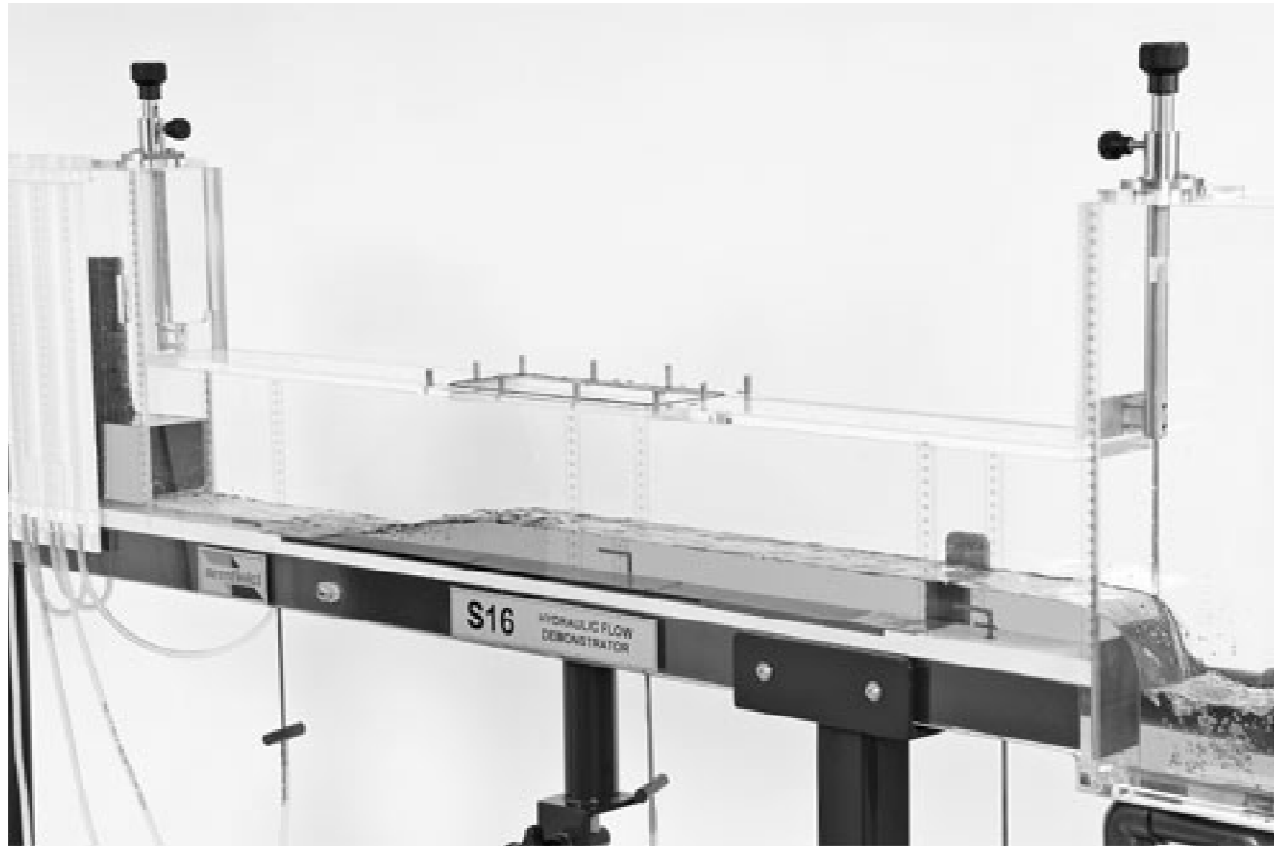


## TEMA II.1 FLUJO EN CANALES ABIERTOS MOVIMIENTOS VARIADOS Y CARACTERIZACION DE PERFILES DE FLUJO



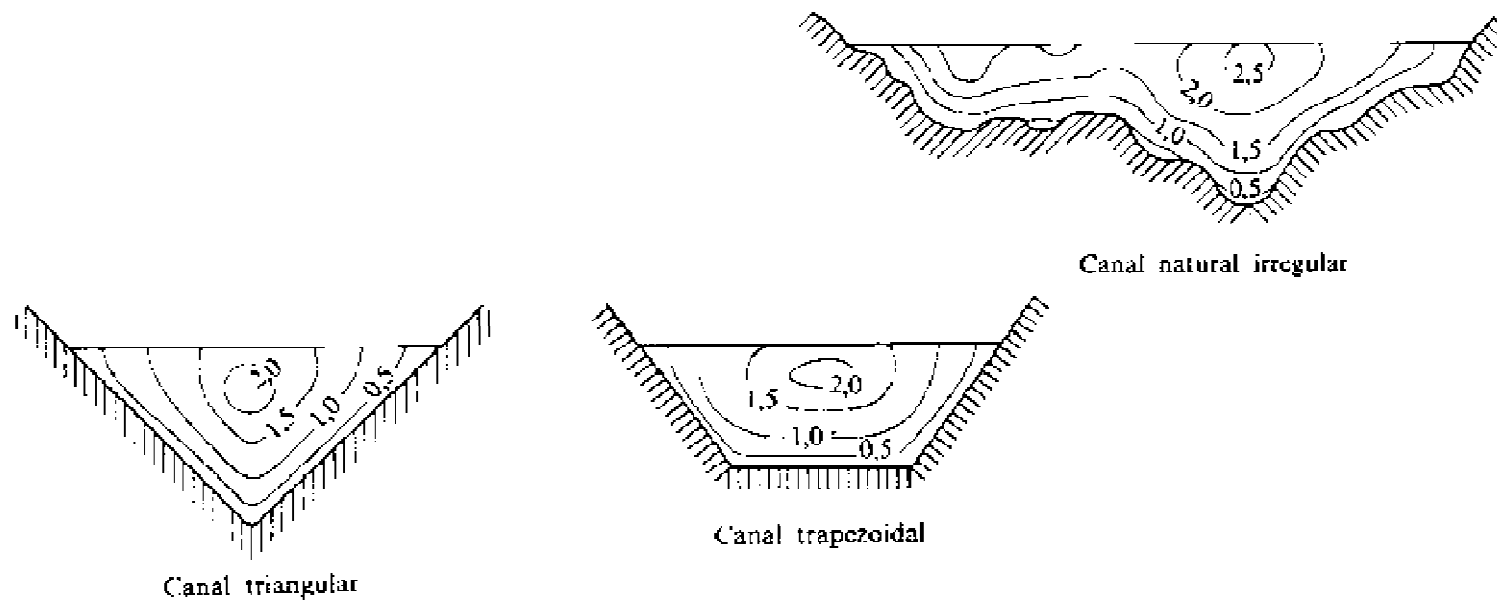
Elena Sánchez Badorrey

## Flujo en canales abiertos

- **Conceptos básicos:**
  - canales abiertos: naturales y artificiales.
  - flujos en superficie libre.

## Flujo en canales abiertos

- **Aproximación unidimensional**
  - Distribución de velocidades en canales abiertos
  - Velocidad media



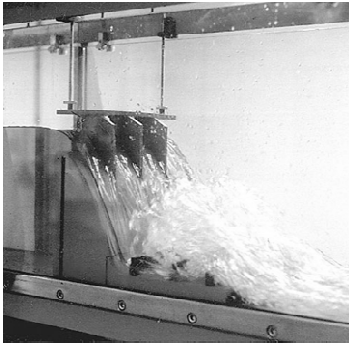
## Flujo en canales abiertos

- **Aproximación unidimensional**
  - Ecuaciones de gobierno
  - Aproximación de pérdidas por fricción

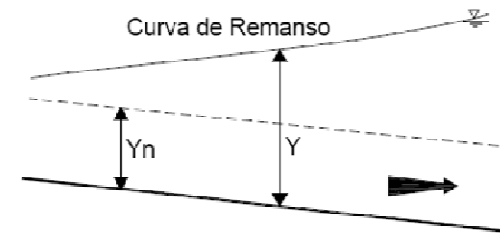
## Flujo en canales abiertos

### – Clasificación del movimiento

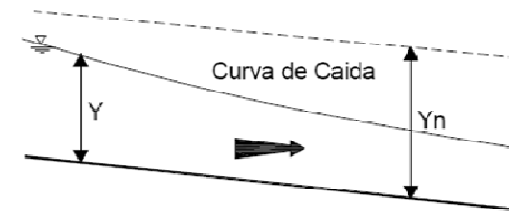
- Según la variación de la profundidad
  - Uniforme  $Y = Y_n$
  - Movimiento variable:
    - » Lentamente variable (1D)
    - » Rápidamente variable (3D)



- Según el número de Froude
  - Movimiento subcrítico  $Fr < 1.0$
  - Movimiento crítico  $Fr = 1.0$
  - Movimiento supercrítico  $Fr > 1.0$



a) Retardado

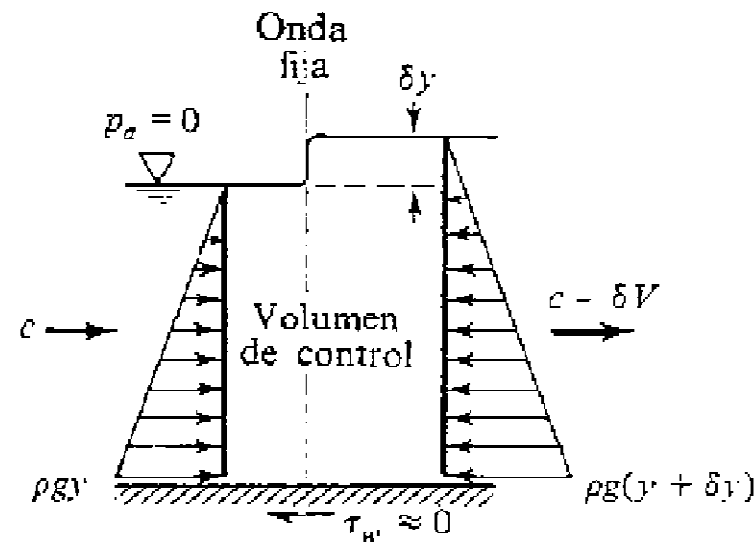


b) Acelerado

$$F_R = \frac{V}{\sqrt{gY_h}}$$

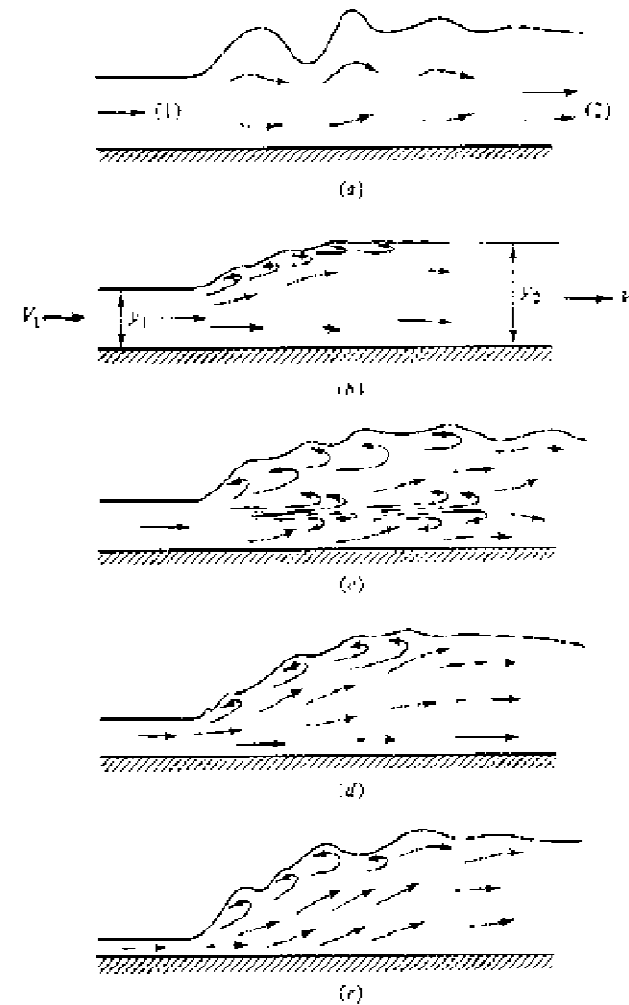
## Flujo en canales abiertos

- Resalto hidráulico



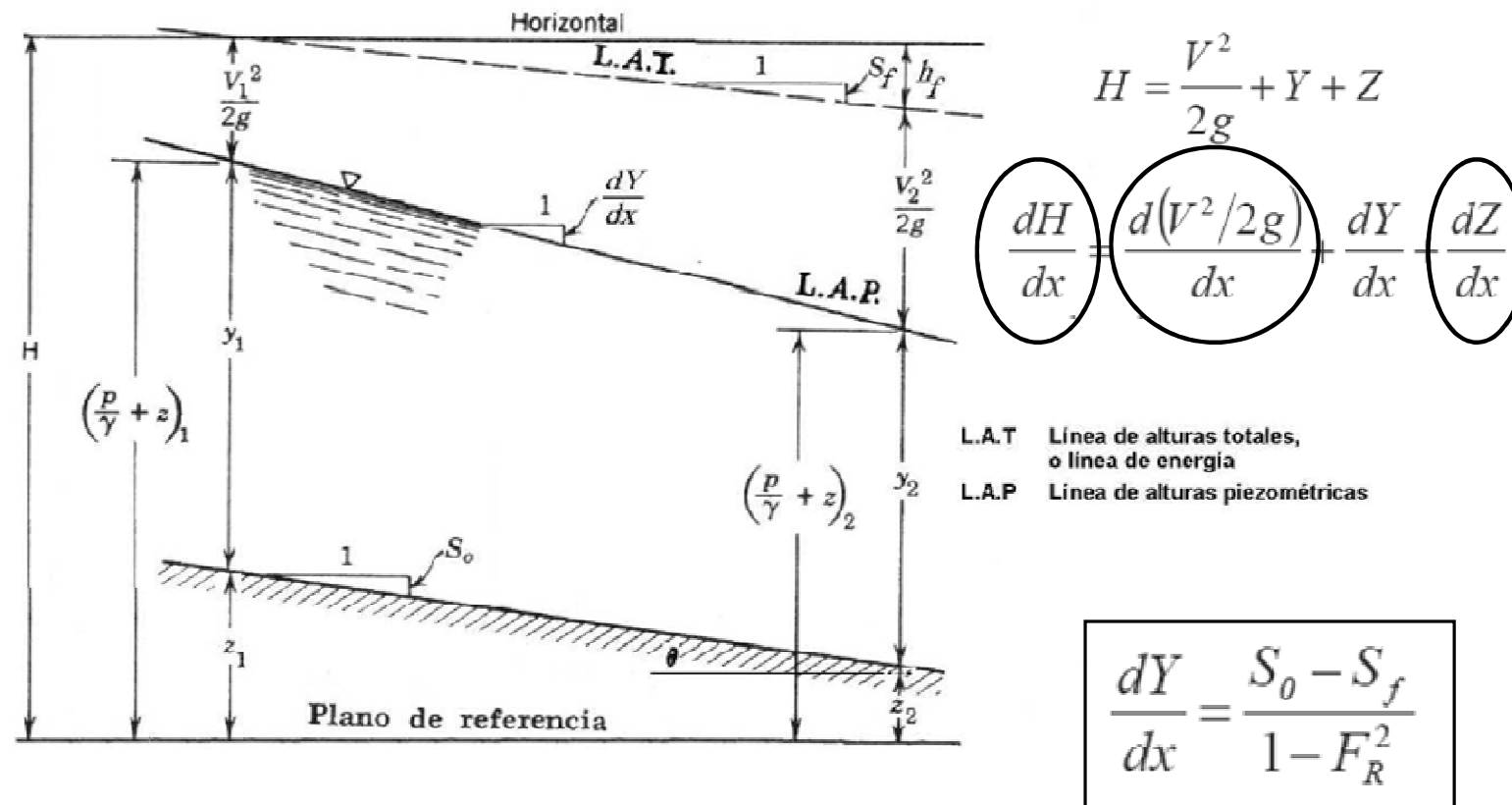
$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left( \sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

$$L \simeq 6(h_2 - h_1)$$



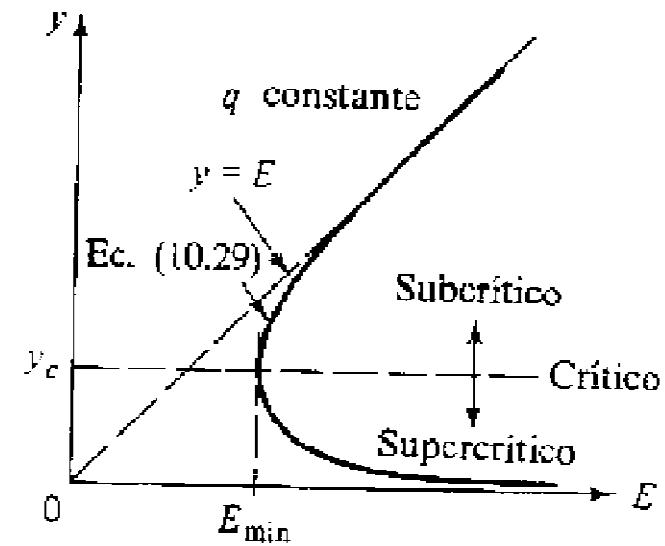
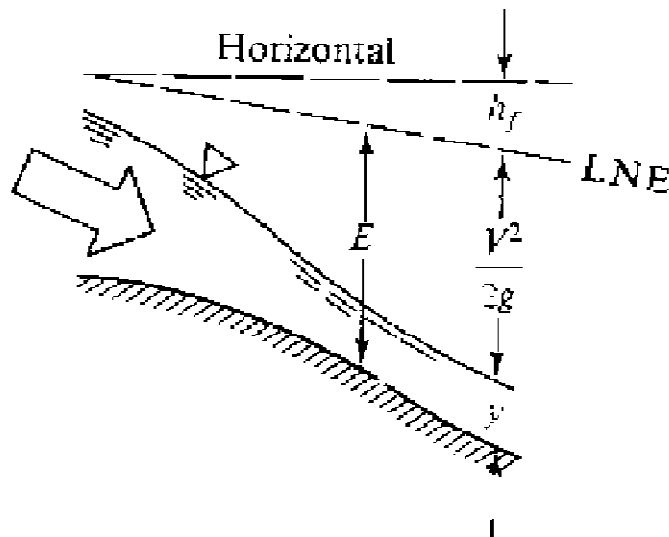
**Fig. 10.9** Clasificación de los resaltos hidráulicos: (a)  $Fr_1 = 1$  a  $1,7$ : resalto ondular; (b)  $Fr_1 = 1,7$  a  $2,5$ : resalto débil; (c)  $Fr_1 = 2,5$  a  $4,5$ : resalto oscilante; (d)  $Fr_1 = 4,5$  a  $9$ : resalto estacionario; (e)  $Fr_1 > 9$ : resalto fuerte. (Adaptado de la referencia 11.)

## Flujo en canales abiertos: movimiento lentamente variado



## Flujo en canales abiertos: flujo crítico

- Profundidad crítica
- Pendiente crítica
- Velocidad crítica
- Profundidad normal

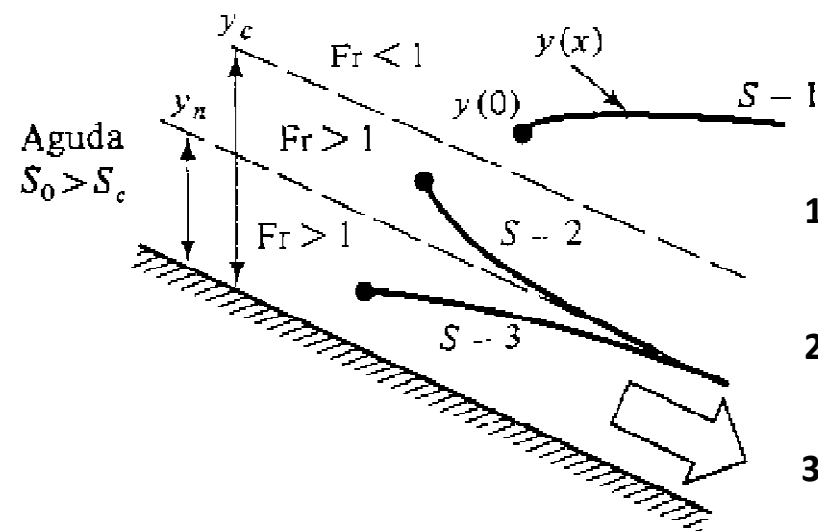




## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo variado

$$\frac{dY}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_R^2}$$

- $S_f > S_0$  corresponde a  $Y < Y_n$  y  $S_f < S_0$  corresponde a  $Y > Y_n$ .
- $F_R > 1$  corresponde a  $Y < Y_c$  y  $F_R < 1$  corresponde a  $Y > Y_c$ .

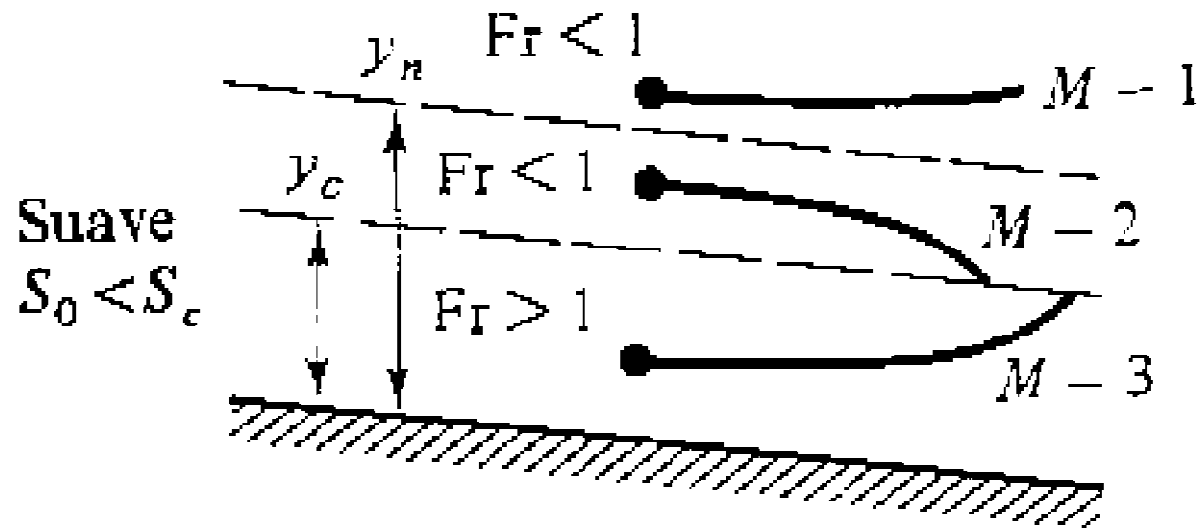


$$\frac{dY}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_R^2}$$

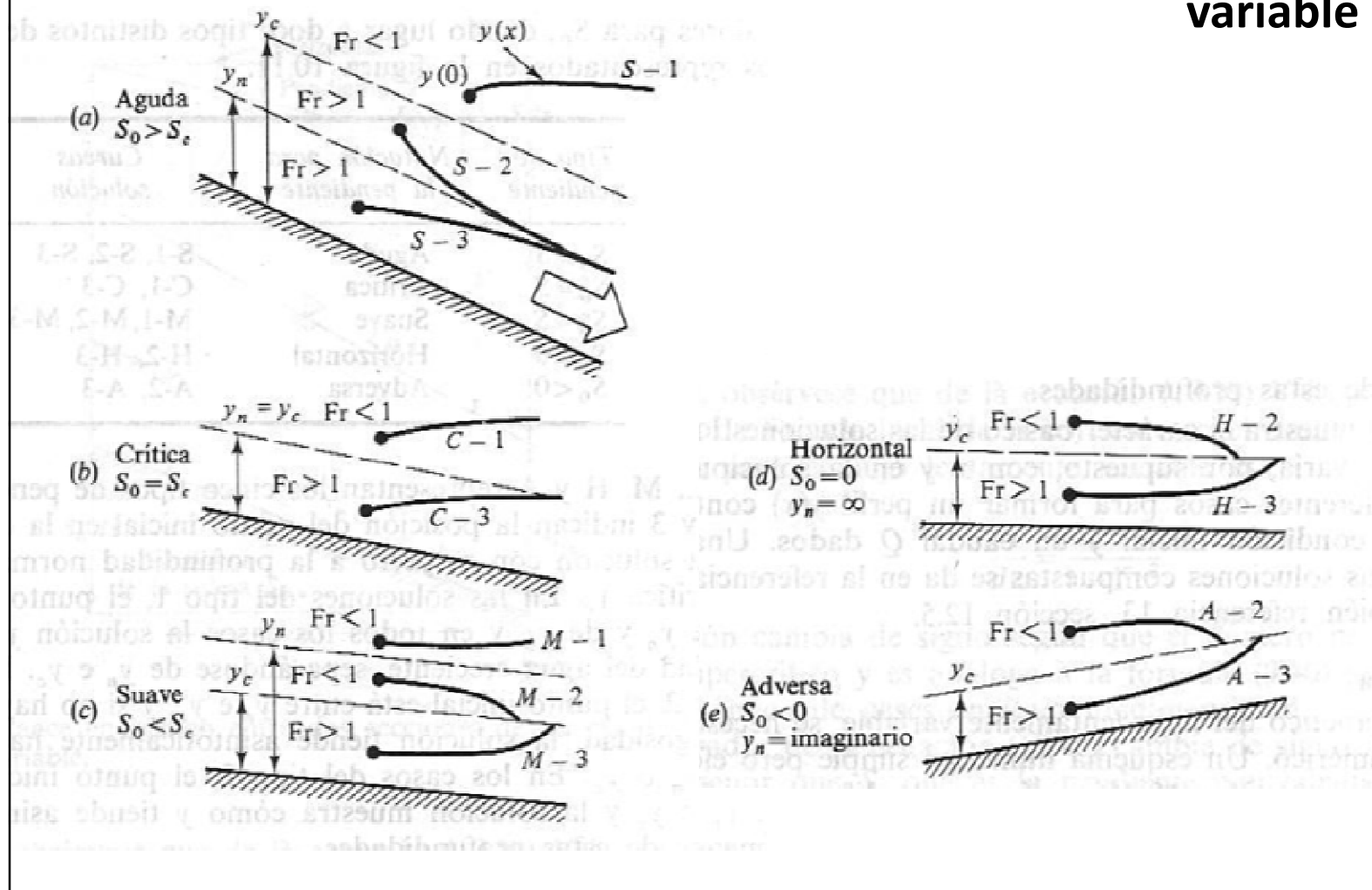
## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo variado

Por ejemplo para un canal de pendiente suave o subcrítica:

- Zona 1:  $Y > Y_n > Y_c$ ;  $S_0 > S_f$ ,  $F_R < 1$ ; por tanto  $dY/dx > 0$ , se forma remanso, perfil M1.
- Zona 2:  $Y_n > Y > Y_c$ ;  $S_0 < S_f$ ,  $F_R < 1$ ; por tanto  $dY/dx < 0$ , se forma caída, perfil M2.
- Zona 3:  $Y_n > Y_c > Y$ ;  $S_0 < S_f$ ,  $F_R > 1$ ; por tanto  $dY/dx > 0$ , se forma remanso, perfil M3.



## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo variable



## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### RESOLUCION NUMÉRICA: Integración directa

$$\frac{dY}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_R^2}$$

- Métodos de resolución (ver notas guía de la práctica Sesión 1):
  - Método tramo a tramo
  - Método de integración directa (o método gráfico)

## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### RESOLUCION NUMÉRICA: Integración directa

$$\frac{dY}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_R^2}$$

- Métodos de resolución (ver notas guía de la práctica Sesión 1):
  - Método tramo a tramo
  - Método de integración directa (o método gráfico)

## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### EJEMPLO DE APLICACIÓN

$Q(cm^3/s)$	:	_____	$B (cm)$ :	_____	$Y_n$	:	_____
$q(cm^2/s)$	:	_____	$Y_c(cm)$ :	_____	Tipo de flujo	:	_____
$Z_1 (cm)$	:	_____	$Z_2 (cm)$ :	_____	$S_0$	:	_____
$L (cm)$	:	_____	$L(Y_n) (cm)$ :	_____	Tipo de perfil	:	_____

[illegible]

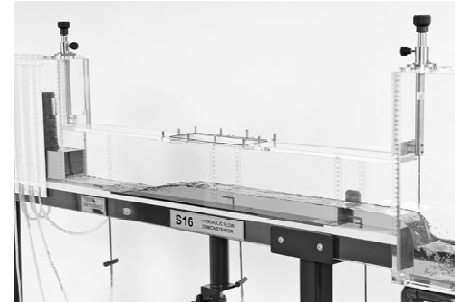
## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### EJEMPLO DE APLICACIÓN

Canal de tierra limpio, de sección rectangular y muy ancho, pendiente  $S_0 = 0.0048$  con un caudal específico  $q = 50 \text{ ft}^2/\text{s}$ , rugosidad  $n = 0.022$  y altura de lámina de agua en  $x_0 = 0 \text{ m}$ ,  $y_0 = 0.9144 \text{ m}$ .

*Caracterizar:*

- *¿Profundidad crítica ?*
- *¿Tipo de flujo ?*
- *¿Perfil de flujo ?*
- *¿A qué distancia  $L$  a lo largo del canal la profundidad aguas debajo de  $X_0$  la altura de la lámina de agua alcanza un valor de alcanza un valor de  $1.219 \text{ m}$ ?*



$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### EJEMPLO DE APLICACIÓN

- METODO TRAMO A TRAMO

Caracterizar:

¿Profundidad crítica ?

$$Y_c = 1.30\text{m}$$

¿Tipo de flujo ?

$$Y_n = 1.26\text{m}$$

¿Perfil de flujo ?

$$S_c = 0.00435$$

¿A qué distancia  $L$  a lo largo del canal la profundidad aguas abajo de  $X_0$  la altura de la lámina de agua alcanza un valor de **1.219m**?

$$S_0 = \mathbf{0.0048}$$

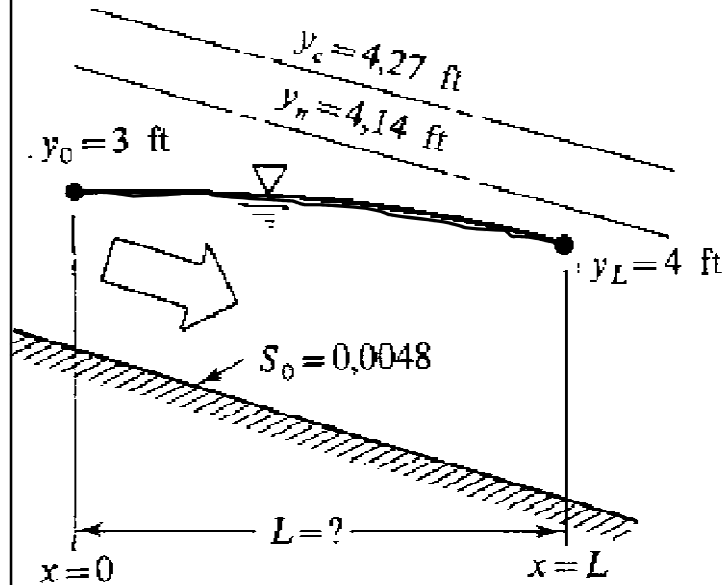
Supercrítico

y	V = q/y	E = y+V <sup>2</sup> /2g	S	Sav	dx	X	(S.I.)
0,9144	5,081016	2,2290024	0,01407			0	
0,97536	5,065776	2,1308568	0,01135	0,01271	12,40536	12,40536	
1,03632	4,483608	2,0598384	0,00927	0,01031	12,89304	25,2984	
1,09728	4,233672	2,010156	0,00766	0,00847	13,53312	38,83152	
1,15824	4,011168	1,9775424	0,0064	0,00703	14,6304	53,46192	
<b>1,2192</b>	3,81	1,9586448	0,00539	0,0059	17,19072	<b>70,65264</b>	

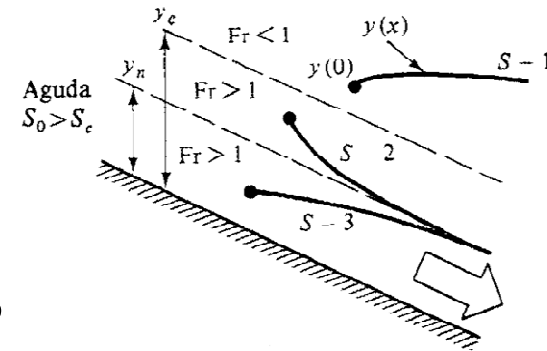


## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### EJEMPLO DE APLICACIÓN



$Y_c = 4,27\text{ft}$   
 $Y_n = 4,14\text{ft}$   
 $S_c = 0.00435$   
 $S_0 = 0.0048$   
 Supercrítico  
 Perfil tipo – ??



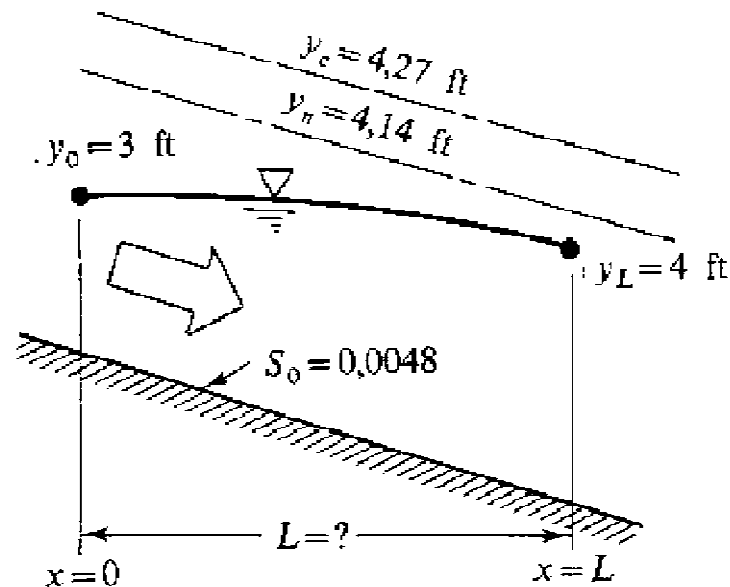
y	$V = q/y$	$E = y + V^2/2g$	S	Sav	dx	X
3	16,67	7,313	0,01407			0
3,2	16,62	6,991	0,01135	0,01271	40,7	40,7
3,4	14,71	6,758	0,00927	0,01031	42,3	83
3,6	13,89	6,595	0,00766	0,00847	44,4	127,4
3,8	13,16	6,488	0,0064	0,00703	48	175,4
4	12,5	6,426	0,00539	0,0059	56,4	231,8

(ft)

1ft = 0.3048m

## Canales abiertos: tipologías de perfil de flujo

### EJEMPLO DE APLICACIÓN



$Y_c = 4.27$  ft  
 $Y_n = 4.14$  ft  
 $S_c = 0.00435$   
 $S_0 = 0.0048$   
 Supercrítico  
 Perfil tipo – S3

$y$	$V = q/y$	$E = y + V^2/2g$	$S$	$S_{av}$	$dx$	$X$	(ft)
3	16.67	7.313	0.01407			0	
3.2	16.62	6.991	0.01135	0.01271	40.7	40.7	
3.4	14.71	6.758	0.00927	0.01031	42.3	83	
3.6	13.89	6.595	0.00766	0.00847	44.4	127.4	
3.8	13.16	6.488	0.0064	0.00703	48	175.4	
4	12.5	6.426	0.00539	0.0059	56.4	231.8	

1ft = 0.3048m