UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCATELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL -
HUANCATELICA

CURSO: MECÁNICA DE FLUIDOS II

UNIDAD III

Máxima eficiencia hidráulica en canales abiertos

SEMANA 12

TEMAS :

- Máxima eficiencia hidráulica en canales abiertos.

Docente: Ing. David Requena Machuca

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com

12.- Máxima eficiencia hidráulica en canales abiertos.

Una sección es de máxima eficiencia hidráulica cuando para la misma área hidráulica, pendiente y calidad de paredes deja pasar un caudal máximo (Villón, 2007).

Encontrar la menor excavación para conducir un caudal dado, conocida la pendiente.

Recordando la ecuación de Manning en base a caudal.

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}}$$

Donde: n, A y S son constantes.

$$Q = K \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

Donde: K es una constante en la sección del canal.

Según la ecuación anterior, se alcanzara un caudal máximo, cuando el radio hidráulico es máximo.

$$R = \frac{A}{P}$$

Normalmente para los problemas de canales hidráulicos los datos que nos dan son: Q, n, z, S, hay muchas combinaciones de las incógnitas “b” y “y” que satisfacen la fórmula de Manning.

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com

En la ecuación anterior, el área es constante para un caudal, R será máximo si P es mínimo, entonces se puede decir que para un Q máximo se presenta cuando el P perímetro mojado es mínimo.

Una sección de máxima eficiencia hidráulica en canales se presenta cuando el perímetro mojado sea mínimo..

$$\frac{dP}{dy} = 0$$

Mediante ecuaciones se puede plantear y resolver el problema de encontrar la menor excavación para conducir un caudal dado, conocida la pendiente.

Menor excavación y menor recubrimiento.

PREVIO ANALISIS.

Se requiere diseñar un canal rectangular que transporta un caudal de 10 m³/s, una pendiente $S=0.005$ y un $n=0.025$.

The image displays two overlapping 'Channel Analysis' dialog boxes from a software application. The background box shows the initial input parameters for a rectangular channel. The foreground box shows the results of a calculation for a more efficient channel design.

Initial Channel Analysis (Background Box):

Parameter	Value	Unit
Flow	10.000	cms
Depth	5.924	m
Area of Flow	5.924	m ²
Wetted Perimeter	12.847	m
Hydraulic Radius	0.461	m
Average Velocity	1.688	m/s
Top Width (T)	1.000	m
Froude Number	0.221	
Critical Depth	2.168	m
Critical Velocity	4.613	m/s
Critical Slope	0.044...	m/m
Critical Top Width	1.000	m
Calculated Max Shear...	290.3...	N/m...
Calculated Avg Shear...	22.598	N/m...

Optimized Channel Analysis (Foreground Box):

Parameter	Value	Unit
Flow	10.000	cms
Depth	2.257	m
Area of Flow	4.515	m ²
Wetted Perimeter	6.515	m
Hydraulic Radius	0.693	m
Average Velocity	2.215	m/s
Top Width (T)	2.000	m
Froude Number	0.471	
Critical Depth	1.366	m
Critical Velocity	3.661	m/s
Critical Slope	0.017...	m/m
Critical Top Width	2.000	m
Calculated Max Shear...	110.6...	N/m...
Calculated Avg Shear...	33.964	N/m...

Channel Analysis

Type: **Rectangular** Define...

Side Slope 1 (Z1): 0.0 H:1V

Side Slope 2 (Z2): 0.0 H:1V

Channel Width (B): 5.0 (m)

Pipe Diameter (D): 0.0 (m)

Longitudinal Slope: 0.005 (m/m)

Override Default

Manning's Roughness: 0.0250

Use Lining

Lining Type: Woven Paper Net

Parameter	Value	Unit
Flow	10.000	cms
Depth	0.921	m
Area of Flow	4.603	m ²
Wetted Perimeter	6.841	m
Hydraulic Radius	0.673	m
Average Velocity	2.172	m/s
Top Width (T)	5.000	m
Froude Number	0.723	
Critical Depth	0.741	m
Critical Velocity	2.698	m/s
Critical Slope	0.009...	m/m
Critical Top Width	5.000	m
Calculated Max Shear...	45.121	N/m...
Calculated Avg Shear...	32.977	N/m...

Enter Flow: 10.000 (cms)
 Enter Depth: 0.921 (m)

Calculate

Plot... Compute Curves...

OK

Channel Analysis

Channel Analysis

Type: **Rectangular** Define...

Side Slope 1 (Z1): 0.0 H:1V

Side Slope 2 (Z2): 0.0 H:1V

Channel Width (B): 10.0 (m)

Pipe Diameter (D): 0.0 (m)

Longitudinal Slope: 0.005 (m/m)

Override Default

Manning's Roughness: 0.0250

Use Lining

Lining Type: Woven Paper Net

Enter Flow: 10.000 (cms)
 Enter Depth: 0.559 (m)

Calculate

Plot... Compute Curves...

Parameter	Value	Unit
Flow	10.000	cms
Depth	0.559	m
Area of Flow	5.590	m ²
Wetted Perimeter	11.118	m
Hydraulic Radius	0.503	m
Average Velocity	1.789	m/s
Top Width (T)	10.000	m
Froude Number	0.764	
Critical Depth	0.467	m
Critical Velocity	2.141	m/s
Critical Slope	0.008...	m/m
Critical Top Width	10.000	m
Calculated Max Shear...	27.395	N/m...
Calculated Avg Shear...	24.641	N/m...

OK Cancel

BASE (m)	PERIMETRO M (m)
1	12.85
2	6.52
5	6.84
10	11.12

12.2.- Obtención de la sección máxima eficiencia hidráulica

Lo primero que se debe tomar en cuenta es que lo que nos dará la sección de máxima eficiencia hidráulica es la geometría de la sección transversal de nuestro canal

1.-) Sección rectangular.

$$A: b \cdot y$$

$$P: b + 2y$$

Despejando la base b de la ecuación de área.

$$b = \frac{A}{y}$$

Sustituyendo la base en la ecuación del perímetro.

$$P = \frac{A}{y} + 2y$$

Según criterio de máxima eficiencia hidráulica.

$$\frac{dP}{dy} = 0 \quad \frac{dP}{dy} \left[\frac{A}{y} + 2y \right] = 0 \quad \frac{A}{y^2} = 2$$

$$A = 2y^2$$

Si:

$$b = \frac{A}{y}$$

$$= \frac{2y^2}{y}$$

Base M. E. H.

$$b = 2y$$

Relación de (base-tirante) para máxima eficiencia hidráulica del rectángulo.

Así se obtiene que el radio hidráulico máximo:

$$R = \frac{A}{P_{min}} =$$

$$\frac{2y^2}{b + 2y} =$$

$$\frac{2y^2}{2y + 2y} =$$

$$R = \frac{y}{2}$$

GENIOS PRO EDUCACIÓN ONLINE

El área de M. E. H. será:

$$A = 2y^2$$

El perímetro de M. E. H. será:

$$P = 4y$$

$$R = \frac{y}{2}$$

2.-) Sección trapezoidal.

Figura: Elementos geométricos de la sección trapezoidal de un canal.

A: $by + Zy^2$ www.geniospro.com

P: $b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$ R: $\frac{by + Zy^2}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$

Sea el área:

$$A = (b + Zy)y \quad ; \quad b = \frac{A}{y} - Zy$$

El perímetro será:

$$P = b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

Sustituyendo el valor de b en P:

$$P = \frac{A}{y} - Zy + 2y\sqrt{1 + Z^2}$$

Por lo tanto la derivada del perímetro en función del tirante es:

$$\frac{dP}{dy} = -\frac{A}{y^2} - Z + 2\sqrt{1 + Z^2} = 0$$

Despejando el área:

$$A = [2\sqrt{1 + Z^2} - Z]y^2$$

Base M. E. H.

Si: $b = \frac{A}{y} - Zy$

Entonces:

$$b = 2y(\sqrt{1 + Z^2} - Z)$$

El área de M. E. H. será:

$$A = y^2 (2\sqrt{1 + Z^2} - Z)$$

El perímetro de M. E. H. será:

$$P = 2y (2\sqrt{1 + Z^2} - Z)$$

Relación de (base-tirante) para máxima eficiencia hidráulica de la sección trapezoidal.

Así se obtiene que el radio hidráulico máximo:

$$R = \frac{A}{P_{\min}} = \frac{y^2 (2\sqrt{1 + Z^2} - Z)}{2y (2\sqrt{1 + Z^2} - Z)} = \frac{y}{2}$$

Lo que indica que en una sección de máxima eficiencia hidráulica de forma trapezoidal o rectangular (para cualquier valor de Z), el radio hidráulico es igual a la mitad del tirante .

3.-) Sección triangular.

GENIOS PRO

La máxima eficiencia hidráulica se da cuando el Angulo interior es de 60° .

www.geniospro.com

$$m = \frac{\sqrt{3}}{3} ; \phi = 30^\circ ; \quad A = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot y^2 \quad ; \quad ; \quad P = \frac{4\sqrt{3}}{3} \cdot y \quad ; \quad R_H = \frac{y}{4}$$

Otras sección es de máxima eficiencia hidráulica, son :

Sección triangular: mitad de cuadrado, con una de sus diagonales colocadas en forma vertical, siendo $Z = 1$

Sección rectangular: mitad de un cuadrado, siendo $b = 2y$

www.geniospro.com

Sección trapezoidal: mitad de un hexágono regular

Sección circular: semicírculo, es decir mitad de un círculo. Esta representa la sección de máxima eficiencia hidráulica

12.2.- EJERCICIOS 01

Un canal debe transportar $6 \text{ m}^3/\text{s}$. La inclinación de las paredes (talud) impuesta por la naturaleza de terreno es de 60° con la horizontal. Determinar las dimensiones de la sección transversal con la condición de obtener máxima eficiencia hidráulica. La pendiente del fondo es de 0.003 y el coeficiente de rugosidad de se ha considerado de 0.025.

SOLUCION**Datos:**

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Z = 60^\circ$$

$$S = 0.003$$

$$n = 0.025$$

Hallando el valor de Z:

$$\text{tg } 60^\circ = \frac{1}{Z}$$

$$= 1.732 \text{ por lo tanto } Z = \frac{1}{1.732} = 0.5774$$

Tenemos que para la máxima eficiencia hidráulica:

$$A = [2\sqrt{1 + Z^2} - Z]y^2$$

$$A = [2\sqrt{1 + 0.5774^2} - 0.5774]y^2$$

$$A = 1.732y^2$$

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{cos } 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\text{tg } 60^\circ = \sqrt{3}$$

$$\text{cotg } 60^\circ = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com

Aplicando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{y}{2} =$$

$$A = 1.732y^2$$

$$S = 0.003$$

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reemplazando los valores:

$$Q = \frac{1}{0.025} 1.732y^2 * \left(\frac{y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} (0.003)^{\frac{1}{2}}$$

$$6 = 2.39y^{\frac{8}{3}}$$

Entonces el valor de tirante es:

$$y = 1.41 \text{ m}$$

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE

Hallando las demás características geométricas del canal:

$$R = \frac{1.41}{2} = 0.705 \text{ m}$$

$$b = 2 * 1.41(\sqrt{1 + 0.57774^2} - 0.57775)$$

$$b = 1.62777 \text{ m}$$

$$A = 1.732 * 1.41^2 = 3.443 \text{ m}^2$$

$$P = 2y(2\sqrt{1 + Z^2} - Z)$$

$$P = 2 * 1.41(2\sqrt{1 + 0.57774^2} - 0.57774)$$

$$P = 4.884 \text{ m}$$

Resultados finales.

$$Q = 6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 3,45 \text{ m}$$

$$V = 1,74 \text{ m/s}$$

$$P = 4,89 \text{ m}$$

$$R = 0,705 \text{ m}$$

$$y = 1,41 \text{ m}$$

www.geniospro.com

12.2.- EJERCICIOS 02

1) Un canal de riego de sección trapezoidal , construido en tierra ($n = 0,025$), se usa para regar una superficie de 80 has . El módulo de entrega máximo fijado por el Distrito de Riego es 2 l/s/ha.

Determinar la sección de máxima eficiencia hidráulica y la pendiente del canal, para una velocidad en el canal de 0,75 m/s y un talud $Z = 1$.

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com

Pide calcular y , b y S :

SOLUCION**Datos:**

$$Q = 2 \text{ l/s/ha} \times 80 \text{ ha} = 0.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.75 \text{ m/s}$$

$$Z = 1$$

$$n = 0.025$$

Tenemos que para la máxima eficiencia hidráulica:

$$A = [2\sqrt{1 + Z^2} - Z]y^2$$

$$A = [2\sqrt{1 + 1^2} - 1]y^2$$

$$A = 1.828y^2$$

De la ecuación de continuidad:

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{0.16}{0.75} = 0.21333 \text{ m}^2$$

Reemplazando el área en la ecuación de máxima eficiencia hidráulica:

$$0.2133 = 1.828y^2$$

$$y = 0.3416 \text{ m}$$

Hallando las demás características geométricas del canal:

$$b = 2y(\sqrt{1 + z^2} - z)$$

$$b = 2 * 0.3416(\sqrt{1 + 1^2} - 1)$$

$$b = 0.28299 \text{ m}$$

Hallando la pendiente del canal a partir de la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{y}{2}$$

$$0.75 = \frac{1}{0.025} \cdot \frac{0.3416^{\frac{2}{3}}}{2} \cdot S_o^{\frac{1}{2}}$$

$$S_o = 0.0037$$

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com

...GRACIAS GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

www.geniospro.com