
	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	1/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

HIDROGRAMA

Práctica 2

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Alexis López Montes, Ing. Víctor M. Palma Valderrama, M.I. Luis E. Lin Quintana	M.I. Alejandro Maya Franco	Ing. Jesús Gallegos Silva	11 de agosto de 2023

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	2/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o Fuente de energía	Riesgo asociado
1	Rejillas en sala de modelos	Posible caída

2. Objetivos de aprendizaje

I. Objetivo general

Analizar el hidrograma de salida en la cuenca de la mesa hidrológica

II. Objetivo específico


Obtener los gastos de escurrimiento, base y directo, del hidrograma aforado en la salida de la cuenca.

3. Introducción y antecedentes

- Características de un hidrograma
- Métodos para separar el gasto base del directo
- Coeficiente de escurrimiento
- Expresión para determinar el error relativo
- Concepto de gasto base y gasto directo

4. Material y equipo

- Mesa hidrológica
- Cronómetros

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	3/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

5. Desarrollo

Actividad 1

1. Generar una tormenta en la mesa hidrológica (Figura 1), con los gastos que se indican en la Tabla 1, considerar un intervalo de 10 segundos entre cada gasto.

Tabla 1. Gastos para generar el hidrograma en la cuenca

Tiempo (s)	Gasto (l/min)	Tiempo (s)	Gasto (l/min)
0	9	150	12
10	8	160	10
20	7	170	9
30	6	180	8
40	5	190	7
50	5	200	6
60	0	210	5
70	0	220	5
80	0	230	5
90	0	240	5
100	9	250	5
110	11	260	5
120	15	270	5
130	18	280	5
140	15	290	0

2. Al mismo tiempo que se empezó a generar la tormenta, aforar los gastos en el vertedor de la mesa hidrológica, a cada 10 segundos, hasta completar un tiempo de 270 segundos. Registrar las lecturas en la Tabla 2.
3. Durante la generación de la tormenta colocar, en la mesa hidrológica, los pluviómetros de vidrio en el tiempo 80 segundos.
4. Al finalizar la tormenta, medir la altura de precipitación hp , en cada tubito de vidrio, y registrar las lecturas en la Tabla 3.


	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	4/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Tabla 2. Gastos medidos en la salida de la cuenca

Tiempo (s)	Gasto Q_s (l/s)	Tiempo (s)	Gasto Q_s (l/s)
0	0	140	
10		150	
20		160	
30		170	
40		180	
50		190	
60		200	
70		210	
80		220	
90		230	
100		240	
110		250	
120		260	
130		270	

Tabla 3. Registro de precipitación

h_p [mm], en la estación				
1	2	3	4	5

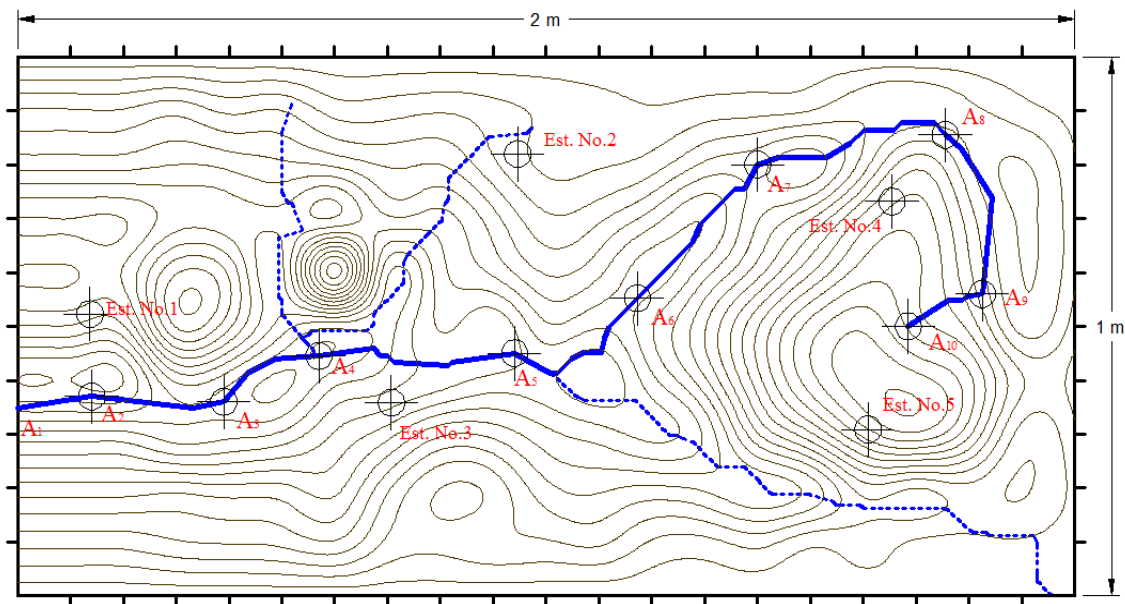



Figura 1. Cuenca de la mesa hidrológica

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	5/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

6. Separación del gasto base del directo, en el hidrograma de salida medido en la cuenca de la mesa hidrológica.

1. Graficar el hidrograma a la salida de la cuenca, con los valores de la Tabla 2.

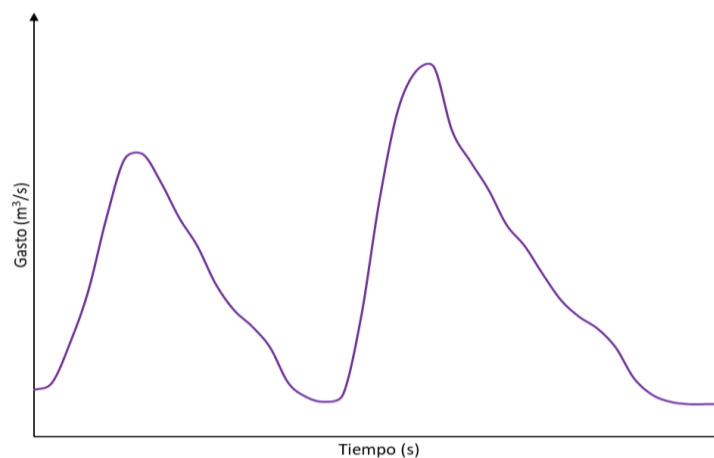


Figura 2. Hidrograma

2. Para el hidrograma graficado en el punto anterior, separar el escurrimiento base del directo. Únicamente para el hidrograma que presente el mayor gasto pico.
 - a) Identificar los tiempos t_A , t_E , t_F (ver figura 3).

t_A tiempo para el cual se presenta el gasto mínimo, que divide a los dos hidrogramas.

t_E tiempo correspondiente al gasto pico del hidrograma.


t_F tiempo que corresponde con el primer punto de inflexión, posterior al gasto pico.

- b) Calcular el tiempo t_D y el parámetro K_v mediante la siguiente expresión:

$$K_v = \frac{\sum k_{vi}}{n} \quad \text{ec.1}$$

donde:

$\sum k_{vi}$ suma de los valores estables de k_{vi} , cuidando que estos valores no sean menores a 0.8. Estos valores se comenzarán a calcular a partir de 270 s y hasta que k_v se vuelva inestable, o sea, que exista una diferencia entre las k_v de centésimas.

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	6/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$k_{vi} = \frac{Q_{t+\Delta t}}{Q_t}$$

- $Q_{t+\Delta t}$ gasto medido 10 s en el instante de tiempo posterior, del tiempo para el que se quiera calcular k_{vi} , en m^3/s
- Q_t gasto medido en el instante de tiempo t , para el que se quiera calcular k_{vi} , en m^3/s
- n número de valores k_{vi} a utilizar

El tiempo t_D corresponde con el último tiempo para el cual se calculó K_v .

- c) Calcular la curva A-E construida con los gastos base, desde el t_A hasta el tiempo t_E .

Los gastos base se obtienen con la expresión siguiente:

$$Q_{bt+\Delta t} = (Q_{bt})(K_v) \quad \text{ec.2}$$

donde:

- Q_{bt} gasto base para un tiempo t , en m^3/s
- $Q_{bt+\Delta t}$ gasto del instante posterior, en m^3/s
- K_v parámetro calculado en el inciso b

- d) Calcular la curva D-F construida con gastos base, partiendo desde el tiempo t_D hasta el tiempo t_F .

Los gastos base se calcularán mediante la siguiente expresión:

$$Q_{bt} = \frac{Q_{bt+\Delta t}}{K_v} \quad \text{ec.3}$$

donde:

- $Q_{bt+\Delta t}$ gasto del instante posterior, en m^3/s


- e) Calculo de la curva E-F, construida con los gastos base que se encuentran entre los tiempos t_E y t_F .

Los gastos base se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q_{bt} = Q_{bE} + \frac{Q_{bF} - Q_{bE}}{t_F - t_E} (t - t_E) \quad \text{ec.4}$$

donde:

- t tiempo para el cuál se está calculando el gasto base.
- Q_{bE} gasto base del punto E, calculado en el inciso c, en m^3/s
- Q_{bF} gasto base del punto F, calculado en el inciso d, en m^3/s

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	7/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- f) Presentar los resultados de los gastos base obtenidos, en una tabla donde se muestre el tiempo, los gastos totales y los gastos base en m³/s.
 - g) Obtener los gastos de escurrimiento directo.
3. Con ayuda de los valores de la tabla del inciso e del punto 2, trazar la línea que separa el gasto base del directo, en la gráfica del punto 1 (ver Figura 3).

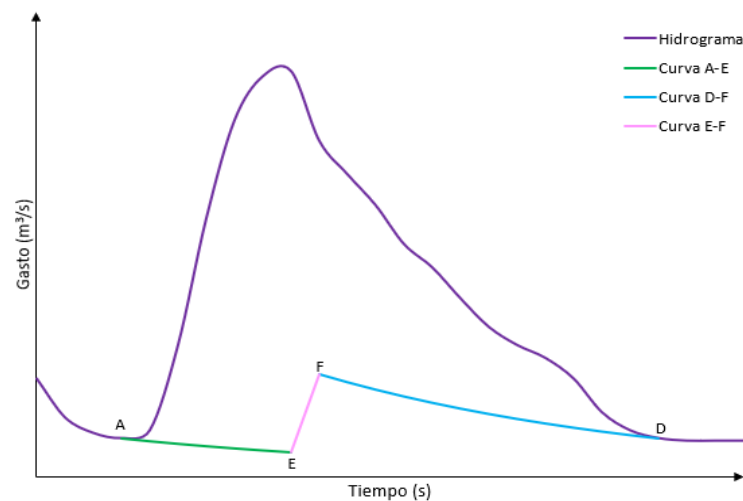


Figura 3. Gasto base y directo en un hidrograma.


4. Obtener el volumen de escurrimiento directo V_{ed1} , con los gastos obtenidos en el inciso f del punto 2, mediante la expresión siguiente:

$$V_{ed1} = \Delta t \sum_{i=1}^n Q_{di} \quad \text{ec.5}$$

donde:

- V_{ed1} volumen de escurrimiento directo, en m³
- Δt intervalo constante de tiempo, entre los gastos de escurrimiento directo del hidrograma, igual a 10 s.
- Q_{di} gasto de escurrimiento directo en el instante i , en m³/s

5. Calcular el volumen de escurrimiento directo V_{ed2} , a partir de la precipitación media en la cuenca (emplear el método aritmético), considerando un coeficiente de escurrimiento C_e igual a 0.2 (este coeficiente corresponden al comportamiento de la cuenca y de la lluvia en la mesa hidrológica). Para éste cálculo emplear la ecuación 6.

	Manual de prácticas de hidrología	Código	MADO-27
		Versión	04
		Página	8/8
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2023
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de hidráulica	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$C_e = \frac{V_{ed2}}{V_{ll}} \quad \text{ec.6}$$

donde:

C_e coeficiente de escurrimiento directo, adimensional
 V_{ed2} volumen de escurrimiento directo, en m^3
 V_{ll} volumen llovido, en m^3 . El área total de la cuenca analizada es de 2 m^2

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi} \quad \text{ec.7}$$

donde:

\bar{h}_p altura de precipitación media en la cuenca, mediante el método aritmético, en mm
 n número total de estaciones climatológicas en la cuenca
 h_{pi} altura de precipitación en la estación i , en mm

- Obtener el porcentaje de error e , entre los volúmenes de escurrimiento directo, calculados en el punto 4 y 5.

$$e = \left| \frac{V_{ed2} - V_{ed1}}{V_{ed2}} \right| (100) \quad \text{ec.8}$$

7. Conclusiones

8. Bibliografía

- APARICIO M. F. J. *Hidrología de superficie*. Editorial Limusa, México. (1997)
- VEN TE CHOW, DAVID R. MAIDMENT, LARRY W. MAYS *Hidrología aplicada*, Editorial Mc Graw Hill. (1994).
- SPRINGAL G. R. *Hidrología*. Facultad de Ingeniería, UNAM, México. (1990).
- SERGIO I. MARTÍNEZ MARTÍNEZ *Introducción a la Hidrología Superficial*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. (2000).