

GRADO EN INGENIERIA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE NUEVA DEPURADORA
DE TIPO HUMEDAL DE FLUJO
SUBSUPERFICIAL, EN EL CONCEJO DE
DOMAIKIA, MUNICIPIO DE ZUYA
(ALAVA)***

DOCUMENTO 6- ESTUDIO HIDRODINÁMICO

Alumno: Mendiola Aguirre, Simon

Directora: de Blas Martin, Maite

Curso: 2018 -2019

Fecha: Julio 2019

Índice

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	5
3.	CAUDALES DE AVENIDA	6
3.1.	FÓRMULAS DE CALCULO	6
3.2.	INTENSIDAD DE LLUVIA	6
3.3.	INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA	7
3.4.	FACTOR REDUCTOR DE LA PRECIPITACIÓN POR ÁREA DE LA CUENCA	7
3.5.	FACTOR DE INTENSIDAD	8
3.5.1.	Obtención de Fa	8
3.5.2.	Obtención de Fb	10
3.6.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	11
3.7.	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	12
3.8.	UMBRAL DE ESCORRENTÍA	13
3.9.	CAUDALES RESULTANTES	17
3.10.	RESULTADOS DE LA ESCORRENTÍA GENERADA	19
4.	DICTAMEN HIDRAULICO	20

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Vista de la cuenca de aportación de la zona de estudio.	5
Ilustración 2. Grafica para la obtención de Fa	9
Ilustración 3. Mapa del índice de torrencialidad (I_1 / I_d)	9
Ilustración 4. Curva para la obtención del factor Fb	10
Ilustración 5. Determinación del coeficiente de escorrentía	13
Ilustración 6. Mapa de grupos hidrológicos de suelo	15
Ilustración 7. Diagrama para determinación de la textura en materiales tipo suelo	16

Índice de tablas

Tabla 1. Valores del coeficiente difuso	12
Tabla 2. Determinación del coeficiente de escorrentía	15
Tabla 3. Datos de partida.	17
Tabla 4. Datos estimados a 10 minutos de concentración.	17
Tabla 5. Datos de partida de Domaikia	17
Tabla 6. Calculo de T y K en diferentes años	18
Tabla 7. Diferentes Id e Itc de la cuenca	18
Tabla 8. Resultados finales.....	19

1. INTRODUCCIÓN

La población de Domaikia se sitúa en municipio de Zuya, el presente estudio se ha realizado para analizar la afección de la inundabilidad de arroyo Txikaran sobre una parcela cercana a la población sobre la que se pretende situar una futura EDAR. La parcela se encuentra a unos 200 m al norte de núcleo del pueblo de Domaikia. Su cota de nivel más baja se halla situada en el vértice Norte +648.00, desde donde se eleva hasta alcanzar la cota 649.00 en el vértice Sur. No existe edificación alguna, si en cambio una fosa de tratamiento de aguas residuales, que se encuentra enterrada.

El objetivo de este estudio es determinar las condiciones hidrológicas e hidráulicas del arroyo a su paso por la zona estudiada para avenidas correspondientes a periodos de retorno de 10, 100 y 500 años tanto para la situación actual como para la futura.

El estudio de caudales para los periodos de retorno citados se realiza según el Método Racional Modificado, según la metodología de la Norma 5.2 – IC de drenaje superficial, a falta de estudios hidrológicos existentes de detalle de la cuenca estudiada.

Para realizar el estudio se han utilizado principalmente el programa HEC-RAS, combinado con levantamientos topográficos y los datos LIDAR ofrecidos por GeoEuskadi.

2. CARACTERISTICAS DE LA CUENCA

El terreno donde se ubicará la E.D.A.R. se encuentra a unos 200 metros de la población de Domaikia y se encuentra orientada al noroeste. Tiene una cuenca de aportación de entorno 178ha, una longitud de unos 1500 m y una pendiente media del 10.5%

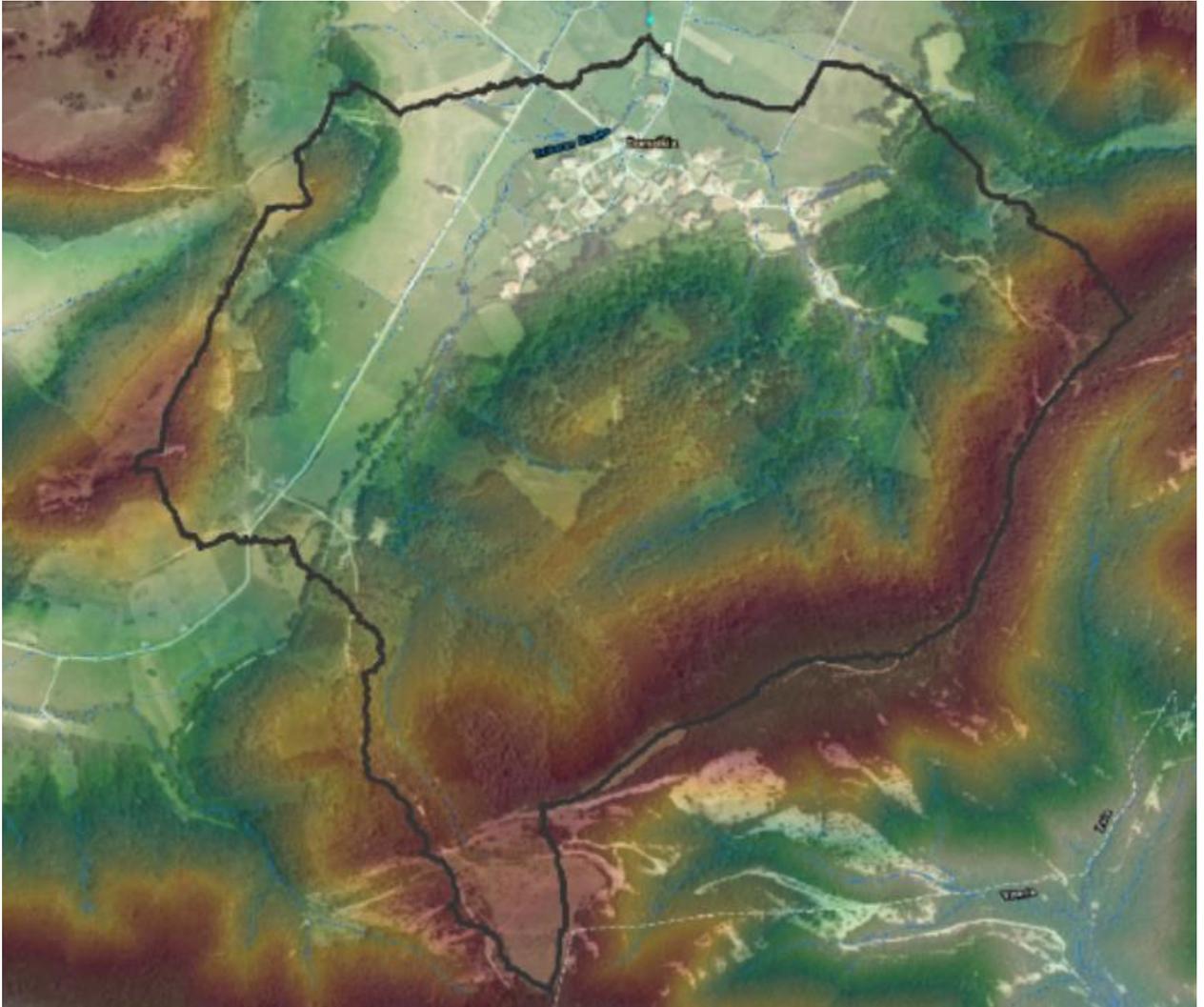


Ilustración 1. Vista de la cuenca de aportación de la zona de estudio.

3. CAUDALES DE AVENIDA

Para la estimación de caudales de escorrentía se han seguido los criterios indicados en la instrucción 5.2-IC “Drenaje Superficial” del Ministerio de Fomento, que son aplicables a superficies aportantes con un tiempo de concentración inferior a 6 horas.

3.1. FÓRMULAS DE CÁLCULO

El caudal de referencia Q se ha calculado por la fórmula del Método Racional Modificado (Témez).

$$Qt = \frac{I(T, Tc) \cdot C \cdot A \cdot K}{3,6}$$

Donde:

- Qt = caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T, en el punto de desagüe (m^3/s).
- $I(T, t_c)$ = intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T, para una duración t igual al tiempo de concentración de la cuenca.
- C = coeficiente medio de escorrentía de la cuenca.
- A = área de la cuenca (Km^2)
- K = coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

3.2. INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de precipitación I (T, t) correspondiente a un periodo de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio la siguiente formula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

- I (T, t) = intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y a una duración del aguacero t (mm/h).
- I_d = intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T (mm/h).
- F_{int} = factor de intensidad (adimensional).

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca Q_t , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

3.3. INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T, se obtiene mediante la fórmula:

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

Donde:

- I_d = Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T (mm/h).
- P_d = precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T (mm).
- K = factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional).

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T, P_d se han adoptado los datos publicados por la Dirección General de Carreteras

3.4. FACTOR REDUCTOR DE LA PRECIPITACIÓN POR ÁREA DE LA CUENCA

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula:

- Si $A < 1 \text{ Km}^2$ $K = 1$
- Si $A > 1 \text{ Km}^2$ $K = 1 \cdot \frac{\log_{10} A}{15}$

Donde:

- K = factor de la precipitación por área de la cuenca (adimensional)
- A = área de la cuenca

3.5. FACTOR DE INTENSIDAD

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero
- El periodo de retorno T, si se dispone de curvas de intensidad - duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviografo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max (F_a, F_b)$$

Donde:

- F_{int} = factor de intensidad (adimensional)
- F_a = factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_t / I_d)
- F_b = factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviografo próximo.

3.5.1. Obtención de F_a

$$F_a = \left(\frac{I_t}{I_d} \right) \cdot 3,5287 - 2,5287t^{0.1}$$

Donde:

- F_a = factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_t / I_d).
- (I_t / I_d) = índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 3.
- T = duración del aguacero (horas).

Para la obtención del factor F_a , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$)

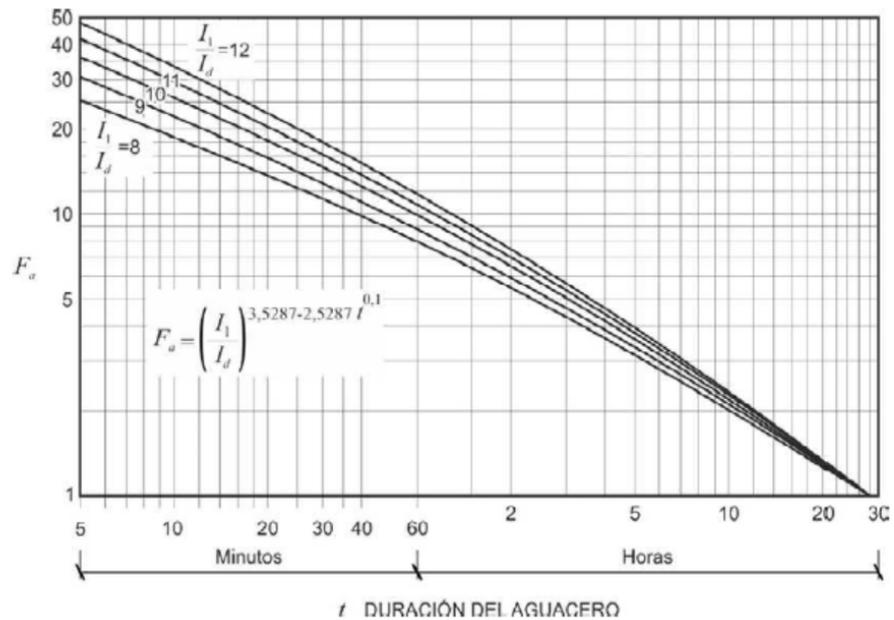


Ilustración 2. Gráfica para la obtención de F_a

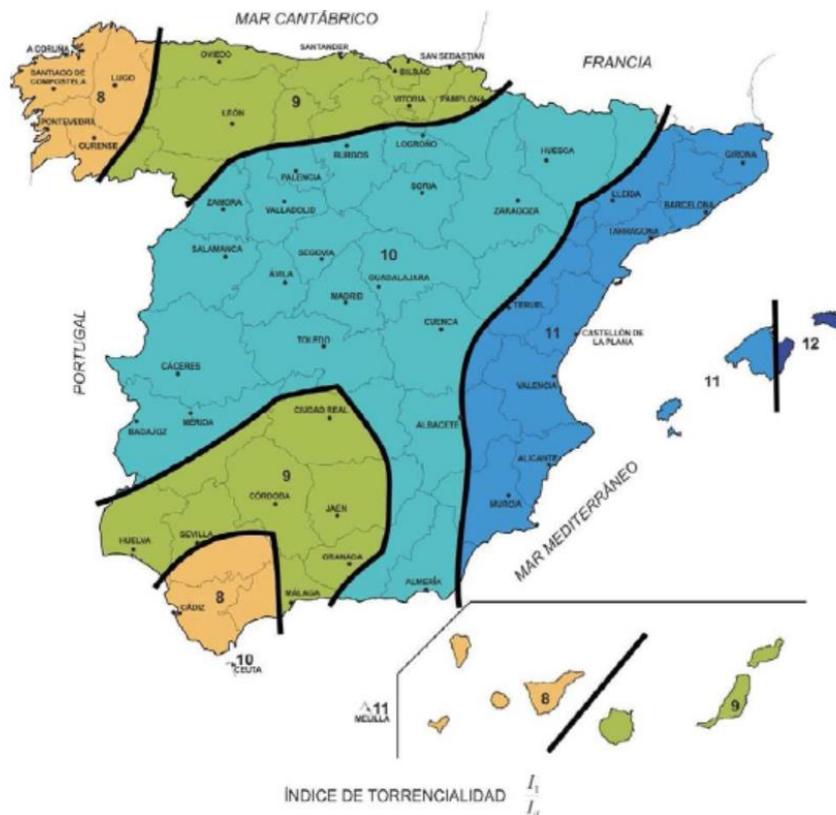


Ilustración 3. Mapa del índice de torrencialidad (I_1 / I_d)

3.5.2. Obtención de F_b

$$F_b = K_b \cdot \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Donde:

- F_b = factor obtenido a partir de las curvas IDF.
- $I_{IDF}(T, t_c)$ (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a través de las curvas IDF del pluviografo.
- $I_{IDF}(T, 24)$ (mm/h) = Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas, obtenido a través de curvas IDF.
- K_b = factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un periodo de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En efecto de un cálculo específico.

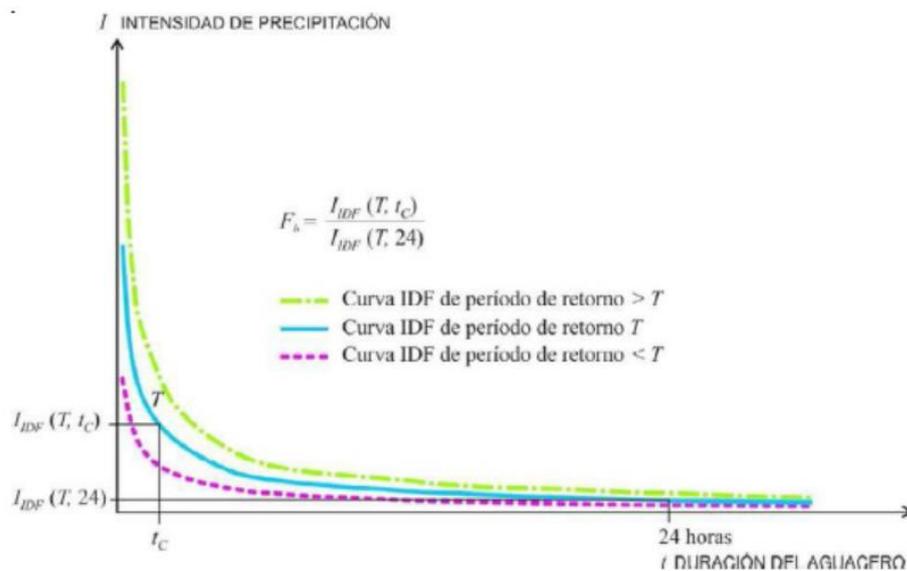


Ilustración 4. Curva para la obtención del factor F_b

3.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Tiempo de concentración t_c , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca este aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante las siguientes formulaciones:

$$T_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

- T_c = tiempo de concentración (horas)
- L_c = longitud del cauce (km)
- J_c = pendiente media del cauce (adimensional)

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, deben tantearse diferentes cauces o recorridos del agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. El cauce (o recorrido) que debe escogerse es aquel que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración t_c .

Por Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a 0,25.

Para cuencas secundarias, el tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

- Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje: se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning.
- Flujo difuso sobre el terreno.

$$T_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

Donde:

- T_{dif} = tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno.
- n_{dif} = coeficiente de flujo difuso (adimensional)
- L_{dif} = longitud de recorrido en flujo difuso (m)
- J_{dif} = pendiente media (adimensional)

Tabla 1. Valores del coeficiente difuso

Cobertura del terreno		n_{dif}
Pavimentado o revestido		0.015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0.05
	Con vegetación escasa	0.12
	Con vegetación media	0,32
	Con vegetación densa	1

3.7. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T,tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la siguiente formula.

- Si $P_d \cdot K > P_o$

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K}{P_o} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K}{P_o} - 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K}{P_o} + 11\right)^2}$$
- Si $P_d \cdot K < P_o$

$$C = 0$$

Donde:

- C = coeficiente de escorrentía
- P_d = precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado(mm)
- K = factor reductor de la precipitación por área de la cuenta (adimensional)
- P_o = Umbral de escorrentía (mm).

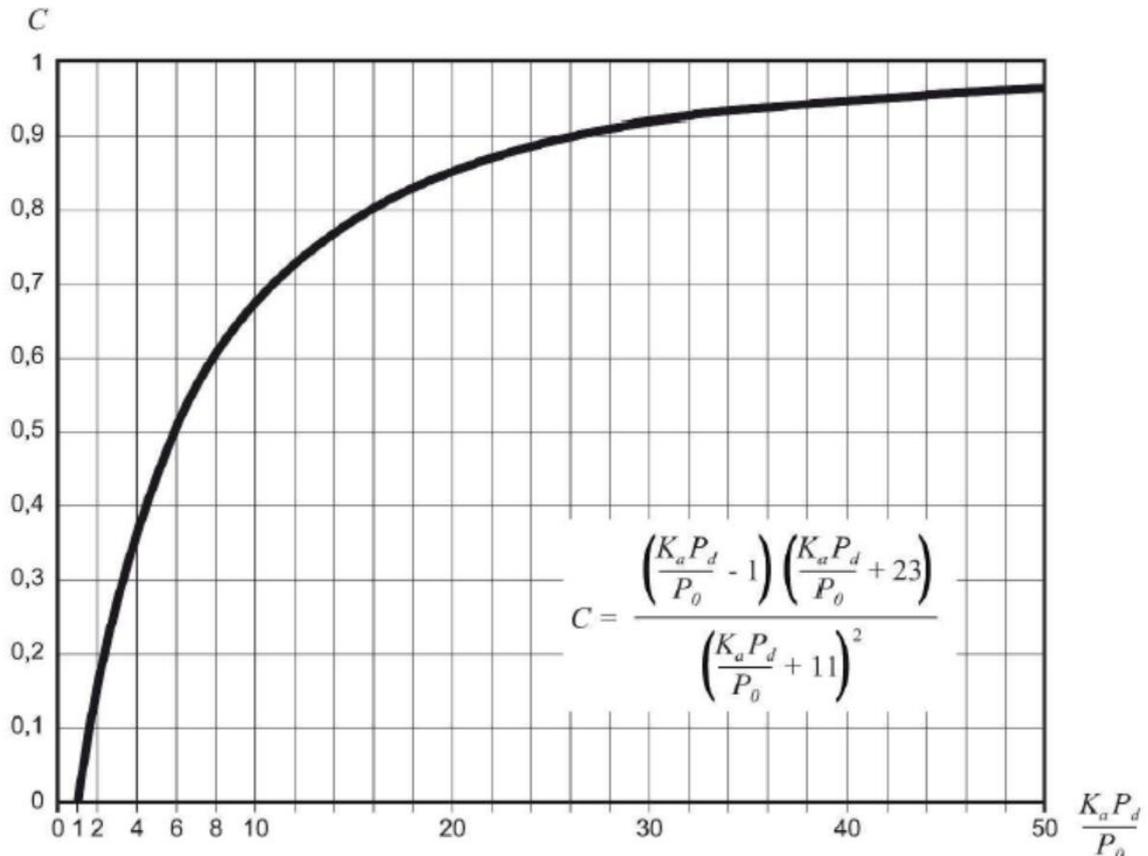


Ilustración 5. Determinación del coeficiente de escorrentía

3.8. UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía P_0 , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0' \cdot \beta$$

Donde:

- P_0 = umbral de escorrentía (mm)
- P_0' = valor inicial de escorrentía (mm)
- B = coeficiente corrector del umbral de escorrentía (adimensional)

El valor inicial de escorrentía P_0' , se determinará como se refiere a continuación, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor P_0' para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.
- Tabla 2 en las siguientes circunstancias:
 - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
 - Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
 - En problemas específicos de escorrentía urbana
 - Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes
 - Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
 - Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la ilustración 6. Cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta.

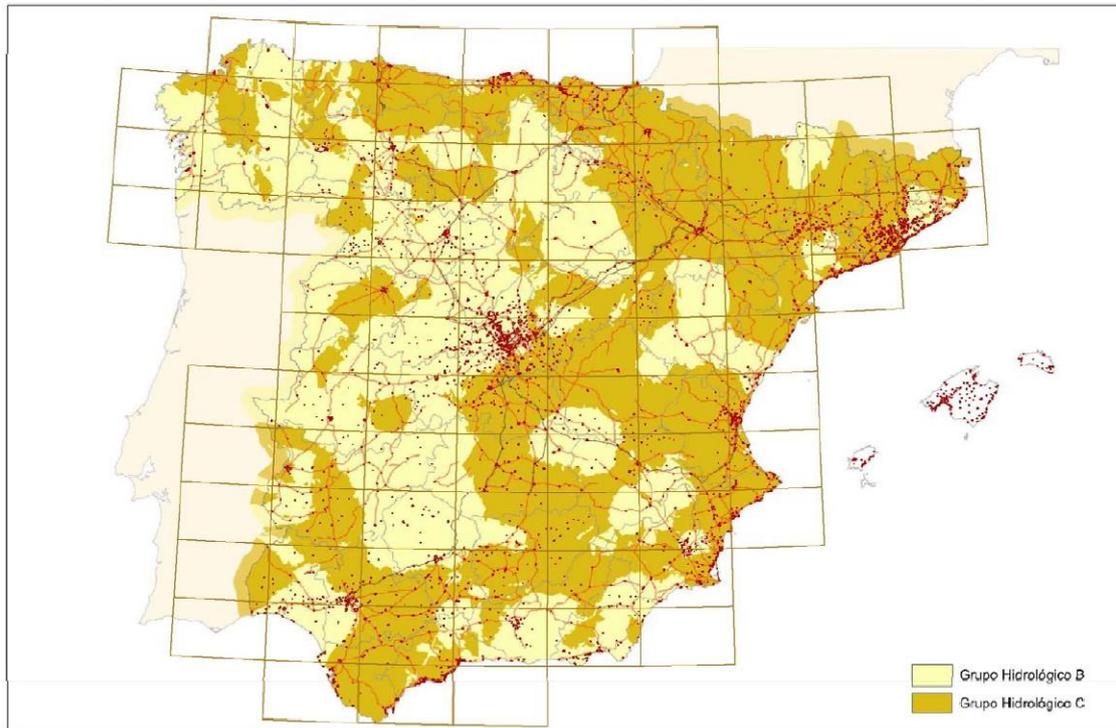


Ilustración 6. Mapa de grupos hidrológicos de suelo

Tabla 2. Determinación del coeficiente de escorrentía

Grupo	Infiltración	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño	Arcillosa	Pobre o muy pobre

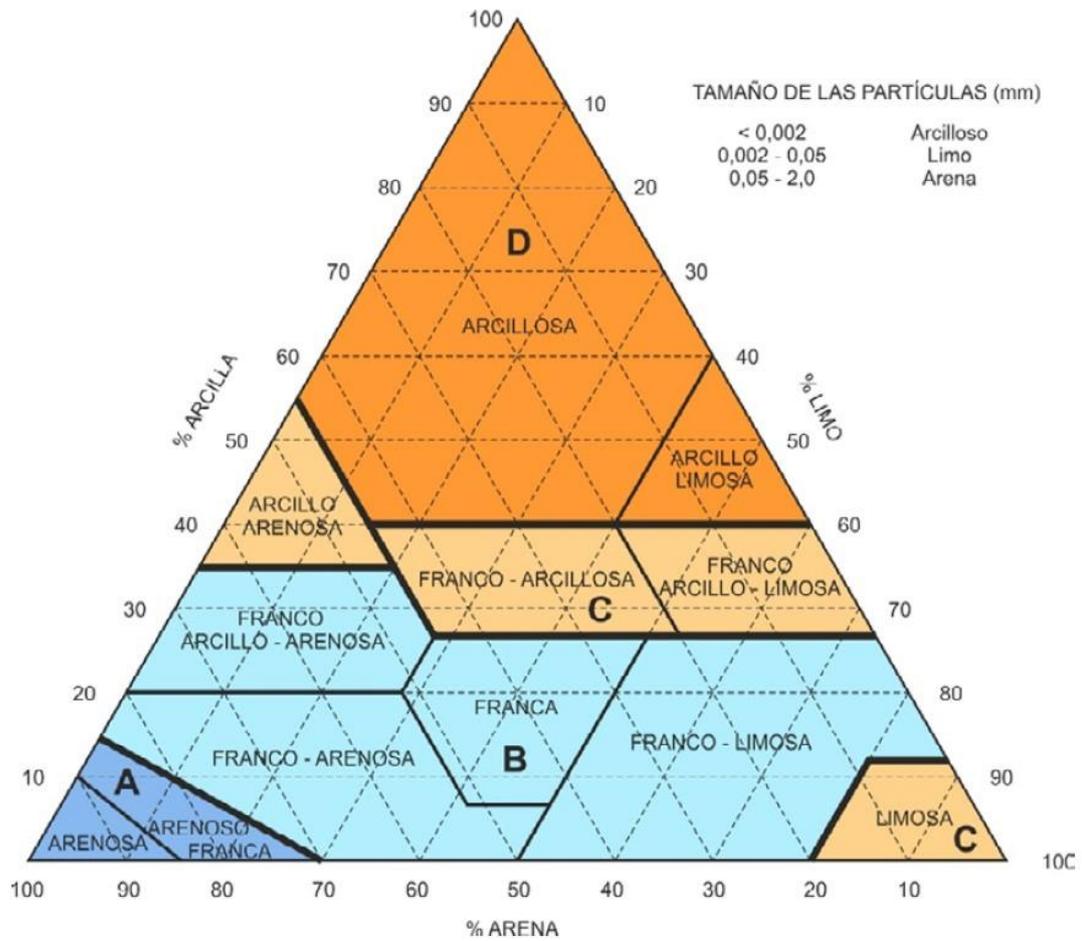


Ilustración 7. Diagrama para determinación de la textura en materiales tipo suelo

3.9. CAUDALES RESULTANTES

A continuación, los datos de partida e intermedios obtenidos según la metodología del Método Racional Modificado (Témez).

Tabla 3. Datos de partida.

Cuenca	Po' (mm)	b	Po (mm)
Urbana	1	0,85	0,85
Pasto	22	0,6	13,2
Bosque	43	0,6	25,8

Tabla 4. Datos estimados a 10 minutos de concentración.

Dato estimado para cuencas urbanas definido a 10 minutos de tiempo concentración								
Cuenca	Long (m)	Cota max (m)	Cota min (m)	Pend (%)	Tc (h)	ndif	Tdif (min)	Tc diseño (h)
Urbana	300	677	649	9,33	0,189	0,05	13,21	0,22
Pasto	1800	700	677	1,28	1,05	1,05		1,07
Bosque	1800	750	677	4,06	2,05	2,05		0,86

Tabla 5. Datos de partida de Domaikia

Datos Domaikia	
P	0,55
Cv	0,37

Tabla 6. Calculo de T y K en diferentes años

T (años)	K	Pmax 24h (mm)
5	1,232	68
10	1,461	80
25	1,778	98
50	2,022	111
100	2,281	125
500	2,953	162

Tabla 7. Diferentes Id e Itc de la cuenca

Id corregido (mm/h)					Itc (mm/h)				
		Periodo de retorno T (años)			Periodo de retorno T (años)				
Cuenca	Fa	10	100	500	10	100	500	Fb	Fint
Urbana	19,6	3,35	5,23	6,77	65,75	102,65	132,89	22,19	22,19
Pasto	8,6	3,35	5,23	6,77	28,96	45,22	58,54	9,77	9,77
Bosque	9,8	3,34	5,23	6,75	32,62	50,93	65,93	11,04	11,04

3.10. RESULTADOS DE LA ESCORRENTÍA GENERADA

Tabla 8. Resultados finales

		Q (m ³ / s)		
		Periodo de retorno T (años)		
Cuenca	Área (m ²)	10	100	500
Urbana	45,000.00	0,82	1,29	1,67
Pasto	647,051.37	2,83	5,73	8,29
Bosque	1,091,568.00	2,89	6,96	10,93
TOTAL	1,783,619.37	6,54	13,98	20,89

4. DICTAMEN HIDRAULICO

A partir de los resultados obtenidos mediante el modelo HEC-RAS se puede concluir:

- De la propuesta planteada para la localización de la EDAR de Domaikia, que ningún elemento de la misma, incluida la balsa, quedan en la Zona de Flujo Preferente, ni tan siquiera en la avenida resultante de caudal definido para periodo de retorno de 100 años. Solo impacta levemente la escorrentía generada por el caudal definido para el periodo de retorno de 500 años.
- Las infraestructuras planteadas por la ejecución de la EDAR no suponen una reducción significativa de la capacidad de desagüe del arroyo.

En el documento de planos aparecen reflejadas gráficamente las conclusiones obtenidas por este estudio.