

ANEJO N°4

Hidrología y Drenaje

Índice

1	Introducción	1
2	Antecedentes	2
3	Hidrología	3
3.1	Caudales	3
3.1.1	Determinación de los caudales esperados (Qe)	3
3.1.2	Cálculo de It.	3
3.1.3	Coeficiente de escorrentía	4
3.1.4	Determinación de los Caudales de Proyecto.	4
3.1.4.1	Características de las cuencas drenadas.	5
4	Dimensionamiento de las nuevas Obras de Drenaje Transversal	6
5	Drenaje longitudinal	7
5.1.1	Aspectos generales	7
5.1.2	Diseño general de la red de drenaje longitudinal	7
5.1.3	Criterios de dimensionamiento	8
5.1.3.1	Cálculo de las cunetas y colectores	8
5.1.4	Resultados	8
5.1.5	Comentarios a los resultados obtenidos	8

APÉNDICE 4.1. CALCULOS HIDRAULICOS

1 Introducción

El objeto del presente Anejo es el diseño del la Red de Drenaje, lo que incluye el dimensionamiento de las obras de drenaje y la justificación de los sistemas de evacuación de las aguas en las obras proyectadas.

A continuación se describen las principales características de la red de drenaje proyectada. Se adjuntan los cálculos justificativos de dicha red de drenaje.

2 Antecedentes

En Mayo de 2.011 Eptisa redactó el "Proyecto de Construcción de rotonda en la nueva conexión AP68-BI625. Arrigorriaga (BIZKAIA).

La construcción de dicho proyecto lleva asociado una serie de condicionantes que se ha tenido en cuenta a la hora de encajar el drenaje.

En el apéndice 4.1 se incluyen los planos con el drenaje existente en la zona de actuación.

3 Hidrología

3.1 Caudales

Para la determinación de los caudales de cálculo es necesario establecer diferentes parámetros, como el coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, la intensidad de lluvia o los periodos de retorno a considerar.

3.1.1 Determinación de los caudales esperados (Qe)

Al tratarse de Cuencas de extensión menor a 1 Km², no existen en los Organismos de Cuenca correspondientes datos de estos caudales. Se procede por ello, y siguiendo las prescripciones de la Instrucción 5.2-IC y de las normas BAT, a la estimación de estos caudales mediante el método hidrometeorológico basado en la fórmula racional.

La expresión de la fórmula racional a aplicar es la siguiente:

$$Q_e = \frac{I_t \cdot S \cdot C}{3.6}$$

Siendo:

- I_t : Intensidad de lluvia en mm/h. (correspondiente a un tiempo de concentración T_c)
- S : superficie de la Cuenca en km²
- C : Coeficiente de escorrentía (adimensional)
- Q_e : Caudal en m³/seg.

3.1.2 Cálculo de I_t .

La aplicación de las normas BAT simplifica el cálculo de la intensidad de lluvia a considerar. Estas normas tienen ya en cuenta las características del territorio y las series de datos recogidos por los Servicios de meteorología de la zona, por lo que la intensidad de lluvia pasa a depender de dos únicos factores que son el Periodo de retorno (T_r) y el Tiempo de concentración (T_c).

El tiempo de concentración se calcula mediante la fórmula:

$$T_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Siendo:

- T_c : Tiempo de concentración en horas.
- L : Longitud de cuenca interceptada en Km.
- J : Pendiente media de la cuenca en tanto por uno.

Se considera que el tiempo de concentración mínimo es de 10 minutos, por lo que cuando el resultado de la fórmula es menor tomaremos $T_c = 10$ min.

Con el valor de T_c entramos en la tabla, propuesta en las normas BAT, para hallar directamente el valor de la Intensidad Máxima para el periodo de retorno considerado.

Los periodos de retorno recomendados en las normas BAT a efectos de nuestro proyecto son:

- 25 años sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0.75 m².
- 100 años para caños, alcantarillas, bajantes escalonadas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 m² y 5 m².
- 250 años para pontones, puentes y obras con sección de desagüe entre 5 m² y 50 m².
- 500 años para puentes y obras con sección de desagüe superior a 50 m².

Entrando en la tabla que aparece a continuación obtenemos I_{max} en función de estos valores:

INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN						
	PERIODO DE RETORNO Tr (Años)					
Tiempo de concentración	10	25	50	100	250	500
24 h	6	7	8	9	10	11
12 h	9	11	12	14	16	17
9 h	11	13	15	17	19	21
6 h	14	17	19	22	24	27
5 h	16	19	22	24	27	30
4 h	18	22	25	28	31	34
3 h	21	26	29	33	37	41
2 h 30 min	23	29	32	36	41	45
2 h	27	32	37	41	47	51
1 h 45 min	29	35	40	44	50	55
1 h 30 min	31	38	43	48	55	60
1 h 20 min	33	40	46	51	58	64
1 h 10 min	36	43	49	55	63	68
1 h	40	47	53	60	68	74
50 min	42	52	59	66	75	81
40 min	47	58	66	73	84	91
30 min	55	67	76	85	96	105
25 min	60	73	83	92	105	115
20 min	66	81	92	103	117	127
15 min	76	92	105	117	133	145
10 min	91	111	125	140	159	174

3.1.3 Coeficiente de escorrentía

Si se dispone de datos fiables se utilizarán estos. En caso contrario se acudir  a la tabla contenida, a tal efecto, en las normas BAT.

TIPO DE SUELO	C
Pavimentos y zonas urbanas intensivas	0.8 - 1
Zonas urbanas residenciales. Terrenos impermeables, vegetación escasa.	0.7 – 0.9
Terrenos permeables, vegetación escasa. Terrenos impermeables vegetación densa.	0.6 – 0.8
Terrenos permeables, vegetación densa. Terrenos impermeables, bosque frondoso.	0.5 – 0.7
Terrenos permeables, bosque frondoso.	0.4 – 0.6

Para este Proyecto se coge el valor de 1,00 para superficies pavimentadas y 0,70 cuando el agua es recogida por el terreno.

3.1.4 Determinación de los Caudales de Proyecto.

Para la determinación de los caudales de proyecto multiplicaremos el caudal estimado, obtenido por el método racional, por un coeficiente de mayoración, k_p, que no depende de parámetros hidrológicos, sino de los posibles daños que una avenida pueda ocasionar en el entorno.

El parámetro k_p se halla entrando en las tablas siguientes:

CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS POSIBLES	
A	Inundación de vegas agrícolas por elevación de la lámina de agua con la velocidad de la corriente < 1 m/seg.
B	Inundación de granjas, instalaciones industriales y viviendas aisladas, por la elevación de la lámina de agua con velocidad de la corriente>1 m/sg.
C	Inundación de áreas urbanas y suburbanas con arrastre de vehículos y corte de las vías de comunicación.
D	Inundación catastrófica con arrastre de árboles y animales, importantes daños materiales y peligro de vidas humanas

COEFICIENTE DE MAYORACIÓN Kp				
OBRA DE DRENAJE	Daños A	Daños B	Daños C	Daños D
Sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0.75 mí	1 - 1.2	1 - 1.2	–	–
Caños, alcantarillas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 y 5 m�	1 - 1.2	1 - 1.2	1.1 - 1.3	1.2 - 1.4
Pontones, puentes y obras de drenaje con sección dedesag�e entre 5 y 50 mí	1 - 1.2	1.1 - 1.3	1.2 - 1.4	1.3 - 1.5

En todos los cálculos se han mayorado con el coeficiente de seguridad de 1.1.

3.1.4.1 Características de las cuencas drenadas.

Con la metodología descrita se han determinado las dimensiones siguiendo los caudales para cada obra obtenidos:

Ramal	Cuenca área(Ha)	Q aportado (T-100) (m3/s)
ODT 1	0.248	0,07
ODT 2	---	0,008
ODT 3	---	0,05
ODT 4	0,339	0,06
ODT 5		0,008
ODT 6		0,008

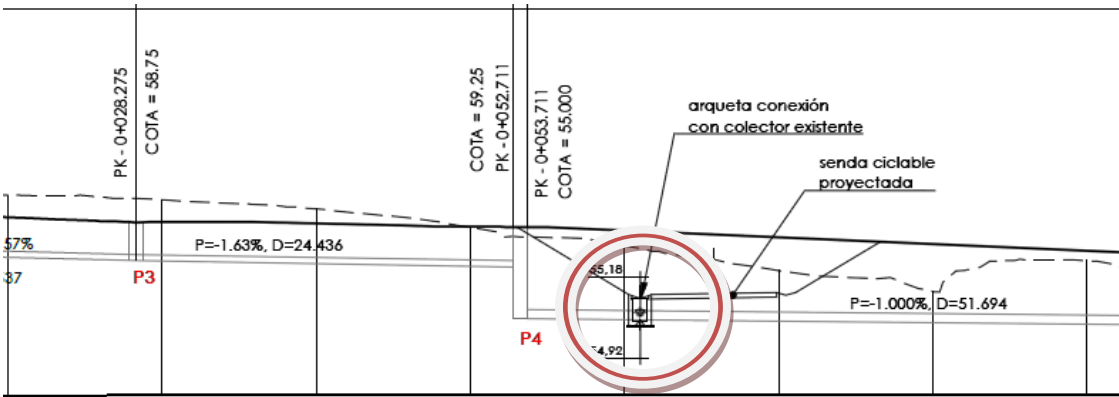
4 Dimensionamiento de las nuevas Obras de Drenaje Transversal

Las obras de drenaje transversal tienen por objeto restituir el curso de los cauces de agua superficial que se vean interrumpidos por la traza, introduciendo las mínimas modificaciones sobre las condiciones originales de dichos cauces, como son las pendientes en alzado y el esviaje.

Por tanto el caudal recogido será el que indica en la siguiente tabla justificando así las dimensiones de la nueva ODT proyectada.

Ubicación	Q aportado (m3/s)	Nueva ODT Diámetro (m)
ODT 1	0,07	0,4
ODT 2	0,008	0,4
ODT 3	0,05	0,4
ODT 4	0,06	0,4
ODT 5	0,008	0,4
ODT 6	0,008	0,4

La ODT 3 conecta con el drenaje existente de la carretera, tal y como se muestra en el longitudinal adjunto:



P.C. de senda ciclable entre el polígono Agirre y Martiartu (Arrigorriaga)
Anejo nº4: Hidrología y Drenaje
X100000032-PC-AN-HID-0

5 Drenaje longitudinal

Se trata en este apartado de proyectar adecuadamente los elementos de drenaje superficial a emplear, para ello se han dimensionado los diferentes elementos de drenaje, tanto cunetas como colectores y caños de tal forma que tengan capacidad hidráulica suficiente.

El drenaje superficial comprende:

- La recogida de aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante caces, cunetas y sus imbornales y sumideros.
- La evacuación de las aguas recogidas, mediante arquetas, a cauces naturales bien, mediante obras de drenaje transversal o canalizaciones a cielo abierto o enterradas.

Los períodos de retorno para el cálculo de los caudales de cálculo de cada uno de los elementos de drenaje son los que siguen:

- 25 años sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0.75 m^2 .
- 100 años para caños, alcantarillas, bajantes escalonadas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 m^2 y 5 m^2 .
- 250 años para pontones, puentes y obras con sección de desagüe entre 5 m^2 y 50 m^2 .
- 500 años para puentes y obras con sección de desagüe superior a 50 m^2 .

Hay que tener en cuenta que, en el cálculo de los caudales de diseño, se parte de los caudales para los diferentes períodos de retorno de cada una de las cuencas y subcuencas incluidas en el apartado de hidrología.

A continuación, se describe el sistema general de drenaje del tramo estudiado, desarrollando las redes en que se subdivide y todos los elementos que constituyen la solución general. Se entiende como red el conjunto de elementos de drenaje que conducen aguas que comparten el mismo punto final de vertido, pudiendo ser el mismo un cauce natural o una obra de drenaje transversal.

A continuación, se nombran y describen todas las redes y subredes que forman parte del drenaje longitudinal, así como los elementos de drenaje transversal.

5.1.1 Aspectos generales

El drenaje longitudinal consiste en la disposición de los elementos necesarios para:

- Recoger el agua en la plataforma y taludes de desmonte y conducirla hasta el punto de drenaje.
- Encauzar la escorrentía de las áreas adyacentes que inciden en el trazado.

Para el cálculo de los caudales de diseño, se ha utilizado la metodología descrita en los apartados anteriores, en los que se estudian los aspectos hidrológicos.

Todas las cuencas drenadas mediante los elementos de drenaje longitudinal, plataforma y taludes, se consideran cuencas de pequeña superficie.

Existen ciertos condicionantes tenidos en cuenta en el diseño de la red de drenaje longitudinal del tramo estudiado:

- Dimensiones establecidas en el estudio de las secciones tipo (Ver Planos. Secciones Tipo), que limitan las dimensiones de las bermas, cunetas de plataforma, y cunetas en terraplén en la plataforma del tronco.

El drenaje longitudinal se resuelve mediante los siguientes elementos:

- Cunetas de plataforma, en secciones en terraplén.
- No habrá nuevos colectores puesto que no se ha superado la capacidad hidráulica de las cunetas dimensionadas.
- Cuenta de guarda para encauzar el agua que bien de la ladera no interfiera con la nueva plataforma.
- Cuenta trapecial encauzando el agua de la nueva ODT proyectada.

5.1.2 Diseño general de la red de drenaje longitudinal

Dado que el caudal recogido por el drenaje longitudinal y las características de cada sección se asemejan, se dispondrán en todos los casos cunetas de plataforma. A continuación, se describen las características generales del drenaje longitudinal:

- Estas cunetas se han dimensionado teniendo en cuenta una limitación de velocidad de 6 m/s , comprobando que fueran capaces de desaguar el caudal.
- Se han dimensionado teniendo en cuenta una limitación de calado.

Según la sección tipo se colocaran diferentes tipos de cunetas:

- En secciones donde haga fatal se dispondrán rigolas de 0.6 de hormigón revestido con talud de $3.33\text{H}:1\text{V}$, excepto en la zona del muro de micropilotes donde se reduce a $0,5\text{m}$.
- Las cunetas de guarda, serán trapeciales, de $0,9 \text{ m}$ de anchura.
- En secciones en terraplén, se disponen cuentas trapeciales, de $0,3 \text{ m}$ de anchura.

5.1.3 Criterios de dimensionamiento

Como ya se ha comentado, el drenaje longitudinal se resuelve mediante rigolas y cunetas triangulares dispuestos en diferentes posiciones de la sección, según el caso el trazado en planta y alzado del tramo.

Se ha limitado la velocidad a 6 m/s y se ha determinado la cuneta necesaria para que por capacidad no fuera necesario colocar un tubo colector.

5.1.3.1 Cálculo de las cunetas y colectores

Dado que en este caso tanto las rigolas como cunetas a colocar son suficientes para el adecuado encauzamiento del agua y su recogida no será necesaria la disposición de nuevos colectores.

5.1.4 Resultados

Los cálculos de las redes de drenaje se reflejan en las tablas incluidas en el Apéndice nº 5.2: Cálculos realizados para el Dimensionamiento de Cunetas. Para cada una de las redes dispuestas en la traza, se incluye una tabla con el dimensionamiento de cunetas y cunetones que contiene los siguientes datos:

- Columna 1: identifica el nombre del elemento a calcular.
- Columna 2: indica el punto kilométrico de su proyección al eje de la carretera o ramal del enlace o intersección.
- Columna 3: describe el origen o final del elemento, si es arqueta, sumidero, desagüe, etc.
- Columna 4: indica el tipo de conducto.
- Columna 5: hace referencia a las dimensiones más importantes de la sección.
- Columna 6: indica la longitud del conducto.
- Columna 7: es la pendiente del conducto.
- Columna 8: indica el tiempo de concentración.
- Columnas 9 y 10: indica la superficie de cuenca de aportación propia, para superficie pavimentada y de terreno separadamente.
- Columnas 11 y 12: caudales unitarios para las superficies de aportación.
- Columna 13: caudal de cálculo para cada tramo.
- Columna 14: pendiente crítica (sólo para tramos de colector).
- Columna 15: coeficiente de rugosidad.
- Columna 16: máxima capacidad del conducto.
- Columnas 17, 18, 19 y 20: datos de calado, área, radio hidráulico y velocidad.

Se debe cumplir siempre que el valor de la columna 25 sea mayor que el de la columna 24 (lámina entrada < cota admisible límite); en caso contrario, se modificará el dato o los datos que sea posible y conveniente y se repetirá el cálculo.

5.1.5 Comentarios a los resultados obtenidos

De los cálculos hidráulicos obtenidos y que se incluyen como Apéndice 4.1, se deduce que las cunetas cumplen las condiciones hidráulicas en cuanto a velocidad y calado.

En paralelo para desaguar el agua se han implantado 6 ODT con el objetivo de desaguar al río. Sus dimensiones son reducidas al no interrumpir ninguna cuenca significativa.

Se ha comprobado que no se produce interferencia entre la carretera (BI-625) y la nueva senda ciclable, únicamente la ODT 3 presenta una interferencia al compartir punto de vertido con el drenaje de la rotonda.

APENDICE N°4.1

Cálculos Hidráulicos

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
Bidegorri	0 + 000		Cuneta	0,60	90	1,33	10	0,00	90,00	0,034	0,024	2,137	0,014	55,899	0,044	0,004	0,017	0,549
	0 + 090																	
	P.Alto	0 + 116	Cuneta	0,60	22	6,00	10	0,00	33,00	0,034	0,024	0,783	0,014	118,728	0,023	0,001	0,009	0,752
	P. Bajo	0 + 138																
	P.Alto	0 + 180	Cuneta	0,50	65	1,00	10	0,00	1191,00	0,034	0,024	28,276	0,014	53,067	0,118	0,028	0,053	1,008
	P. Bajo	0 + 245																
	P. Bajo	0 + 245	Cuneta	0,50	105	1,00	10	0,00	260,50	0,034	0,024	6,185	0,014	53,067	0,067	0,009	0,030	0,689
		0 + 350																
		0 + 440	Cuneta	0,60	70	6,00	10	385,00	105,00	0,034	0,024	15,551	0,014	118,728	0,070	0,010	0,027	1,587
	P. Bajo	0 + 510																
	P. Bajo	0 + 510	Cuneta	0,60	235	5,00	10	1292,50	1410,00	0,038	0,015	69,470	0,014	108,383	0,127	0,032	0,050	2,155
	P.Alto	0 + 745																
	P. Bajo	0 + 510	Cuneta	0,60	235	3,00	10	0,00	3390,00	0,038	0,015	50,085	0,014	1002,736	0,069	0,030	0,049	1,667
	P.Alto	0 + 745																

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
P.Alto	0 + 745 0 + 830		Cuneta	0,60	85	6,00	10	0,00	340,00	0,038	0,015	5,023	0,014	118,728	0,046	0,004	0,018	1,197
P.Alto	1 + 280 1 + 445		Cuneta	0,60	165	6,00	10	0,00	54,00	0,038	0,015	0,798	0,014	118,728	0,023	0,001	0,009	0,755