

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE RONDA ESTE, TRAMO PO-542 (PONTE BORA-O PINO) A
PO-532 (PONTEVEDRA-PONTECALDELAS). ACCESO A MONTECELO Y COMPLEJO
PRÍNCIPE FELIPE**

ANEJO Nº4 DRENAJE

	Pág.
1. ANTECEDENTES.....	3
2. DATOS PREVIOS.....	3
2.1. CRITERIOS ESPECIFICOS DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA	3
2.2. CUENCAS DE APORTACIÓN	4
2.3. INVENTARIO DEL DRENAJE EXISTENTE	6
3. DRENAJE TRANSVERSAL	6
3.1. DIMENSIONAMIENTO Y TIPOLOGIA DE LAS O.D.T	6
3.2. CÁLCULO DE LOS CAUDALES	7
3.3. COMPROBACIÓN HIDRAULICA DE LA O.D.T	7
3.3.1. SIMBOLOGÍA.....	7
3.3.2. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA O.D.....	8
3.3.3. CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA.....	9
4. ESTUDIO DE EROSIONES Y ATERRAMIENTOS.....	11
4.1. EROSION EVOLUTIVA.....	11
4.2. EROSION LOCALIZADA	11
5. DEFINICIÓN GEOMETRICA Y REPLANTEO DE LAS O.D.T	11
5.1. SOLUCIONES ADOPTADAS.....	12
6. CRITERIOS DE DISEÑO Y CALCULO DEL DRENAJE LONGITUDINAL.....	14
6.1. DISPOSITIVOS PROYECTADOS DE DRENAJE LONGITUDINAL	14
6.1.1. CUNETAS DE CALZADA	14
6.1.2. CUNETAS DE GUARDA.....	15
6.1.3. COLECTORES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	15
6.1.4. OTROS ELEMENTOS	15
6.2. ESTUDIO DE CAUDALES UNITARIOS.....	16
6.3. CAPACIDAD DE DESAGUE DE LOS DISPOSITIVOS PROYECTADOS	17
6.3.1. CUNETAS DE CALZADA	17
6.3.2. COLECTORES.....	18
6.3.3. BORDILLOS DE CORONACIÓN.....	18

6.3.4. BAJANTES PREFABRICADAS	19
6.3.5. ARQUETAS	19
7. DRENAJE PROFUNDO	20
7.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	20
7.2. MEDIDAS PARA FAVORECER EL FLUJO DE SALIDA.....	20

APENDICES

APENDICE 1: INVENTARIO DE DRENAJE EXISTENTE

- APENDICE 1.1_PLANTA INVENTARIO DRENAJE EXISTENTE
- APENDICE 1.2_FICHAS OBRAS DRENAJE EXISTENTE

APENDICE 2: COMPROBACIÓN OBRAS DRENAJE TRANSVERSAL

APENDICE 3: COMPROBACION DRENAJE LONGITUDINAL

- APENDICE 3.1_DIMENSIONAMIENTO CUNETAS

1. ANTECEDENTES

En el presente anejo se desarrolla el diseño del drenaje tanto longitudinal como transversal del “Proyecto para la Construcción de la Ronda Este, tramo PO-542 (Ponte bora-O Pino) a PO-532 (Pontevedra-Pontecaldelas) y acceso a Montecelo y Príncipe Felipe”.

Los datos de partida para la determinación de los parámetros climatológicos e hidrológicos de las cuencas, así como de los caudales de referencia aportados por estas se toman del Anejo nº 3 “Climatología e Hidrología”.

Para el diseño del drenaje se siguen las directrices de la “Instrucción 5.2-IC-Drenaje Superficial” Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero que modifica a la Orden de 14 de Mayo de 1990 del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo y la Orden Circular 17/2003 – “Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera”.

2. DATOS PREVIOS

En el estudio de Climatología e Hidrología se diferencian las cuencas principales que cruzan la traza.

En el propio anejo se ajustaron a escala 1:1.000, definiendo con precisión los puntos de cruce con la traza definitiva, por ello se consideran perfectamente válidas para el estudio actual. En los planos de cuencas del Anejo nº 3_”Climatología e Hidrología” se han representado dichas cuencas.

Para el cálculo y dimensionamiento de los elementos de drenaje transversal se ha considerado un periodo de retorno de 500 años para el drenaje transversal y para el drenaje longitudinal se ha considerado un periodo de retorno de 100 años , tal y como establece la Instrucción 5.2-IC-Drenaje Superficial y en los criterios técnicos del diseño del Plan Hidrológico Galicia-Costa (“El dimensionamiento de las obras de drenaje se realizará para un periodo de retorno de 500 años para el drenaje transversal, considerando para el drenaje longitudinal un periodo de retorno de 100 años, a menos que se justifique de manera conveniente ante el Organismo de la Cuenca, el uso de un

periodo de retorno menor. Se seguirán, en general, los criterios expuestos en la norma 5.2-IC Drenaje”.

TIPO DE ELEMENTOS DE DRENAJE	INSTRUCCIÓN 5.2-IC PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)	AUGAS DE GALICIA PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)
ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL DE LA PLATAFORMA Y MARGENES	25	100
OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	100	500

2.1. CRITERIOS ESPECIFICOS DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA

Con fecha 11/06/2014 se han enviado comunicaciones a varios organismos, en los cuales se informa de la redacción del Proyecto para la Construcción de la Ronda Este, tramo PO-542 (Ponte bora-O Pino) a PO-532 (Pontevedra-Pontecaldelas) y acceso a Montecelo y Príncipe Felipe, se adjunta a continuación una tabla, a modo resumen, en la que se indican los organismos comunicados, el contenido de la notificación remitida y si se ha emitido contestación a dicha comunicación.

ORGANISMOS COMUNICADOS	CONTENIDO COMUNICACIÓN (DOCUMENTACIÓN O INFORMACIÓN SOLICITADA)	CONTESTACIÓN
AGUAS DE GALICIA	DEMARCACIÓN TERRITORIAL GALICIA-SUR	-CRITERIOS DE CALCULO DE CAUDALES PARA DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE. A FECHA DE HOY NO SE HA RECIBIDO CONTESTACIÓN
	SERVICIO DE EJECUCIÓN, PLANIFICACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE SISTEMAS	-INFRAESTRUCTURAS (ACEQUIAS, CANALES DE RIEGO, CANALES DE RIEGO, ABASTECIMIENTO ...) COINCIDENTES EN EL ENTORNO DE LA VIA PROYECTADA. -PUNTOS DE AGUA RECONOCIDOS EN EL ENTORNO DEL PROYECTO (POZOS, FUENTES, MANANTIALES...).
	SERVICIOS CENTRALES	A FECHA DE HOY NO SE HA RECIBIDO CONTESTACIÓN
XESTUR PONTEVEDRA	-INFORMACION O DOCUMENTACIÓN EXISTENTE SOBRE INFRAESTRUCTURAS, REGADIOS Y CONCENTRACIONES PARCELARIAS SITUADAS EN EL ENTORNO DE LA VIA PROYECTADA. -ALEGACIÓN, SUGERENCIA O CONDICIONANTE EN RELACIÓN AL SISTEMA AGRARIO EN DICHA ÁREA.	CON FECHA 16/JUNIO/2014 SE HA RECIBIDO CONTESTACIÓN DEL SERVICIO DE XESTIÓN DO SOLO DE GALICIA EN EL QUE SE COMUNICA QUE NO EXISTE NINGUNA ACTUACIÓN PREVISTA EN LA ZONA DE AFECCIÓN.

En el Apéndice nº 5_”Comunicaciones mantenidas con organismos” del Anejo Nº3_ Climatología e Hidrología se adjuntan los escritos de comunicación remitidos a los diferentes organismos y en el caso de que se haya emitido contestación, se adjunta copia de la misma.

2.2. CUENCAS DE APORTACIÓN

Se han discretizado las pequeñas cuencas de aportación interceptadas por la carretera, distinguiéndose un total de 7 cuencas.

El criterio desarrollado para el cálculo de los caudales en las mismas ha sido el “Método Hidrológico Modificado”, el cual se aplica en el apartado de hidrología.

Los datos geométricos e hidrológicos más representativos de estas cuencas, así como de los caudales obtenidos para los periodos de retorno considerados se incluyen en la siguiente tabla.

CUENCA	CARACTERISTICAS GEOMETRICAS						TC < 0,25
	SUPERFICIE	LONGITUD (L)	DESNIVEL	PENDIENTE (J)	T _c	T _c *	
	Km ²	Km	m	%	h	h	
1	0,014	0,14	28,70	20,95%	0,089	0,089	ok
2	0,016	0,15	5,20	3,39%	0,137	0,137	ok
3	0,007	0,19	15,31	8,14%	0,136	0,136	ok
4	0,010	0,21	5,00	2,40%	0,185	0,185	ok
5	0,001	0,02	1,00	4,14%	0,032	0,083	ok
6	0,042	0,34	19,00	5,66%	0,226	0,226	ok
7	0,021	0,26	20,00	7,73%	0,175	0,175	ok

CUENCA	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)
1	2	70,00	1,00	1,00	0,33	5	90,20	1,00	1,00	0,43	10	110,70	1,00	1,00	0,53	25	131,20	1,00	1,00	0,63
2	2	70,00	0,61	1,01	0,20	5	90,20	0,69	1,01	0,30	10	110,70	0,75	1,01	0,39	25	131,20	0,80	1,01	0,49
3	2	70,00	0,59	1,01	0,09	5	90,20	0,67	1,01	0,13	10	110,70	0,73	1,01	0,17	25	131,20	0,78	1,01	0,22
4	2	70,00	0,59	1,01	0,10	5	90,20	0,67	1,01	0,15	10	110,70	0,73	1,01	0,20	25	131,20	0,78	1,01	0,25
5	2	70,00	0,59	1,00	0,02	5	90,20	0,67	1,00	0,03	10	110,70	0,73	1,00	0,04	25	131,20	0,78	1,00	0,05
6	2	70,00	0,59	1,01	0,41	5	90,20	0,67	1,01	0,60	10	110,70	0,73	1,01	0,80	25	131,20	0,78	1,01	1,00
7	2	70,00	0,59	1,01	0,23	5	90,20	0,67	1,01	0,33	10	110,70	0,73	1,01	0,45	25	131,20	0,78	1,01	0,56

CUENCA	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)	T (años)	P _d (mm)	C	K	Q (m ³ /s)
1	50	146,40	1,00	1,00	0,70	100	164,28	1,00	1,00	0,78	200	183,52	1,00	1,00	0,88	500	210,60	1,000	1,003	1,01
2	50	146,40	0,82	1,01	0,57	100	164,28	0,85	1,01	0,66	200	183,52	0,87	1,01	0,75	500	210,60	0,889	1,006	0,89
3	50	146,40	0,81	1,01	0,25	100	164,28	0,83	1,01	0,29	200	183,52	0,85	1,01	0,33	500	210,60	0,878	1,006	0,39
4	50	146,40	0,81	1,01	0,29	100	164,28	0,83	1,01	0,33	200	183,52	0,85	1,01	0,38	500	210,60	0,878	1,009	0,45
5	50	146,40	0,81	1,00	0,06	100	164,28	0,83	1,00	0,07	200	183,52	0,85	1,00	0,08	500	210,60	0,878	1,001	0,10
6	50	146,40	0,81	1,01	1,16	100	164,28	0,83	1,01	1,34	200	183,52	0,85	1,01	1,53	500	210,60	0,878	1,011	1,81
7	50	146,40	0,81	1,01	0,65	100	164,28	0,83	1,01	0,75	200	183,52	0,85	1,01	0,86	500	210,60	0,878	1,008	1,02

2.3. INVENTARIO DEL DRENAJE EXISTENTE

Se ha hecho un recorrido por la traza para inventariar el drenaje existente en el entorno. Su resultado se recoge en el Apéndice 1. Inventario del Drenaje Existente-(Pto.1.1 y 1.2 Planos inventario drenaje existente y Fichas obras drenaje existente, respectivamente).

3. DRENAJE TRANSVERSAL

Se distingue un solo tipo de obra de drenaje transversal:

- Obras transversales necesarias para el desagüe de los dispositivos de drenaje longitudinal (O.D.T.L) como son los desagües de mediana y los desagües de colectores.

Se ha proyectado una obra de drenaje transversal.

En el Apéndice 2 se incluyen las fichas con los cálculos previos de la obra de drenaje transversal, donde figuran las características geométricas de la obra de drenaje transversal (diámetro, pendiente, entre otros) y, como resultados de cálculo, la elevación de agua a la entrada de la obra y la velocidad a la salida.

- **Velocidad de la corriente**

“En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua no deberá causar daños por erosión ni por aterramiento”

“El diseño de las obras de drenaje transversal deberá evitar el depósito de sedimentos en su interior y reducir todo lo posible la perturbación de las condicionantes de desagüe del cauce a que correspondan, causa de erosiones y aterramientos”

En las tablas resumen se comprueba que la velocidad de la corriente es inferior a 6 m/sg tal y como recomienda la Instrucción para evitar daños en tubos y obras de hormigón.

- **Nivel del agua**

“En relación con la posibilidad de la interrupción del funcionamiento de la propia carretera o de vías contiguas (apartado 1.5.2) el máximo nivel de la lámina de agua deberá guardar, respecto de la superficie de la plataforma de aquella, un resguardo no inferior al especificado en la tabla 1.1:”

Se ha comprobado que el resguardo sea siempre superior a 0.5 m tal y como recomienda la Instrucción para este tipo de vías.

3.1. DIMENSIONAMIENTO Y TIPOLOGIA DE LAS O.D.T

Para la disposición en planta de las pequeñas obras de drenaje, se han seguido las recomendaciones incluidas en el Ap.5.2.2.1 de la Instrucción, tratando de conjugar longitudes de conducto drenante, pendientes longitudinales de la obra y canalizaciones de entrada y salida para su conexión con el cauce natural.

El perfil longitudinal de las obras, aun en casos de fuertes pendientes (Ap 5.2.2.2 de la Instrucción), se ha procurado ajustar siempre al perfil natural sobre el que se implanta.

En caso contrario, la pendiente de la obra se ajusta para mantener las velocidades dentro de los límites indicados, lo que se consigue efectuando encauzamientos a la entrada de la misma o arquetas cuando dicho encauzamiento es excesivamente grande.

La sección mínima de las pequeñas obras de drenaje transversal se obtiene en función de su longitud, siguiendo las recomendaciones de la Instrucción 5.2-IC, según la cual la sección mínima de una pequeña obra de drenaje transversal se obtiene en función de su longitud (Ap 5.2.2.3).

Según este apartado, para longitudes de obra de drenaje comprendidos entre 5 y 10 metros el diámetro mínimo es de 1,2 metros, para longitudes entre 10 y 15 metros el diámetro será al menos de 1,5 metros, y para longitudes superiores a 15 metros el diámetro mínimo es de 1,80 metros.

Por ello, se ha adoptado 1,8 metros como diámetro mínimo en la obra de drenaje.

La obra de drenaje transversal proyectada para el drenaje transversal responde a la tipología de tubos prefabricados de hormigón armado.

3.2. CÁLCULO DE LOS CAUDALES

El caudal a desaguar (Qd), es evidentemente el dato base de partida de todos los cálculos hidráulicos que se van a realizar con objeto de dimensionar los distintos elementos de la obra de drenaje a proyectar. Se obtiene del anejo nº 3 "Climatología e Hidrología".

Tal y como hemos mencionado anteriormente, para el cálculo de los caudales de referencia, el cual sirve de dimensionamiento para la red de drenaje del tramo objeto del proyecto desarrollado, se ha aplicado el Método Hidrometeorológico Modificado.

El caudal desaguado de una cuenca se obtiene de la expresión:

$$Q = \frac{I \cdot \sum(C \times A)}{3000} \times K$$

Siendo:

- Q (m3/seg) = Caudal punta correspondiente a un periodo de retorno dado.
- I (mm/h) = Máxima intensidad media en el intervalo de duración TC, para el mismo periodo de retorno.
- A (Km²) =superficie de la cuenca.
- C=Coeficiente de escorrentía
- K= Coeficiente de uniformidad

3.3. COMPROBACIÓN HIDRAULICA DE LA O.D.T

3.3.1. SIMBOLOGÍA

Los símbolos empleados en las fichas de cálculo son los siguientes:

- A(m²) =Área mojada de la sección
- B(m)=Ancho del marco
- D(m)=Diámetro del tubo

- e(m)=Erosión máxima previsible a la salida de la O.D
- E(m)=Energía específica
- F=número de Froude.
- g(m/s²)=aceleración de la gravedad = 9,81 m/s²
- H(m)=Altura del marco
- HE(m)=Energía específica
- J(m/m) =Pendiente de la solera
- Jc(m/m) =Pendiente critica
- Ke(m)=Coeficiente de pérdidas de energía en embocaduras
- L(m)=Longitud de la obra
- n (m^{-1/3}s) =Coeficiente de Manning
- P(m)=Perímetro hidráulico
- Q (m³/s) =Caudal de cálculo para cada elemento de la obra.
- Qd(m³/s) =Caudal de calculo
- R (m)=Radio Hidráulico (R=A/P)
- S (m/m) = Pendiente unitaria de la línea de energía.
- t (m/m) =Talud de los cajeros.
- v (m/s) = Velocidad en la sección.
- vc (m/s) = Velocidad crítica.
- y (m) = Calado en una sección.

- y_n (m) = Calado normal o uniforme.
- y_c (m) = Calado crítico.
- δ (m) = Límite de niveles altos a la salida de una O.D.

Además de los anteriores se utilizan en texto diversos símbolos cuyo significado se indica en cada caso particular.

3.3.2. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA O.D

Las comprobaciones de las capacidades hidráulicas de la obra de drenaje transversal se ha efectuado de acuerdo con los criterios de la Instrucción 5.2-IC Drenaje Transversal (MOPU, Dirección General de Carreteras, Julio 1990). También se ha seguido la publicación Drenaje Transversal de Carreteras. Obras pequeñas de paso. Dimensionamiento hidráulico (MOPU, Dirección General de Carreteras, 1983).

Para la obra de drenaje transversal se ha realizado una ficha de cálculo hidráulico en la que constan las características geométricas de la obra, el cálculo del régimen uniforme y del régimen crítico, el cálculo de las condiciones de entrada y las comprobaciones de que se produce control de entrada.

En el apéndice nº2 del presente Anejo se incluye la ficha de cálculo hidráulico de la O.D.

Las características geométricas de la O.D son:

- La tipología de la obra (marco o tubo): la cual determinará las distintas formulaciones a emplear en los cálculos hidráulicos relativos al perímetro y a la superficie mojada que quedan definidas al establecer la geometría de la sección de desagüe.
- Dimensiones de las O.D. Son las que darán valores concretos a las formulaciones establecidas para las distintas tipologías utilizadas al definir su tamaño.
- La pendiente de la obra. Será la necesaria para ver si la pendiente de la obra es fuerte o suave en relación con la pendiente crítica determinada exclusivamente por la geometría, dimensiones y el caudal de la sección estudiada.

- La longitud de la obra es necesaria para calcular la pendiente de la misma, que será única en todas las obras proyectadas, así como las pérdidas de carga producidas en el colector por el rozamiento del agua.
- La rugosidad del material: el parámetro utilizado es el coeficiente de Manning que depende fundamentalmente del material del colector y de sus dimensiones. Es necesario para determinar las pérdidas por fricción en el interior del colector, hf.
- Coeficiente de Rugosidad de Manning.

De acuerdo con la Instrucción 5.2-IC se han utilizado los siguientes coeficientes de Manning:

En tubos / marcos: $n=0,014$

- El coeficiente de pérdidas a la entrada (K_e)

Se consideran los siguientes coeficientes de pérdida de energía en embocaduras:

MATERIAL	EMBOCADURA	KE
TUBO DE HORMIGON	CON MURO ACOMPAÑAMIENTO	0,4
	CON ALETAS	0,3

- El número de cuerpos o elementos que componen la obra de drenaje
- El **régimen uniforme** se calcula según la ecuación de Manning:

$$Q = S \times V = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K \cdot U = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot \frac{1}{n}$$

Donde:

- Q (m³/sg) = Caudal desaguado
- S (m²) = El área de la sección
- V (m/sg) = Velocidad media de la corriente
- R (m) = Radio Hidráulico (Superficie mojada / Perímetro mojado)

- U=Coeficiente de conversión (depende de las unidades en que se midan Q, S y R, dado por la tabla 4.2 de la Instrucción 5.2-IC)
- J=Pendiente de la línea de energía (m/m); Donde el régimen pueda considerarse uniforme, se tomará igual a la pendiente longitudinal del elemento.

- $K=1/n$; Donde n=Coeficiente de rugosidad de Manning $\left(\frac{m^{1/3}}{S}\right)$
- El **régimen crítico** se caracteriza por tener la energía específica mínima para el caudal de cálculo. Se calcula imponiendo la condición:

$$\frac{g}{T} = \frac{Q^2}{S^3}$$

Cada obra de drenaje transversal, ya sea de sección circular o bien rectangular posee una curva característica, que relaciona un caudal de desagüe y una pendiente determinados, con la cota que alcanza la lámina de agua en la sección de salida y la cota de la lámina de agua en la sección de entrada.

El conocimiento de esta curva predice el comportamiento de la obra en el proceso de desagüe. Si por cualquier circunstancia la lámina de agua en el control de entrada fuese superior al galibo vertical, se producirá una sobre elevación de dicha lamina que podría llegar a inundar la plataforma. Por ello es necesario conocer el proceso de desagüe de una forma precisa.

Con objeto de definir la curva característica del proceso de desagüe, se diferencian dos tipos de control:

- **CONTROL DE ENTRADA:** Se dará esta situación si la definición puede hacerse simplemente en función de las características de la entrada del conducto. Para determinar la altura de agua necesaria para el control de entrada se utilizan los gráficos 5.9 y 5.10 de la Instrucción. Estos gráficos relacionan el caudal específico con el nivel que alcanza el agua a la entrada.

- **CONTROL DE SALIDA:** Se dará esta situación si los niveles del agua en el cauce a la salida del conducto, o las características de este, influyen en los niveles aguas arriba, necesitándose valores superiores a los deducibles por el control de entrada.

Siguiendo lo establecido en la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial, se realizan las comprobaciones que a continuación se indican:

Los métodos seguidos para la comprobación del cálculo hidráulico de la Obra de Drenaje proyectada comienzan calculando la entrada de la lámina de agua en la embocadura de la obra (HE), suponiendo que la sección de control se produce en dicha entrada. Dicha suposición ha de ser contrastada mediante la comprobación con las tablas que la propia instrucción adjunta, dependiendo del rango en que se encuentran una serie de parámetros que es necesario calcular.

De no ocurrir que los valores de dichos parámetros estén entre los marcados en las tablas, se ha de entender que es necesaria otra comprobación para poder asegurar que la sección de control se encuentra, efectivamente, a la entrada de la obra.

Dicha comprobación radica en la comparación de la altura de la lámina a la entrada (que se obtiene considerando que la sección de control se produce a la salida), con la calculada inicialmente.

Si la primera altura obtenida es mayor que la recién calculada, entonces se puede considerar definitivo que la sección de control se produce a la entrada de la obra de drenaje, y que por tanto, la altura de la lámina de agua es la inicial. Si la altura obtenida inicialmente es menor que la recién calculada, la sección de control se encuentra a la salida del tubo, y la altura real de la lámina de agua a la entrada es la última calculada.

3.3.3. CONDICIONES DE CONTROL DE ENTRADA

- a) **Comprobación del riesgo de aterramiento:** Para que se pueda decir que no existe riesgo de aterramiento se debe cumplir:

$$i = \frac{L(J - j)}{H}$$

Donde:

- L: Longitud de la obra de drenaje (m)

- $J = J_0(a)^{0.5}$ (m/m)
- $A = B_c/B$, relación entre el ancho del cauce y el ancho de la obra proyectada (m).

b) Sobre elevación del nivel del agua.

Control de entrada: Partiendo del caudal específico indicado en la Instrucción 5.2-IC, y utilizando la tabla 5.10 de la misma obtenemos el calado específico H_e .

La condición que se debe dar para que el control sea de entrada es:

$$H_e/H < 1,2$$

Siendo:

- H_e : calado a la entrada de la obra de drenaje.
- H : altura de la obra de drenaje

c) Calado a la salida: La diferencia del nivel del agua en el cauce a la salida del conducto con la cota de la solera de esta es inferior, tanto a la altura del conducto como al calado crítico en él. Para que se cumpla esta condición se comprueba que no existan obstáculos a la salida de la obra que puedan impedir el libre discurrir del agua, influyendo aguas arriba. De la figura 5.11 (Instrucción 5.2-IC) obtenemos el calado crítico Y_c , y se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$Y_s < H$$

$$Y_s < Y_c$$

Siendo:

- Y_s : calado a la salida de la obra de drenaje
- Y_c : calado crítico
- H : altura de la obra de drenaje

d) Relación entre la longitud L y la pendiente J. De la figura 5-12 a 5-14 según el tipo de obra de drenaje proyectada se obtiene la relación (L/J) máx. Para que el control sea de entrada se tiene que cumplir que la relación L/J sea inferior a (L/J) máx.

e) Altura de la lámina de agua a la entrada. Por último se tiene que cumplir que el nivel del agua a la entrada del conducto, resultante de los cálculos, no rebase lo señalado en la figura 5-15.

$$H_e (\text{máx}) > H_e$$

Si se cumplen todas las condiciones establecidas, teniendo en cuenta siempre que el conducto es recto, de sección constante y pendiente uniforme, se puede establecer que el control se produce a la entrada.

En caso de que esto no ocurriera así, habrá que calcular el valor mínimo del nivel del agua a la entrada del conducto, exigido por el control de salida según la fórmula:

$$H_s = \left[\left[1 + K_e + \left[\frac{2 \cdot g \cdot L}{R^4 \cdot 3 \cdot K^2} \right] \right] \cdot \left(\frac{V^2}{2g} \right) - L \cdot J - \mu \right]$$

Siendo:

- H_s : Valor mínimo del nivel de agua a la entrada del conducto exigido por el control de salida (m)
- L : longitud del conducto (m)
- J : Pendiente del conducto (%)
- V : Velocidad media a sección llena (m/s)
- R : Radio hidráulico a sección llena
- g : aceleración de la gravedad.
- K : coeficiente de rugosidad de Manning (tomado de la tabla 4.1 de la Instrucción)
- K_e : coeficiente de pérdida de carga en la embocadura

- μ : el mayor de los siguientes valores:

y_s

$Y_c+H)/2$

En el caso de que $H_s < H_e$ se tomara como definitivo el valor de H_e

Una vez calculados los valores mínimos necesarios a la entrada del conducto exigido para los controles de entrada y salida se adoptará como definitivo el mayor de ellos. Este valor máximo servirá para comprobar la existencia del resguardo mínimo exigido por la Instrucción entre la lámina de agua y la plataforma de la vía. A estos efectos, la norma indica que para carreteras con IMD alto el resguardo será de 0,50m.

Por último, se hace necesario comprobar que la velocidad de la corriente a la salida del conducto no supera los límites recogidos en el apartado 1.5.1 de la Norma. Este se determina en función del calado a la salida del conducto y el caudal de cálculo.

Dado que en todas las obras de drenaje va a regir el control de entrada, se producirá el calado crítico casi a la entrada de la obra y, como la pendiente de esta es superior a la crítica, el régimen de flujo en el interior de la misma será rápido. A partir de la entrada el calado se aproxima al uniforme.

Por último, se comprueba que la velocidad del agua en el interior del conducto sea inferior a 6m/sg. La velocidad en régimen uniforme será superior a la que lleve el agua a lo largo de todo el conducto, por lo que, si dicho valor es inferior al límite establecido, la condición se cumple.

4. ESTUDIO DE EROSIONES Y ATERRAMIENTOS

4.1. EROSION EVOLUTIVA

Los procesos de erosión evolutiva se producen en cauces en los que aún no se ha alcanzado el perfil de equilibrio, y se encuentra evolucionando en busca de alcanzar menores pendientes longitudinales.

Los cauces sobre los que se disponen las obras de drenaje transversal, tienen en general pendientes bajas con relación a este fenómeno, y no se aprecian en los mismos procesos tendentes a erosiones, no considerándose necesario por tanto establecer medidas de protección contra este tipo de sección.

4.2. EROSION LOCALIZADA

La erosión localizada, aparece aguas abajo en las proximidades de la Obra de Drenaje, y es debida a la mayor concentración de energía cinética en la embocadura de la misma. Esta erosión podría llegar a provocar el descalce de la obra si no se tomasen las medidas protectoras necesarias.

Para el estudio de este tipo de erosión y de las medidas de protección a adoptar se sigue el procedimiento descrito en el Ap. 5.3.2.3.2 de la Instrucción 5.2-IC.

Las expresiones empleadas para estimar las máximas erosiones previsibles son las siguientes:

- Tubos:
$$e/D = 2 \left[\frac{Q}{g^{1/2} D^{5/2}} \right]^{3/8}$$

Siendo:

- e: Erosión máxima previsible
- Q: caudal
- g: aceleración de la gravedad
- D: diámetro del tubo

La determinación de los niveles de agua a la salida de la Obra de Drenaje (Alto, Medio o Bajo) se fija mediante el ábaco 5.19 de la mencionada Instrucción.

5. DEFINICIÓN GEOMETRICA Y REPLANTEO DE LAS O.D.T

En los planos de drenaje transversal se define el emplazamiento de las obras.

5.1. SOLUCIONES ADOPTADAS

A continuación, se adjunta un cuadro en el que se muestra la obra de drenaje proyectada, indicando su situación y su situación geométrica.

CUENCA DESAGUADA	P.K	Longitud (m)	Pte (%)	Dimensiones	Ø Tubo	Cota Entrada	Cota Salida	Cota Rasante	Longitud	J (%)	J (%) < 7 %	Recubrimiento de tierras (m)	Resguardo a Rasante (m)	Resguardo Mínimo = 0,5 (m)	V Máx	V Máx < 6 m / sg	1,2 · D	Elevación a la Entrada HE (m)	He < 1,2 D
7	0+010,85	17,32	0,50	1 TH Ø 1,20	1,20	30,43	30,34	33,19	17,32	5,25	OK	1,56	2,56	ok	3,90	ok	1,44	0,78	ok

6. CRITERIOS DE DISEÑO Y CALCULO DEL DRENAJE LONGITUDINAL

El drenaje longitudinal comprende el conjunto de dispositivos hidráulicas que recogen, canalizan y evacuan el agua de escorrentía en las proximidades de la plataforma y márgenes que viertan hacia ella.

Los elementos básicos de recogida y transporte de esta agua serán cauces, cunetas, arquetas, bajantes y bordillos.

En primer lugar, es necesario evacuar el agua recogida directamente de la plataforma de los viales, lo que se realiza principalmente por escorrentía superficial. El agua es enviada a los laterales de la calzada, donde es recogida por las correspondientes cunetas.

En esta fase del diseño es fundamental atender al juego de las pendientes longitudinales y peraltes transversales de manera que no se formen puntos bajos de las calzadas y que se verifique que en todo momento exista una pendiente superior al 0,5% que provoque el movimiento de agua hacia las cunetas.

El diseño de la red de drenaje longitudinal se ha recogido conforme a la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", teniendo en cuenta los factores.

- Topográficos: posición de la explanada respecto al terreno continuo, puntos altos y bajos, situación de las obras de drenaje transversal, y transiciones de peralte.
- Climatológicos e Hidrológicos: capacidad hidráulica de los diversos elementos para el aguacero no correspondiente al periodo de retorno de 100 años.
- Geotécnicos: se ha considerado distinta tipología de cunetas según el terreno sea ripable o no.

El agua recogida en las cunetas desagua al terreno.

Cuando el agua de escorrentía superficial de la calzada es enviada hacia el talud del terraplén, para evitar la erosión de este, el agua se recoge mediante bordillos, y, en puntos localizados, mediante una bajante sobre el talud se envía al exterior de la plataforma.

En las zonas en que el agua de escorrentía del terreno pueda afectar a los taludes de desmonte y terraplén, estos se protegen mediante cunetas de guarda situadas en la coronación del desmonte o a pie de terraplén con la misión de captar el agua y enviarla a cauces naturales o bien, en algunos casos de desmontes, mediante bajantes sobre el talud a la cuneta del vial.

6.1. DISPOSITIVOS PROYECTADOS DE DRENAJE LONGITUDINAL

En el presente punto se van a exponer los criterios seguidos para el diseño y definición de los distintos elementos que componen la red de drenaje longitudinal que permita evacuar la escorrentía superficial de la plataforma, así como de los márgenes que hacia ella viertan, siguiendo las recomendaciones de la Instrucción de Drenaje 5.2-I.C y la Orden Circular 17/2003 – "Recomendaciones para el proyecto y construcción de drenaje subterráneo en obras de carretera".

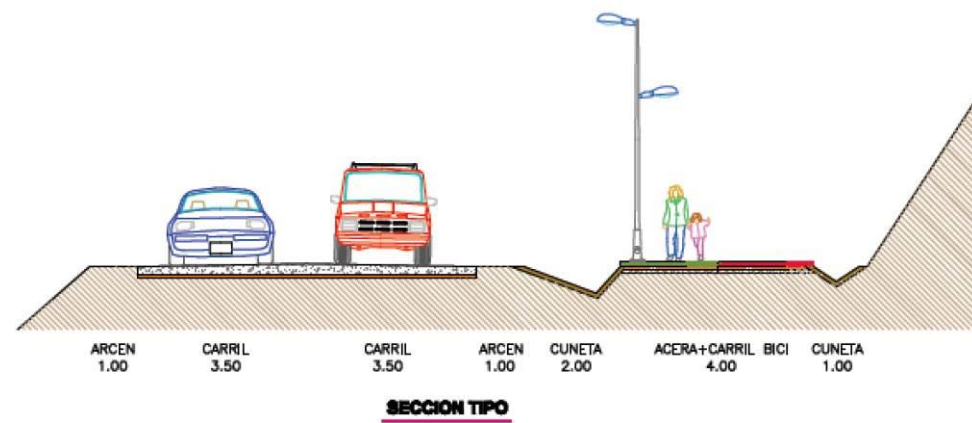
Cabe mencionar en este punto que las características hidrológicas utilizadas son las recogidas en el anejo de "Climatología e Hidrología".

Al final del documento se incluye una colección de planos de planta con la definición de la red diseñada y de detalles tipo.

6.1.1. CUNETAS DE CALZADA

La sección tipo de la vía proyectada es la siguiente:

- Calzada única de dos carriles de 3,50 metros de ancho cada uno
- Arcenes de 1,00 metro de ancho
- Senda peatonal de 4,00 metros de ancho.



Las cunetas tienen como misión recoger el agua de escorrentía superficial procedente de la calzada y de los taludes de desmante. Se han proyectado los siguientes tipos de cuneta para la evacuación del agua del firme de la plataforma y de la senda peatonal.

- **Cuneta de calzada TIPO I** (desmante) tiene taludes 3:1 – 1:1 y calado 0.50, revestidas en su totalidad, tal y como recoge la IC-5.2 en su apartado 3.4.2.2. Se adopta un revestimiento de hormigón de 10 cm

El agua recogida por cunetas conduce el agua fuera de la explanación.

La cuneta de calzada tiene igual pendiente que la rasante de la carretera, salvo en los tramos en los que se estime necesario ceñirse más al terreno o modificar dicha pendiente para mejorar la capacidad de desagüe, estos casos se indican en los planos.

- **Cuneta de calzada TIPO II** (desmante-carril bici) tiene taludes 1:1 – 1:1 y calado 0.50, revestidas en su totalidad, tal y como recoge la IC-5.2 en su apartado 3.4.2.2. Se adopta un revestimiento de hormigón de 10 cm

6.1.2. CUNETAS DE GUARDA

La implantación de las cunetas de guarda responde a las necesidades de conducir los caudales procedentes de la plataforma y del terraplén que no puedan evacuarse directamente al terreno sin provocar daños a las propiedades colindantes hacia obras de fábrica o hacia sus desagües

naturales, o bien, proteger de erosiones e infiltraciones al talud, en aquellas zonas en las que la pendiente del terreno de los márgenes de la plataforma dirija el agua contra el mismo.

- **Cuneta de guarda** Se ha diseñado una cuneta de guarda triangular, taludes 1(H):1(V) y 0,60 cm de profundidad. Se adopta un revestimiento de hormigón de 10 cm.

Se ha decidido adoptar una pendiente mínima del 0.50% en cualquier caso, para evitar problemas de sedimentación.

Dichas cunetas se situarán a una distancia mínima de la arista de 1m.

6.1.3. COLECTORES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Los colectores transversales se emplearán para el desagüe del bordillo de las glorietas.

Para las ODTL, se han considerado en este primer tanteo una pendiente mínima del 0,5%.

El diámetro de los colectores es de 400 mm.

Se adjuntan en el Apéndice nº 7. Planos, los planos de planta indicando posición de las ODTL's

6.1.4. OTROS ELEMENTOS

- **Bordillo de coronación:** En aquellas zonas donde la escorrentía de la plataforma vierta hacia el terraplén y este sea superior a 2m (tal y como especifica la Instrucción 5.2-IC en el Apartado 3.3.2 "Terraplenes"), se ha previsto un bordillo de coronación que canalice dicha escorrentía hacia bajantes prefabricadas dispuestas en el propio talud. Dichas bajantes distan entre sí 50 metros, tal y como recomienda la Instrucción.
- **Bajantes prefabricadas:** Se incluyen las bajantes prefabricadas necesarias para conducir las aguas procedentes de bordillos de terraplén o cunetas de guarda de desmante hacia las obras de drenaje, cunetas o puntos bajos del terreno.

Se emplearán bajantes prefabricadas tipo B-3 para el desagüe del bordillo de terraplén, las cuales se dispondrán en los puntos de desagüe en los que se desea proteger las superficies de terraplén.

Las bajantes están formadas por piezas prefabricadas, las cuales se colocan en terraplenes de altura mayor de 2 m, tal y como se indica en la instrucción 5.2-IC.

La capacidad de las bajantes B-3 de las mismas viene dada en función de la pendiente.

Tipo	Capacidad (m³/s)
B-3	$0,140 * j^{0,5}$
• J= Pendiente expresada en mm	

En el cuadro siguiente se recogen los resultados de capacidad de bordillo obtenidos por aplicación de la anterior expresión:

B-3 TERRAPLEN	
PENDIENTE J (m/m)	CAPACIDAD(m³/s)
1,5	$0,140 * j^{0,5}$
	0,171464282

- **Bordillo rigola:** En las glorietas e isletas, se dispone como elementos de drenaje bordillos rigola tipo B-1 y C-1 respectivamente.
- **Arquetas:** Estos elementos recogerán el agua del caz de mediana y de las cunetas, y cuando sea necesario, la conducirán a los colectores permitiendo, a su vez, la inspección y conservación de los dispositivos enterrados de desagüe.

Se colocará una arqueta cada 50 m para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza de los colectores ubicados bajo las cunetas de la plataforma.

Su ubicación se ha reflejado en los planos.

- **Encauzamientos:** se dispone un encauzamiento en la entrada de la ODT.

Este elemento recogerá el agua y la conducirá hacia la obra de drenaje transversal.

Se adjunta a continuación los cálculos de comprobación del encauzamiento proyectado a la entrada de la ODT:

ENCAUZAMIENTOS ENTRADA ODT 1- GLORIETA PO-542													
ENCAUZAMIENTOS		DESAGÜES	COMPROBACIÓN CUNETA		DIMENSIONES			Profundidad	perficie mojar	arimetro	Mojadío hidrául	Caudal Máximo (l/s)	Comprobación
PTE. MEDIA m/m	Q ACUMULADO	Q ₂₅ (l/s)	CALADO (m)	VELOCIDAD (m/s)	b	T1	T2						
0,0100	560,0	560,0	0,37	2,187	ENC. TIPO 0,60 0,25 0,25			0,50	0,363	1,631	0,222	864,630	OK

6.2. ESTUDIO DE CAUDALES UNITARIOS

Para el cálculo de los caudales de diseño de la cuneta de calzada (igual que para el resto del drenaje longitudinal) se ha aplicado la Instrucción de Drenaje Superficial 5.2-IC del M.O.P.U.

Para cuencas pequeñas, como es el caso, son apropiados los métodos hidrometeorológicos recomendados por la mencionada Instrucción, que están basados en la aplicación de la fórmula racional: una intensidad media de precipitación y una estimación de escorrentía constante en el tiempo.

De esta manera, los caudales de aportación se obtienen mediante la fórmula racional.

$$Q(m^3 / s) = \frac{I \times \sum(C \times A)}{3.000.000}$$

Donde:

- Q=caudal de aportación en l/s
- I=intensidad media de precipitación correspondiente a un determinado periodo de retorno y una tormenta de duración igual al tiempo de concentración en mm/h.
- A= área drenada en m2. En el caso de la cuneta de mediana, el área correspondiente a la parte de la calzada que vierta hacia el centro, para lo que se han considerado los peraltes, y la propia mediana.

Los diversos parámetros que intervienen en la fórmula anterior son los siguientes:

- **Periodo de retorno:** Según la tabla 1.2 de la Instrucción 5.2-IC Superficial, el periodo de retorno a considerar en el estudio de los elementos de drenaje superficial de la plataforma y márgenes es de **100 años.**

TIPO DE ELEMENTOS DE DRENAJE	INSTRUCCIÓN 5.2-IC PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)	AUGAS DE GALICIA PERIODO DE RETORNO T (AÑOS)
ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL DE LA PLATAFORMA Y MARGENES	25	100
OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	100	500

Cuando se desagüen caudales provenientes del drenaje transversal, se considera un periodo de retorno de 500 años.

- **Coeficiente de escorrentía:** Se adjudica a la superficie de la carretera un coeficiente de escorrentía de valor 1, y para los taludes un valor de 0,90.
- **Tiempo de concentración:** Se considera un valor de Tc de 5 minutos, mínimo recomendado por la Instrucción 5.2-IC para los casos de recorrido de agua en la plataforma menor de 30 minutos.
- **Intensidad de precipitación:** Según la 5.2-IC, el valor de la intensidad de precipitación It, correspondiente a una tormenta de t horas de duración, se determina por la fórmula:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1}}$$

Donde:

- It= intensidad de lluvia de cálculo en mm/h, correspondiente a una tormenta de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.
- Id: intensidad media diaria de precipitación en mm/h para un cierto periodo de retorno.
- Pd: Precipitación diaria en mm correspondiente a dicho periodo de retorno, que en este caso es de **164,28mm** (tal y como se deduce en el Anejo 3_Climatología)
- I1: Intensidad horaria de precipitación en mm/h, correspondiente a dicho periodo de retorno.

- t(h)=Duración de la tormenta en horas, que se toman en el caso igual al tiempo de concentración de la cuenca, es decir, 5 minutos que son 0,083 horas.
- El factor I1/Id en la zona de proyecto tiene un valor de 8, según se indicó en el estudio de climatología (El valor de la razón se toma de la figura 2.2 “Mapa de Isolineas “ de la Instrucción 5.2-IC”
- Por otro lado, el factor Id se deduce directamente de Pd según la expresión:

$$I_d = \frac{P_d}{24}$$

Pd será el correspondiente a un periodo de retorno de 100 años.

6.3. CAPACIDAD DE DESAGUE DE LOS DISPOSITIVOS PROYECTADOS

6.3.1. CUNETAS DE CALZADA

Esta cuneta se proyecta en todas las secciones de desmonte del proyecto.

- **Cuneta de calzada** (desmonte) tiene taludes 3:1 – 1:1 y calado 0.50, yendo revestida en su totalidad con el fin de evitar la sedimentación, que se admite que ocurre cuando la pendiente es inferior al 1%(Tal y como especifica la Instrucción 5.2-IC).

La cuneta tiene igual pendiente longitudinal que la rasante de la variante.

Siguiendo la fórmula de Manning:

$$Q = S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot J^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{n}$$

Donde:

- Q (m³/sg) = caudal
- S (m²): superficie mojada de la cuneta
- P(m): Perímetro mojado

- J(m/m): pendiente del dispositivo.
- n (m-1/3s) coeficiente de rugosidad de Manning. Se considera n=0,015 para dispositivos de hormigón.

Se adjuntan, en el Apéndice nº3 las comprobaciones realizadas.

6.3.2. COLECTORES

La capacidad de los colectores se comprueba con la fórmula de Manning:

$$Q = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \frac{1}{n}$$

Donde:

- Q (m³/sg) = caudal
- S (m²): superficie mojada de la cuneta
- P(m): Perímetro mojado
- J(m/m): pendiente del dispositivo.
- n (m-1/3s) coeficiente de rugosidad de Manning. Se considera n=0,015 para dispositivos de hormigón.

El diámetro de los tubos será de **400 mm**.

Se diseña el drenaje longitudinal de tal forma que los elementos proyectados no entren en carga para el caudal con periodo de retorno de 100 años.

Se adjunta a continuación los cálculos de comprobación de las ODTL proyectadas:

ODTL	P.K	Pte media m/m	CALZADA		Tc (h)	CTCAS HIDROLÓGICAS			C ₁₀₀	Q ₁₀₀ (l/s)		DRAIN						
			Ancho (m)	Área (m²)		I ₁ /I ₀	Pd ₁₀₀ (mm)	I ₁₀₀ (mm/h)		Calzada	Q PARCIAL	Q ACUMULA DO	y (m)	v (m/s)	Ø(m)	Área (m²)	R _H (m)	Max. Discharge (l/s)
ODTL GLORIETA EP-0003																		
P.B GLORIETA	1+070	0,0100	10,00	560	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,5	1,5	0,025	0,46	0,400	0,125664	0,1	189,51	OK
ODTL GLORIETA PO-532																		
P.B GLORIETA	1+055	0,0100	10,00	690	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,8	1,8	0,028	0,49	0,400	0,125664	0,1	189,51	OK

6.3.3. BORDILLOS DE CORONACIÓN

En los terraplenes de las de dos metros de altura y cuando el peralte de la carretera dirija el agua contra el mismo, se dispondrá un bordillo prefabricado de hormigón.

El bordillo se ha colocado justo en la vertical de la barrera de seguridad y sobresale 10 cm del suelo, por lo que cumple el apartado 3.3.2 de la Instrucción 5.2-IC en cuanto a "tener una altura no superior a 10 cm y estar colocada a menos de 10 cm delante de la barrera de seguridad, si la hubiere, y de forma que un impacto sobre ella no lo deteriore"

La OC 321/1995 "Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos" recomienda no colocar bordillos delante de la barrera y, dado que el bordillo esta justo en la vertical de la misma, se cumple también.

El caudal depende de la anchura de la plataforma vertiente y de la precipitación (de periodo de retorno 25 años). Para evaluar el caudal se utiliza la fórmula propuesta en la Instrucción 5.2-IC

$$Q(m^3 / s) = \frac{I \times \sum(C \times A)}{3.000.000}$$

Donde:

- C: Coeficiente de escorrentía que se toma igual a 1.
- I(mm/h) =intensidad de lluvia correspondiente al tiempo de concentración de 5 minutos. Se calculará con el máximo valor (Pd=164,28 mm) que es de 174,15mm/h.
- A (m²): Área

El cálculo hidráulico se realiza aplicando la fórmula de Manning con $n=0,015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ a la sección de calzada, puesto que el arcén es pavimentado y el bordillo de hormigón (ambos materiales tienen igual coeficiente de rugosidad de Manning)

$$Q = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \frac{1}{n}$$

6.3.4. BAJANTES PREFABRICADAS

Las bajantes prefabricadas se sitúan en terraplenes de altura mayor de 2 m, tal y como indica la Instrucción 5.2-IC.

El cálculo hidráulico se realiza considerando que en su embocadura superior se produce un régimen crítico que es el que determina su capacidad. La capacidad se determina de la siguiente forma:

En régimen crítico:

- V: velocidad (m/s)
- g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- yc: calado en régimen crítico

Para estas bajantes se tiene $yc=0,35\text{m}$.

La transición a la entrada se diseña con un resguardo para que admita la sobre elevación previa al régimen crítico

6.3.5. ARQUETAS

La misión de las arquetas es la de conectar distintos elementos del drenaje longitudinal, así como servir de acceso para limpieza y mantenimiento.

Se colocaran arquetas:

- Para desaguar una cuneta, en este caso, el agua se recogerá mediante la arqueta, que la conducirá al exterior mediante una O.D.T.L.

- Para acceder a una O.D, estas arquetas podrían considerarse pozos de entrada a las obras de drenaje y, de hecho, se diseñan con pates de bajada a las mismas.

Se han proyectado de hormigón armado, de acuerdo a las dimensiones y disposición reflejadas en los planos correspondientes.

La altura mínima de las arquetas es de 1,60 m, habiéndose aumentado la altura cuando ha sido necesario dar a los colectores mayor pendiente que la variante o para disminuir la pendiente de salida de las O.D.T.L.

Para calcular la capacidad de desagüe de las arquetas se utilizaran, de acuerdo con la Instrucción 5.2-IC, las siguientes expresiones, válidas para las arquetas situadas en puntos bajos:

- Fórmula del vertedero: $Q(l/s) = L \cdot H^{3/2} / 60$
- Fórmula del orificio: $Q(l/s) = 300 \cdot S \cdot H^{1/2}$

Siendo:

- H (cm): profundidad del agua
- L(cm)=perímetro exterior de la rejilla
- S (m²): área de la arqueta

La primera fórmula será válida para profundidades del agua inferiores a 12 cm, mientras que la segunda fórmula es válida para profundidades del agua superiores a 40 cm, En casos intermedios se interpolara entre ambas fórmulas.

En el caso de que la arqueta se encuentre en un punto con rasante inclinada, su capacidad de desagüe se verá afectada del siguiente coeficiente $\frac{1}{1+15J}$ siendo J (m/m) la pendiente.

7. DRENAJE PROFUNDO

7.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para el diseño y cálculo del drenaje profundo se ha tenido en cuenta la O.C 17/03 sobre Recomendaciones para el Proyecto y Construcción del Drenaje Subterráneo en obras de carretera.

Las directrices básicas que se han tenido en cuenta para el diseño de estos elementos son las siguientes:

- Se ha tratado de evitar la penetración de agua superficial por infiltración a través de la calzada, arcones y elementos singulares en su caso, para impedir que aumente la humedad de las capas del firme.
- Se ha facilitado la evacuación del agua que, por cualquier circunstancia, se pudiera infiltrar. Por ello se han adoptado las medidas oportunas que garanticen el flujo lateral de salida.

7.2. MEDIDAS PARA FAVORECER EL FLUJO DE SALIDA

Teniendo en cuenta que la sección del firme proyectado consiste en capas de M.B.C sobre una base de suelo-cemento; todo ello sobre una explanada estabilizada con cemento, es previsible que la penetración del agua en la calzada se produzca mediante flujo subhorizontal.

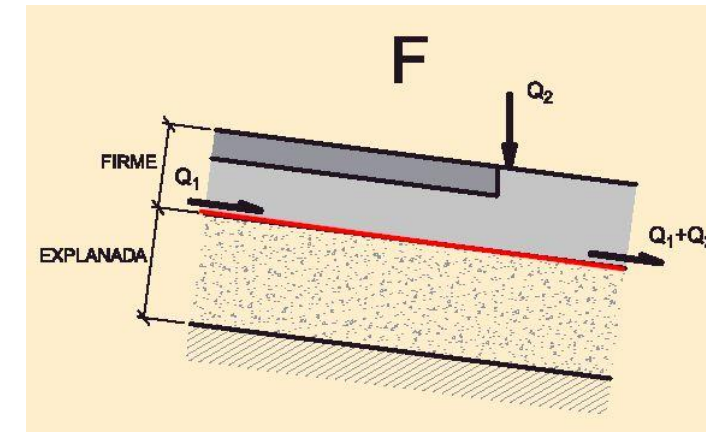
De esta manera, para favorecer la salida de las aguas, se ha dispuesto una pendiente transversal mínima de la capa que se considera de baja permeabilidad, igual o superior al dos por ciento (2%), una vez terminada y refinada.

Además, para que el agua infiltrada por el borde alto en secciones peraltadas no penetre bajo la calzada, se ha dotado a la explanada de un contrapendiente transversal mínima, hacia el exterior de la plataforma, del dos por ciento (2%), que se ha iniciado un metro (1 m) hacia el interior del borde del pavimento, medido según secciones transversales al eje de la carretera.

Las secciones tipo adoptadas teniendo en cuenta lo anterior son las siguientes:

Se ha considerado, en función del tipo de firme y explanada proyectados que las secciones tipo adoptadas corresponden al tipo "F" de las definidas en las Recomendaciones. Este tipo corresponde a Explanada de Baja Permeabilidad.

En esta el agua infiltrada circula subhorizontalmente –según la línea de máxima pendiente– tanto por el firme (F), a través de las interfaces entre sus capas, como fundamentalmente por la superficie de contacto entre este y la explanada.



APÉNDICE Nº 1: INVENTARIO DRENAJE EXISTENTE

APÉNDICE Nº 1.1: PLANTA INVENTARIO DRENAJE EXISTENTE

APÉNDICE Nº 1.2: FICHAS OBRAS DRENAJE EXISTENTE

APÉNDICE Nº 2: COMPROBACIÓN OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL

ODT - CUENCAS 3, 6 Y 7			
CAUDAL A DESAGUAR (m³/s)	Q _d	1,305	
CARACTERÍSTICAS O. D.			
Sección tipo	TUBO		
Diámetro (m)	D	1,20	
Pendiente (m/m)	J	0,50%	
Longitud (m)	L	17,32	
Rugosidad Manning	n	0,013	
Coefficiente de pérdidas a la entrada	Ke	0,40	
Número de elementos		1	
Caudal Obra (m³/s)	Q	1,305	
Rehundido a la entrada (m)		0,000	
RÉGIMEN UNIFORME			
Calado (m)	y _h	0,581	
Área (m²)	A	0,543	
Perímetro mojado (m)	P	1,847	
Velocidad (m/s)	v	2,404	
Energía específica (m)	E	0,876	
Nº de Froude	F	1,141	
Tipo de régimen		RÁPIDO	
RÉGIMEN CRÍTICO			
Calado (m)	y _c	0,623	
Área (m²)	A	0,593	
Perímetro mojado (m)	P	1,930	
Pendiente (m/m)	J _c	0,40%	
Velocidad (m/s)	v	2,202	
Energía específica (m)	E	0,870	
CAUDAL A SECCIÓN LLENA (m³/s)		2,757	
CAUCE NATURAL			
Ancho	3,5	H/V izq	2
H/V der	2		
Pdte	1,00%	n	0,045
Daños previsibles MEDIOS			
Superficie cuenca (km²) 0,071			
CURVA DE REMANSO			
x (m)	y (m)	v (m/s)	F
0,00	0,62	2,20	1,00
1,73	0,60	2,29	1,06
3,46	0,60	2,32	1,08
5,20	0,59	2,34	1,10
6,93	0,59	2,35	1,11
8,66	0,59	2,36	1,11
10,39	0,59	2,37	1,12
12,12	0,59	2,38	1,12
13,86	0,59	2,38	1,12
15,59	0,58	2,39	1,13
17,32	0,58	2,39	1,13
CALCULAR			
CONDICIONES CONTROL DE ENTRADA			
CONDUCTO RECTO		SÍ	
SECCIÓN CONSTANTE		SÍ	
L / J < (L / J) _{lim.}		SÍ	
H _e < H _e máx.		SÍ	
J >= J _c		SÍ	
Calado SIN RESTRICCIONES a la salida		SÍ	
CONTROL DE ENTRADA			
VALORES A LA ENTRADA			
Elevación a la entrada H _e (m)		0,969	
H _e < 1,2 · D		SÍ	
ENTRADA NO SUMERGIDA			
Calado en cauce a la entrada (m)		0,332	
Sobreelevación (m)		0,637	
Superficie de inundación (ha)		0,025	
k · L		1,732	
SOBREELEVACIÓN VÁLIDA			
v < 6 m/s		SÍ	
J <= 7%		SÍ	
EROSIÓN LOCALIZADA			
δ (m)		0,354	
Nivel del agua en el cauce a la salida		MEDIO	
e (m)		1,457	
Profundidad mínima rastrillo (m)		1,020	
<i>a salera de hormigón o manto de escollera</i>			

APÉNDICE Nº 3: COMPROBACIÓN DRENAJE LONGITUDINAL

APÉNDICE Nº 3.1: DIMENSIONAMIENTO CUNETA

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN RONDA ESTE. TRAMO PO-542 (PONTE BORA-O PINO) A PO-532 (PONTEVEDRA-PONTECALDELAS). ACCESO A MONTECELO Y PRINCIPE FELIPE. **DIMENSIONAMIENTO CUNETAS TRONCO**

CUNETAS TRONCO							ANCHO (m)			ÁREA (m²)			Tiempo de concentración Tc (h)	CTCAS HIDROLÓGICAS			C25			Q25 (l/s)		DESAGÜES		COMPROBACIÓN CUNETAS			DIMENSIONES						
ORIGEN P.K.	FINAL P.K.		ORIGEN COTA	FINAL COTA	PTE. MEDIA m/m	DESAGUA EN	CARRIL + ARCEN	ACERA+ CARRIL BICI	TALUD	CARRIL+ ARCEN	ACERA+ CARRIL BICI	TALUD		I1/A1	Pd100 (mm)	I25 (mm/h)	CARRIL+ ARCEN	ACERA+ CARRIL BICI	TALUD	Q PARCIAL	Q ACUMULADO	Q25 (l/s)	CALADO (m)	VELOCIDAD (m/s)	b	T1	T2	Profundidad	Superficie mojada	Perímetro Mojado	Radio hidráulico	Caudal Máximo (l/s)	Comprobación
MARGEN DERECHA TRONCO							CARRIL 3,50 ARCEN 1,00		ACERA + CARRIL BICI 4,00		Pd25 131,2 Pd100 164,28		T1 3 T2 1 h 0,5																				
Pto Alto 0+970,345																																	
0+879	0+970		78,751	83,021	0,0465	↓	9,00	0,00	0,00	826	0	0	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	48,0	48,0	0,11	1,919	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,542,505	OK	
0+618	0+879		67,004	78,751	0,0451	↓	0,00	4,00	0,00	0	1042	0	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	60,5	108,4	0,15	2,329	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,504,170	OK	
0+339	0+618		55,626	67,004	0,0407	↓	4,50	0,00	0,00	1257	0	0	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	73,0	181,4	0,19	2,549	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,379,681	OK	
0+156	0+300		43,648	54,380	0,0743	↓	9,00	0,00	2,00	1300	0	289	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	90,5	272,0	0,20	3,533	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	3,214,000	OK	
0+000	0+156	BOMBEO	32,492	43,648	0,0717	↓	4,50	0,00	0,00	700	0	0	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	40,6	312,6	312,6	0,21	3,610	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	3,157,287	OK
Pto Bajo 0+000																																	
MARGEN IZQUIERDA TRONCO							CARRIL 3,50 ARCEN 1,00		ACERA + CARRIL BICI 4,00		Pd25 131,2 Pd100 164,28		T1 3 T2 1 h 0,5																				
Pto alto 0+970,345																																	
0+795	0+826		74,564	75,738	0,0379	↓	9,00	0,00	0,00	279	0	0	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	16,2	16,2	0,08	1,360	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,294,465	OK	
0+618	0+727		67,004	71,620	0,0423	↓	9,00	0,00	1,00	981	0	109	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	62,6	78,8	0,14	2,102	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,426,319	OK	
0+339	0+618		55,626	67,004	0,0406	↓	4,50	0,00	1,00	1256	0	279	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	87,5	166,4	0,18	2,495	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	2,380,154	OK	
0+156	0+300		43,648	54,380	0,0743	↓	0,00	0,00	2,00	0	0	289	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	15,1	181,4	0,17	3,193	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	3,214,000	OK	
0+000	0+156	BOMBEO	32,492	43,648	0,0717	↓	4,50	0,00	2,00	700	0	311	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	56,9	238,3	238,3	0,19	3,373	0,00	3,00	1,00	0,50	0,500	2,288	0,219	3,157,287	OK
Pto Bajo 0+000																																	
CUNETAS CARRIL BICI							CARRIL 3,50 ARCEN 1,00		ACERA + CARRIL BICI 4,00		Pd25 131,2 Pd100 164,28		T1 1 T2 1 h 0,5																				
Pto alto 0+970,345																																	
0+800	0+826	DESAG.TERRENO	74,564	75,738	0,0452	↓	0,00	0,00	1,00	0	0	26	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	1,4	1,4	0,04	0,847	0,00	1,00	1,00	0,50	0,250	1,414	0,177	1,087,637	OK	
0+618	0+710		67,004	71,620	0,0502	↓	0,00	0,00	1,00	0	0	92	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	4,8	6,2	0,07	1,264	0,00	1,00	1,00	0,50	0,250	1,414	0,177	1,146,504	OK	
0+339	0+618	A TERRENO	55,626	67,004	0,0408	↓	4,00	0,00	1,00	1117	0	279	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	79,4	85,6	0,19	2,261	0,00	1,00	1,00	0,50	0,250	1,414	0,177	1,033,269	OK	
0+156	0+300		43,648	54,380	0,0743	↓	4,00	0,00	2,00	578	0	289	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	48,6	134,2	0,21	3,169	0,00	1,00	1,00	0,50	0,250	1,414	0,177	1,395,257	OK	
0+000	0+156	BOMBEO	32,492	43,648	0,0717	↓	4,00	0,00	2,00	622	0	311	0,08	8,0	164,28	174,15	1,00	1,00	0,90	52,4	186,6	186,6	0,23	3,394	0,00	1,00	1,00	0,50	0,250	1,414	0,177	1,370,637	OK
Pto Bajo 0+000																																	

