

ANEXO III.
ESTUDIO HIDROLÓGICO
Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
2. MÉTODO DE CÁLCULO.	4
3. DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS VERTIENTES.....	5
4. OBTENCIÓN DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.	7
5. CÁLCULO DE INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN.	8
6. DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	11
7. DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE CÁLCULO.	12
8. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE DRENAJES SUPERFICIALES.	13
9. DRENAJES TRANSVERSAL.....	14
10. DIMENSIONAMIENTO DE LA BALSA DE DECANTACIÓN.....	15
11. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO.	17

APENDICE I.- Cálculos

1. OBJETO DEL ESTUDIO.

El objeto de este Estudio es definir los elementos de drenaje necesarios en los terrenos afectados por la ampliación del vertedero Burgoabaso y calcular sus dimensiones para evacuar convenientemente las escorrentías y e infiltraciones que se generarán.

Los drenajes a dimensionar se corresponden con:

- Canal de guarda que intercepta la cuenca exterior vertiente al relleno y que lo lleva al exterior sin necesidad de tratamiento por tratarse de aguas limpias.
- Cunetas de borde de vial, que se divide en dos tramos en función de la cuenca de aportación.
- Balsa de decantación.
- Drenaje de fondo del vertedero.

Los elementos de drenaje y la balsa de decantación se dimensionaran para 25 años de periodo de retorno, plazo superior a la vida útil proyectada del vertedero.

2. MÉTODO DE CÁLCULO.

Para el cálculo de los caudales de escorrentía se emplea el método hidrometeorológico, determinando los caudales según la Instrucción 5.2-IC Drenaje, en su apartado 4. Hidrología.

Así, el cálculo del caudal de desagüe de una cuenca o superficie, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{I_T \cdot S \cdot C}{K}$$

Siendo:

- ✓ **I_T** . Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo correspondiente al tiempo de concentración.
- ✓ **S** . Superficie de la cuenca.
- ✓ **C** . Coeficiente de escorrentía (adimensional).
- ✓ **Q** . Caudal en m^3/s .
- ✓ **K** . Coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A , y que incluye un aumento del 20% en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de la precipitación. Su valor está dado por la tabla 2.1 de la Instrucción.

3. DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS VERTIENTES.

En la cabecera del área de ampliación se dispondrá una cuneta que recoja las escorrentías vertientes desde la cumbre de la ladera y las derive lateralmente fuera del ámbito de vertido de materiales (ver **Figura 13. Plano VIII**).

Respecto a las aguas de escorrentía que se generen en las áreas ya finalizadas del vertedero se plantea la construcción de cunetas triangulares en las bermas finales que conducen al vial exterior.

Las cuencas vertientes en el área de relleno son las siguientes:

- Subcuenca Superior: abarca desde la cumbre de la ladera (410-390) hasta la cuneta de cabecera (395-400) y la superficie de la plataforma superior (399). Estas escorrentías se recogen en una cuneta de cabecera y se vierten al terreno natural, previo paso por un empedrado para perder energía. Esta subcuenca abarca una superficie de 11.504 m².
- Subcuenca 1. Abarca la superficie comprendida por el talud entre cotas 399 y 395 y la berma a cota 395. Las escorrentías generadas son recogidas a favor de luna cuneta C-1 a pie de talud y dirigidas hacia el acceso a cabeza en donde son vertidas en la cuneta C-3. Esta subcuenca ocupa una superficie de 3.050 m².
- Subcuenca 2. comprende el talud desde la cota 395 hasta la berma 385. Estas escorrentías son recogidas en la cuneta a pie de talud en la berma 385 y dirigidas a la arqueta 1 donde confluye con las escorrentías de las subcuenca 1 y 3 y se conducen a la balsa de decantación. Esta subcuenca tiene una superficie en planta de 3.194 m²
- Subcuenca 3. Comprende el área entre la cotas 395 y 385 adyacentes al acceso a cabeza y cuyas escorrentías son recogidas por la cuneta c-3 de borde de acceso que confluye en la arqueta 1 desde donde se dirigen a la balsa de decantación. La superficie ocupada por esta subcuenca es de 1.394 m².

Las características de las cuencas se indican en la siguiente tabla:

DENOMINACIÓN		SUPERFICIE (Km ²)	DESNIVEL (m)	LONGITUD (Km)	PENDIENTE (m/m)
CP	Cuenca cabecera	0,012	21	0,10	0,21
C1	Subcuenca 1	0,004	4	0,03	0,16
C2	Subcuenca 2	0,004	10	0,02	0,67
C3	Subcuenca 3	0,001	10	0,06	0,16

- ✓ Desnivel, por diferencia entre la cota máxima y mínima.
- ✓ Longitud de la cuenca con cauce definido.
- ✓ Pendiente, por cociente entre el desnivel y la longitud.

4. OBTENCIÓN DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

El tiempo de concentración de las cuencas se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$T_C = 0,30 \left(\frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76}$$

Siendo:

- ✓ **L.** Longitud de recorrido, en Km.
- ✓ **J.** Pendiente media.
- ✓ **T_c.** Tiempo de concentración, en horas.

Para cada una de las cuencas consideradas, se obtiene el siguiente valor de tiempo de concentración:

DENOMINACIÓN		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN -T _c -
CP	Cuenca cabecera	0,07 h
C1	Subcuenca 1	0,03 h
C2	Subcuenca 2	0,01 h
C3	Subcuenca 3	0,05 h

5. CÁLCULO DE INTENSIDAD MEDIA DE PRECIPITACIÓN.

La intensidad media de precipitación I_T se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I_T = I_D \cdot \left(\frac{I_1}{I_D} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot T^{0,1}}$$

Siendo:

- ✓ I_T . Intensidad de precipitación, correspondiente al periodo de retorno considerado.
- ✓ I_D . Intensidad media diaria correspondiente al periodo de retorno, que se toma de los mapas contenidos en la publicación “Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día” de la Dirección General de Carreteras.
- ✓ I_1 . Intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno. El valor de la razón I_1/I_D se toma de la figura 2.2. de la Instrucción.
- ✓ T . Duración del intervalo al que se refiere I (se toma el tiempo de concentración).

Se sigue el proceso operativo descrito en la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*”, indicado a continuación:

- ✓ Localización en los planos del punto geográfico.
- ✓ Estimación del coeficiente de variación C_v y el valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

Según el mapa, se obtiene $P = 65 \text{ mm.}$ y $C_v = 0,38$.

Para un valor de periodo de retorno T y con el valor de C_v determinado mediante el mapa, se obtienen los valores de amplificación K_v igual a 1,793.

El valor medio de la precipitación máxima diaria, se obtiene mediante el producto del factor de amplificación K_v por el valor medio, P , de la máxima precipitación diaria anual, de donde resulta:

T(años)	K_v	$P (\text{mm/d})$
25	1,793	118,34

Evaluación del coeficiente reductor por área (ARF).

Este factor corrige que la distribución de la precipitación no es uniforme geográficamente, esto es que no toda la cuenca contribuye con la misma precipitación. Se valora con la siguiente fórmula:

$$ARF = 1 - \frac{\log (S)}{15}$$

Siendo:

- ✓ **S.** Superficie de la cuenca, en Km².

A partir de los valores de la superficie de cada una de las cuencas se obtienen los valores para el coeficiente reductor de área a aplicar a los valores de la precipitación diaria anteriormente obtenidos, resultando:

DENOMINACIÓN		COEF. REDUCTOR DE ÁREA -ARF-	PRECIPITACIÓN MÁX. DIARIA CORREGIDA -P _d -
CP	Cuenca cabecera	1,13	133,63
C1	Subcuenca 1	1,16	138,18
C2	Subcuenca 2	1,16	138,02
C3	Subcuenca 3	1,19	140,85

Valor de la relación I₁/I_d

Entrando en la Instrucción 5.2. IC, para la zona de estudio corresponde un valor de la razón $I_1/I_d = 9$



Valor de la intensidad media diaria de precipitación.

Para el periodo de retorno considerado (500 años), los valores de la intensidad media diaria de precipitación se presentan en la siguiente tabla:

DENOMINACIÓN		INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN - I_D -
CP	Cuenca cabecera	5,56mm/h
C1	Subcuenca 1	5,72 mm/h
C2	Subcuenca 2	5,73 mm/h
C3	Subcuenca 3	5,87 mm/h

Valor de la intensidad de precipitación.

DENOMINACIÓN		INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN - I_T -
CP	Cuenca cabecera	184,38 mm/h
C1	Subcuenca 1	282,46 mm/h
C2	Subcuenca 2	361,86 mm/h
C3	Subcuenca 3	223,11 mm/h

6. DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.

El coeficiente de escorrentía, C, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{[(P_d / P_o) - 1] \cdot [(P_d / P_o) + 23]}{[(P_d / P_o) + 11]^2}$$

Siendo:

- ✓ P_d Precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno.
- ✓ P_o . Umbral de escorrentía.

No obstante en este caso las cuencas están muy desnaturalizadas, salvo la cuenca de cabecera, el resto se corresponde con suelo excavado hasta roca sobre el que se va depositando material RCD que favorecen la infiltración de escorrentía, por esta razón se ha estimado el coeficiente de escorrentía en esta cuenca en 0,50.

Para la cuenca de cabecera, partiendo de las tablas la instrucción de carreteras, en base a la vegetación y calidad del suelo se ha estimado un umbral de escorrentía (P_o) de 22, lo que arroja un coeficiente de escorrentía de 0,46.

7. DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE CÁLCULO.

A los caudales obtenidos mediante el método hidrometeorológico explicado en el apartado 1:

$$Q = \frac{I_T \cdot S \cdot C}{K}$$

se les aplica un coeficiente de uniformidad para tener en cuenta que la precipitación neta no es uniforme en el tiempo (a lo largo del tiempo de concentración de la cuenca), y que se obtiene con la siguiente expresión:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Aplicando estos coeficientes de uniformidad a los valores de caudal obtenidos, resultan los valores de caudal de cálculo corregido que se indican en la siguiente tabla.

DENOMINACIÓN		CAUDAL DE CÁLCULO -Q-	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD -K-	CAUDAL DE CÁLCULO CORREGIDO -Q*-
CP	Cuenca cabecera	0,36	1,00	0,36
C1	Subcuenca 1	0,14	1,00	0,19
C2	Subcuenca 2	0,19	1,00	0,23
C3	Subcuenca 3	0,05	1,00	0,05

8. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE DRENAJES SUPERFICIALES.

El dimensionamiento hidráulico de las obras de drenaje se ha realizado aplicando la fórmula de Manning, que tiene la siguiente expresión:

$$Q = \frac{1}{\eta} A \cdot R_H^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Siendo:

- ✓ η . coeficiente de rugosidad de Manning.
- ✓ A. Área de la sección (en m^2).
- ✓ R_H . Radio hidráulico. $R_H = \frac{A}{P}$, donde P es el perímetro mojado.
- ✓ I. pendiente mínima, en tanto por uno.

El coeficiente de Manning adoptado varía en función de los materiales y forma constructiva de las cunetas. Las cunetas serán triangulares. La cuneta de pie de relleno discurrirá en parte sobre roca y en el lado del relleno se instalará una escollera rejunteada con hormigón. El resto de cunetas serán realizadas en hormigón.

Las características de las obras de drenaje triangulares son:

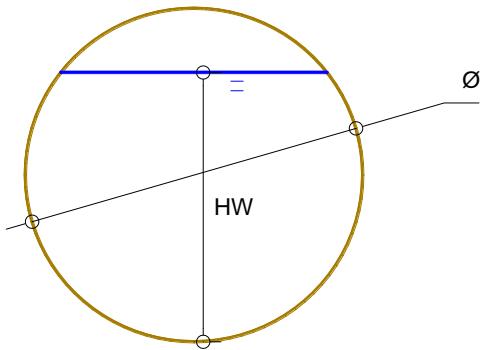
DENOMINACIÓN	$Q_{500} (m^3/s)$	η	Pendiente (%)	Altura (m)	Anchura superior (m)	Velocidad (m/s)
Cuneta de cabecera	0,36	0,026	1	0,44	1,31	0,92
Cuneta C1	0,19	0,022	1	0,33	0,98	0,86
Cuneta C2	0,23	0,022	1	0,35	1,04	0,91
Cuneta C3	0,28	0,022	2,3	0,31	0,92	1,42

9. DRENAJES TRANSVERSAL.

Las cunetas C1, C2 y C3 se unen en una arqueta a borde de pista y atraviesan el acceso a cabeza por un drenaje transversal, para ello se instalará una tubería de PVC de diámetro 500 mm con el objeto de garantizar un correcto drenaje.

Al objeto de uniformizar las actuaciones se dimensiona esta tubería para el máximo caudal que se corresponde con la suma de caudales de la cuneta C3 y C1 que asciende a 0,47 m³/s.

ELEMENTO	I (pendiente)	N (Manning)	Ø(mm)	HW(mm)	Q _T m ³ /seg
Tubo dren	4 %	0,013	500	0,401	0,80



10. DIMENSIONAMIENTO DE LA BALSA DE DECANTACIÓN.

La balsa de decantación se ha calculado para tratar las aguas recogidas en el área de relleno para tratar un caudal pico de 25 años de periodo de retorno, duración estimada de las labores de relleno.

	ÁREA VERTIENTE (SC-1+2+3)	Q*
Balsa B1	9.148 m ²	0,47 (m ³ /s)

Para dimensionar la balsa de decantación se parte de las siguientes premisas:

- ✓ Decantación del 100 % de las partículas mayores de 150 micras.
- ✓ Velocidad de desplazamiento horizontal del agua menor que la velocidad crítica (por encima de la cual los materiales decantados serían arrastrados).
- Se ha obtenido un valor de la velocidad crítica de 0,22 m/s, aplicando la ecuación desarrollada por Camp a partir de los estudios realizados por Shields (1936):

$$V_{cr} = \sqrt{\frac{8 K (S - 1) g d}{f}}$$

donde: **s** peso específico de la partícula (2,5 kg/m³),
d diámetro de la partícula decantada (0,00015 m),
K constante del material (0,055 adimensional)
f factor de momento (0,02 adimensional).

- La sección mínima se calcula en función del caudal y velocidad crítica obtenidos, a partir de la expresión:

$$A_{min} = Q / V_{cr}$$

$$A_{min} B = 0,47 / 0,22 = 2,14 \text{ m}^2$$

- Altura crítica se calcula dividiendo la sección critica entre el ancho que tendrá la balsa a definir. En este caso tras varios tanteos optamos por una anchura de 4 m.

$$\bullet \quad H_{crit} = A_{min} / \text{ancho}$$

$$\bullet \quad H_{crit} B1 = 2,14 / 3,5 = 0,611 \text{ m}$$

- La velocidad de caída en la balsa de una partícula de sedimento se puede establecer mediante la ley de Stokes:

$$v_d = (g / 18\mu)x(S - 1)x D^2$$

V_s = velocidad de sedimentación, en cm/s

g = aceleración de la gravedad = 981 cm/s²

μ = viscosidad cinemática del agua $1,007 \times 10^{-2}$ cm²/s

s = peso específico de la partícula = 2,5 gr/cm³

D = diámetro de la partícula (esférica) en cm

Para un diámetro de partícula de 0,15 mm se obtiene una velocidad de sedimentación de 1,8 cm/s.

- El tiempo de permanencia de una partícula de dimensión 100 micras deberá ser tal que, recorrida la distancia del decantador a la velocidad de desplazamiento lateral, menor que la V_{cr} , su posición se encuentre por debajo del labio inferior del vertedero, es decir en el peor de los casos habrá descendido la H_{crit} .

$$T = 61,1 \text{ cm} / 1,8 \text{ cm/s} = 33,9 \text{ s}$$

- La longitud mínima de la balsa se obtiene multiplicando el tiempo de permanencia mínimo por la velocidad de desplazamiento horizontal, que para el cálculo es igual a la V_{cr} .

$$\text{Long} = 0,22 \text{ m/s} \times 33,9 \text{ s} = 7,46 \text{ m}$$

La balsa tendrá unas dimensiones de 3,5 x 8 m.

11. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO.

En el dimensionamiento del drenaje subterráneo intervienen básicamente 3 factores.

- La intensidad de la precipitación que cae sobre el área de vertedero.
- La conductividad hidráulica del vertedero.
- La conductividad hidráulica de la capa drenante y su evacuación a través de un dren colector.

En primer lugar al ser la vida estimada del vertedero de 15 años, es prudente considerar la precipitación máxima diaria que puede acceder en un periodo de retorno de 25 años. Siguiendo las directrices de la Instrucción 5.2IC Drenaje, obtenemos para el mencionado periodo de retorno de 25 años una precipitación máxima diaria de 118,34 mm (ver apartado 5).

La superficie del vertedero es de 7.430 m², por lo que todo el agua llega en las 24 horas de la precipitación generaría un caudal de 10,14 l/s.

Por otra parte, no se disponen de datos de la futura conductividad hidráulica del vertedero, pero podemos deducirlo de la tabla 8.5 del libro *Geotechnical aspects of landfill Desing and Construction*.

TABLE 8.1 Effect of Fines on Hydraulic Conductivity of a Washed Filter Aggregate (Cedergren, 1989)

Percent Passing No.100 Sieve	Hydraulic Conductivity	
	(cm/sec)	(ft/day)
0	3.0×10^{-2} to 1.1×10^{-1}	80 to 300
2	4.0×10^{-3} to 4.0×10^{-2}	10 to 100
4	7.0×10^{-4} to 2.0×10^{-2}	2 to 50
6	2.0×10^{-4} to 7.0×10^{-3}	0.5 to 20
7	7.0×10^{-5} to 1.0×10^{-3}	0.2 to 3

Note: Opening size of No.100 sieve is 0.15 mm.

Teniendo como referencia el material AGO/40 THR-M2 producido en el proceso de valorización por J. Ramón, se obtiene que su conductividad hidráulica se sitúa entre 4×10^{-2} y 4×10^{-3} , atendiendo al nivel de finos que presenta.

La menor de estas conductividades 4×10^{-3} es capaz de evacuar una columna de agua 345,6 mm de agua en 24 horas; muy superior a la máxima esperable en 25 años de PR (118,34).

Finalmente la conductividad hidráulica del vertedero propiamente dicho será muy inferior ya que ahí van a parar los finos del proceso de valorización y compuestos como el yeso y similares por lo que la conductividad hidráulica muy influenciada por los finos, caerá al menos en un orden de magnitud 1×10^{-4} cm/s.

Con esta conductividad el agua que lograra pasar al relleno durante 24 horas sería de 86,4 mm.

En consecuencia el agua que recolectará el dren central será de 7,43 l/s.

$$7.430 \text{ m}^2 \times 86,4 \text{ l/m}^2 = 641,95 \text{ l/día}$$

Para la recolecta y evacuación de esta agua se emplea un tubo de PEAD ranurado de 200 m de diámetro nominal y 170 mm de diámetro interior, capaz de evacuar hasta 30 l/s con la pendiente proyectada de 1,5% (Ecuación de manning con un coeficiente n=0,011).

APENDICE I.- Cálculos

PROYECTO. PROYECTO TÉCNICO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO)
ANEXO. ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.
OBJETO. OBTENCIÓN DE CAUDALES Y DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO.

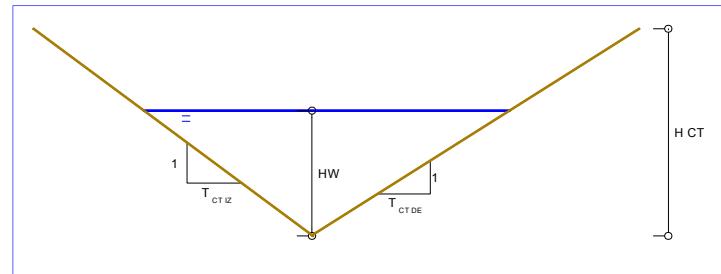
CODIGO. 1922-JRAMON
AUTOR. JA
FECHA. oct-19

OBTENCIÓN DE CAUDALES POR METODO HIDROMETEOROLÓGICO. (PARA PERÍODO DE RETORNO 25 AÑOS)

ELEMENTO DE DRENAJE.			SUPERFICIE.	LONGITUD.	DESVILO.	PENDIENTE.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	VALOR MEDIO DE P MAX DIARIA ANUAL.	COEFICIENTE DE VARIACIÓN.	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN.	P MAX DIARIA PARA TR.	COEFICIENTE REDUCTOR DE ÁREA.	P MAX DIARIA CORREGIDA.	II/ID	INT. MEDIA DIARIA DE PRECIP. (TR)	INTENSIDAD MEDIA DE PRECIP. (TR Y TC)	UMBRAL DE ESCORRIENTIA.	COEFICIENTE DE ESCORRIENTIA.	CAUDAL.	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.	CAUDAL CORREGIDO.
IDENT.	DESCRIPCION.		[KM2]	[KM]	[M]	[---]	[H]	[MM/D]	[---]	[---]	[MM/D]	[---]	[MM/D]	[---]	[MM/H]	[MM/H]	[MM]	[---]	[M3/S]	[---]	[M3/S]
C1	CUENCA CABECERA		0.012	0.10	21.00	0.21	0.07	66.00	0.38	1.793	118.34	1.13	133.36	9	5.56	184.38	22.00	0.46	0.35	1.00	0.35
C2	SUBCUENCA 1		0.004	0.03	4.00	0.16	0.03	66.00	0.38	1.793	118.34	1.16	137.23	9	5.72	282.46	20.00	0.50	0.19	1.00	0.19
C3	SUBCUENCA 2		0.004	0.02	10.00	0.67	0.01	66.00	0.38	1.793	118.34	1.16	137.49	9	5.73	361.86	20.00	0.50	0.23	1.00	0.23
C3	SUBCUENCA 3		0.001	0.06	10.00	0.167	0.05	66.00	0.38	1.793	118.34	1.19	140.85	9	5.87	223.11	20.00	0.50	0.05	1.00	0.05

DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

ELEMENTO DE DRENAJE.			Q	I	η	CUNETA TRAPEZIAL						CUNETA TRIANGULAR						TUBO		
						B INF	T IZ	T DE	HW	B SUP	V	T IZ	T DE	HW	B SUP	V	DIAM.	HW	V	
IDENT.	DESCRIPCION.		[M3/S]	[---]	[---]	[M]	[---]	[---]	[M]	[M]	[M/S]	[---]	[---]	[M]	[M]	[M/S]	[---]	[---]	[---]	
CP	CUNETA PERIMETRAL		0.35	0.01	0.026					----	----	1.50	1.50	0.44	1.31	0.92				
C1	CUNETA 1		0.19	0.01	0.022					----	----	1.50	1.50	0.33	0.98	0.86	0.50	0.35	1.28	
C2	CUNETA 2		0.23	0.01	0.022					----	----	1.50	1.50	0.35	1.04	0.91	0.50	0.42	1.29	
C3	CUNETA 3		0.28	0.03	0.022					----	----	1.50	1.50	0.31	0.92	1.42	0.60	0.28	2.15	



FLUJO UNIFORME

CUADRO 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad n (Continuación)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o fabricados			
B-1 Metal			
a. Superficie de acero liso			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2 No metal			
a. Cemento			
1. Limpio en la superficie	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Planchas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Revestida con papel impermeable	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con cuchara	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con lechada	0.013	0.015	0.016
3. Terminado con grava en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin terminar	0.014	0.017	0.020
5. Gunita en sección correcta	0.016	0.019	0.023
6. Gunita en sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca excavada pareja	0.017	0.020	
8. Sobre roca excavada irregular	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con lechada con los costados de			
1. Piedra acomodada en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra volcada en mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra partida cementada y revocada	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra partida cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra partida suelta o riprap	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de grava con costado de			
1. Hormigón encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra volcada en mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra partida suelta o riprap	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Vidriado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra partida suelta	0.023	0.032	0.035
h. Piedra cortada y acomodada	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030	----	0.500

DESARROLLO DEL FLUJO UNIFORME Y SUS FORMULAS

CUADRO 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad n (Continuación)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. Tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, terminado recientemente	0.016	0.018	0.020
2. Limpio con cierto uso	0.018	0.022	0.025
3. Grave, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con musgo corto, poca hierba	0.022	0.027	0.033
b. Tierra, curvo y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Musgo, lagunos pastos	0.025	0.030	0.033
3. Pastos densos o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo de tierra y costados de piedra partida	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancos con pastos	0.025	0.035	0.040
6. Fondos de cantos rodados y costados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Poco arbustos en los bancos	0.035	0.050	0.060
d. Roca cortada			
1. Lisa y uniforme	0.025	0.035	0.040
2. Dentada o irregular	0.035	0.040	0.050
C. Canales sin mantenimiento, pastos y arbustos sin cortar			
1. Pasto densos, altos como la profundidad del flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, arbustos en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, al más alto nivel del flujo	0.045	0.070	0.110
4. Arbustos densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Cursos naturales			
D-1 Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida < 100 ft).			
a. Cursos en planicie			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual que arriba, pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos			
4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.033	0.040	0.045
5. Igual que arriba, nivel inferiores, más pendiente y sección inefectivas.	0.035	0.045	0.050
6. Igual que 4, pero más piedras	0.040	0.048	0.055
7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos.	0.045	0.050	0.060
8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.050	0.070	0.080
	0.075	0.100	0.150