largo de nuestro recorrido alguna O.D. antigua. Todas ellas tienen un galibo lateral próximo a 3,00 m.



Fotografía 8 – Esta es la zona del arroyo que ha quedado sin servicio tras realizar el trasvase.

c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 9 – El arroyo se conforma con taludes gunitados en su derivación hacia el este para realizar el trasvase. Tras pasar bajo el vial que mostramos avanza hacia el pie de la colina.



Fotografía 11 – Mostramos ahora como llega al borde de la barriada el afluente más oriental del arroyo del Cuarto.



Fotografía 10 – Esta es la embocadura del trasvase. Tras superar la colina desembocarán los caudales en el cauce que muestra la fotografía nº 13.



Fotografía 12 – Hemos girado la cámara 180°, por esta zona discurrirán los efluentes hacia el cauce que mostramos en la próxima fotografía.

c/ Manuel Azuaga (Conjunto Azucarera) 29740 Torre del Mar (Málaga) Aptdo. de Correos 145 tlf: 95 254 70 54 fax: 95 254 14 95 e-mail: ics@ics-es.com web: www.ics-es.com



Fotografía 13 – Por esta vaguada discurren ahora los caudales del arroyo del cuarto hacia el de los Ángeles.



Fotografía 15 – Esta es la penúltima obra de drenaje que presenta este arroyo antes de desembocar en el de Los Ángeles.



Fotografía 14 – Mostramos ahora la obra de drenaje que cruza la calle Juan Ramón Jiménez, mirando aguas arriba



Fotografía 16 – Utilizando la alcantarilla que vemos en el centro de la fotografía, el arroyo cruza el último vial para desembocar, detrás de la valla metálica, en el de Los Ángeles.

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS.

1.- DOCUMENTACIÓN UTILIZADA.

Para la realización del presente estudio hidrológico hemos utilizado la documentación siguiente, que es la recomendada por los Técnicos del Departamento de Hidrología en la Cuenca Mediterránea Andaluza de la Agencia Andaluza del Agua:

- 1.- Criterios para la autorización de actuaciones en la zona de policía.
- 2.- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (Dirección general de Carreteras del Ministerio de Fomento).
- 3.- Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España – Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente).

Dentro de la documentación que debe presentar cualquier solicitante en la Agencia Andaluza del Agua, se precisa un Estudio Hidrológico que se debe realizar atendiendo a las consideraciones siguientes:

Se deben determinar los caudales asociados a periodos de retorno de 100 y 500 años. Para cuencas que se puedan considerar unitarias, con superficie de hasta 3.000 km² y tiempos de concentración comprendidos entre 1 y 24 horas, se recomienda como método hidrometeorológico la variante del método racional reflejado en la Instrucción de Carreteras 5.2. IC "Drenaje Superficial". Este método resulta adecuado para una cuenca, como la que nos ocupa, con un suficiente grado de homogeneidad espacial tanto en sus características de escurrimiento como en la estructura de las tormentas en la región.

Para la aplicación del método hay que determinar, en primer lugar, la precipitación máxima para los periodos de retorno considerados. Se recomienda utilizar el "Mapa para el cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular" realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

2.- CÁLCULOS HIDROLÓGICOS UTILIZANDO EL MÉTODO REGIONAL.

Este procedimiento se basa en la determinación de los caudales de cálculo utilizando la publicación "Máximas lluvias en la España Peninsular" editada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Esta publicación nos permite obtener las máximas precipitaciones en un lugar de la España Peninsular con solo conocer sus coordenadas UTM. La determinación de precipitaciones se basa en cálculos hidrometeorológicos y en las nuevas tecnologías estadísticas.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente "índice de avenida", asume que la variable Y resultante de dividir, en cada estación, los valores máximos anuales por su media, sigue idéntica distribución de frecuencia en toda la región considerada. Es decir, se cumple que $Y = P_{max} / P_{med}$

Los parámetros de dicha distribución son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región, mientras que el valor local de la media P_{med} se estima exclusivamente a partir de los datos de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales X_t en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales Y_t con la media local P_{med} según la siguiente expresión: $X_t = Y_t \times P_{med}$

Para realizar el cálculo, en principio, utilizamos el método gráfico. Incluimos al final de este anejo un plano elaborado a partir de los mapas incluidos en el anejo nº 1 de la publicación citada, pero con una información geográfica mayor de nuestra zona de estudio.

Las coordenadas del punto que tomamos como representativo de la cuenca y los valores de los parámetros que se obtienen, para los periodos de retorno consignados, los hemos consignado y calculado en la TABLA Nº 1 que consignamos en la hoja electrónica que figura en la última parte del anejo.

Hemos verificado que los valores obtenidos, aplicando el procedimiento gráfico, coinciden razonablemente con los que proporciona la aplicación informática MAXPLU que acompaña a esta publicación.

Los valores de Y_t se obtienen de la tabla 7.1 de la publicación, que reproducimos abreviadamente, con la denominación "TABLA Nº 2" en la hoja electrónica que adjuntamos al final de este anejo. Los valores de Y_t obtenidos los hemos utilizado en la TABLA Nº 1 para fijar los valores del citado cuantil.

3.- CÁLCULOS UTILIZANDO LA PUBLICACIÓN DEL INSTITUTO DE METEOROLOGÍA.

En la publicación - Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus periodos de retorno en España; Volumen 8 Andalucía Oriental (Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología del Ministerio de Medio Ambiente) -, encontramos 3 estaciones pluviométricas que se puedan relacionar con nuestra cuenca. Sus valores de lluvia esperada en 24 h los reproducimos en la TABLA Nº 3.

4.- VALORES DE LA PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS ADOPTADOS.

El resumen de las precipitaciones máximas en periodos de 24 horas para los periodos de retorno consignados y los dos métodos de cálculo utilizados se recoge en el cuadrante siguiente, es decir en la TABLA Nº 4.

Hemos adoptado, para todos los periodos de retorno el valor máximo obtenido en los dos procedimientos de cálculo, con lo que nos quedamos claramente del lado de la seguridad. Esta información se consiga en la última fila de la citada TABLA Nº 4.

5.- CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Utilizamos para el cálculo del tiempo de concentración de la cuenca el método generalmente aceptado. No obstante nos quedamos del lado de la seguridad mayorando la velocidad media de circulación del agua por parecernos baja la que se obtiene del cálculo realizado

6.- COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA UTILIZADO.

El coeficiente de escurrimiento C define la proporción de la intensidad de lluvia, I, que genera escurrimiento superficial. Se ha determinado el valor de los coeficientes de escurrimiento en una tabla que también adjuntamos en este anejo, resultando los valores que se han consignado en la TABLA nº 6.

7.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA PARA CADA PERIODO DE RETORNO.

Utilizamos la fórmula de Nadal que es la que determina mejores ajustes en la zona considerada para lluvias de corta duración; su expresión es la siguiente: $I_t = 9.25 \times I_h \times t^{(-0.55)}$. Siendo:

I_t - la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración "t" minutos, expresada en mm / hora.

I_h - la intensidad media de la precipitación horaria máxima, también expresada en mm/hora.

t - es la duración de la precipitación expresada en minutos = T_c .

La intensidad media horaria de la precipitación correspondiente a $60 \times 24 = 1440$ minutos, es el valor de $P_d/24$ determinado anteriormente para los diferentes periodos de retorno. De ello podemos deducir I_h en la fórmula anterior de la siguiente forma:

$$P_d / 24 = 9.25 \times I_h \times 1.440^{(-0.55)} - \text{De donde obtenemos: } I_h = 0.246 \times P_d$$

Es decir, que la precipitación del chubasco de una hora de duración es aproximadamente el 25% del valor de la precipitación máxima diaria del periodo de retorno correspondiente.

Aplicando nuevamente la fórmula de Nadal para el valor del Tiempo de Concentración obtenido anteriormente obtendremos las Intensidades máximas de lluvia para los distintos periodos de retorno considerados

Con la fórmula anterior y los valores de P_d antes consignados, obtenemos en la siguiente TABLA, la N° 5, para cada periodo de retorno, las intensidades horarias correspondientes al chubasco de una hora de duración y el de la lluvia de cálculo, con duración igual al tiempo de concentración.

8.- EXPRESIÓN A UTILIZAR PARA DETERMINAR LOS CAUDALES DE CÁLCULO.

La determinación de los caudales de cálculo, en el ámbito de este anejo, sólo tiene una razón de ser que es la obtención de los caudales específicos QE (escorrentía producida en 1 km²) que resultan para cada periodo de retorno en función de las hipótesis realizadas. Dichos caudales específicos nos permiten tener una idea fundamentada del nivel de corrección de nuestros cálculos. Para determinar estos caudales aplicamos la fórmula Racional a una superficie de 1 km². La expresión es: $Q = C \times I \times A / 3,6$. Siendo:

C: Coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I.

I (mm/h): Máxima intensidad media en el intervalo de duración igual a T_c .

A (Km²): Superficie de la cuenca; en este caso: $A = 1$.

Q (m³/seg): Caudal punta.

En la TABLA siguiente, es decir en la N° 6, calculamos los caudales de cálculo para los periodos de retorno que estamos utilizando. Dado que empleamos una superficie de 1 km² coinciden con los caudales específicos (QE) que, como hemos comentado, son los valores medios generados por una superficie de cuenca de un kilómetro cuadrado.

9.- CONCLUSIÓN

Teniendo en cuenta que la Agencia Andaluza del Agua recomienda la utilización (en base a criterios estadísticos de carácter genérico en la zona mediterránea para cuencas de bastante extensión) de caudales específicos de 20 m³ / seg / km², creemos que es correcta la utilización del periodo de retorno y caudal que hemos resaltado en la tabla anterior.

10.- CONSIDERACIONES PARTICULARES DE LA CUENCA DEL TRASVASE DEL ARROYO DEL CUARTO AL ARROYO DE LOS ÁNGELES.

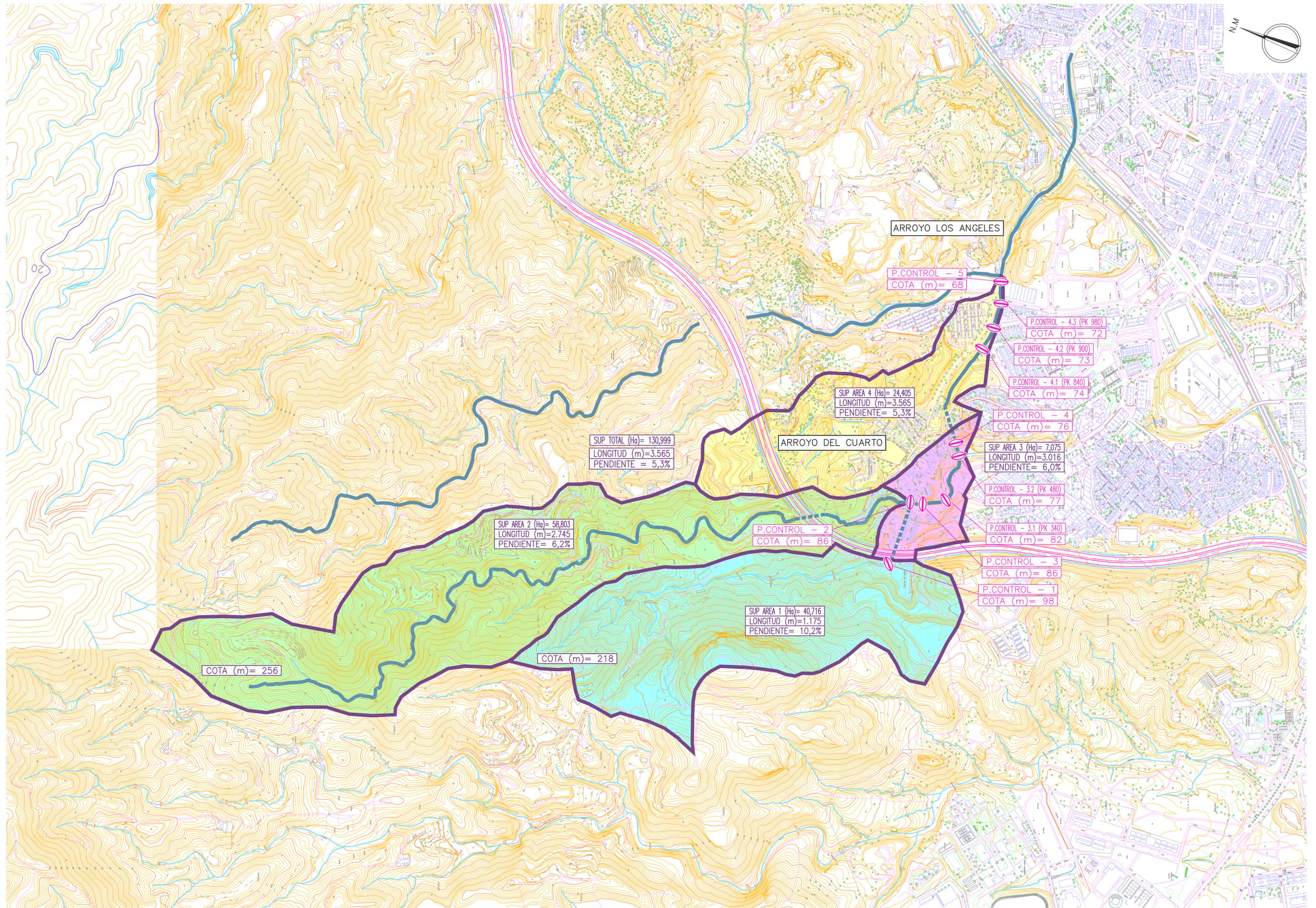
La cuenca del trasvase del Arroyo del Cuarto al Arroyo de los Ángeles no presenta una morfología demasiado alargada, por lo que hemos considerado que los coeficientes de escorrentía van a ser homogéneos para cada periodo de retorno en todo el área vertiente.

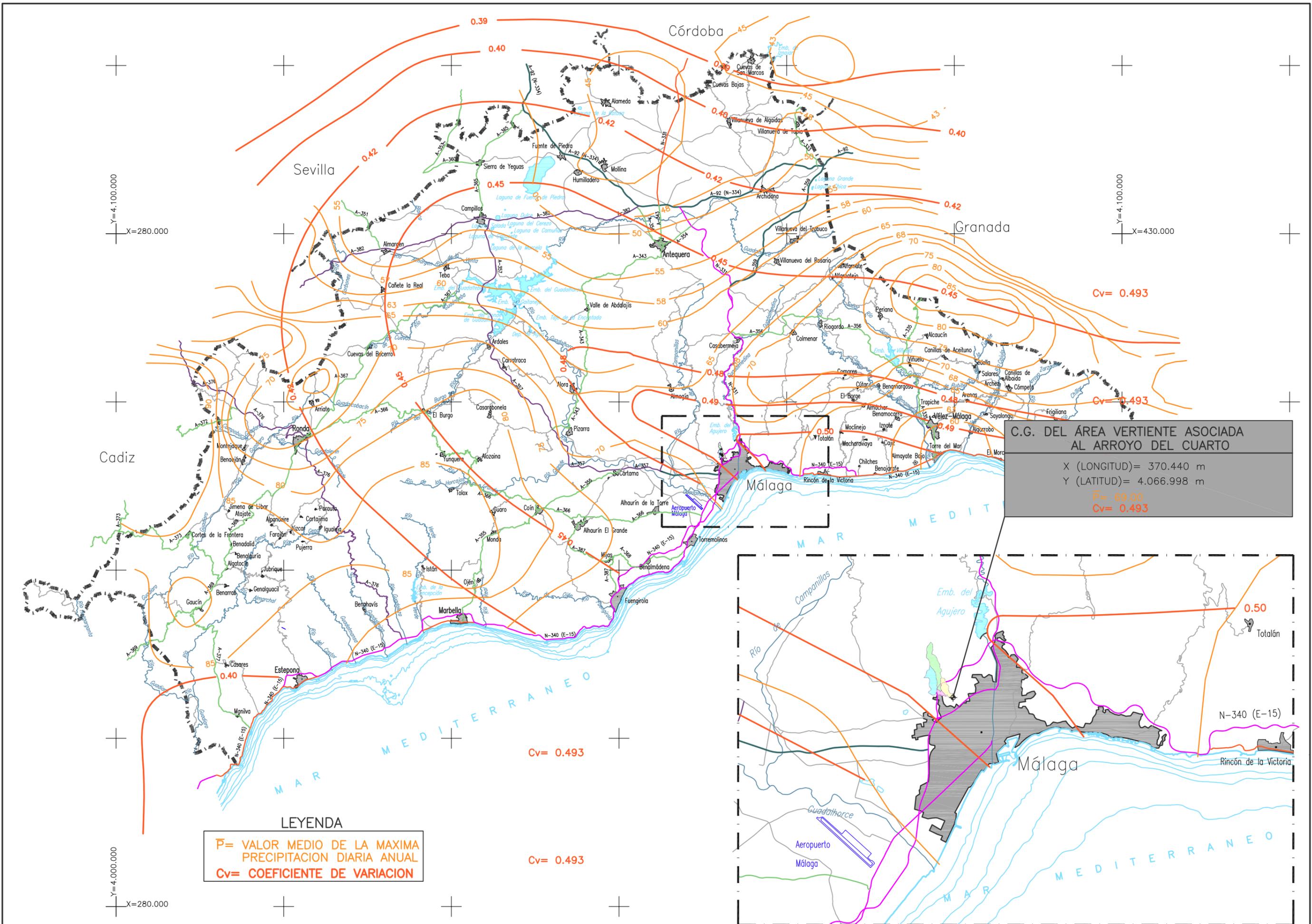
Partiendo de esta hipótesis hemos obtenido los coeficientes de escorrentía para cada periodo de retorno y el caudal específico considerando el área total, a partir del cual, obtenemos los caudales de cálculo para cada punto de control sin más que multiplicar el caudal específico por el área que recoge cada punto.

A continuación consignamos una tabla resumen con los caudales de cálculo de cada punto de control:

PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS			PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS		
CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /seg):	6.52		CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /seg):	20.16	
TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)	TRAMO	AREA (Ha)	CAUDAL DE CÁLCULO (m ³ /seg)
P.C. 1	40.716	2.65	P.C. 1	40.716	8.21
P.C. 2	58.803	3.83	P.C. 2	58.803	11.85
P.C. 3	99.519	6.49	P.C. 3	99.519	20.06
PC 3.1	103.057	6.72	PC 3.1	103.057	20.78
PC 3.2	105.179	6.86	PC 3.2	105.179	21.20
P.C. 4	106.594	6.95	P.C. 4	106.594	21.49
PC 4.1	126.118	8.22	PC 4.1	126.118	25.43
PC 4.2	128.559	8.38	PC 4.2	128.559	25.92
P.C. 5	130.999	8.54	P.C. 5	130.999	26.41

Con los planos y las hojas electrónicas que complementan este anejo creemos que queda perfectamente claro el método de cálculo empleado.





C.G. DEL ÁREA VERTIENTE ASOCIADA AL ARROYO DEL CUARTO
 X (LONGITUD)= 370.440 m
 Y (LATITUD)= 4.066.998 m
 \bar{P} = 69.00
 Cv= 0.493

LEYENDA
 \bar{P} = VALOR MEDIO DE LA MAXIMA PRECIPITACION DIARIA ANUAL
 Cv= COEFICIENTE DE VARIACION

CÁLCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA - ARROYO DEL CUARTO

Utilizamos el contenido del capítulo 2 de la Instrucción 5.2-IC (Drenaje Superficial). En la misma, se reconoce que para pequeñas cuencas (tiempos de concentración inferiores a seis horas) son apropiados los métodos hidrometeorológicos.

El coeficiente de escorrentía se puede obtener de la aplicación de la fórmula siguiente, en el que las variables están referidas al tiempo de retorno considerado.

$$C = [(Pd/Po) - 1] \times [(Pd/Po) + 23] / [(Pd/Po) + 11]^2$$

Pd: Precipitación total diaria (mm)
Po: Umbral de escorrentía

En el proyecto que nos ocupa determinaremos los coeficientes a utilizar en la determinación del umbral de escorrentía. Utilizamos los valores de la tabla que se adjunta a continuación, clasificando los suelos en varios grupos que suman la superficie total

La superficie total de la cuenca es : **130.999** Ha.

Descripción de la zona		Tipo	Grupo	Po	Porc.	Ha.
Zonas de monte bajo con escasa vegetación		31	C	14	70.0%	91.7
Zonas de monte bajo con vegetación media		32	C	22	22.0%	28.8
Zonas urbanizadas		41		1	8.0%	10.5
Totales: 100.0% 131.0						

Utilizando los datos de precipitaciones en 24 horas, obtenidos con anterioridad, obtenemos los siguientes valores de C:	Periodo de Retorno	Precipitación en 24 h (Pd)	Umbral E. (Po)			Valores medios	
			14	22	1	C	Po
	5	92.3	0.53	0.38	0.99	0.54	32.2
	10	112.7	0.60	0.45	0.99	0.60	25.2
	25	140.1	0.67	0.52	0.99	0.67	20.7
	50	164.4	0.72	0.58	1.00	0.71	19.6
	100	190.0	0.76	0.63	1.00	0.75	18.4
	200	217.1	0.80	0.67	1.00	0.78	17.9
	500	255.0	0.83	0.72	1.00	0.82	16.9

CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DE LA TABLA SIGUIENTE				
Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa	Perfecto
			Areno-limosa	
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa	Bueno a moderado
			Franca	
			Franco-arcillo-arenosa	
			Franco-limosa	
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa	Imperfecto
			Franco-arcillo-limosa	
			Arcillo-arenosa	
			Arcillosa	
D	Muy lenta	Pequeña u Horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA							
Uso de la tierra	Tipo	Pendiente	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
		(%)		A	B	C	D
Barbecho	1	>=3	R	15	8	6	4
	2	<3	N	17	11	8	6
	3	<3	R/N	20	14	11	8
Cultivos en hilera	4	>=3	R	23	13	8	6
	5	<3	N	25	16	11	8
	6	<3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	7	>=3	R	29	17	10	8
	8	<3	N	32	19	12	10
	9	<3	R/N	34	21	14	12
Rotación cultivos pobres	10	>=3	R	26	15	9	6
	11	<3	N	28	17	11	8
Rotación cultivos densos	12	<3	R/N	30	19	13	10
	13	>=3	R	37	20	12	9
	14	<3	N	42	23	14	11
Praderas	15	<3	R/N	47	25	16	13
	16	>=3	Pobre	24	14	8	6
	17		Media	53	23	14	9
	18		Buena	*	33	18	13
	19	Muy Buena	*	41	22	15	
	20	<3	Pobre	58	25	12	7
	21		Media	*	35	17	10
	22		Buena	*	*	22	14
	23		Muy Buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares (aprovechamiento forestal)	24	>=3	Pobre	62	26	15	10
	25		Media	*	34	19	14
	26		Buena	*	42	22	15
	27	<3	Pobre	*	34	19	14
	28		Media	*	42	22	15
29	Buena	*	50	25	16		
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)	30		Muy clara	40	17	8	5
	31		Clara	60	24	14	10
	32		Media	*	34	22	16
	33		Espesa	*	47	31	23
	34		Muy espesa	*	65	43	33
Tipo de terreno		Pendiente	Umbral de escorrentía				
Rocas permeables	35	>=3		3			
	36	<3		5			
Rocas impermeables	37	>=3		2			
	38	<3		4			
Firmes granu.sin pavimento	39			2			
Adoquinados	40			1.5			
Pavim. Bitumin./Hormigón	41			1			

Nota: N: Cultivo según líneas de nivel; R: cultivo según máxima pendiente

CÁLCULOS HIDROLÓGICOS (CUENCAS DE MENOS DE 3.000 Ha) - ARROYO DEL CUARTO

TABLA N° 1 - Estimación de los Cuantiles Locales Xt							
Longitud:	Latitud:	P. Retorno	Columna	Cv	Pmed	Yt	Xt
370,440	4,066,998	5	1	0.493	69.0	1.294	89.3
		10	2			1.605	110.7
		25	3			2.031	140.1
		50	4			2.382	164.4
		100	5			2.753	190.0
		200	6			3.146	217.1
		500	7			3.695	255.0
TABLA N° 2 - Determinación de Yt en función de Cv							
P.Retorno	5	10	25	50	100	200	500
Columna	1	2	3	4	5	6	7
0.30	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

TABLA N° 3: Determinación de Pd - (INSTITUTO DE METEOROLOGÍA)								
Lluvia esperada en 24 horas según periodos de retorno (mm)								
Periodos	5	10	25	50	100	200	500	
6-155A	106.3	133.1	166.9	192.1	217.0	241.8	274.6	
Málaga Aeropuerto								
6-170	84.9	102.0	123.5	139.5	155.4	171.2	192.0	
Málaga - Pantano del Agujero								
6-171A	85.8	102.9	124.4	140.4	156.3	172.1	193.0	
Málaga Carmelita								
Valor medio	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9	
TABLA N° 4 - Determinación de los valores Pd de cálculo								
Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)								
Periodos	5	10	25	50	100	200	500	
M.Regional	89.3	110.7	140.1	164.4	190.0	217.1	255.0	
I.Meteoro.	92.3	112.7	138.3	157.3	176.2	195.0	219.9	
Adoptados	92.3	112.7	140.1	164.4	190.0	217.1	255.0	
TABLA N° 5 - Determinación del Tiempo de Concentración y de las intensidad de lluvia								
$T_c = 60 \times 0.3 \times (L/J)^{0.25 \cdot 0.76}$	L (Km) =	3.57	J (m/m) =	0.053	Tc (minutos) =	82.6		
V_{med} (m/seg)=	0.72	V_{med} adoptada (m/seg)=	1.95	Tc Propuesto (minutos) =	30.5			
Cálculo de la intensidad de lluvia para cada periodo de retorno (mm)								
Periodo	5	10	25	50	100	200	500	
P_d (mm/día)	92.3	112.7	140.1	164.4	190.0	217.1	255.0	
P_o (mm/día)	32.2	25.2	20.7	19.6	18.4	17.9	16.9	
I_h (mm/h)	22.7	27.7	34.5	40.4	46.7	53.4	62.7	
I_t (mm/h)	32	39.1	48.7	57	65.9	75.4	88.5	
I_h : Intens.horaria del chubasco de una hora de duración; I_t : Intensidad horaria del de duración Tc								
TABLA N° 6 - Determinación de los caudales específicos y de cálculo							$S_{cuenc.}(Ha) =$	130.999
Caudales específicos para los distintos periodos de retorno (m^3/seg)								
Periodo R.	5	10	25	50	100	200	500	
I_t (mm/h)	32.00	39.10	48.70	57.00	65.90	75.40	88.50	
$C_{escorrentia}$	0.54	0.60	0.67	0.71	0.75	0.78	0.82	
Q_e	4.80	6.52	9.06	11.24	13.73	16.34	20.16	
$Q_{cálculo}$	6.29	8.54	11.87	14.73	17.99	21.40	26.41	
Para los cálculos posteriores, dadas las condiciones de proyecto, seleccionamos como periodos de retorno (años)						10	500	

