



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCATELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL -
HUANCATELICA



CURSO: MECÁNICA DE FLUIDOS II

UNIDAD III

Curva de remanso o flujo gradualmente variado

SEMANA 14

TEMAS :

- Curva de remanso.
- Métodos de calculo.

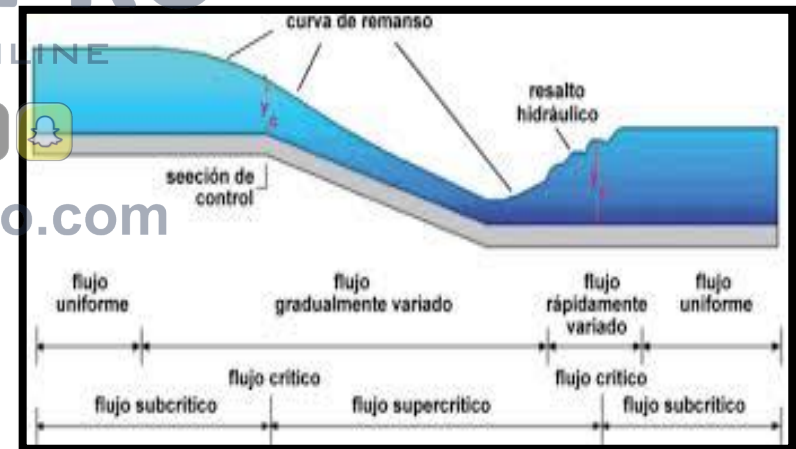
Docente: Ing. David Requena Machuca

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com



INTRODUCCION

Esta condición de flujo ocurre cuando las fuerzas motivadoras de la corriente (**gravitatorias**) y las fuerzas resistentes (**de fricción**) **no se equilibran**. El resultado es una **variación gradual del tirante** a lo largo del canal o curso natural, conservándose el caudal constante..

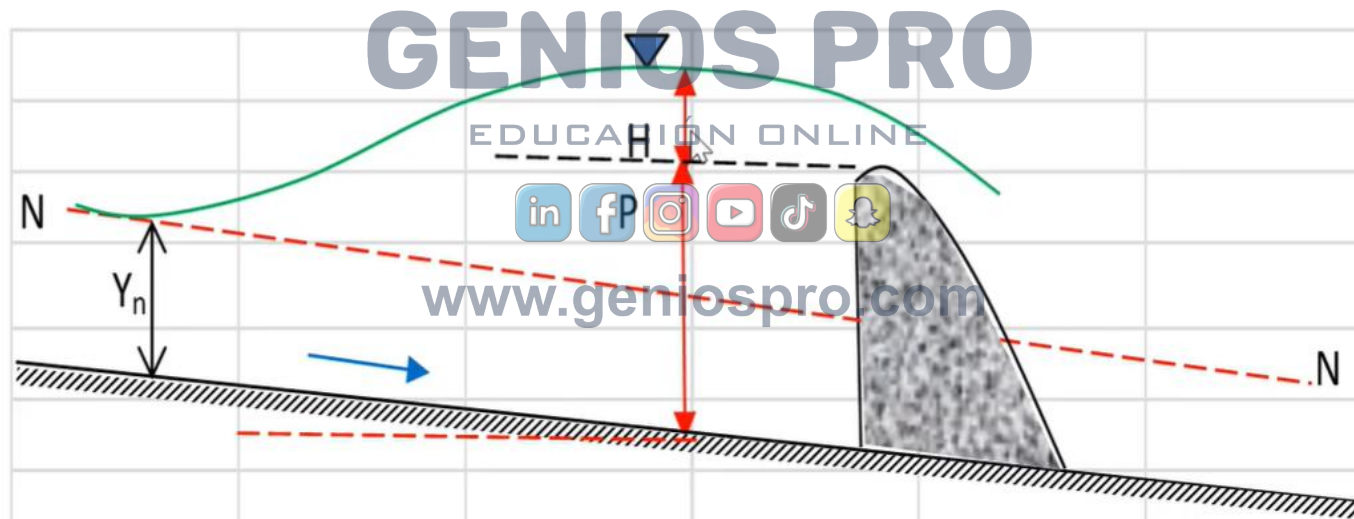


Figura 01: Flujo gradualmente variado.

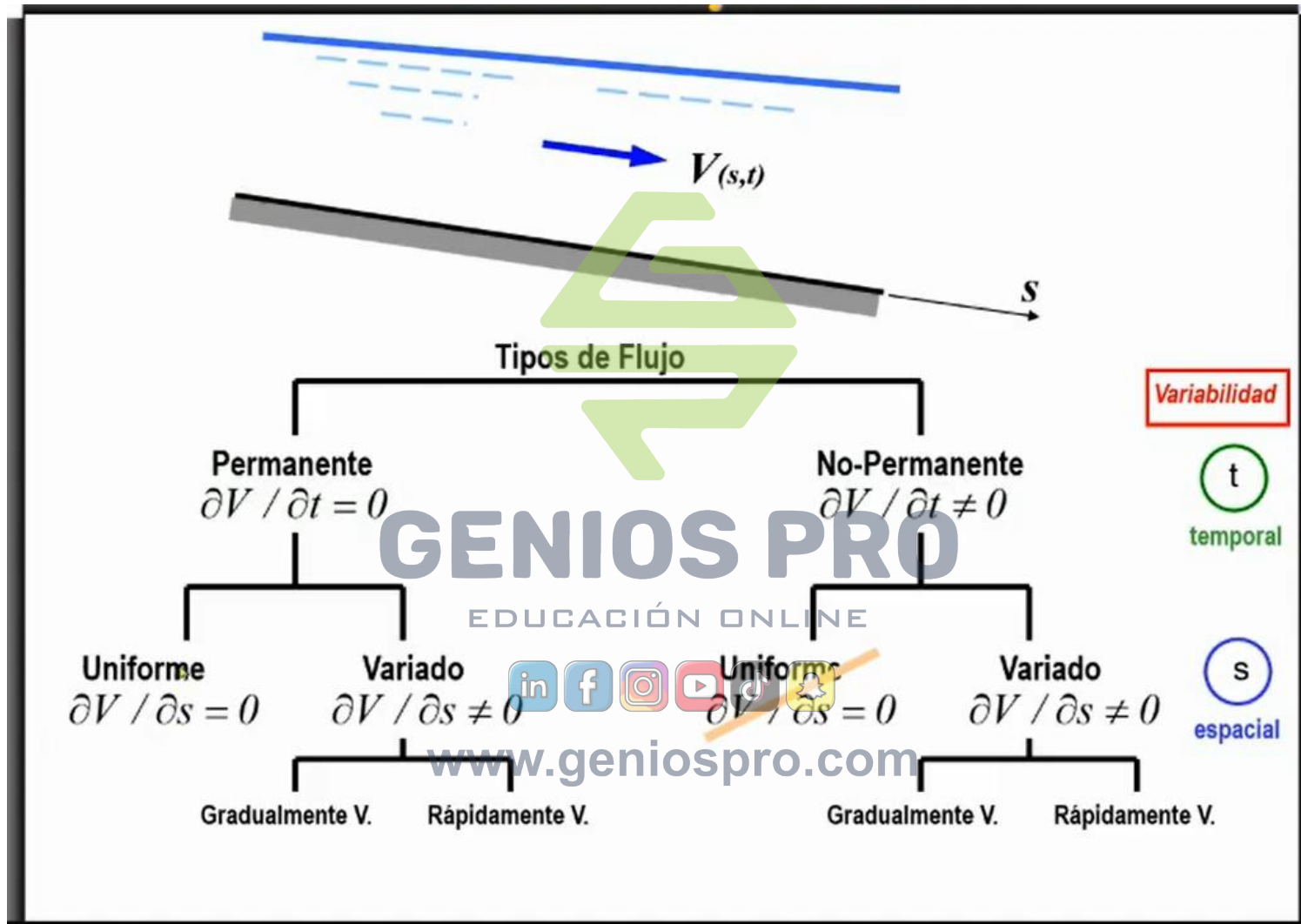


Figura 02: Clasificación del flujo de fluidos en un canal.

14.- Flujo gradualmente variado

El flujo gradualmente variado, es un flujo permanente cuya profundidad varía de manera gradual a lo largo del canal.

La posible forma que pueda tener la superficie libre está en función de las profundidades: real, normal y crítica.

Consiste en una variación continua del tirante (también el área, la velocidad, perímetro mojado, radio hidráulico, etc.) a lo largo de la conducción.

Flujo Variado

EDUCACIÓN ONLINE



Si los parámetros varían de una sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado, es decir:

$$\frac{dd}{dl} \neq 0; \quad \frac{dv}{dl} \neq 0; \quad \frac{dA}{dl} \neq 0; \quad \text{etc.}$$

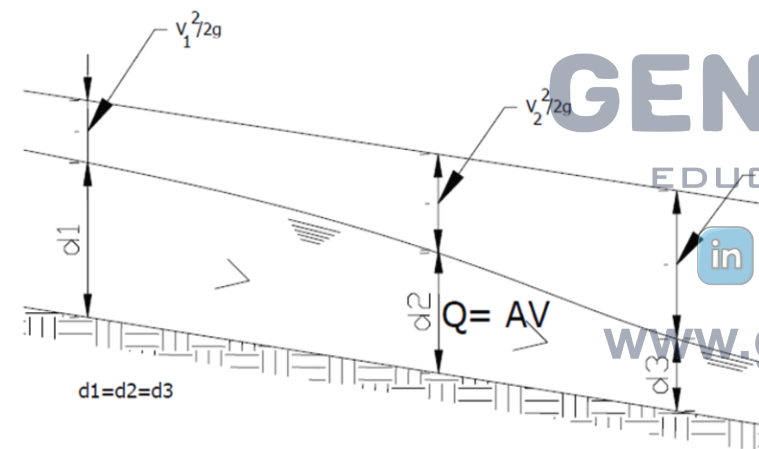
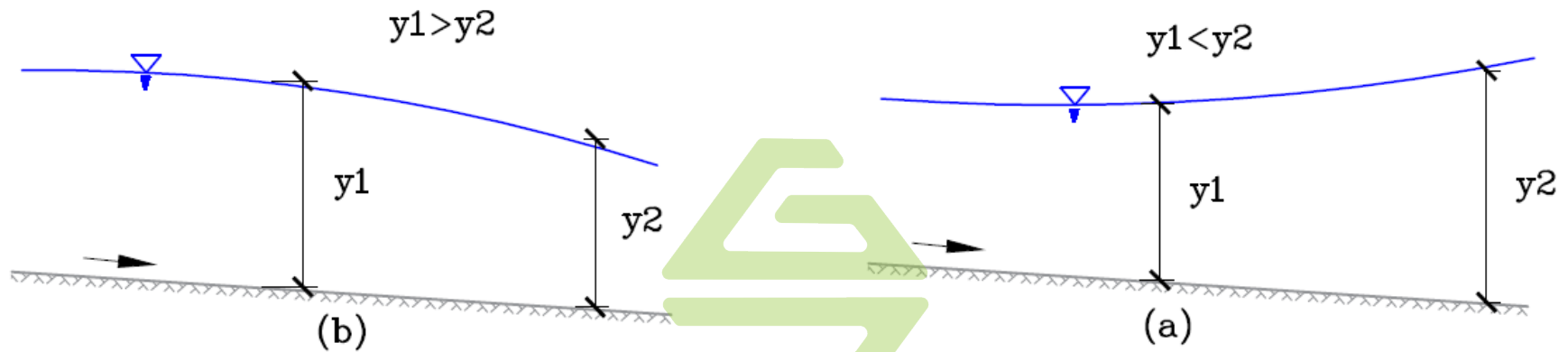


Fig. 1.12 FLUJO GRADUALMENTE ACELERADO

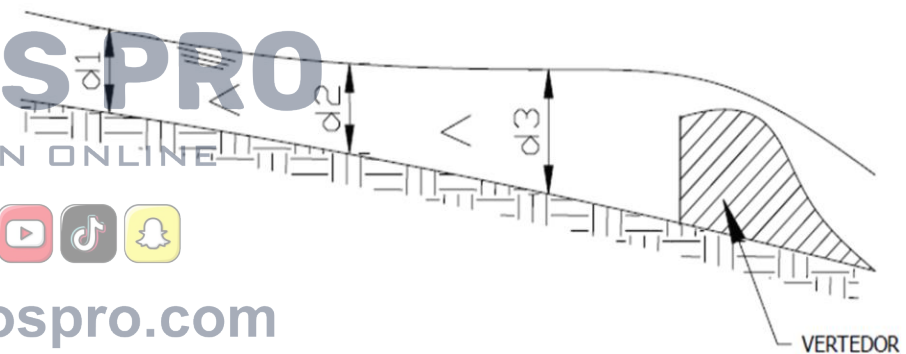


Fig. 1.13 FLUJO GRADUALMENTE RETARDADO

Figura 03: Clasificación de flujo gradualmente variado.

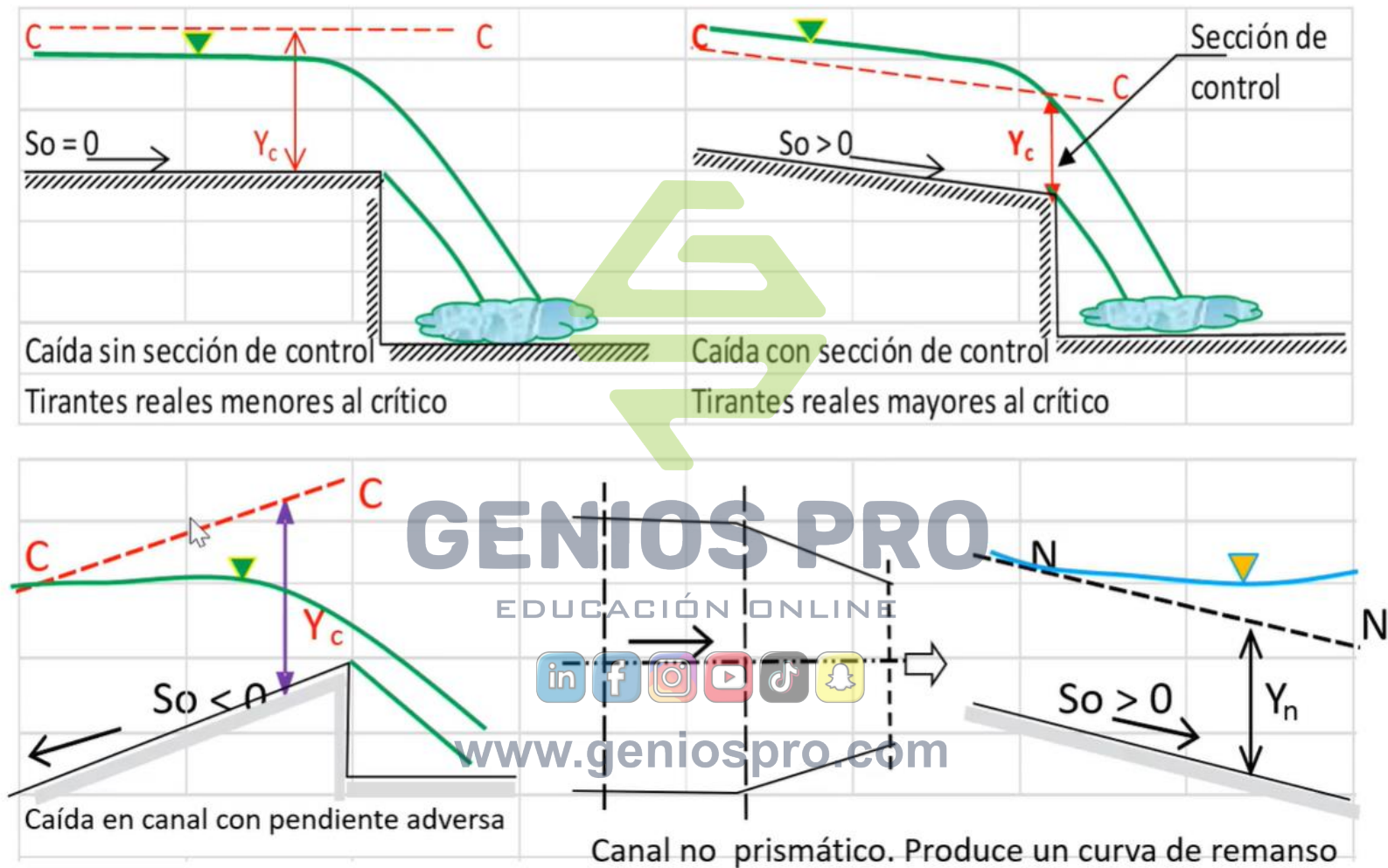


Figura 04: Casos donde se da un flujo variado.

Las teorías formuladas en torno al FGV se basan en las siguientes hipótesis:

- **El flujo es permanente**, es decir, que las características del flujo son constantes en el intervalo de tiempo considerado.
- **La pendiente del canal es pequeña.**
- Las ecuaciones de flujo permanente y uniforme pueden ser usadas para evaluar la pendiente de la línea de energía en cualquier sección del canal. Así:

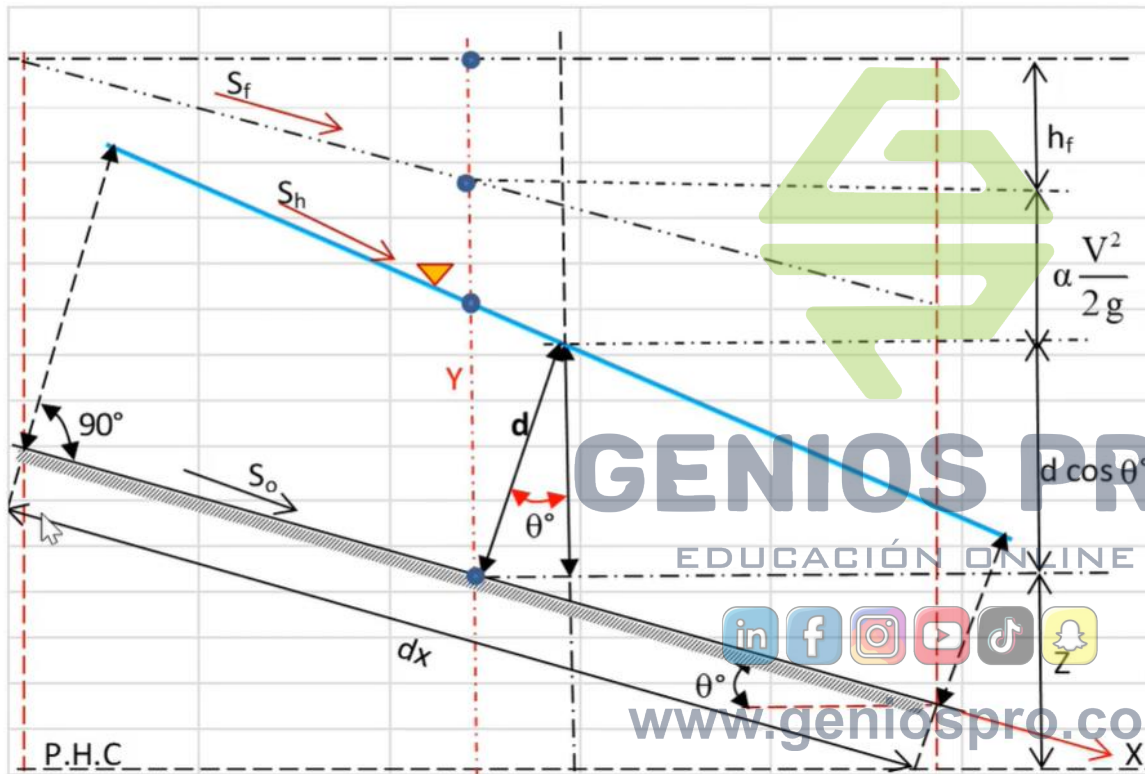
$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S_o^{1/2}}{n} \quad Q = A * V$$

- La ecuación dinámica que gobierna este tipo de flujo se obtiene a partir de la relación que proporciona **la altura total de energía** en cualquier sección de un canal o curso natural :

$$E = Z + y + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

- El canal es un **canal prismático** y no hay entrada ni salida lateral del canal.

Ecuación dinámica del flujo gradualmente variado



Donde:

dx = Longitud diferencial del tramo de canal.

dz = incremento de carga de posición de la sección dx.

Sf = Pendiente de energía.

Sw = Pendiente de la superficie libre.

So = Pendiente longitudinal del fondo del canal.

θ = Angulo que forma el perfil longitudinal del fondo del canal con la horizontal.

d = Tirante perpendicular o normal a la sección.

Y = Tirante vertical.

En general se cumple que:

$$S_o \neq S_w \neq S_f$$

$$\theta \neq \beta$$

De la figura la altura total expresando en velocidad y caudal es:

$$H = z + y + \frac{\alpha v^2}{2g}$$

$$H = z + y + \frac{\alpha Q^2}{2gA^2}$$

Diferenciando con respecto a X y las velocidad V expresando en función del caudal Q

$$\frac{dH}{dX} = \frac{dZ}{dX} + \frac{dY}{dX} + \frac{\alpha Q^2}{2g} \frac{d}{dX} \left(\frac{1}{A^2} \right)$$

Ahora, por definición.

$$\frac{dH}{dX} = -S_f$$

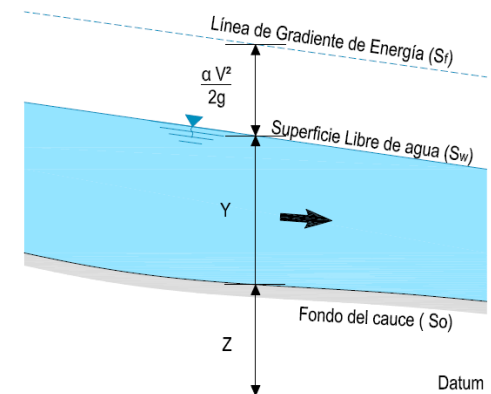
Donde: S_f es la pendiente de la gradiente de energía

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com

Donde: S_o es la pendiente del fondo del cauce.



$$\begin{aligned}
 \frac{d}{dX} \left(\frac{1}{A^2} \right) &= \frac{d}{dA} \left(\frac{1}{A^2} \right) \frac{dA}{dX} \\
 &= \frac{d}{dA} \left(\frac{1}{A^2} \right) \frac{dA}{dY} \frac{dY}{dX} \\
 &= -\frac{2B}{A^3} \frac{dY}{dX}
 \end{aligned}$$

Donde $dA/dY = B$ o T .

De las ecuaciones anteriores se tiene la ecuación de la variación del tirante Y con respecto a la distancia X .

$$\frac{dY}{dX} = \frac{S_0 - S_f}{1 - (\alpha B Q^2)/(g A^3)}$$

Donde:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}}$$

$$F^2 = \frac{\alpha B Q^2}{g A^3} =$$

Ecuación diferencial de flujo gradualmente variado:

$$\frac{dY}{dX} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F^2}$$

14.1.- CURVA DE REMANSO

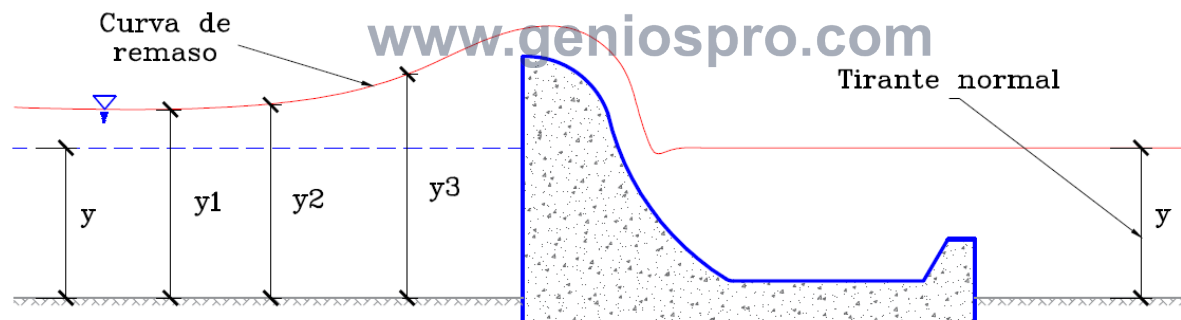
Se conoce como curvas de remanso o ejes hidráulicos, a los perfiles longitudinales que adquiere la superficie libre del líquido en un canal, cuando se efectúa un escurrimiento bajo las condiciones de flujo gradualmente variado (Villon).

Geométricamente, el perfil de la superficie libre está definido por los tirantes reales que se tenga a lo largo del escurrimiento.

$$\frac{dY}{dX} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F^2}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_E}{1 - \frac{Q^2 T}{g A^3}}$$

Acudiendo a la ecuación y basándose en observaciones empíricas, se ha logrado obtener los diferentes tipos de curvas, cuya forma depende de las condiciones de tirantes y pendientes que se tenga en cada caso.



14.2.- Clasicacion de perfiles de la superficie del agua

La clasificación de los perfiles de flujo variado esta basada en **la pendiente del canal** y en **la zona en que se localiza el perfil**.

Clasificación según pendiente del canal:

Pendiente Suave si $y_n > y_c$,

Pendiente Crítica si $y_n = y_c$,

Pendiente Pronunciada si $y_c > y_n$.

Pendiente Horizontal o pendiente cero

Pendiente adversa o negativa

Perfil tipo M

Perfil tipo C

Perfil tipo S

Perfil tipo H

Perfil tipo A

Clasificación según zona en que se realiza el perfil:

- Zona 01
- Zona 02
- Zona 03

14.2.1.- Tipos de pendiente de fondo (S_0)

Perfil tipo M: Cuando la pendiente de fondo del canal resulta menor que la pendiente crítica ($S_0 < S_c$), el canal se clasifica como tipo M (pendiente suave). En esta condición se cumple ($y_n > y_c$).

Perfil tipo C: Cuando la pendiente de fondo del canal resulta igual a la pendiente crítica ($S_0 = S_c$), el canal se clasifica como tipo C (pendiente crítica). Obsérvese que esto implica ($y_n = y_c$).

Perfil tipo S: Cuando la pendiente de fondo del canal resulta mayor que la pendiente crítica ($S_0 > S_c$), el canal se clasifica como tipo S (pendiente fuerte). Se verifica en este caso ($y_n < y_c$).

Perfil tipo H: En el caso que la pendiente de fondo valga cero ($S_0 = 0$), esto es canal de fondo horizontal, se clasifica como canal tipo H (pendiente nula).

Perfil tipo A: En el caso que la pendiente de fondo sea negativa ($S_0 < 0$), esto es la cota del fondo del canal crece en la dirección del flujo, se clasifica como canal tipo A (pendiente adversa).

14.2.1.- Zona en que se localiza el perfil

Para clasificar los perfiles de flujo vamos tener 3 zonas, donde denotaremos y_n = Tirante normal y y_c = Tirante crítico

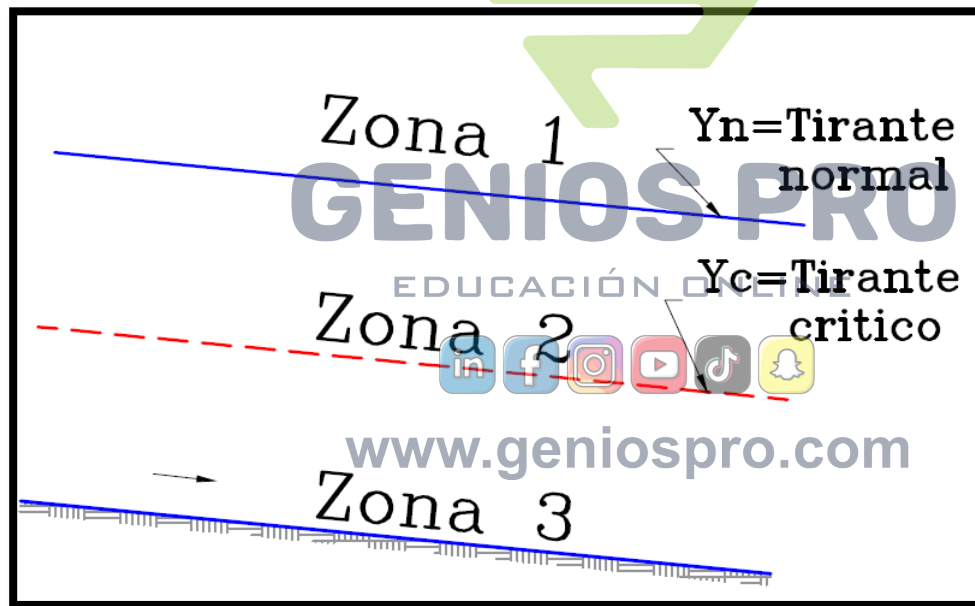


Figura 07: Zonas para perfil de flujo.

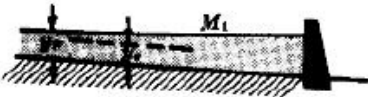
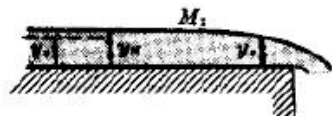
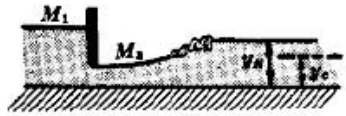
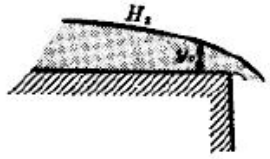
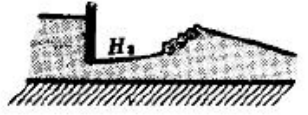
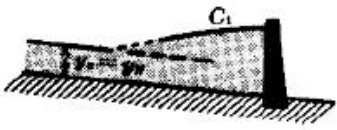
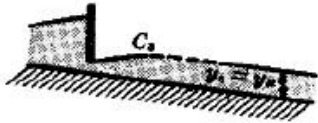
Existen doce perfiles:

M (mild): M_1 , M_2 , M_3
 S (steep): S_1 , S_2 , S_3
 C (critical): C_1 , C_3
 H (horizontal): H_2 , H_3
 A (adverse): A_2 , A_3

	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Suave	$dy/dx > 0$ 	$dy/dx < 0$ 	$dy/dx > 0$
Fuerte	$dy/dx > 0$ 	$dy/dx < 0$ 	$dy/dx > 0$
Crítica	$dy/dx > 0$ 		$dy/dx > 0$
Horizontal		$dy/dx < 0$ 	$dy/dx > 0$
Adeversa			$dy/dx > 0$

PENDIENTE DE FONDO DEL CANAL	ZONA 01	ZONA 02	ZONA 03
SUAVE			
FUERTE			
CRÍTICA			
HORIZONTAL			
ADVERSA			

Figura 8: Sistema de clasificación de perfiles de flujo gradualmente variado.

Pendiente del canal	Relaciones de profundidad	$(\frac{dy}{dL})$	Prof. en el sent. de la corriente	Símbolo	Tipo de flujo	Forma del perfil
Suave $0 < S < S_c$	$y > y_N > y_c$	+	Aumenta	M_1	Subcrítico	
	$y_N > y > y_c$	-	Disminuye	M_2	Subcrítico	
	$y_N > y_c > y$	+	Aumenta	M_3	Supercrítico	
Horizontal $S = 0$ $y_N = \infty$	$y > y_c$	-	Disminuye	H_2	Subcrítico	
	$y_c > y$	+	Aumenta	H_3	Supercrítico	
Crítica $S_N = S_c$ $y_N = y_c$	$y > y_c = y_N$	+	Aumenta	C_1	Subcrítico	
	$y_c = y = y_N$		Constante	C_2	Uniforme, crítico	
	$y_c = y_N > y$	+	Aumenta	C_3	Supercrítico	

14.3.- Metodología

El cálculo de los perfiles del flujo gradualmente variado se realiza básicamente, dando solución a la ecuación dinámica del flujo gradualmente variado.

- Método de integración gráfica o numérica
- Métodos de integración directa:
 - Bresse
 - Bakhmeteff
- Métodos tramo a tramo
 - **Método del paso directo o directo por tramos.**
 - Método de paso estándar o tramos fijos.

www.geniospro.com

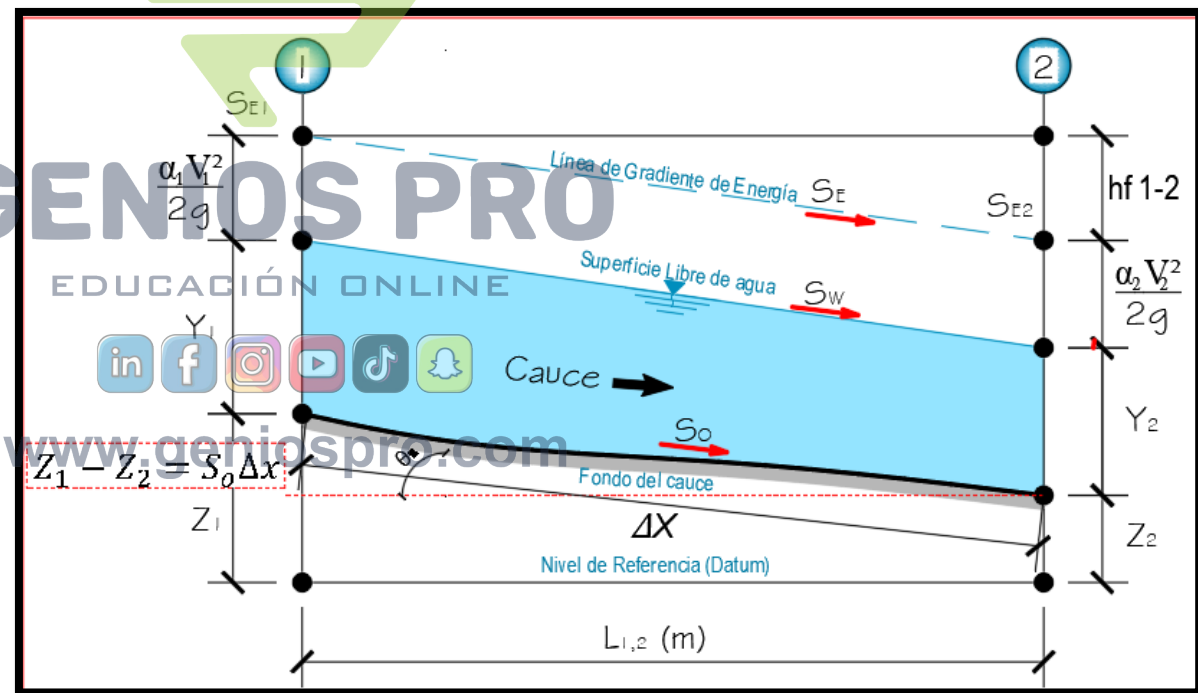
La aplicabilidad o conveniencia de cada uno, depende de las características de la situación particular que se debe resolver.

14.3.1.- METODO DEL PASO DIRECTO O DIRECTO POR TRAMOS

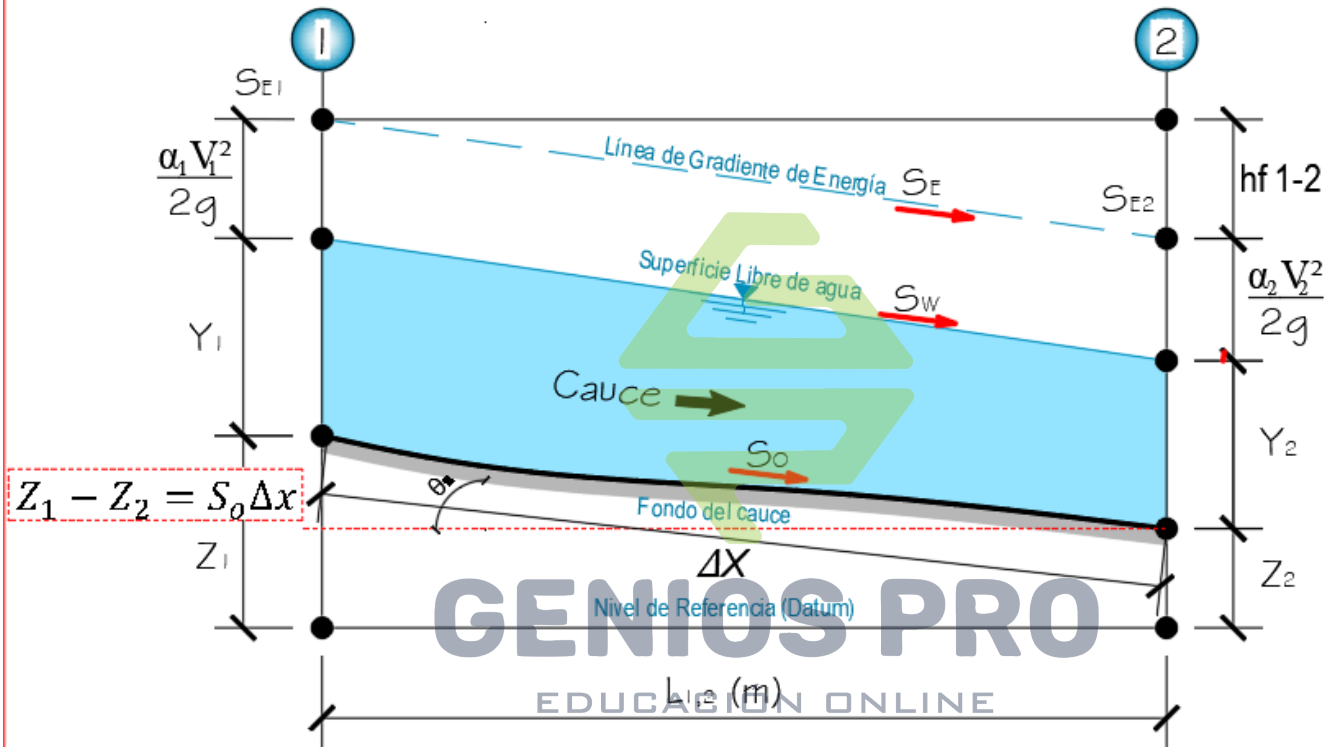
Este método es simple y aplicable a canales prismáticos. Se utiliza para calcular la distancia Δx del tramo a la cual se presenta un tirante y_2 (conocido o fijado por el calculista), a partir de un tirante y , conocido y los demás datos.

A. Deducción de la fórmula.

Se caracterizan porque para el cálculo se divide el canal en pequeños tramos y se calcula cada tramo, uno a continuación de otro.



A. Deducción de la fórmula.



De la ecuación de energía se tiene.

$$Z_1 + y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1-2} \quad Z_1 + E_{s1} = Z_2 + E_{s2} + h_{f1-2}$$

Calculando la pendiente de fondo.

$$S_o = \frac{Z_1 - Z_2}{\Delta x}$$

$$Z_1 - Z_2 = S_o \Delta x$$

Conociendo la energía específica.

$$E_{S1} = y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g}$$

$$E_{S2} = y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g}$$

La línea de gradiente de energía en un flujo gradualmente variado puede ser calculado con error insignificante usando las formulas correspondientes a la fricción de flujo uniforme.

Pendiente de fricción.

Pendiente de fricción promedio.

$$\overline{S_E} = \frac{1}{2} (S_{E1} + S_{E2})$$

$$S_E = \left(\frac{v * n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Pendiente de fricción medio geométrico.

$$\overline{S_E} = \sqrt{S_{E1} * S_{E2}}$$

Si las secciones 1 y 2 están suficiente cercanas, puede aproximarse.

$$h_{f1-2} = \frac{1}{2} (S_{E1} + S_{E2}) * (X_2 - X_1)$$

$$h_{f1-2} = \overline{S_E} * \Delta x$$

Sustituyendo valores en la ecuación y resolviendo para Δx se tiene.

$$Z_1 + E_{S1} = Z_2 + E_{S2} + h_{f1-2}$$

$$Z_1 - Z_2 = S_o \Delta x$$

$$h_{f1-2} = \overline{S_E} * \Delta x$$

$$S_o \Delta x + E_{S1} = E_{S2} + \overline{S_E} * \Delta x$$

$$S_o \Delta x - \overline{S_E} * \Delta x = E_{S2} - E_{S1}$$

$$\Delta x (S_o - \overline{S_E}) = E_{S2} - E_{S1}$$

$$\Delta x = \frac{E_{S2} - E_{S1}}{S_o - \overline{S_E}}$$

$$x_2 = x_1 + \frac{E_{S2} - E_{S1}}{S_o - \frac{(S_{E1} + S_{E2})}{2}}$$



Donde:

Δx = distancia del tramo.

E_{S1} , E_{S2} = Energía específica para las secciones 1 y 2.

S_o = Pendiente del fondo del canal.

$\overline{S_E}$ = Pendiente promedio de la línea de energía.

www.geniospro.com

B. Procedimiento de cálculo

Ubicar la sección cuyas características sean conocidas (sección de control).

Para el cálculo manual, resulta conveniente elaborar una tabla con el fin de abreviar los cálculos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	A	P	R	V	SF	$\overline{SF}_{PRO}$	$S_0 - \overline{SF}_{PRO}$	E	ΔE	ΔX	X2

Columna 1 (y): Usamos un incremento para el cambio de tirante.

Columna 2 (A): Calcular el área para el tirante en la columna 1.

Columna 3 (P): Perímetro mojado de la sección.

Columna 4 (R): Calculo del radio hidráulico.

$$R = A/P.$$

Columna 5 (v): Calculo de la velocidad del flujo.

$$V = Q/A.$$

Columna 6 (S_F): Usamos la ecuación de Manning

$$S_F = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Columna 7 ($\overline{S_F}$): Este es el promedio entre el S_F para el actual tirante y el previo tirante. Esta columna es vacía para la primera fila.

Columna 8 ($S_0 - \overline{S_F}$): Se calcula la diferencia.

Columna 9 (E): Calcular la energía específica.

Columna 10 (ΔE): Calcular la variación de energía.

$$\Delta E = E_2 - E_1.$$

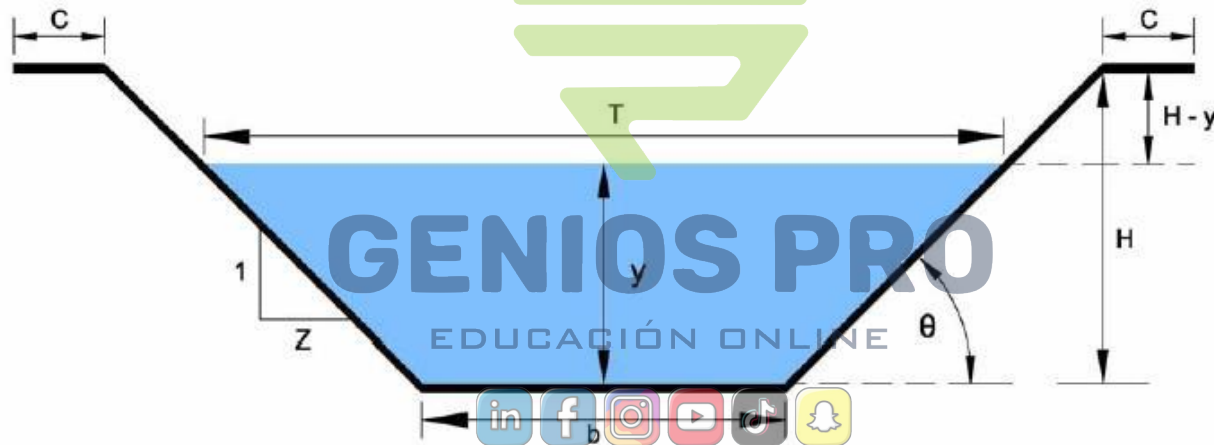
Columna 11 (ΔX): Calcular de la variación de longitud.

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \overline{S_F}}$$

Columna 12 (X2): Calcular la distancia de ubicación del y2 $x_2 = \Delta x + x_1$

14.1.- EJERCICIOS 01

Un canal trapezoidal que conduce $30.00 \text{ m}^3/\text{s}$, ancho de la base 10.0 m , talud $Z= 2$, $n= 0.013$ y coeficiente de coriolis igual a 1. Determinar la longitud que alcanza la curva de remanso desde la estructura de control instalada aguas abajo con un tirante de 5.00 metros.



www.geniospro.com

$Q=30.00 \text{ m}^3/\text{s}$,

$b=10.0 \text{ m}$,

$Z= 2$

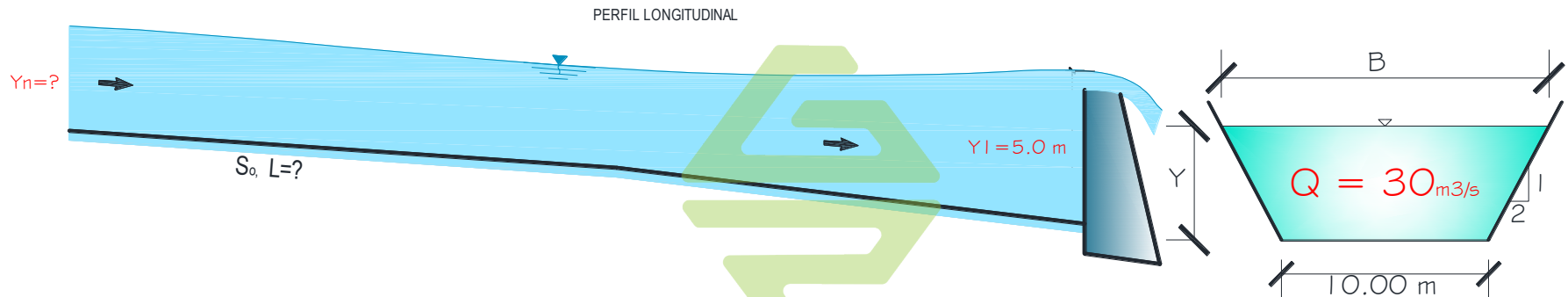
$n= 0.013$

$S_o= 0.001$

Coeficiente de coriolis igual a 1.

SOLUCION

Esquematicemos el problema:



Determinando la profundidad normal:

$$Q = 30.00 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$b = 10.0 \text{ m},$$

$$Z = 2$$

$$n = 0.013$$

$$S_o = 0.001$$

Coeficiente de coriolis igual a 1.

GENIOS PRO

Recordando la ecuaciones de Manning:

EDUCACIÓN ONLINE



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

www.geniospro.com

$$Y_n = 1.0913 \text{ m}$$

Construir la tabla de tabulación según el método de paso directo:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	A	P	R	V	SF	$\underline{\underline{SE}}_{PRO}$	$SO - \underline{\underline{SE}}_{PRO}$	E	ΔE	ΔX	X2

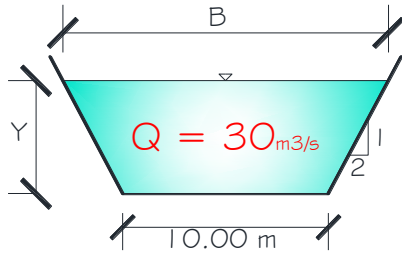
Fila 1: A partir de un valor conocido para Y1 se calcula los valores correspondientes a las columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9.

Los valores de las columnas 7, 8, 10 y 11 no se pueden calcular por que necesitan cálculos con y2.

El valor inicial de X2 (columna 12), puede ser el dato correspondiente al ubicación de la sección inicial de la aplicación, L=0 m.



Fila 2: A partir de un valor para y2 se calculan los valores correspondientes a las columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 9, al igual como se hizo para y1. El valor de las columnas 7 se determina 8 partir de los resultados obtenidos en la columna 8 para las filas 1, así también para las columnas 10 y 11.



$$A: by + Zy^2$$

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

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

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

$$S_E = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$\bar{S}_E = \frac{1}{2} (S_{E1} + S_{E2})$$

$$E_1 = y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_o - \bar{S}_E}$$

$$x_2 = \Delta x + x_1$$

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	A	P	R	V	in SF	f	SO - SF PRO	E	ΔE	ΔX	X2

www.geniospro.com

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	A	P	R	V	SF	<u>SF</u> PRO	SO - <u>SF</u> PRO	E	ΔE	ΔX	X2
5	100	32.36068	3.09017	0.3	3.37924E-06	-	-	5.004589	-	-	0
4.5	85.5	30.12461	2.838211	0.350877	5.17771E-06	4.27847E-06	0.000995722	4.506278	-0.49831	-500.453	-500.453

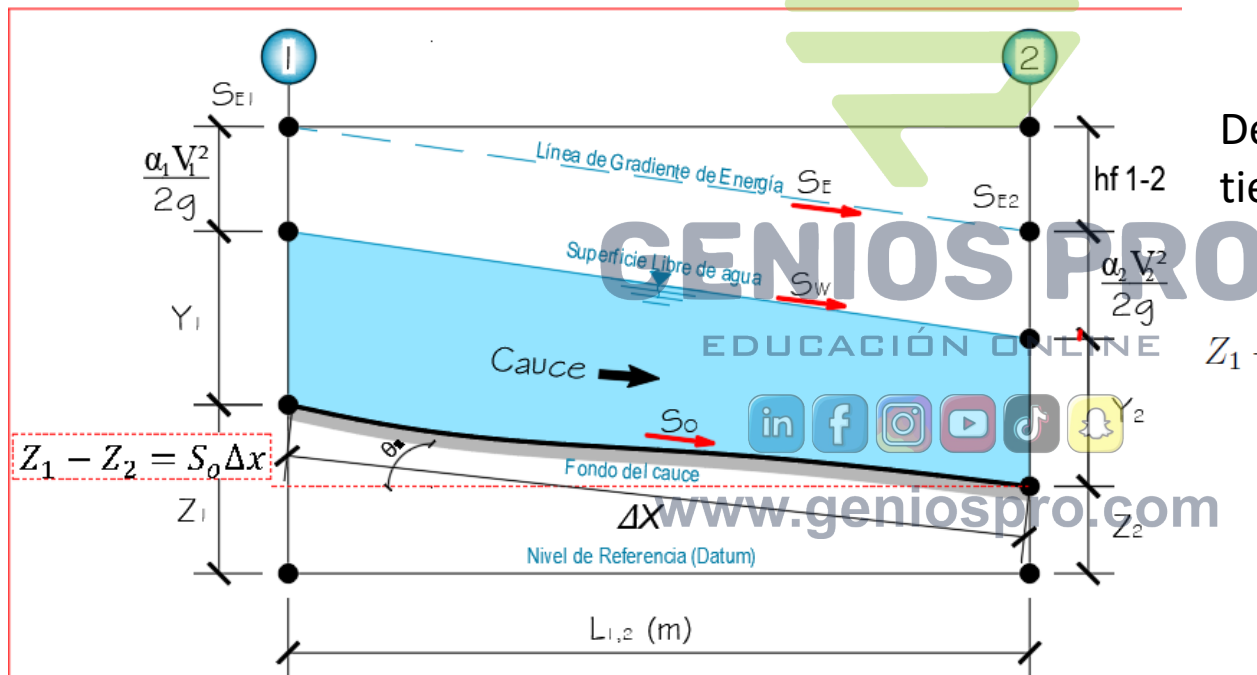
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
y	A	P	R	V	SF	<u>SF</u> PRO	SO - <u>SF</u> PRO	E	ΔE	ΔX	X2
5	100	32.36068	3.09017	0.3	3.37924E-06	-	-	5.004589	-	-	0
4.5	85.5	30.12461	2.838211	0.350877	5.17771E-06	4.27847E-06	0.000995722	4.506278	-0.49831	-500.453	-500.453
4	72	27.88854	2.581705	0.416667	8.28429E-06	6.731E-06	0.000993269	4.008852	-0.49743	-500.796	-1001.25
3.5	59.5	25.65248	2.319464	0.504202	1.3993E-05	1.11387E-05	0.000988861	3.512962	-0.49589	-501.476	-1502.72
3	48	23.41641	2.049845	0.625	2.53524E-05	1.96727E-05	0.000980327	3.019918	-0.49304	-502.939	-2005.66
2.5	37.5	21.18034	1.77051	0.8	5.04974E-05	3.79249E-05	0.000962075	2.532633	-0.48728	-506.493	-2512.16
2	28	18.94427	1.478019	1.071429	0.000115232	8.28647E-05	0.000917135	2.058534	-0.4741	-516.935	-3029.09
1.5	19.5	16.7082	1.167091	1.538462	0.000325527	0.000220379	0.000779621	1.620684	-0.43785	-561.618	-3590.71
1.091	13.295	14.88044	0.893446	2.256509	0.001000007	0.000662767	0.000337233	1.350928	-0.26976	-799.91	-4390.62



Lremanso = 4390.62 m

14.2.2.- MÉTODO DE PASO ESTÁNDAR O TRAMOS FIJOS

En el método de pasos estándar, las profundidades de flujo se calculan en ubicaciones específicas para un x dado, para el flujo subcrítico, se conocerán las condiciones en la sección aguas abajo. para el flujo supercrítico, se conocerán las condiciones en la sección aguas arriba.



De la ecuación de energía se tiene:

$$Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f$$

Figura 3.8: Balance de Energía

Se utiliza para calcular el tirante y_2 , que se presenta en una sección 2 previamente especificada de un tramo de longitud x , a partir del tirante conocido y_1 en la sección 1, y los demás datos.

A. Deducción de la fórmula.

la ecuación de este método es, en esencia, la misma del método directo por tramos, salvo en la fórmula final, esto es, en función de la variable por calcular.

De la ecuación de energía se tiene.

$$Z_1 + y_1 + \alpha \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + h_{f1-2} \dots \dots \dots (1)$$

Se sabe.

$$h_{f1-2} = \frac{1}{2} (S_{E1} + S_{E2}) * (X_2 - X_1) \dots \dots \dots (2)$$

En general:

$$H_1 = H_2 + h_{f1-2} \quad 0 = H_2 + h_{f1-2} - H_1 \dots \dots \dots (3)$$

Reemplazando valores en la ecuación 3:

$$Z_2 + y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + \frac{1}{2}(S_{E1} + S_{E2})(X_2 - X_1) - H_1 = 0 \quad v = \frac{Q}{A} \quad \alpha = 1$$

$$f(y_2) = Z_2 + y_2 + \frac{Q_2^2}{2gA_2^2} + \frac{1}{2}S_{E2}(X_2 - X_1) + \frac{1}{2}S_{E1}(X_2 - X_1) - H_1 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Derivando la ecuación 4:

$$\frac{df}{dy_2} = 0 + 1 - \frac{Q_2^2}{gA_2^2} \frac{dA_2}{dy_2} + \frac{1}{2}(X_2 - X_1) \frac{dS_{E2}}{dy_2} + 0 + 0 = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Se recuerda que:

$$S_E = \left(\frac{v \cdot n}{R^{2/3}} \right)^2$$

Multiplicar por A^2:

$$S_{E2} = \frac{(nQ)^2}{A_2^2 * R^{4/3}}$$

$$\frac{df}{dy_2} = 1 - \frac{Q_2^2}{gA_2^2} \frac{dA_2}{dy_2} + \frac{1}{2} (X_2 - X_1) \frac{d}{dy_2} \left(\frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}}} \right) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

El ultimo termino se puede evaluar:

$$\frac{d}{dy_2} \left(\frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}}} \right) = - \frac{2Q^2 n^2}{A_2^3 * R_2^{\frac{4}{3}}} \frac{dA_2}{dy_2} - \frac{4}{3} \frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{7}{3}}} \frac{dR_2}{dy_2} \dots \dots \dots (5)$$

Agrupando los términos se pueden evaluar:

$$\frac{d}{dy_2} \left(\frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}}} \right) = - \frac{2Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}} * A_2} \frac{dA_2}{dy_2} - \frac{4}{3} \frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}} * R_2} \frac{dR_2}{dy_2}$$

$$S_{E2} = \frac{(nQ)^2}{A_2^2 * R^{\frac{4}{3}}}$$

$$\frac{d}{dy_2} \left(\frac{Q^2 n^2}{A_2^2 * R_2^{\frac{4}{3}}} \right) = - \frac{2S_{E2}}{A_2} \frac{dA_2}{dy_2} - \frac{4}{3} \frac{S_{E2}}{R_2} \frac{dR_2}{dy_2}$$

Finalmente se tiene:

$$\frac{df}{dy_2} = 1 - \frac{Q_2^2}{gA_2^2} \frac{dA_2}{dy_2} - (X_2 - X_1) \left(\frac{S_{E2}}{A_2} \frac{dA_2}{dy_2} + \frac{2}{3} \frac{S_{E2}}{R_2} \frac{dR_2}{dy_2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

Se sabe las siguientes relaciones:

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

$$\frac{dR_2}{dy_2} = \frac{d}{dy_2} \left(\frac{A_2}{P_2} \right)$$

$$\frac{d}{dy_2} \left(\frac{A_2}{P_2} \right) = \frac{1}{P_2} \left(\frac{dA_2}{dy_2} \right) + \frac{A_2 d}{dy_2} \left(\frac{1}{P_2} \right)$$

$$\frac{d}{dy_2} \left(\frac{A_2}{P_2} \right) = \frac{1}{P_2} \left(\frac{dA_2}{dy_2} \right) - \frac{A_2}{P_2} \left(\frac{dP_2}{dy_2} \right)$$

GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com

B. Procedimiento de cálculo

Para el cálculo manual, resulta conveniente elaborar una tabla con el fin de abreviar los cálculos.

1). Calcular H_1 en la sección de tirante conocido.

2). Estimar el tirante del flujo en la sección .

$$y_2^* = y_1 + f(x, y)(x_2 - x_1)$$

$$f(x, y) = \frac{S_0 - S_{E1}}{1 - \frac{Q^2}{gA_1^3}}$$

3). Usando el valor aproximado del tirante calculado y_2^* en la sección 2, calcular los componentes $P_2^*, A_2^*, R_2^* \wedge S_{E2}^*$.

4). Calcular el valor de $F(y_2^*)$ desde la ecuación 4 usando $P_2^*, A_2^*, R_2^* \wedge S_{E2}^*$.

5). Calcular el valor de $\frac{df}{dy_2}$, usando y_2^* , los valores correspondientes (ECU 06).

6). Calcular el valor de y_2 a partir de:

$$y_2 = y_2^* - \frac{f(y_2^*)}{\left(\frac{df}{dy_2^2}\right)^*}$$

7). Si $|y_2 - y_2^*| < Tol$; es correcto; si no repetir desde el paso 3.



...GRACIAS

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com