



Ministerio de Medio Ambiente
Confederación Hidrográfica del Norte

ANEJO N° 7

ESTUDIO DE CAUDALES



ÍNDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	DETERMINACION DE CAUDALES.-	2
2.1	CRITERIOS DE DISEÑO ADOPTADOS	2
2.1.1	<i>Caudales de máximas avenidas</i>	2
2.1.2	<i>Caudales de Aguas residuales</i>	4
2.1.3	<i>Caudales de infiltración</i>	7
2.1.4	<i>Caudales de Proyecto</i>	7
2.2	CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS.....	9
2.3	CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES.	13
2.3.1	<i>Caudales residuales domésticos</i>	13
2.3.2	<i>Caudales residuales ganaderos</i>	14



1. INTRODUCCION

La no existencia de datos directos de aforos en los arroyos objeto del estudio conlleva la necesidad de estimar los caudales generados a partir de datos de precipitación y de las características de las cuencas vertientes. El proceso de obtención de estos caudales se desarrolla en las siguientes fases:

- - Obtención de las máximas precipitaciones diarias.
- - Obtención de curvas intensidad-duración de precipitación.
- - Obtención de caudales de máximas avenidas..

Las dos primeras fases se describen con detalle en el Anejo nº 5: Pluviometría de esta memoria.

Por otra parte, a partir de los datos del Anejo nº6: Zonificación, se obtienen los caudales de aguas residuales que se utilizarán en los cálculos de la red de colectores.



2. DETERMINACION DE CAUDALES.-

2.1 CRITERIOS DE DISEÑO ADOPTADOS

A continuación se definen a los criterios adoptados para la determinación de los caudales de cálculo. Dichos caudales se clasificarán en tres grupos según su procedencia: pluviales, residuales y de infiltración.

2.1.1 Caudales de máximas avenidas

A partir de los datos obtenidos en el Anejo nº 5 : Pluviometría, vamos a obtener los caudales correspondientes a distintos períodos de retorno.

El método de estimación de los caudales asociados a distintos periodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante.

Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos que se describen en Instrucción de Carreteras 5.2-IC basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación I_t a la superficie de la cuenca. El caudal recurrente Q en el punto de desagüe de una cuenca o superficie se obtiene mediante la siguiente fórmula :

$$[2.3.1] \quad Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{300}$$

donde:

- Q es el caudal de diseño en la sección de desagüe en estudio en m^3/sg .
- C es el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
- A es la superficie de la cuenca de aportación en Ha.



- I es la intensidad media I_t de precipitación correspondiente al periodo de retorno de diseño para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en mm/hora.

El coeficiente de escorrentía se define esencialmente como la relación entre el volumen de lluvia neta (o de escorrentía) y la lluvia total, por lo que, teóricamente, varía en el rango de valores entre 0 y 1.

La Dirección General de Carreteras propone, para obras de drenaje, estimar dicho coeficiente mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{((P_d / P_0) - 1)((P_d / P_0) + 23)}{((P_d / P_0) + 11)^2}$$

Según la Instrucción 5.2-IC si la razón P_d/P_0 fuera inferior a la unidad, el coeficiente C de escorrentía podrá considerarse nulo; en caso contrario se calcula mediante la expresión anterior.

siendo:

P_d : Precipitación total diaria en mm correspondiente al periodo de retorno de cálculo

P_0 : Umbral de escorrentía. Define el valor de la altura de lluvia a partir del cual se inicia la escorrentía.

En cuanto a la determinación del umbral de escorrentía, se puede hacer mediante la tabla 2.1 “Estimación del Umbral de Escorrentía” de la Instrucción 5.2-IC “Drenaje Superficial”. Esta tabla ha sido diseñada para cuencas americanas. Para que estos valores tengan validez en España es preciso afectarlos por un coeficiente multiplicador regional, que se obtiene a través del mapa de la figura 2.5 “Coeficiente Corrector del Umbral de Escorrentía” de la citada Instrucción. En el presente proyecto el coeficiente corrector utilizado es 1,80.



Para hacer uso de la tabla es preciso hacer una discretización de las cuencas atendiendo a los usos del suelo y determinar su tipo (A, B, C, ó D), para lo cual se utiliza la TABLA 2.2 “Clasificación de Suelos a Efectos del Umbral de Escorrentía” de la Instrucción 6.1-IC.

2.1.2 Caudales de Aguas residuales

Se adoptan las siguientes notaciones:

$(QD)^A_B$ = Caudal de aguas residuales domésticas

$(QI)^A_B$ = Caudal de aguas residuales industriales

$(QG)^A_B$ = Caudal de aguas residuales ganaderas

siendo

superíndice A:

a = año actual

h = año horizonte

subíndice B:

mín = mínimo

m = medio

p = punta



2.1.2.1 Domésticas

Los caudales de aguas residuales domésticas se calcularán a partir de las dotaciones de agua potable actuales y futuras para el año horizonte.

Se adoptan las siguientes dotaciones:

Actual = 250 l/hab. y día

Para el año horizonte = 350 l/hab y día

2.1.2.1.1 Caudal medio

Con las dotaciones adoptadas resultan los siguientes valores para el caudal medio:

$$(QD)_m^a = \frac{250.P_a}{86400}$$

$$(QD)_m^h = \frac{350.P_a}{86400}$$

siendo

P_a = Población actual

P_h = Población del año horizonte

2.1.2.1.2 Caudal punta

- Para caudales medios mayores de 2 l/seg:

$$(QD)_p = (QD)_m + 2,6 * (QD)_m^{0,7} \text{ (l/seg)}$$

- Para caudales medios menores de 2 l/seg:



$$(QD)_p = 5,5 * (QD)_m^{0,2} \text{ (l/seg)}$$

En este proyecto se usará únicamente la primera fórmula para obtener cierta coherencia entre los resultados parciales y los de conjunto.

2.1.2.1.3 Caudal mínimo

Adoptamos como caudal mínimo el 50 % del caudal medio en todos los casos.

2.1.2.2 Industriales

2.1.2.2.1 Caudal medio

Para el cálculo del caudal medio de aguas residuales industriales se suele adoptar, a falta de datos más precisos, una dotación de 1,5 l/seg. Ha que ofrece valores suficientemente conservadores y del lado de la seguridad. El caudal así calculado se aplica tanto al año actual como para el año horizonte.

Puesto que no se tienen datos de localización de asentamientos industriales en la zona de estudio, no se considera en nuestro cálculo este tipo de caudales.

2.1.2.2.2 Caudal punta

Como caudal punta industrial se adopta el 160 % del caudal medio, tanto para el año actual como para el año horizonte. Por las mismas razones apuntadas en el párrafo anterior no vamos a considerarlo en el cálculo.

2.1.2.2.3 Caudal mínimo

Se adopta como caudal mínimo el 25 % del caudal medio, tanto para el año actual como para el año horizonte. Por lo ya indicado en los párrafos anteriores, tampoco se considera este caudal en los cálculos.



2.1.2.3 Ganadería

El caudal proveniente de la ganadería se calcula habitualmente a partir del censo ganadero, aplicando una dotación 70 l/cab·día tanto para el año actual y para el año horizonte.

2.1.2.3.1 Caudales medios, puntas y mínimos

Los criterios de obtención de estos caudales son idénticos a los definidos para aguas residuales domésticas, con la única diferencia de la dotación considerada de 70 l/cab día.

2.1.3 Caudales de infiltración

Dado que no es presumible que existan altos valores de infiltración en ninguno de los puntos objeto de este estudio, tomaremos como caudal de infiltración el mismo valor que el del caudal medio actual de aguas residuales, y lo denominaremos:

QF = Caudal de infiltración

2.1.4 Caudales de Proyecto

Para la designación de los caudales de proyecto se adopta la siguiente notación:

Q^A_C = Caudal de proyecto

siendo

superíndice A:

a = año actual

h = año horizonte

subíndice C:



mín = mínimo de proyecto

máx = máximo de proyecto

2.1.4.1 Caudal medio de Proyecto

Se adopta como caudal medio de proyecto:

$$Q_m = (QP)^h_m + (QD)^h_m + (QI)^h_m + (QG)^h_m + (QF)^h_m$$

2.1.4.2 Caudal máximo de Proyecto

Este será el caudal que utilizaremos para el diseño hidráulico de las conducciones, con los valores correspondientes al año horizonte ($Q_{máx}$). Se contempla únicamente el caso de redes unitarias, por lo que el caudal máximo de proyecto será:

$$Q_{máx} = (QP)^h_p + (QD)^h_p + (QI)^h_p + (QG)^h_p + (QF)^h_p$$

- Las dos fórmulas anteriores son genéricas, en nuestro caso QI siempre será nulo por lo comentado anteriormente.

2.1.4.3 Caudal mínimo de Proyecto

Se adopta como caudal mínimo de proyecto el siguiente:

$$Q_{min} = (QD)^a_{min} + (QI)^a_{min} + (QG)^a_{min} + (QF)^a_{min} + (QP)^a_{min}$$



2.2 CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS

El cálculo de los caudales recurrentes se realiza mediante la fórmula siguiente, descrita en el apartado 2.1.1 de este Anejo y cuya expresión es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{300}$$

donde:

- Q es el caudal de diseño en la sección de desagüe en estudio en m^3/s .
- C es el coeficiente de escorrentía de la cuenca.
- A es la superficie de la cuenca de aportación en Ha.
- I es la intensidad de lluvia media correspondiente al periodo de retorno de diseño para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en mm/hora.

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se procede de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.1.1. Los usos de la tierra considerados en el presente proyecto, así como sus correspondientes umbrales de escorrentía, quedan reflejados en la siguiente tabla:

ESTIMACIÓN INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA P_0 (mm)				P_0 CORREGIDO (mm)	
USO DE LA TIERRA	PENDIENTE %	CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO C	K_{po}	GRUPO DE SUELO C
<i>Praderas</i>	>3	Mé dia	14	1,8	25
<i>Masas forestales</i>	Monte bajo	Mé dia	22	1,8	40
	Artolado	Mé dia	14	1,8	25
<i>Rocas permeables</i>	>3		3	1,8	5



Para el cálculo de caudales se ha realizado la siguiente distribución de subcuencas vertientes:

- Caudal hasta Felguera: Cuenca C-1.
- Caudal hasta La Ará: Cuencas C-1 a C-3.
- Caudal hasta La Foz : Cuencas C-1 a C-5
- Caudal hasta Las Mazas: Cuencas C-1 a C-7.
- Caudal hasta la desembocadura: Cuencas C-1 a C-9.

Se muestran a continuación los cuadros correspondientes a la discretización de las cuencas y a los coeficientes de escorrentía de los periodos de retorno mencionados con anterioridad.

CALCULO DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA				
CUENCA	% USOS DEL SUELO			
	<i>Pradería</i>	<i>Monte Bajo</i>	<i>Arbolado</i>	<i>Roca</i>
C-1	40%	20%	25%	15%
C-2	45%	15%	35%	5%
C-3	30%	15%	35%	20%
C-4	40%	20%	35%	5%
C-5	60%	15%	15%	10%
C-6	40%	20%	30%	10%
C-7	45%	20%	25%	10%
C-8	50%	30%	15%	5%
C-9	45%	20%	30%	5%



COEFICIENTES DE ESCORRENTIA								
CUENCA	2	5	10	25	100	250	500	1000
C-1	0,235	0,313	0,364	0,421	0,497	0,547	0,573	0,604
C-2	0,190	0,269	0,322	0,382	0,462	0,515	0,544	0,577
C-3	0,266	0,344	0,396	0,452	0,526	0,574	0,600	0,629
C-4	0,184	0,262	0,315	0,374	0,455	0,507	0,536	0,569
C-5	0,215	0,294	0,346	0,405	0,484	0,535	0,562	0,594
C-6	0,210	0,287	0,339	0,398	0,476	0,527	0,554	0,586
C-7	0,210	0,287	0,339	0,398	0,476	0,527	0,554	0,586
C-8	0,173	0,249	0,301	0,360	0,439	0,492	0,520	0,553
C-9	0,184	0,262	0,315	0,374	0,455	0,507	0,536	0,569

A partir del tiempo de concentración de la cuenca y aplicando la fórmula de la Instrucción de Carreteras, anteriormente indicada, se obtienen las intensidades de precipitación para cada cuenca, que introducidas en la fórmula hidrometeorológica nos dan los caudales.

En la siguiente tabla se expresan las características de las diferentes cuencas afectadas por el acondicionamiento de las márgenes del río Riosa..

En la siguiente tabla se expresan las intensidades de precipitación y los caudales obtenidos en cada una de las cuencas, para periodos de retorno de 5, 10, 25, 100, 250 y 500 años. Estos caudales servirán como caudales de diseño de los distintos elementos de drenaje.

CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS DRENADAS							
CUENCA	Area (Ha.)	Longitud Vaguada (Km.)	Cota Máxima (m.)	Cota Desagüe (m.)	Desnivel (m.)	Pendiente Media (%)	Tiempo de Concentración (horas)
Felguera	2431,00	6,52	1425	322	1103	16,9	1,75
La Ará	4481,00	7,448	1675	320	1355	18,2	1,91
La Foz	4799,00	9,181	1675	246	1429	15,6	2,30
Las Mazas	5457,00	10,23	1675	300	1375	13,4	2,57
Desembocadura	5823,00	12,761	1675	152,54	1522,46	11,9	3,11



Para cuencas con superficies de más de 1 Km² se ha utilizado para el cálculo de los caudales además de la fórmula anteriormente descrita, la fórmula de la Confederación Hidrográfica (CANE) tomando como caudal de cálculo el más desfavorable de los dos.

La expresión de dicha fórmula es:

$$Q = \left(16,8 - \frac{4,3}{S}\right) \times S^{(0,65 - \frac{0,4}{S})}$$

donde:

- Q es el caudal de diseño en la sección de desagüe en estudio en m³/s.

S es la superficie de la cuenca en Km².

INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN Y CAUDALES EN LAS CUENCAS DRENADAS										
CUENCA	PERÍODO DE RETORNO									
	(Años)									
	2	5	10	25	100	250	500	1000		
	I_2	I_5	I_{10}	I_{25}	I_{100}	CANE	I_{250}	I_{500}	CANE	I_{1000}
mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	Q_{100} (m ³ /s)	mm/h	mm/h	Q_{500} (m ³ /s)	mm/h	
Felguera	14.80	19.50	23.10	27.80	35.30	120.63	41.30	44.90	146.57	49.60
La Ará	14.10	18.50	22.00	26.40	33.60	192.49	39.20	42.70	233.88	47.10
La Foz	12.60	16.60	19.70	23.70	30.10	202.75	35.20	38.30	246.34	42.20
Las Mazas	11.80	15.50	18.40	22.20	28.20	220.81	32.90	35.80	268.29	39.60



2.3 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES.

2.3.1 Caudales residuales domésticos

Se muestra a continuación la tabla resumen de los caudales residuales calculados según los criterios expuestos a lo largo de este Anejo.

CAUDALES DE CALCULO - AGUAS NEGRAS

ZONA	POBLACION		a	a	a	h	h	h
	a	h	(QD)	(QD)	(QD)	(QD)	(QD)	(QD)
	(hab.)	(hab.)	min	m	p	min	m	p
			(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
RIOSA	2.148	3.018	3,108	6,215	15,556	6,113	12,226	27,225
La Ará	889	1.249	1,286	2,572	7,610	2,530	5,060	13,148
Doñajuandi	44	62	0,064	0,127	0,742	0,126	0,251	1,240
La Felguera	112	157	0,162	0,324	1,506	0,318	0,636	2,530
La Marina	16	22	0,023	0,046	0,349	0,045	0,089	0,568
Muriellos	62	87	0,090	0,179	0,960	0,176	0,352	1,605
Nijeres	306	430	0,443	0,885	3,273	0,871	1,742	5,576
Piedrafita	12	17	0,017	0,035	0,282	0,034	0,069	0,468
Prunadiella	209	294	0,302	0,605	2,433	0,595	1,191	4,129
La Puente Alta	56	79	0,081	0,162	0,889	0,160	0,320	1,491
El Rotellín	13	18	0,019	0,038	0,299	0,036	0,073	0,489
La Vega	365	513	0,528	1,056	3,757	1,039	2,078	6,417
Villameri	64	90	0,093	0,185	0,984	0,182	0,365	1,648
LA FOZ (MORCIN)	1.206	1.725	1,745	3,490	9,726	3,494	6,988	17,127
La Collada	23	33	0,033	0,067	0,457	0,067	0,134	0,769
La Figar	1	1	0,001	0,003	0,046	0,002	0,004	0,059
Lugar de Abajo	436	624	0,631	1,262	4,321	1,264	2,528	7,504
Lugar de Arriba	313	448	0,453	0,906	3,331	0,907	1,815	5,761
Las Mazas	378	541	0,547	1,094	3,862	1,096	2,192	6,695
Otura	8	11	0,012	0,023	0,209	0,022	0,045	0,339
Panizales	6	9	0,009	0,017	0,170	0,018	0,036	0,292
Porrimán	5	7	0,007	0,014	0,149	0,014	0,028	0,243
El Pradiquín	2	3	0,003	0,006	0,076	0,006	0,012	0,131
La Puente	17	24	0,025	0,049	0,365	0,049	0,097	0,606
Los Llanos	12	17	0,017	0,035	0,282	0,034	0,069	0,468
Los Turulledos	5	7	0,007	0,014	0,149	0,014	0,028	0,243
SUMA	3.354	4.743	4,852	9,705	25,282	9,607	19,214	44,352



2.3.2 Caudales residuales ganaderos

Se muestra a continuación la tabla de los caudales calculados para los núcleos de población considerados, según los criterios expuestos a lo largo de este Anejo.

CAUDALES DE CALCULO - AGUAS NEGRAS GANADERAS

ZONA	CABEZAS DE GANADO		a	a	a	h	h	h
	a	h	(QD) min (l/s)	(QD) m (l/s)	(QD) p (l/s)	(QD) min (l/s)	(QD) m (l/s)	(QD) p (l/s)
RIOSA	1283	1499	0,520	1,039	3,711	0,607	1,214	4,193
La Ará	531	620	0,215	0,430	1,871	0,251	0,502	2,108
Doñajuandi	26	31	0,011	0,021	0,195	0,013	0,025	0,222
La Felguera	67	78	0,027	0,054	0,393	0,032	0,063	0,439
La Marina	10	11	0,004	0,008	0,097	0,004	0,009	0,104
Muriellos	37	43	0,015	0,030	0,253	0,017	0,035	0,283
Nijeres	183	214	0,074	0,148	0,832	0,087	0,173	0,936
Piedrafita	7	8	0,003	0,006	0,075	0,003	0,006	0,083
Prunadiella	125	146	0,051	0,101	0,625	0,059	0,118	0,702
La Puente Alta	33	39	0,013	0,027	0,233	0,016	0,032	0,263
El Rotellín	8	9	0,003	0,006	0,083	0,004	0,007	0,090
La Vega	218	255	0,088	0,177	0,949	0,103	0,207	1,069
Villameri	38	45	0,015	0,031	0,258	0,018	0,036	0,292
LA FOZ (MORCIN)	517	604	0,209	0,419	1,833	0,245	0,489	2,066
La Collada	10	12	0,004	0,008	0,097	0,005	0,010	0,111
La Figar	1	2	0,000	0,001	0,019	0,001	0,002	0,031
Lugar de Abajo	187	218	0,076	0,152	0,845	0,088	0,177	0,949
Lugar de Arriba	134	157	0,054	0,109	0,658	0,064	0,127	0,741
Las Mazas	162	189	0,066	0,131	0,759	0,077	0,153	0,852
Otura	3	4	0,001	0,002	0,041	0,002	0,003	0,050
Panizales	3	3	0,001	0,002	0,041	0,001	0,002	0,041
Porrimán	2	2	0,001	0,002	0,031	0,001	0,002	0,031
El Pradiquín	1	1	0,000	0,001	0,019	0,000	0,001	0,019
La Puente	7	8	0,003	0,006	0,075	0,003	0,006	0,083
Los Llanos	5	6	0,002	0,004	0,059	0,002	0,005	0,067
Los Turulledos	2	2,000	0,001	0,002	0,031	0,001	0,002	0,031
SUMA	1800	2103	0,729	1,458	5,544	0,852	1,704	6,259