

# **PROYECTO GENERAL DE DESMANTELAMIENTO DE LA PLANTA QUERCUS DE FABRICACIÓN DE CONCENTRADOS DE URANIO (FASE I)**

SAELICES EL CHICO (SALAMANCA)



**ANEXO I – PROYECTO CONSTRUCTIVO DE LA EJECUCIÓN DEL RECINTO DE  
CONFINAMIENTO Y EL DESMANTELAMIENTO DE LA ERA DE LIXIVIACIÓN  
ESTÁTICA DE LA PLANTA QUERCUS**

**ANEJO 5 – CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

JULIO-2024



## **ANEJO 5**

### **CÁLCULOS HIDRÁULICOS**



## **ÍNDICE**

<b>A. 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES .....</b>	<b>3</b>
<b>A.5.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA ZONA. ....</b>	<b>4</b>
<b>A.5.3. CALCULOS HIDRAULICOS. ....</b>	<b>15</b>
<b>A.5.4. CARACTERÍSTICAS FINALES DE LAS CUNETAS.....</b>	<b>18</b>



#### **A. 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES**

La red de drenaje de la Era Quercus, se ha diseñado como un sistema automantenible y perdurable en el tiempo, con evacuación de las aguas pluviales por gravedad y vertido final en cuencas y vaguadas naturales.

La superficie total de la Era se ha dividido en distintas cuencas, para evitar grandes recorridos y velocidades de las aguas pluviales con objeto de minimizar al máximo los procesos erosivos. Así, la superficie de cada una de las cuencas parciales creadas por las divisorias de aguas y las canalizaciones a realizar en la nueva estructura son:

<b>SUBDIVISIÓN DE CUENCAS</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>)</b>
CUENCA 1	10.522
CUENCA 1.1	26.888
CUENCA 1.2	20.248
CUENCA 2	10.032
CUENCA 2.1	5.426
CUENCA 3	13.749
CUENCA 3.1	28.193
CUENCA 3.2	8.580

**Tabla A.5.1. Cuencas drenantes**

Cada cuenca de recogida de agua dispone de su correspondiente cuneta de evacuación que con una pendiente media comprendida entre el 1% y el 7,5%, conducirá el agua recogida en la cuneta hasta dos vaguadas naturales, ya existente, para su vertido final.



Las aguas recogidas por las cunetas construidas a media ladera se evacuarán mediante bajantes prefabricas según se refleja en el *Plano nº 17. Era de lixiviación remodelada. Red de recogida de aguas superficiales.*

#### **A.5.2 ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA ZONA.**

Para poder realizar un dimensionamiento adecuado de los caudales que circularán por cada una de las cunetas a diseñar será imprescindible conocer las aguas pluviales caídas sobre las diferentes superficies afectadas, así como los caudales máximos a evacuar por cada una de las cunetas diseñadas.

##### **A.5.2.1. CALCULO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS PREVISIBLES EN EL EMPLAZAMIENTO.**

El objeto de este apartado es la determinación de las avenidas para los distintos periodos de retorno considerados (10, 25, 50 y 1000 años) en el emplazamiento.

A continuación se adjuntan los datos correspondientes a las precipitaciones máximas diarias que se han obtenido de los registros existentes de la estación meteorológica de las instalaciones mineras de ENUSA.



Año	PM.24 Horas (mm)	Año	PM.24 Horas (mm)	Año	PM.24 Horas (mm)
1980	67,2	1994	39,8	2008	19,2
1981	22,5	1995	26,2	2009	33,8
1982	25,5	1996	54,2	2010	46,2
1983	60,6	1997	28	2011	27,4
1984	28,3	1998	48	2012	37,6
1985	36,5	1999	32,6	2013	68,4
1986	49	2000	27,6	2014	59,6
1987	43,2	2001	45,4	2015	43,6
1988	43,1	2002	31	2016	26,0
1989	56	2003	26,2	2017	22,0
1990	67,8	2004	30,8	2018	59,9
1991	29,6	2005	24,8	2019	36,5
1992	31,2	2006	54,4		
1993	27,4	2007	77,8		

**Tabla A.5.2. Precipitaciones máximas en 24 H.**

A estos valores se les ha ajustado la función de distribución de Gumbel, con objeto de determinar los valores correspondientes a las lluvias máximas en 24 horas, para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 1000 años.

Las precipitaciones máximas obtenidas para la zona de estudio para cada uno de los periodos de retorno considerados son:



T	Pmax-24 h.
10	63,30
25	76,03
50	85,48
1000	152,2

**Tabla A.5.3. Precipitaciones máximas en 24 H para un periodo de retorno T**

#### **A.5.2.2. COEFICIENTE DE NO SIMULTANEIDAD.**

Estas precipitaciones máximas calculadas, deberían ser corregidas mediante un coeficiente de reducción real, para tener en cuenta la distribución espacial de las mismas (coeficiente de no simultaneidad), aunque en este caso, dada la pequeña extensión de las cuencas  $< 1 \text{ Km}^2$  este coeficiente, según la fórmula definida por Témez, se considera igual a 1.

#### **A.5.2.3. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS.**

Para la obtención de los caudales máximos a emplear para dimensionar la sección de transporte de las cunetas, se emplea el Método Racional, que es el utilizado normalmente para la determinación de caudales de avenida en cuencas de pequeña extensión.

El caudal de referencia Q en el punto de desagüe de la cuenca se obtiene mediante la fórmula:



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

siendo:

- Q : caudal punta correspondiente a un periodo de retorno dado (m<sup>3</sup>/s)
- K : coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A.
- I : intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno y aguacero de cálculo considerado (mm/h).
- C : coeficiente medio de escorrentía de la cuenca del intervalo en que se produce I
- A : superficie de la cuenca (Ha)

#### Coeficiente K

Como coeficiente K se adopta un valor de 300, en lugar de 360, que supone incrementar Q un 20 por ciento para tener en cuenta el efecto de puntas de precipitación. (Instrucción de Carreteras Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”)

#### Intensidad media de precipitación I.

La intensidad media de precipitación se ha obtenido por el método de José R. Témez. Según este método, la intensidad para un periodo de retorno T es función de éste y de una constante que depende de la situación geográfica; esta constante se define como  $I_1/I_d$  siendo  $I_1$  la intensidad horaria correspondiente a la zona, e  $I_d$  la intensidad diaria. La relación  $I_1/I_d$  se puede obtener en el mapa de isolíneas  $I_1/I_d$ . (Instrucción de Carreteras Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”).

La relación entre  $I_t/I_d$  viene dada por la expresión:

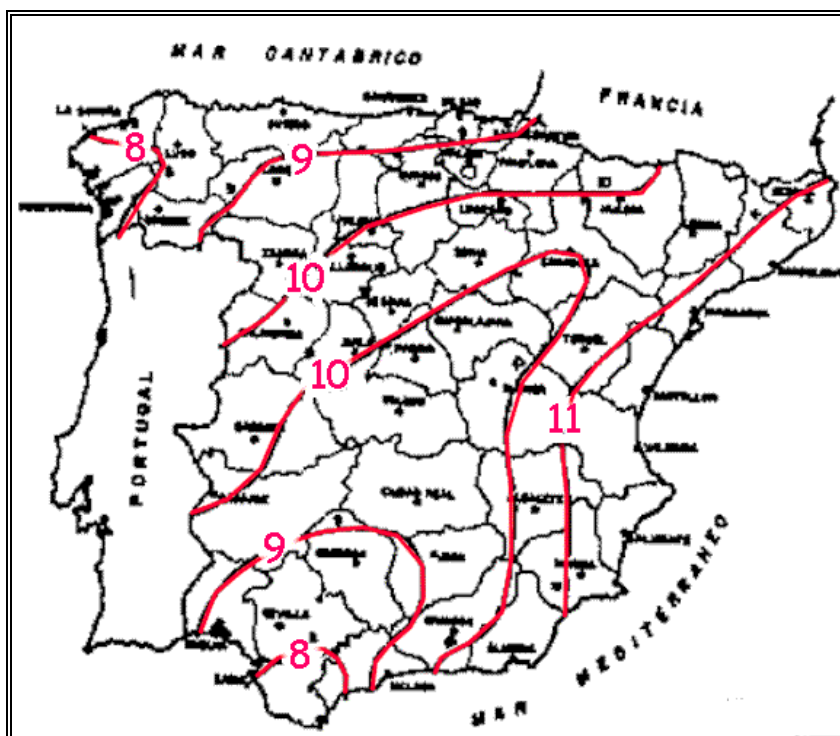




$$\frac{I_t}{I_d} = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

siendo:

- $I_t$  (mm/h) = intensidad media de precipitación para el tiempo “t” del aguacero.
- $I_1$  (mm/h) = intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno. El valor de la razón  $I_1/I_d$  se puede tomar de la siguiente figura:



**Figura A.5.1. Mapa de Isolíneas  $I_1/I_d$ . (Instrucción de Carreteras Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”).**



- $I_d$  (mm/h) = intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado; es igual a  $P_d/24$ .
- $P_d$  (mm) = precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno considerado
- $t$  (h) = duración del intervalo al que se refiere  $I$  y que se tomará igual al tiempo de concentración.

#### Tiempo de Concentración

Para la obtención de este parámetro, se emplea la fórmula siguiente (*Témez*):

$$t_c = 0,3 \left( \frac{L}{J} \right)^{0,76}$$

Siendo:

- $t_c$  = tiempo de concentración en horas.
- $L$  = longitud del cauce principal en Km.
- $J$  = pendiente media del cauce principal. (m/

#### Coeficiente de escorrentía

El coeficiente “C” de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad  $I_t$ , y depende de la razón entre la precipitación total diaria  $P_d$ , correspondiente al periodo de retorno de cálculo y el umbral de escorrentía  $P_0$ , valor de la lluvia a partir del cual se inicia la escorrentía.

Si la razón  $P_d / P_0$  es inferior a la unidad, el coeficiente “C” de escorrentía se considera nulo. En caso contrario, se determina a partir de la siguiente fórmula, propuesta por la Dirección General de Carreteras para obras de drenaje, modificada para tener en



cuenta los casos de pequeños aguaceros de bajo periodo de retorno, cuya precipitación total apenas supera el umbral de escorrentía:

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

Para la determinación del umbral de escorrentía es preciso una clasificación previa del suelo basándose en tres características: potencia, textura y drenaje.

El umbral de escorrentía se obtiene de las tablas del *Soil Conservation Service* del Ministerio de Agricultura U.S.A., Témez propone multiplicar este umbral por un coeficiente corrector, justificado porque las condiciones hidrológicas de la península Ibérica no son las mismas que las de Estados Unidos. En este estudio se ha considerado un coeficiente de valor 2.3, como se deduce del mapa incluido en la Norma 5.2-IC.



Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franca- arcillosa- arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco- arcillosa-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
<b>D</b>	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre
Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.				

**Tabla A.5.4. Clasificación de suelos afectados del umbral de escorrentía**  
**Instrucción de carreteras 5.2-IC.**



Uso de la tierra	Pendiente (%)	Características Hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R	26	15	9	6
		N	28	17	11	8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R	37	20	12	9
		N	42	23	14	11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	*	33	18	13
		Muy buena	*	41	22	15
	< 3	Pobre	58	25	12	7
		Media	*	35	17	10
		Buena	*	*	22	14
		Muy buena	*	*	25	16
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre	62	26	15	10
		Media	*	34	19	14
		Buena	*	42	22	15
	> 3	Pobre	*	34	19	14
		Media	*	42	22	15
		Buena	*	50	25	16
Masas forestales (bosques, Monte bajo, etc.)	≥ 3	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	*	34	22	16
	> 3	Espesa	*	47	31	23
		Muy espesa	*	65	43	33
Notas:	1.	N: denota cultivo según las curvas de nivel R: denota cultivo según la línea de máxima pendiente				
	2.	*: denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida				
	3.	Las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menor del 3 por 100				
Tipo de terreno		Pendiente (%)	Umbral de Escorrentía (mm)			
Rocas permeables		≥ 3	3			
		< 3	5			
Rocas impermeables		≥ 3	2			
		< 3	4			
Firmes granulares sin pavimento			2			
Adoquinados			1,5			
Pavimentos bituminosos o de hormigón			1			

**Tabla A.5.5. Estimación inicial del umbral de escorrentía  $P_0$  (mm)**

### Instrucción de carreteras 5.2-IC.



**Figura A.5.2. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.**

#### **Instrucción de carreteras 5.2-IC.**

En base a todo lo anteriormente indicado se han obtenido los siguientes caudales máximos para cada una de las cuencas definidas en el *Plano nº 17. Era de lixiviación remodelada. Red de recogida de aguas superficiales.*



NÚMERO DE CUENCA	CAUDAL MÁXIMO (m <sup>3</sup> /sg) T = 1000 años
CUENCA 1	0,30
CUENCA 1.1	0,70
CUENCA 1.2	0,65
CUENCA 2	0,30
CUENCA 2.1	0,23
CUENCA 3	0,39
CUENCA 3.1	0,73
CUENCA 3.2	0,33

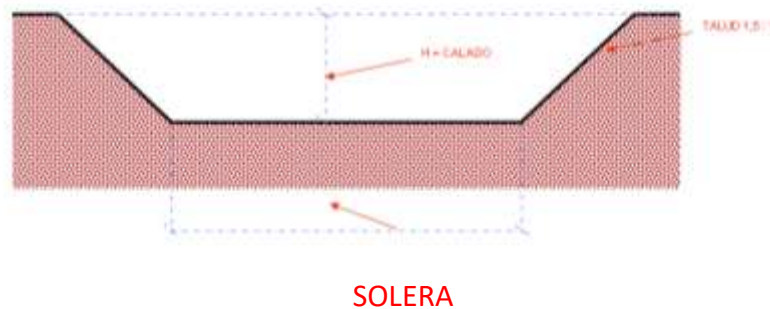
**Tabla A.5.6. Caudales máximos para las diferentes cuencas**



### A.5.3. CALCULOS HIDRAULICOS.

Las cunetas de recogida de las aguas de escorrentía se excavarán en el terreno con las siguientes características de diseño:

- Se ha considerado la sección trapezoidal con un talud de cajeado de 1,5:1.



**Figura A.5.3. Sección trapezoidal (Croquis)**

- Todas las cunetas irán revestidas de hormigón armado con un espesor de unos 10 cm. y un resguardo de 5 cm.
- Se han dimensionado las secciones transversales de las cunetas de forma que evacuando el caudal aportado a través de la sección correspondiente la velocidad en las canalizaciones no supere nunca los 5 m/s.
- Rugosidad del canal, se ha considerado un valor para  $n = 0,016$
- La longitud y pendiente de cada una de las cunetas diseñadas es la expuesta en la tabla A.5.6 de este documento.





- El trazado de las cunetas será el especificado en el Plano nº 17. Era de Lixiviación Remodelada. Red de recogida de aguas superficiales.
- Tanto las cunetas de evacuación como las bajantes, dado que deben ser estructuras perdurables en el tiempo y automantenibles, se han diseñado una ejecución modular mediante piezas prefabricadas de hormigón armado.

El dimensionamiento de la red de drenaje se ha realizado aplicando la fórmula de Manning,

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Donde,

- $n$  es el número de Manning. Se considero  $n= 0,016$  propio de secciones de hormigón
- $R_h$  es el radio hidráulico [m]. Relación entre la superficie mojada y el perímetro mojado.
- $i$  es la pendiente hidráulica [m/m].
- $v$  es la velocidad de circulación [m/s].

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



**Tabla A.5.7. Características de las cunetas propuestas**

	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>SECCIÓN</b>	<b>BASE (m)</b>	<b>CALADO (m)</b>	<b>PENDIENTE MEDIA %</b>	<b>CAUDAL A EVACUAR (m³/sg)</b>	<b>CAPACIDAD DE EVACUACIÓN (m³/sg)</b>	<b>VELOCIDAD (m/sg)</b>
CUNETAS 1	114	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,30	0,57	2
CUNETAS 2	210	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,30	0,57	2
CUNETAS 3	281	Trapezoidal	0,50	0,30	1%	0,39	0,57	2
CUNETAS 1.1	334	Trapezoidal	0,50	0,30	3,9%	0,70	1,12	4
CUNETAS 1.2	363	Trapezoidal	0,50	0,30	3,0%	0,65	0,99	3,5
CUNETAS 2.1	150	Trapezoidal	0,50	0,30	2,7%	0,23	0,93	3
CUNETAS 3.1	308	Trapezoidal	0,50	0,30	7,5%	0,73	1,55	5
CUNETAS 3.2	158	Trapezoidal	0,50	0,30	1,9%	0,32	0,78	3



#### A.5.4. CARACTERÍSTICAS FINALES DE LAS CUNETAS.

Los resultados obtenidos se regularizan en una sección trapezoidal de base de solera 0,3 m. y calado 0,3 m.

Tabla A.5.8. Secciones tipo trapezoidal				
SECCIÓN TIPO	BASE SOLERA B [m]	CALADO MÁXIMO C [m]	PAREDES LATERALES [H:V]	SECCIÓN TRAPEZOIDAL
I	0,5	0,3	1,5:1	

#### Bajante prefabricada.

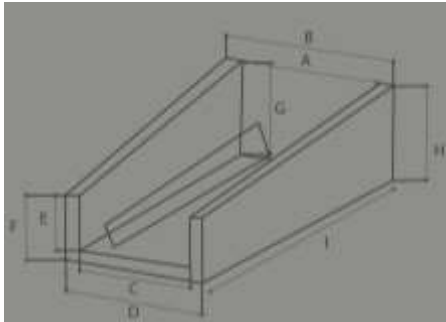
Para evitar la erosión de los taludes inferiores se colocarán tres bajantes prefabricadas para evacuar el agua recogida por las cunetas de la zona alta.

Las bajantes se ejecutarán con piezas prefabricadas con hormigón HA-25 y ligeramente armadas para facilitar su manejo durante el transporte y colocación.

El ancho útil será de 40 cm. y tendrá un calado de 20 cm.



**Tabla A.5.9. Bajantes**

	<b>LONGITUD</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	
BAJANTE 1	108	0,4	0,20	
BAJANTE 2	69	0,4	0,20	
BAJANTE 3	67	0,4	0,20	