

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

Este método plantea un procedimiento basado en estudios de: Bakhmeteff, Mononobe, Lee y Von Seggern, encaminados a resolver directamente la Ecuación de flujo gradualmente variado.

Para determinar el perfil, el canal se divide en un número de tramos de tal forma de que en cada tramo las secciones 1 y 2 consideradas deben estar a una distancia tal que los exponentes hidráulicos M y N se mantengan constantes.

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

Los Exponentes Hidráulicos M y N se pueden expresar en función de la profundidad de flujo en canales trapezoidales de la siguiente manera:

M: Exponente hidráulico para el flujo crítico

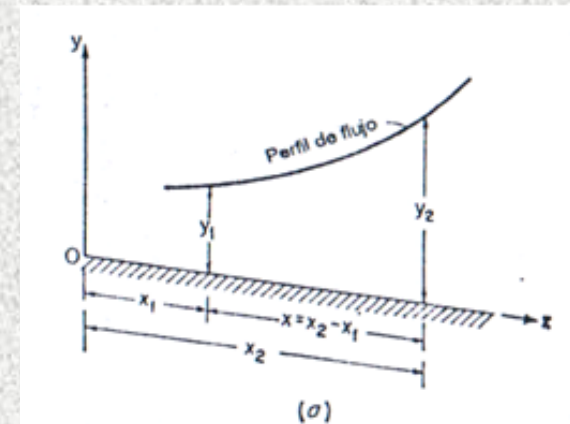
N: Exponente hidráulico para el flujo uniforme

La longitud de cada tramo a partir de los tirantes conocidos o supuestos en los extremos del tramo, se calcula con la siguiente expresión:

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

$$L = x_2 - x_1 = \frac{y_n}{S_0} \left\{ (u_2 - u_1) - [F(u_2, N) - F(u_1, N)] + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} [F(v_2, J) - F(v_1, J)] \right\}$$

$$x = \frac{y_n}{S_0} \left\{ u - F(u, N) + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} * F(v, J) \right\}$$



$L = x_2 - x_1$ = Distancia entre las secciones consecutivas 1 y 2 de características conocidas.

$u = y/y_n$ = Relación entre el tirante cualquiera y el normal.

y_n = Tirante normal.

y_c = Tirante crítico.

S_0 = Pendiente del fondo del canal.

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

$$L = x_2 - x_1 = \frac{y_n}{S_0} \left\{ (u_2 - u_1) - [F(u_2, N) - F(u_1, N)] + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} [F(v_2, J) - F(v_1, J)] \right\}$$

M y N = Exponentes hidráulicos, en función de la geometría de la sección y del tirante del agua.

$$N = \frac{10}{3} \left[\frac{1 + 2Z(y/b)}{1 + Z(y/b)} \right] - \frac{8}{3} \left[\frac{\sqrt{1 + Z^2}(y/b)}{1 + 2\sqrt{1 + Z^2}(y/b)} \right] \quad (\text{Abaco 1})$$

$$M = \frac{3(b + 2Zy)^2 - 2Zy(b + Zy)}{(b + 2Zy)(b + Zy)} \quad (\text{Abaco 2})$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

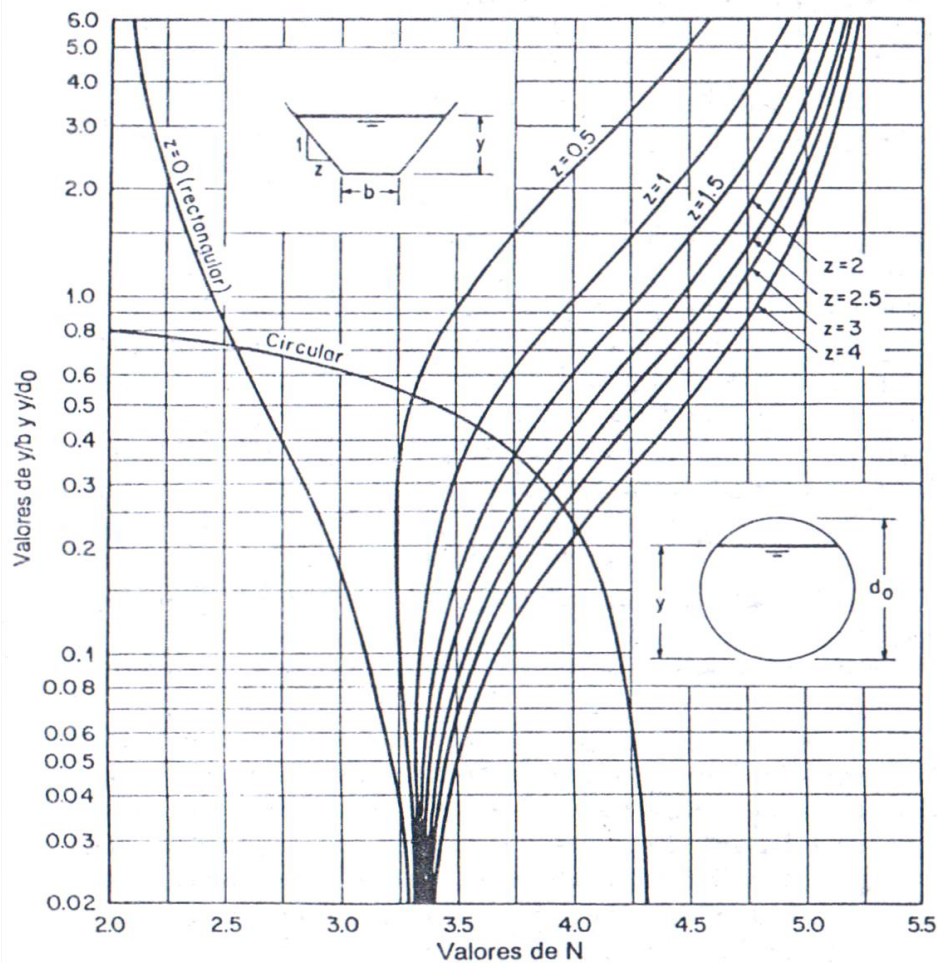


Figura 6-2. Curvas de valores de N .

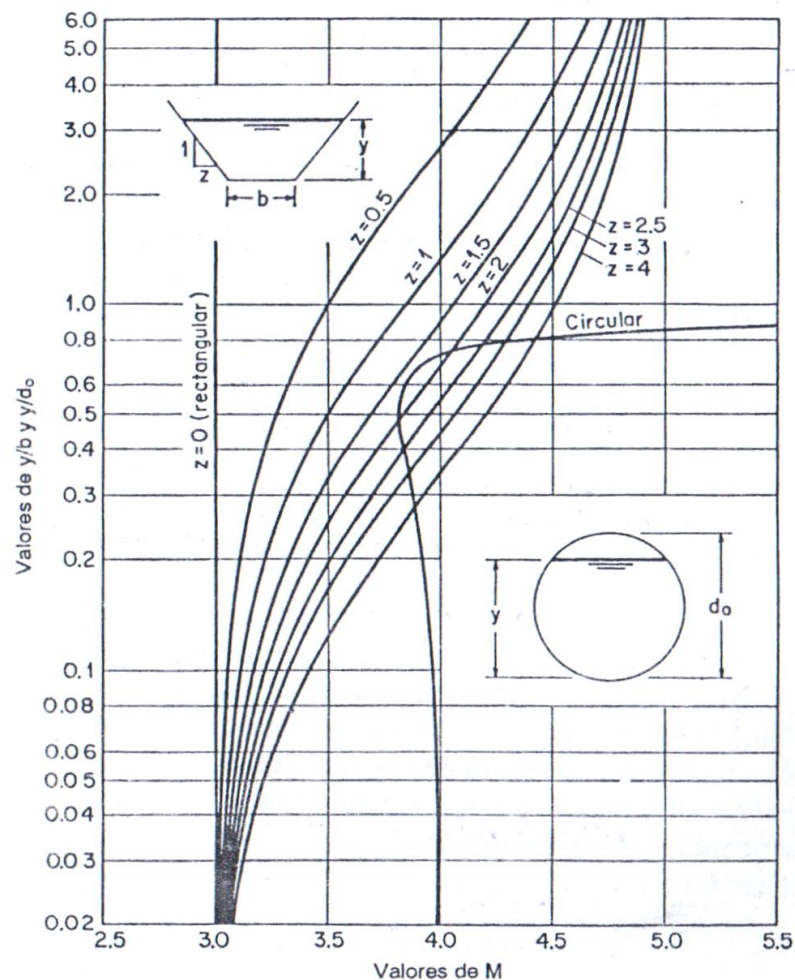


Figura 4-2. Curvas de valores de M .

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

$$L = x_2 - x_1 = \frac{y_n}{S_0} \left\{ (u_2 - u_1) - [F(u_2, N) - F(u_1, N)] + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} [F(v_2, J) - F(v_1, J)] \right\}$$

$v ; J$ = Variables introducidas por Ven Te Chow, siendo:

$$v = u^{N/J} \qquad J = \frac{N}{N - M + 1}$$

$F(u, N)$ = Función del Flujo Variado, calculado por Bakhmetev, cuyos valores se muestran en la tabla D1

$$F(u, N) = \int_0^u \frac{du}{1 - u^N}$$

$F(v, J)$ = Función del Flujo Variado, se calcula con la misma tabla de Bakhmetev ingresando con los valores de v y J en lugar de u y N

$$F(v, J) = \int_0^v \frac{dv}{1 - v^J}$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

- 1.- Calcular y_n , y_c .
- 2.- Identificar la sección de control
- 3.- Identificar el perfil de flujo
- 4.- Calcular los exponentes hidráulicos N y M para un tirante promedio, a partir de los tirantes en los extremos.

$$N = \frac{10}{3} \left[\frac{1+2Z(y/b)}{1+Z(y/b)} \right] - \frac{8}{3} \left[\frac{\sqrt{1+Z^2}(y/b)}{1+2\sqrt{1+Z^2}(y/b)} \right]$$

$$M = \frac{3(b+2Zy)^2 - 2Zy(b+Zy)}{(b+2Zy)(b+Zy)}$$

- 5.- Calcular J; N/J y J/N

$$J = \frac{N}{N-M+1}$$

- 6.- Calcular para la sección inicial y final del tramo los valores de «u» y «v»

$$u = y/y_n \qquad v = u^{N/J}$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

7.- Calcular las funciones del flujo variado $F(u, N)$ y $F(v, J)$ con la ayuda de la tabla D1.

8.- Calcular la longitud del tramo que separa las dos secciones extremas.

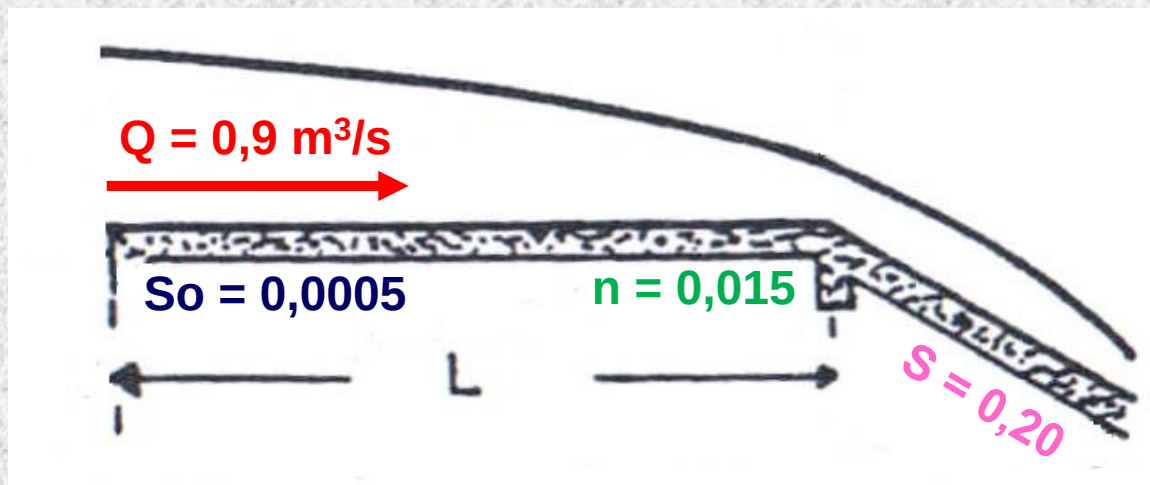
$$x = \frac{y_n}{S_0} \left\{ u - F(u, N) + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} * F(v, J) \right\}$$

$$L = x_2 - x_1 = \frac{y_n}{S_0} \left\{ (u_2 - u_1) - [F(u_2, N) - F(u_1, N)] + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} [F(v_2, J) - F(v_1, J)] \right\}$$

9.- Graficar y vs x .

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

EJERCICIO: Un canal trapezoidal tiene un ancho de solera $b = 1\text{m}$, talud $z = 1$ y con una pendiente de $0,0005$ conduce un caudal de 900 l/s en flujo uniforme con un coeficiente de rugosidad $n = 0,015$. A partir de cierta sección como se muestra en la figura es necesario aumentar la pendiente del canal a $0,20$. a) Calcular el perfil del flujo.



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

1.- Cálculo de los tirantes normal y crítico (y_n ; y_c)

- Tirante normal

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

$$0,9 = \frac{1}{0,015} (y_n + y_n^2) \left(\frac{y_n + y_n^2}{1 + 2y_n \sqrt{2}} \right)^{2/3} (0,0005)^{1/2}$$

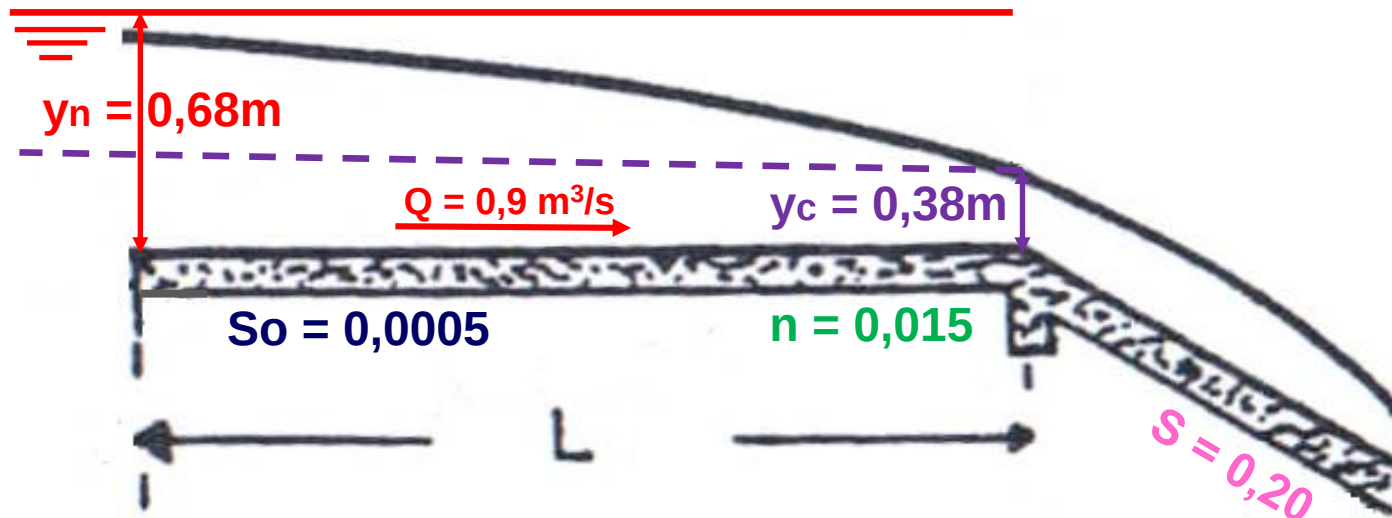
$$\underline{y_n = 0,68m}$$

- Tirante crítico

$$\frac{v^2}{g} = D; \quad \frac{Q^2}{A^2 g} = \frac{A}{T}; \quad Q = \sqrt{\frac{A^3 g}{T}}$$

$$0,9 = \sqrt{\frac{[y_c + y_c^2]^3 * 9,8}{1 + 2y_c}}$$

$$\underline{y_c = 0,38m}$$



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

2.- Sección de control.

La sección de control en este caso está ubicada en el punto de cambio de pendiente, presentándose el tirante crítico $y_c = 0,38$ m en dicho punto. (ZONA 2)

3.- Perfil de flujo.

$$y_n = 0,68\text{m} > y_c = 0,38\text{m}$$

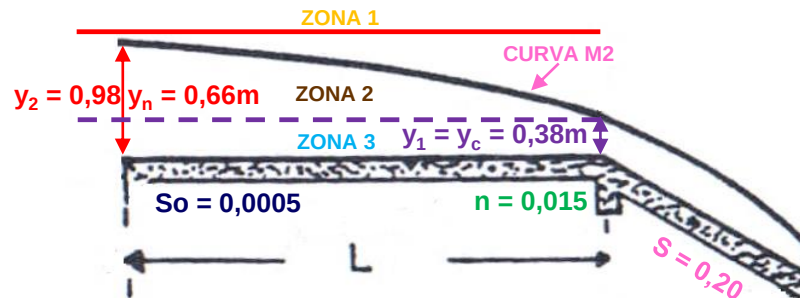
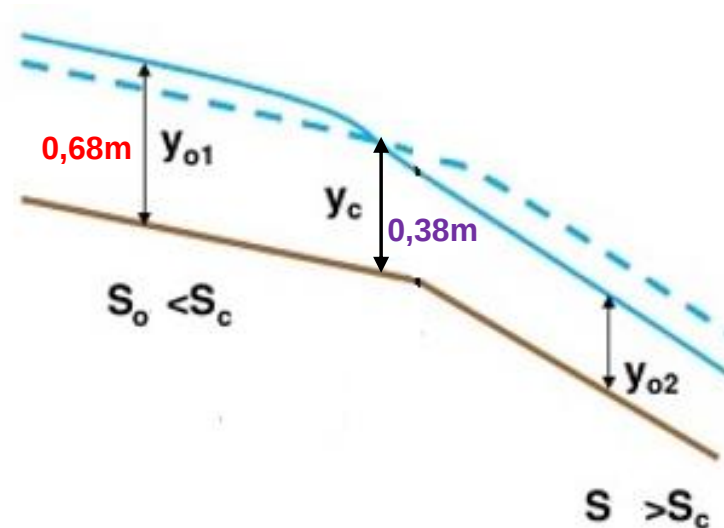
CURVA TIPO M

ZONA 2 (Perfil tipo M2)

4.- Cálculo del perfil.

El cálculo se efectúa desde $y_c = 0,38$ m hacia aguas arriba, hasta un valor del tirante correspondiente al 98% y_n , es decir $y = 0,66$ m.

RANGO: [0,66m – 0,38m]



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

5.- Calculo de los exponentes hidráulicos N y M para un tirante promedio, a partir de los tirantes en los extremos.

El valor del y promedio para el tramo será:

$$\bar{y} = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{0,38 + 0,66}{2} = 0,52m$$

$$\frac{y}{b} = \frac{0,52}{1} = 0,52; \quad Z = 1$$

$$N = \frac{10}{3} \left[\frac{1+2Z(y/b)}{1+Z(y/b)} \right] - \frac{8}{3} \left[\frac{\sqrt{1+Z^2}(y/b)}{1+2\sqrt{1+Z^2}(y/b)} \right]$$

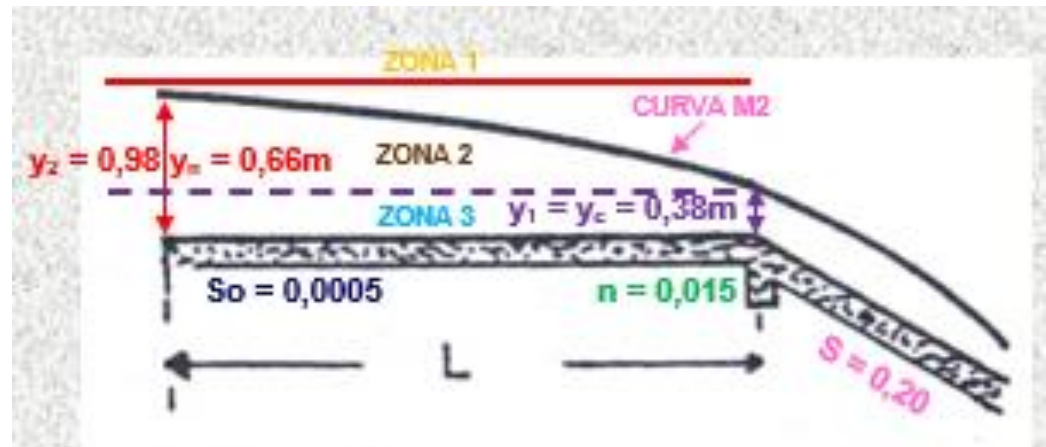
$$N = \frac{10}{3} \left[\frac{1+2(0,52)}{1+0,52} \right] - \frac{8}{3} \left[\frac{\sqrt{2}(0,52)}{1+2\sqrt{2}(0,52)} \right]$$

N = 3,68 (Igual valor obtenemos en el ábaco con $y/b=0,52$, $Z=1$)

$$M = \frac{3(b+2Zy)^2 - 2Zy(b+Zy)}{(b+2Zy)(b+Zy)}$$

$$M = \frac{3(1+2*1*0,52)^2 - 2*1*0,52(1+1*0,52)}{(1+2*0,52)(1+0,52)}$$

M = 3,52 (Igual valor obtenemos en el ábaco con $y/b=0,52$, $Z=1$)



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

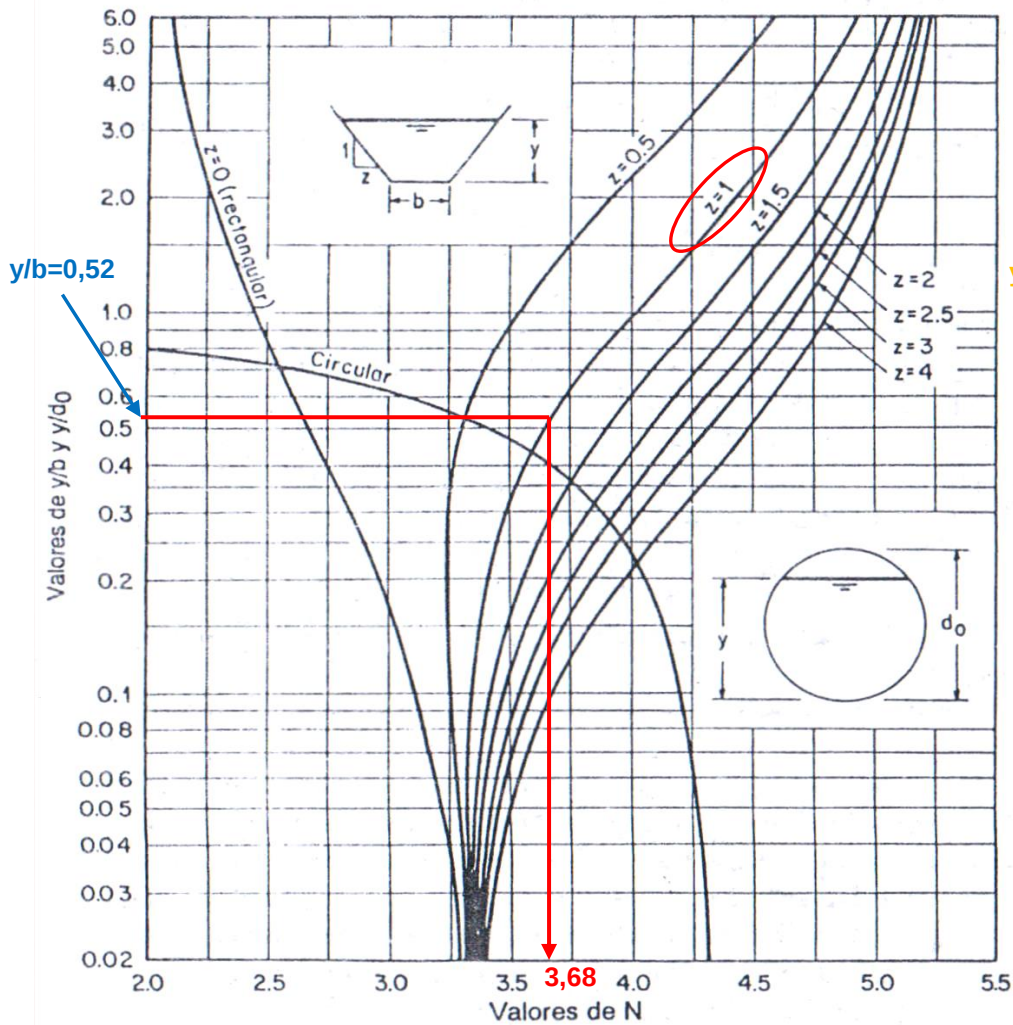


Figura 6-2. Curvas de valores de N .

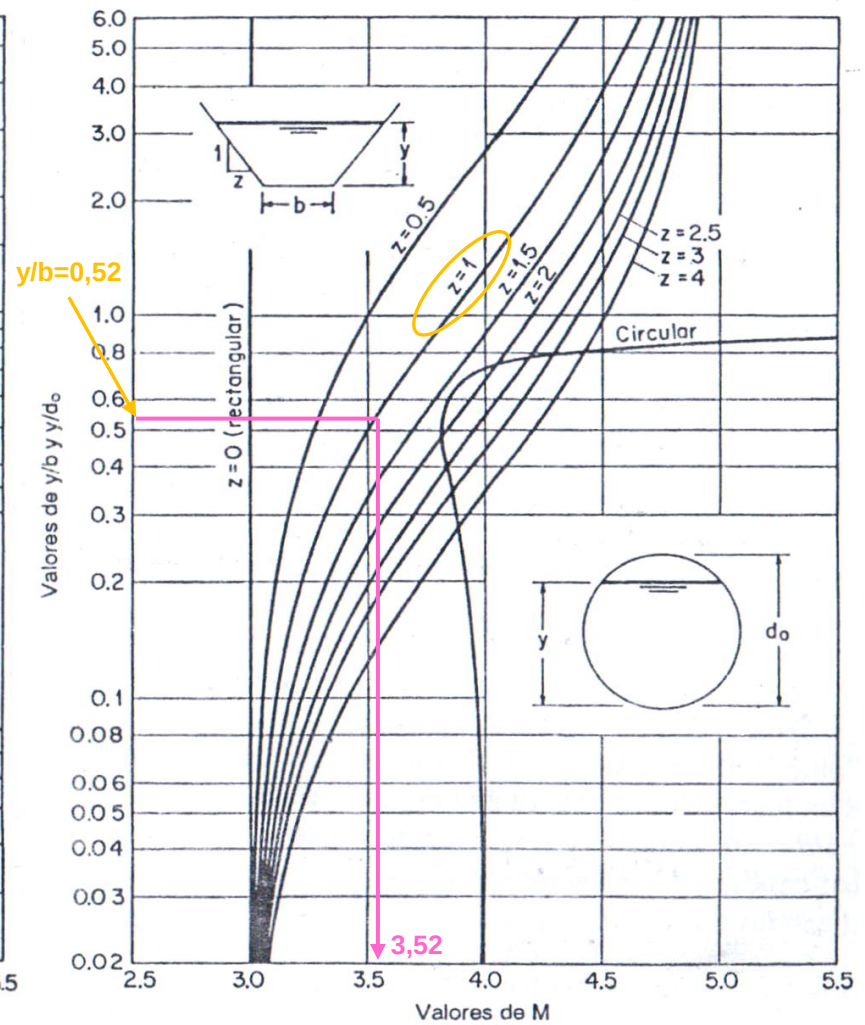


Figura 4-2. Curvas de valores de M .

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

6.- Cálculo de J; J/N; N/J.

$$J = \frac{N}{N-M+1} \quad J = \frac{3,68}{3,68-3,52+1} \quad \underline{J = 3,17}$$

$$J/N = 3,17/3,68 \quad \underline{J/N = 0,861}$$

$$N/J = 3,68/3,17 \quad \underline{N/J = 1,16}$$

7.- Cálculo de los valores de u y v para cada sección.

• Sección (1)

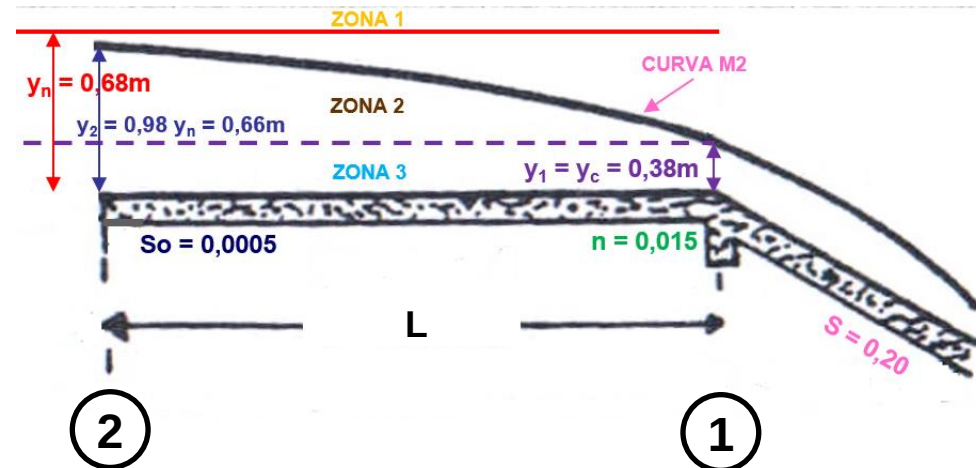
$$u_1 = \frac{y_1}{y_n} = \frac{0,38}{0,68} \quad \underline{u_1 = 0,56}$$

$$v_1 = u_1^{N/J} = 0,56^{1,16} \quad \underline{v_1 = 0,51}$$

• Sección (2)

$$u_2 = \frac{y_2}{y_n} = \frac{0,66}{0,68} \quad \underline{u_2 = 0,97}$$

$$v_2 = u_2^{N/J} = 0,97^{1,16} \quad \underline{v_2 = 0,97}$$



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

8.- Cálculo de las Funciones del Flujo Variado $F(u,N)$ y $F(v,J)$.

Interpolando valores en la tabla D1 se obtiene:

- Sección (1)

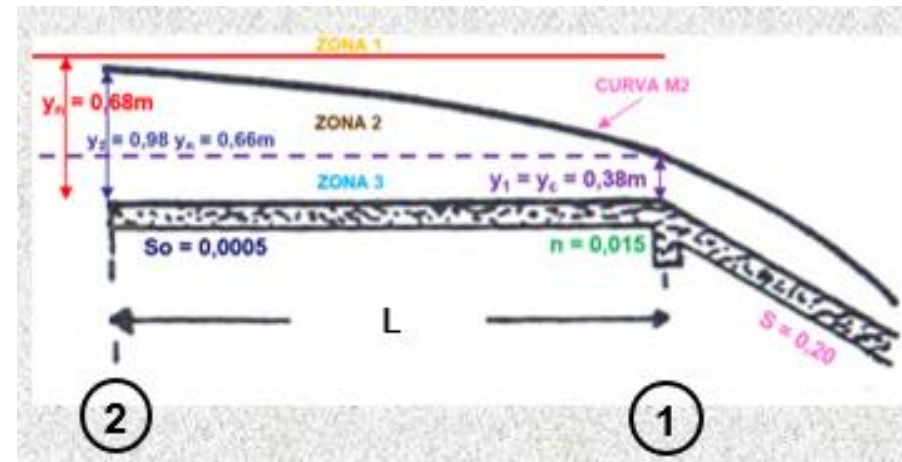
$$F(u_1, N) = F(0,56; 3,68) \quad F(u_1, N) = 0,575$$

$$F(v_1, J) = F(0,51; 3,17) \quad F(v_1, J) = 0,526$$

- Sección (2)

$$F(u_2, N) = F(0,97; 3,68) \quad F(u_2, N) = 1,486$$

$$F(v_2, J) = F(0,97, 3,17) \quad F(v_2, J) = 1,504$$



SECCION	y	u	v	$F(u,N)$	$F(v,J)$
1	0.38	0.56	0.51	0.575	0.526
2	0.66	0.97	0.97	1.486	1.504
DIFERENCIAS		0.41		0.911	0.978

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

Tabla D-1. La función de flujo variado para pendientes positivas, $F(u, N)$

$N=3,68$

N u	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.02	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
0.04	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
0.06	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
0.08	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.12	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
0.14	0.141	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
0.16	0.161	0.161	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
0.18	0.181	0.181	0.181	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
0.20	0.202	0.201	0.201	0.201	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.22	0.223	0.222	0.221	0.221	0.221	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
0.24	0.243	0.242	0.242	0.241	0.241	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
0.26	0.264	0.263	0.262	0.262	0.261	0.261	0.261	0.260	0.260	0.260
0.28	0.286	0.284	0.283	0.282	0.282	0.281	0.281	0.281	0.280	0.280
0.30	0.307	0.305	0.304	0.303	0.302	0.302	0.301	0.301	0.301	0.300
0.32	0.329	0.326	0.325	0.324	0.323	0.322	0.322	0.321	0.321	0.321
0.34	0.350	0.348	0.346	0.344	0.343	0.343	0.342	0.342	0.341	0.341
0.36	0.373	0.370	0.367	0.366	0.364	0.363	0.363	0.362	0.362	0.361
0.38	0.395	0.392	0.389	0.387	0.385	0.384	0.383	0.383	0.382	0.382
0.40	0.418	0.414	0.411	0.408	0.407	0.405	0.404	0.403	0.403	0.402
0.42	0.441	0.437	0.433	0.430	0.428	0.426	0.425	0.424	0.423	0.423
0.44	0.465	0.460	0.456	0.452	0.450	0.448	0.446	0.445	0.444	0.443
0.46	0.489	0.483	0.478	0.475	0.472	0.470	0.468	0.466	0.465	0.464
0.48	0.514	0.507	0.502	0.497	0.494	0.492	0.489	0.488	0.486	0.485
0.50	0.539	0.531	0.525	0.521	0.517	0.514	0.511	0.509	0.508	0.506
0.52	0.565	0.556	0.550	0.544	0.540	0.536	0.534	0.531	0.529	0.528
0.54	0.592	0.582	0.574	0.568	0.563	0.559	0.556	0.554	0.551	0.550
0.56	0.619	0.608	0.600	0.593	0.587	0.583	0.579	0.576	0.574	0.572
0.58	0.647	0.635	0.626	0.618	0.612	0.607	0.603	0.599	0.596	0.594
0.60	0.676	0.663	0.653	0.644	0.637	0.631	0.627	0.623	0.620	0.617
0.61	0.691	0.677	0.666	0.657	0.650	0.644	0.639	0.635	0.631	0.628
0.62	0.707	0.692	0.680	0.671	0.663	0.657	0.651	0.647	0.643	0.640
0.63	0.722	0.707	0.694	0.684	0.676	0.669	0.664	0.659	0.655	0.652
0.64	0.738	0.722	0.709	0.698	0.690	0.683	0.677	0.672	0.667	0.664
0.65	0.754	0.737	0.724	0.712	0.703	0.696	0.689	0.684	0.680	0.676
0.66	0.771	0.753	0.739	0.727	0.717	0.709	0.703	0.697	0.692	0.688
0.67	0.787	0.769	0.754	0.742	0.731	0.723	0.716	0.710	0.705	0.701
0.68	0.805	0.785	0.769	0.757	0.746	0.737	0.729	0.723	0.718	0.713
0.69	0.822	0.802	0.785	0.772	0.761	0.751	0.743	0.737	0.731	0.726

Interpolamos para $N = 3,68$

Tabla D-1. La función de flujo variado para pendientes positivas, $F(u, N)$

J

$J=3,17$

N v u	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.02	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
0.04	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
0.06	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
0.08	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.12	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
0.14	0.141	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
0.16	0.161	0.161	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
0.18	0.181	0.181	0.181	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
0.20	0.202	0.201	0.201	0.201	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.22	0.223	0.222	0.221	0.221	0.221	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
0.24	0.243	0.242	0.242	0.241	0.241	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240
0.26	0.264	0.263	0.262	0.262	0.261	0.261	0.261	0.260	0.260	0.260
0.28	0.286	0.284	0.283	0.282	0.282	0.281	0.281	0.281	0.280	0.280
0.30	0.307	0.305	0.304	0.303	0.302	0.302	0.301	0.301	0.301	0.300
0.32	0.329	0.326	0.325	0.324	0.323	0.322	0.322	0.321	0.321	0.321
0.34	0.350	0.348	0.346	0.344	0.343	0.343	0.342	0.342	0.341	0.341
0.36	0.373	0.370	0.367	0.366	0.364	0.363	0.363	0.362	0.362	0.361
0.38	0.395	0.392	0.389	0.387	0.385	0.384	0.383	0.383	0.382	0.382
0.40	0.418	0.414	0.411	0.408	0.407	0.405	0.404	0.403	0.403	0.402
0.42	0.441	0.437	0.433	0.430	0.428	0.426	0.425	0.424	0.423	0.423
0.44	0.465	0.460	0.456	0.452	0.450	0.448	0.446	0.445	0.444	0.443
0.46	0.489	0.483	0.478	0.475	0.472	0.470	0.468	0.466	0.465	0.464
0.48	0.514	0.507	0.502	0.497	0.494	0.492	0.489	0.488	0.486	0.485
0.50	0.539	0.531	0.525	0.521	0.517	0.514	0.511	0.509	0.508	0.506
0.52	0.565	0.556	0.550	0.544	0.540	0.536	0.534	0.531	0.529	0.528
0.54	0.592	0.582	0.574	0.568	0.563	0.559	0.556	0.554	0.551	0.550
0.56	0.619	0.608	0.600	0.593	0.587	0.583	0.579	0.576	0.574	0.572
0.58	0.647	0.635	0.626	0.618	0.612	0.607	0.603	0.599	0.596	0.594
0.60	0.676	0.663	0.653	0.644	0.637	0.631	0.627	0.623	0.620	0.617
0.61	0.691	0.677	0.666	0.657	0.650	0.644	0.639	0.635	0.631	0.628
0.62	0.707	0.692	0.680	0.671	0.663	0.657	0.651	0.647	0.643	0.640
0.63	0.722	0.707	0.694	0.684	0.676	0.669	0.664	0.659	0.655	0.652
0.64	0.738	0.722	0.709	0.698	0.690	0.683	0.677	0.672	0.667	0.664
0.65	0.754	0.737	0.724	0.712	0.703	0.696	0.689	0.684	0.680	0.676
0.66	0.771	0.753	0.739	0.727	0.717	0.709	0.703	0.697	0.692	0.688
0.67	0.787	0.769	0.754	0.742	0.731	0.723	0.716	0.710	0.705	0.701
0.68	0.805	0.785	0.769	0.757	0.746	0.737	0.729	0.723	0.718	0.713
0.69	0.822	0.802	0.785	0.772	0.761	0.751	0.743	0.737	0.731	0.726

$v=0.51$

Interpolamos para $v = 0.51$ y $J = 3,17$



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

Cálculo del perfil M2 en el tramo aguas arriba

Utilizamos la información obtenida en la parte anterior:

$$y_n = 0,68\text{m}$$

$$y_c = 0,38\text{m}$$

$$y = 0,66\text{m}$$

$$N = 3,68$$

$$M = 3,52$$

$$J = 3,17$$

$$J/N = 0,861$$

$$N/J = 1,16$$

Calculamos el perfil desde $y_c = 0,38\text{m}$ hasta $y = 0,66$; para lo cual establecemos un rango de datos de y , luego procedemos a calcular u , v , $F(u,N)$, $F(v,N)$, x , L .

El valor de x calculamos con la expresión:

$$x = \frac{y_n}{S_0} \left\{ u - F(u, N) + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} * F(v, J) \right\} + cte. \quad Cte = 0$$

$$L = x_1 - x_i$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA (EJERCICIO)

$$u = y/y_n \quad v = u^{N/J}$$

TABLA D1

$$L = x_{inicial} - x_{indiv}$$

y	u	v	F(u,N)	F(v,J)	x	L
0.3800	0.560	0.51	0.575	0.526	59.02	
0.4000	0.590	0.54	0.610	0.559	57.20	1.82
0.4500	0.660	0.62	0.695	0.652	50.85	8.18
0.4800	0.710	0.67	0.762	0.724	38.60	20.42
0.5100	0.750	0.72	0.820	0.798	25.29	33.73
0.5400	0.790	0.76	0.885	0.863	1.10	57.92
0.5700	0.840	0.82	0.980	0.977	-42.88	101.90
0.6000	0.880	0.86	1.074	1.072	-101.98	161.00
0.6300	0.930	0.92	1.241	1.271	-231.05	290.07
0.6600	0.970	0.97	1.486	1.504	-474.67	533.69

$$x = \frac{y_n}{S_0} \left\{ u - F(u, N) + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} * F(v, J) \right\} + cte.$$

$$Cte = 0$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA (EJERCICIO)

$$u = y/y_n \quad v = u^{N/J}$$

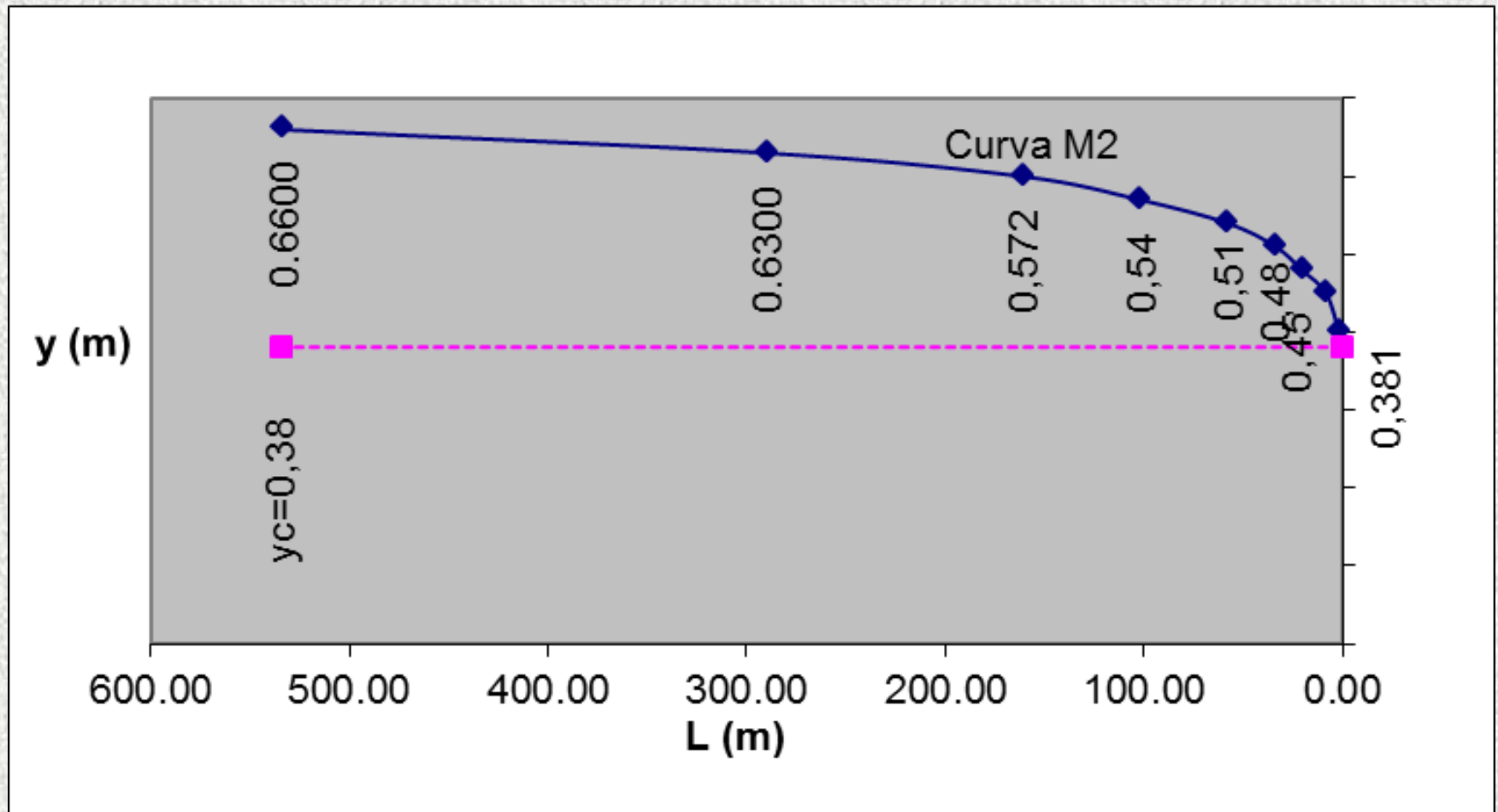
TABLA D1

$$L = x_{inicial} - x_{indiv}$$

y	u	v	F(u,N)	F(v,J)	x	L
0.6600	0.970	0.97	1.486	1.504	-474.67	
0.6300	0.930	0.92	1.241	1.271	-231.05	243.62
0.6000	0.880	0.86	1.074	1.072	-101.98	372.69
0.5700	0.840	0.82	0.980	0.977	-42.88	431.79
0.5400	0.790	0.76	0.885	0.863	1.10	475.78
0.5100	0.750	0.72	0.820	0.798	25.29	499.96
0.4800	0.710	0.67	0.762	0.724	38.60	513.27
0.4500	0.660	0.62	0.695	0.652	50.85	525.52
0.4000	0.590	0.54	0.610	0.559	57.20	531.87
0.3800	0.560	0.51	0.575	0.526	59.02	533.69

$$x = \frac{y_n}{S_0} \left\{ u - F(u, N) + \left(\frac{y_c}{y_n} \right)^M \frac{J}{N} * F(v, J) \right\} + cte. \quad Cte = 0$$

3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA (EJERCICIO)



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

🇨🇴 Cálculo de la curva de remanso, método de Bakhmeteff

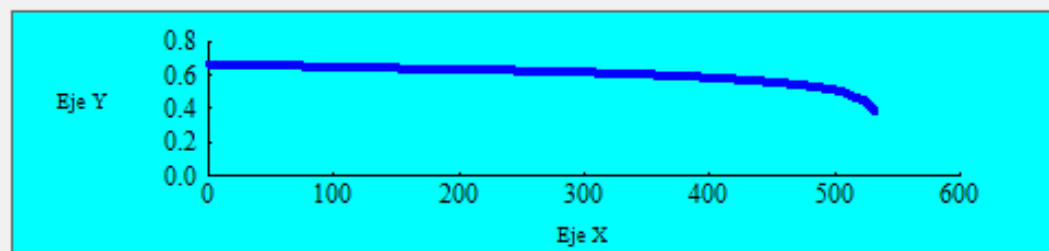
Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Pendiente (S):
 Tirante normal (y_n): m
 Tirante crítico (y_c): m
 Tirante inicial (y₁): m
 Tirante final (y₂): m
 Número de tramos (nt):

Resultados parciales:

Valor de N: Valor de M: Valor de J:

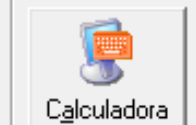
y	u=y/y _n	v=u ⁵ (N/J)	F(u,N)	F(v,J)	deltax	x
0,6600	0,9706	0,9659	1,4913	1,5572	-473,0285	0,00
0,6460	0,9500	0,9421	1,3394	1,3816	-320,9329	152,10
0,6320	0,9294	0,9184	1,2378	1,2646	-228,4703	244,56
0,6180	0,9088	0,8947	1,1603	1,1756	-164,4599	308,57
0,6040	0,8882	0,8712	1,0969	1,1030	-117,1285	355,90
0,5900	0,8676	0,8477	1,0427	1,0413	-80,7408	392,29
0,5760	0,8471	0,8244	0,9950	0,9872	-52,0663	420,96
0,5620	0,8265	0,8011	0,9521	0,9388	-29,1040	443,92



Resultados finales:

x	y
0,00	0,6600
152,10	0,6460
244,56	0,6320
308,57	0,6180
355,90	0,6040
392,29	0,5900
420,96	0,5760
443,92	0,5620
462,50	0,5480
477,62	0,5340
489,94	0,5200

Copiar al portapapeles los resultados



3.- METODO DE INTEGRACION DIRECTA

 Cálculo de la curva de remanso, método de Bakhmeteff

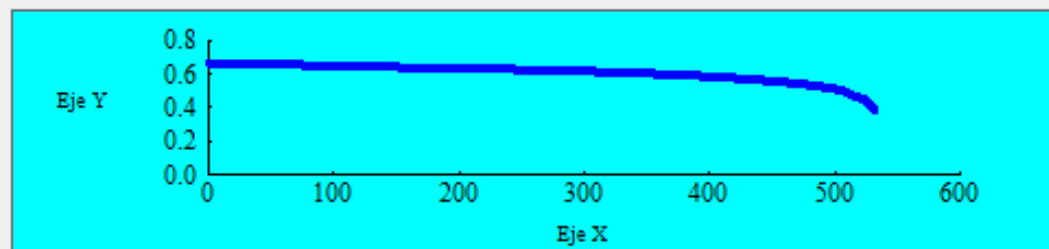
Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Ancho de solera (b): m
 Talud (Z):
 Pendiente (S):
 Tirante normal (y_n): m
 Tirante crítico (y_c): m
 Tirante inicial (y₁): m
 Tirante final (y₂): m
 Número de tramos (nt):

Resultados parciales:

Valor de N: Valor de M: Valor de J:

y	u=y/y _n	v=u ³ (N/J)	F(u,N)	F(v,J)	deltax	x
0.4640	0.6824	0.6410	0.7240	0.6851	46.8313	519.86
0.4500	0.6618	0.6186	0.6972	0.6559	50.8680	523.90
0.4360	0.6412	0.5962	0.6712	0.6277	53.9135	526.94
0.4220	0.6206	0.5740	0.6460	0.6005	56.1043	529.13
0.4080	0.6000	0.5519	0.6214	0.5741	57.5556	530.58
0.3940	0.5794	0.5300	0.5974	0.5485	58.3656	531.39
0.3800	0.5588	0.5081	0.5739	0.5235	58.6188	531.65



Resultados finales:

x	y
489.94	0.5200
499.98	0.5060
508.12	0.4920
514.67	0.4780
519.86	0.4640
523.90	0.4500
526.94	0.4360
529.13	0.4220
530.58	0.4080
531.39	0.3940
531.65	0.3800

Copiar al portapapeles los resultados

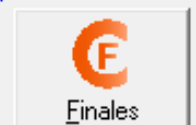
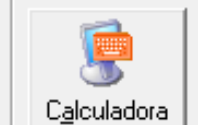
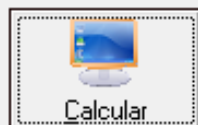


Tabla D-1. La función de flujo variado para pendientes positivas, $F(u, N)$

$\begin{matrix} N \\ u \end{matrix}$	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.02	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
0.04	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
0.06	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
0.08	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.12	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120
0.14	0.141	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
0.16	0.161	0.161	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160	0.160
0.18	0.181	0.181	0.181	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180
0.20	0.202	0.201	0.201	0.201	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.22	0.223	0.222	0.221	0.221	0.221	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
0.24	0.243	0.242	0.242	0.241	0.241	0.241	0.240	0.240	0.240	0.240
0.26	0.264	0.263	0.262	0.262	0.261	0.261	0.261	0.260	0.260	0.260
0.28	0.286	0.284	0.283	0.282	0.282	0.281	0.281	0.281	0.280	0.280
0.30	0.307	0.305	0.304	0.303	0.302	0.302	0.301	0.301	0.301	0.300
0.32	0.329	0.326	0.325	0.324	0.323	0.322	0.322	0.321	0.321	0.321
0.34	0.350	0.348	0.346	0.344	0.343	0.343	0.342	0.342	0.341	0.341
0.36	0.373	0.370	0.367	0.366	0.364	0.363	0.363	0.362	0.362	0.361
0.38	0.395	0.392	0.389	0.387	0.385	0.384	0.383	0.383	0.382	0.382
0.40	0.418	0.414	0.411	0.408	0.407	0.405	0.404	0.403	0.403	0.402
0.42	0.441	0.437	0.433	0.430	0.428	0.426	0.425	0.424	0.423	0.423
0.44	0.465	0.460	0.456	0.452	0.450	0.448	0.446	0.445	0.444	0.443
0.46	0.489	0.483	0.478	0.475	0.472	0.470	0.468	0.466	0.465	0.464
0.48	0.514	0.507	0.502	0.497	0.494	0.492	0.489	0.488	0.486	0.485
0.50	0.539	0.531	0.525	0.521	0.517	0.514	0.511	0.509	0.508	0.506
0.52	0.565	0.556	0.550	0.544	0.540	0.536	0.534	0.531	0.529	0.528
0.54	0.592	0.582	0.574	0.568	0.563	0.559	0.556	0.554	0.551	0.550
0.56	0.619	0.608	0.600	0.593	0.587	0.583	0.579	0.576	0.574	0.572
0.58	0.647	0.635	0.626	0.618	0.612	0.607	0.603	0.599	0.596	0.594
0.60	0.676	0.663	0.653	0.644	0.637	0.631	0.627	0.623	0.620	0.617
0.61	0.691	0.677	0.666	0.657	0.650	0.644	0.639	0.635	0.631	0.628
0.62	0.707	0.692	0.680	0.671	0.663	0.657	0.651	0.647	0.643	0.640
0.63	0.722	0.707	0.694	0.684	0.676	0.669	0.664	0.659	0.655	0.652
0.64	0.738	0.722	0.709	0.698	0.690	0.683	0.677	0.672	0.667	0.664
0.65	0.754	0.737	0.724	0.712	0.703	0.696	0.689	0.684	0.680	0.676
0.66	0.771	0.753	0.739	0.727	0.717	0.709	0.703	0.697	0.692	0.688
0.67	0.787	0.769	0.754	0.742	0.731	0.723	0.716	0.710	0.705	0.701
0.68	0.805	0.785	0.769	0.757	0.746	0.737	0.729	0.723	0.718	0.713
0.69	0.822	0.802	0.785	0.772	0.761	0.751	0.743	0.737	0.731	0.726

SECCION DE CONTROL

Algunos ejemplos de secciones de control son las presas, vertederos y compuertas, así como también la intersección bien definida de la línea del perfil de flujo y la correspondiente al tirante crítico, esto ocurre en el punto de cambio de pendiente de dos tramos el de aguas arriba de pendiente suave y el de aguas debajo de pendiente fuerte.

