



Laboratorio
de Hidráulica
Ing. David
Hernández Huéramo



Dr. Juan Pablo Molina Aguilar • Ing. Jorge Leonel Angel Hurtado • M. I. Jesús Martín Caballero Ulaje

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

FORMACIÓN DE MEANDROS

OBJETIVO (S)

Una vez desarrollada la práctica, orientada a visualizar y comprender, el alumno será capaz de:

1. Analizar el concepto de sinuosidad y su importancia en la dinámica fluvial de un cauce natural.
2. Las partes que forman parte de un meandro, su medición e interacción en el proceso de sinuosidad del cauce natural.
3. La importancia de la evolución temporal de un cauce natural.

ENCUADRE TEÓRICO

El flujo de agua en cauces naturales está determinado por la fisiografía de la cuenca. En el caso de cambios de dirección horizontal en el eje del cauce, la velocidad es mayor en el exterior de las curvas que en el interior, y eso ocasiona socavaciones y depósitos en dichas regiones, que producen un desarrollo de la forma, el cual es importante conocer y entender.

Meandro.

Se llama así a la curva o sinuosidad que presenta el cauce de un río, que puede originarse por la resistencia de los materiales del lecho a la erosión fluvial, su tamaño dependerá del caudal, la carga y la velocidad de sedimentación del río, así como del tipo de terreno por el que discurre el curso fluvial.

Los principales parámetros a tener en cuenta al estudiar los meandros los siguientes:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| - Ancho del meandro (MB) | - Longitud de la onda (ML) |
| - Ancho del cauce (B) | - Sinuosidad (P) |
| - Pendiente (S) | - Sección transversal (B y d) |

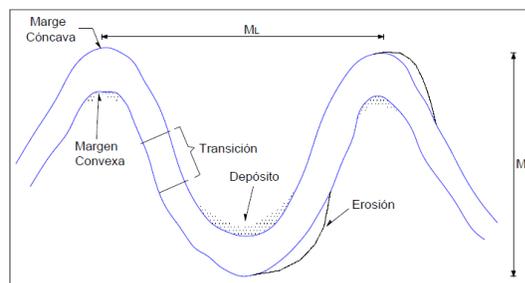


Figura 3.1. Representación de un meandro y sus principales elementos

Lañe en 1957 al analizar 144 ríos establece una relación entre el gasto medio, la pendiente, el material del fondo y de las márgenes y de la forma del río en planta, proponiendo la siguiente ecuación para ríos con meandros y trezados si el fondo es de arena:

$$S = \left(\frac{K}{2.44} \right) Q_m^{-0.25}$$

Donde:

Q_m = Gasto (caudal) medio anual [m^3/s]

K = Coeficiente que toma en cuenta la forma del cauce en planta, tomando los valores de, $K = 0.01$ para ríos trezados y $K = 0.0017$ para ríos con meandros.
[Adimensional]

La sección transversal que un cauce con fondo formado con grava puede presentar fue estudiada por Brey en 1982, el cual indicó que la relación ancho-gasto está mejor definida que la relación pendiente-gasto, y propone las siguientes ecuaciones para determinar B y d :

$$B = 4.75 Q_2^{0.527}$$

$$d = 0.266 Q_2^{0.333}$$

Donde:

Q_2 = Gasto (caudal) asociado a un periodo de retorno de 2 años [m^3/s]

B = Ancho promedio de la sección transversal [m]

d = tirante promedio del agua [m]

Maza-García (1997), toma en cuenta la presencia del transporte de lavado, proponiendo las siguientes ecuaciones:

$$B = 43.7 M^{-0.39} Q_m^{0.38}$$

$$d = 0.514 M^{0.342} Q_m^{0.29}$$

Radio de curvatura de un meandro.

Richardson *et al.* en 1975, clasifica las curvas de los ríos naturales como superficiales, limitadas o en trinchera y forzadas o deformadas, encontrando que los valores promedio de la relación radio de la curvatura (r) y el ancho de la superficie libre del agua (B), para sección transversal llena, de los tres tipos de curvas son los siguientes:

TIPO DE CURVAS	r/B
Limitadas	7 – 8
Libres	4.5 – 5
Forzadas	2.5 – 3.5

Tirante de agua en meandros.

En los meandros el tirante crece gradualmente desde la transición de aguas arriba de la curva, alcanzando un máximo aguas abajo del ápice de la curva. En curvas forzadas, el tirante crece rápidamente al comienzo de la curva hasta un máximo en la parte media de la misma, luego decrece gradualmente hacia aguas abajo. El tirante máximo en el meandro puede calcularse por medio de la fórmula propuesta por Alunan:

$$d_{\text{máx}} = \varepsilon d_m$$

Donde:

$d_{\text{máx}}$ = Profundidad máxima en el meandro [m]

d_m = Profundidad media en el tramo recto situado aguas arriba del meandro [m]

ε = Coeficiente que depende de la relación r/B, y cuyos valores se presentan en la tabla siguiente:

r/B	∞	6	5	4	3	2
ε	1.27	1.48	1.84	2.2	2.57	3

Flujo helicoidal en meandros.

La fuerza centrífuga que actúa a lo largo de un escurrimiento en un meandro, produce una sobre-elevación de la superficie libre del agua en la margen cóncava y un descenso en la margen convexa. Esta sobre-elevación asociada a una pérdida de energía a lo largo del fondo, produce un flujo helicoidal cuya velocidad transversal mueve la carga del fondo hacia la margen convexa donde se acumula. Existen varios criterios para calcular la sobre-elevación en los extrados de los meandros (ΔZ), para fines prácticos la fórmula propuesta por Richardson en 1975 para flujo establecido:

$$\Delta Z = \frac{U^2 B}{g r}$$

Donde:

ΔZ = Sobre-elevación del tirante de agua en el meandro [m]

U = Velocidad media del agua [m/s]

EQUIPO O DISPOSITIVO

Mesa de simulación de lluvia

MATERIALES

- Arena de mar con curva granulométrica establecida
- Flexómetro
- Cronometro
- Testigos de plástico de colores

PROCEDIMIENTO

Etapa I.

1. Colocar el equipo hidrológico a una altura de 10 a 12 cm aproximadamente (S entre 7 y 8 %) con el tornillo sin fin colocado en la parte inferior izquierda de la mesa.
2. Trazar un cauce en la superficie de la arena con algunas curvaturas, para simular un meandro en el cual se determinará, el ancho del cauce, longitud y ancho de onda para registrarlos en la tabla 3.1.
3. Hacer circular un gasto a través del vertedor la placa extrema izquierda al cauce formado y con la ayuda del tubo de drenaje establecer el caudal, de manera que sea constante y uniforme.
4. Registrar la carga sobre el vertedor para determinar el gasto que está circulando por meandro mediante la siguiente expresión:

$$Q = 0.001269 h^{2.353}$$

Donde:

Q = Gasto (caudal) circulado [m^3/s]

h = Lectura manométrica sobre el vertedor triangular [mm]

5. Obtener el ancho, el tirante promedio y la pendiente del meandro con las ecuaciones que más se ajusten, según lo anterior.
6. Obtener el radio de curvatura del meandro, el cual está en función de su ancho, asumiendo algún tipo de curvatura en función de la tabla siguiente.
7. Aumentar la pendiente de la mesa y el caudal para observar lo que sucede con el trazo del cauce.
8. Detener el flujo de agua en el meandro y determinar las nuevas características geométricas del cauce, para registrarlas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Mediciones del meandro

Geometría inicial			Geometría final			
$b =$ _____ (cm)			$b =$ _____ (cm)			
$ML =$ _____ (cm)			$ML =$ _____ (cm)			
$MB =$ _____ (cm)			$MB =$ _____ (cm)			
Tipo de curva: _____			Tipo de curva: _____			
h	Q	Q	B	d	S	r
mm	L/min	m ³ /s	m	m		m

ACTIVIDADES

ETAPA 1

1. Traza en planta la geometría inicial del meandro, puedes auxiliarte de una imagen fotográfica.
2. Traza en planta la geometría final del meandro, puedes auxiliarte de una imagen fotográfica.
3. Describe el patrón de socavación y deposito encontrado.
4. Comenta con claridad y detalle los fenómenos observados, sus causas probables, así como las implicaciones y aplicaciones en la profesión.

INSTRUCCIONES

1. Resolver cada una de las actividades solicitadas en la práctica.
2. Realizar una conclusión señalando lo aprendido durante la práctica.