

# ALGUNAS ORIENTACIONES RELATIVAS AL CALCULO DE CANALES

Por JOSE GARCIA AUGUSTIN  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

*Presenta el autor una serie de fórmulas y datos de interés para el estudio de canales, que pueden facilitar el trabajo de los tanteos de anteproyecto para elegir la solución más conveniente antes de ponerse a desarrollar el proyecto definitivo.*

Estas líneas no tienen más objeto que exponer una serie de datos y antecedentes que puedan orientar al proyectista, haciéndole más fácil y rápido el trabajo de los tanteos de anteproyecto que le permitirán elegir la solución más conveniente para desarrollarla con todo detalle en el proyecto definitivo.

Suponemos resueltos todos los antecedentes, tales como plan general, obras de regulación y derivación, etcétera, de tal forma que se haya comprobado la conveniencia y posibilidad económico-social de construir el canal. El ingeniero tiene ya una labor concreta y determinada: la de redactar el proyecto definitivo del canal.

Nos referimos especialmente a los canales de riego.

Como datos fundamentales disponemos:

1.º *Del caudal Q.* — Proporcionado por el Servicio Agronómico, en vista de una superficie a dominar, de una ordenación de cultivos, de un consumo específico medio, medido por metros cúbicos por hectárea y año, y de una distribución mensual de aquel consumo medio, repartido en la campaña de riegos, que nos proporcionará el caudal máximo a conducir por el canal, suponiendo el mínimo diario de horas de riego que se adopten para la explotación.

2.º *De una pendiente.* — El trazado más económico aconseja seguir la media del terreno del futuro emplazamiento probable del canal, o la que se obtenga partiendo de su toma, y alcanzando zonas o pasos obligados o convenientes.

La pendiente mínima que domine la zona de riego por uno de sus bordes más altos dará un límite. Pueden tantearse después otras pendientes, cuyo aumento traerá consigo un menor presupuesto del canal y una disminución de superficie regable, cuya riqueza perdida se puede capitalizar para comparar con la economía obtenida en el coste del primer establecimiento. En general, con canales normales es más rentable no perder zona regable. Las comparaciones pue-

den relativamente establecerse dentro de límites aceptables.

Hay que considerar los transversales para el trazado de la rasante, y no sólo el longitudinal; rasante que, aun conservada en su pendiente, debe tantearse variar en altura en relación con la profundidad del agua. Las curvas deben tener un radio a menos igual a  $20h$ , siendo  $h$  el tirante de agua; no debe bajarse de los 40 m.

Disponiendo de los dos datos anteriores, conocemos el cociente  $\frac{Q}{\sqrt{I}}$  que igualaremos al miembro correspondiente de cualquier fórmula que ligan los elementos del canal en el régimen libre y uniforme.

Emplearemos la fórmula de Manning, de fácil manejo, por ser monomía y dar resultados muy semejantes, algo más conservadores, a la tan utilizada de Bazin; ambas son prácticas y empíricas, por ser las utilizadas corrientemente en las aplicaciones industriales, y deducidas enteramente por resultados experimentales. Si se desea, y para el proyecto definitivo, se pueden emplear las teóricoracionales establecidas por consideraciones fundadas en la mecánica de los fluidos; por ejemplo, las de Koch, Vibert o Colebrook.

Haciendo aquella igualación, tendremos:

$$\frac{Q}{\sqrt{I}} = S \cdot \frac{1}{n} R^{2/3},$$

siendo:

$S$  = la sección en m.<sup>2</sup>.

$n$  = coeficiente de rugosidad de la fórmula de Manning.

$R$  = radio hidráulico en metros.

El valor de  $n$  puede obtenerse del cuadro siguiente, que incluso hemos relacionado con los coeficientes de Bazin:

|   | BAZIN | MANNING |
|---|-------|---------|
| Paredes y fondos muy lisos . . . . .  | 0,06  | 0,013   |
| Paredes y fondos lisos . . . . .  | 0,16  | 0,014   |
| Paredes y fondo toscamente pulido .   | 0,30  | 0,015   |
| Paredes y fondo de piedra toscamente tallada - hormigón sin pulir . .                   | 0,46  | 0,017   |
| Paredes y fondo de naturaleza mixta (mamostería-hormigón-tierra) . .                    | 0,85  | 0,022   |
| Paredes y fondo de tierra en perfiles regulares bien ejecutados y conservados . . . . . | 1,30  | 0,026   |
| Paredes y fondo de tierra corrientes.   | 1,75  | 0,030   |

Para un canal revestido de hormigón normal se puede tomar  $n = 0,014$ , equivalente al de Bazin:  $\gamma = 0,16$ .

No es necesario justificar la sección transversal trapecial como la más adecuada para una más fácil ejecución de la obra y más económica explotación.

En este caso de sección trapecial, conocidos  $Q$  e  $I$ , se tienen tres incógnitas: ancho, en la base  $b$ , altura de agua  $h$  y la pendiente de los taludes  $m : m$  de base por 1 de altura, de tal forma que  $\cotg \omega = m$ , siendo  $\omega$  el ángulo del talud con la horizontal.

La pendiente  $m$  de los taludes es muy frecuentemente impuesta por las condiciones y naturaleza del terreno y por la conveniencia de facilitar la ejecución mecánica de las obras y del revestido, pudiéndose incluso, en vista de dicha facilidad, reducir su espesor, con la consiguiente ventaja a este respecto.

Las máquinas de revestir de gran rendimiento no se pueden acomodar a taludes muy rígidos; 5 de base por 4 de altura suele ser un máximo, y se toma generalmente 3 de base por 2 de altura.

Pero aún quedan dos incógnitas,  $b$  y  $h$ , para una sola relación. Es, por tanto, necesario disponer de una segunda ecuación.

En la práctica esta segunda relación resulta generalmente de la aplicación de fórmulas empíricas, fruto de las experiencias adquiridas, evitando empezar los tanteos por valores o relaciones arbitrarios, que nos llevarían más tiempo y trabajo y la obtención de secciones no convenientes.

Se puede empezar por tantear la sección más favorable, es decir, de perímetro mojado mínimo, que para un mismo material mide la influencia del coeficiente de rugosidad. En esta sección el radio hidráulico vale la mitad de la profundidad:  $R = 0,50 h$ .

Esta sección es realmente profunda y muchas veces no es la más conveniente, sobre todo en terreno llano rocoso, y por aumentar el tirante de agua y, por tanto, las filtraciones, y porque da menores anchos en el fondo, lo que podría dificultar la más económica excavación mecánica, etc.

Por eso, el proyectista debe tantear además algunas otras secciones que le sirvan de comparación para elegir con acierto. Y para esto aconsejamos dos orientaciones.

Los estudios y obras de Molesworth en la India, por los que propuso la relación  $h = \sqrt{\frac{S}{3}}$ , que da para cada talud los valores siguientes de relación entre ancho en el fondo y tirante de agua:

|               |   |     |     |       |     |
|---------------|---|-----|-----|-------|-----|
| $m$           | 0 | 1/2 | 1/1 | 1,5/1 | 2/1 |
| $\frac{b}{h}$ | 3 | 2,5 | 2   | 1,5   | 1   |

da secciones menos profundas que la fórmula de la más favorable.

Asimismo en Estados Unidos el "Bureau of Reclamation Service" da la relación  $h = \frac{\sqrt{S}}{2}$ ; con su

aplicación se obtienen secciones bastante más anchas y menos profundas, y proporciona las relaciones siguientes:

|               |   |      |     |       |     |
|---------------|---|------|-----|-------|-----|
| $m$           | 0 | 1/2  | 1/1 | 1,5/1 | 2/1 |
| $\frac{b}{h}$ | 4 | 3,50 | 3   | 2,50  | 2   |

Con estos datos hemos confeccionado los cuadros adjuntos, que pueden facilitar mucho los cálculos y con la consideración de las tres secciones, favorable o profunda, media y menos profunda y más ancha.

Los cuadros están calculados para  $n = 0,014$  de la fórmula de Manning, o sea revestimiento de hormigón de cemento normal; equivale aproximadamente en Bazin a  $\gamma = 0,16$ .

En los cuadros adjuntos, y según el criterio que sigamos en la elección se la sección (profunda-mediana o profunda) y los taludes que adoptemos, con el caudal de cálculo y la pendiente tanteada, encontramos inmediatamente el calado por la fórmula  $h^{8/3} = \frac{Q}{0,485 V T}$  y con el mismo todas las características de la sección. A continuación comprobaremos la velocidad, y si no fuese admisible, podemos variar, dentro de ciertos límites, o la pendiente o la profundidad, o ambas, hasta obtener la deseada y conveniente.

En igualdad de todas las condiciones, la sección más favorable es, naturalmente, la más económica, tanto en sección como, sobre todo, en perímetro mojado, que influye en el coste del revestido. Pero creemos debería tenerse en cuenta que los taludes más tendidos deben necesitar menos espesor de revestido, por la sola consideración de ser de mucha más fácil ejecución al poder prescindir del encofrado, con la garantía de conservar el espesor, cuya variación es causa de la aparición de grietas en los puntos debilita-

$$\text{SECCIÓN MÁS FAVORABLE: } R = \frac{h}{2}$$

| TALUDES: HORIZONTAL-VERTICAL |   | 0                       | 1:2                     | 1:1                     | 1,5:1                   | 2:1                      |
|------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| $m = \cotg \omega$           |   | 0                       | 0,50                    | 1,00                    | 1,50                    | 2,00                     |
| Valores de:                  | $2\sqrt{1+m^2}$ . . . . .                     | 2                       | 2,24                    | 2,82                    | 3,60                    | 4,47                     |
|                              | $M = 2\sqrt{1+m^2} - m$ . . . . .             | 2                       | 1,74                    | 1,82                    | 2,10                    | 2,47                     |
|                              | $M - m$ . . . . .                             | 2                       | 1,24                    | 0,82                    | 0,60                    | 0,47                     |
|                              | $M + m$ . . . . .                             | 2                       | 2,24                    | 2,82                    | 3,60                    | 4,47                     |
| Sección:                     | $S = M h^2$ . . . . . m. <sup>2</sup>         | $2 h^2$                 | $1,74 h^2$              | $1,82 h^2$              | $2,10 h^2$              | $2,47 h^2$               |
| Perímetro:                   | $P = 2 M h$ . . . . . m.                      | $4 h$                   | $3,48 h$                | $3,64 h$                | $4,20 h$                | $4,94 h$                 |
| Radio hidráulico:            | $R = 0,50 h$ . . . . . m.                     | $0,50 h$                | $0,50 h$                | $0,50 h$                | $0,50 h$                | $0,50 h$                 |
| Ancho en el fondo:           | $b = (M - m) h$ . . . . . m.                  | $2 h$                   | $1,24 h$                | $0,82 h$                | $0,60 h$                | $0,47 h$                 |
| íd. superficie:              | $a = (M + m) h$ . . . . . m.                  | $2 h$                   | $2,24 h$                | $2,82 h$                | $3,60 h$                | $4,47 h$                 |
| Calado:                      | $h^{8/3} = \frac{Q}{45 M \sqrt{I}}$ . . . . . | $\frac{Q}{90 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{78 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{82 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{95 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{111 \sqrt{I}}$ |

dos; es también más fácil la compactación del terreno, sobre todo en las zonas de superficie. Exige esta forma de colocación el empleo de la regla vibrante, que se desliza sobre los paños alternos, para conseguir la compacidad e impermeabilidad del hormigón. Y quizá el precio unitario del hormigón del revestido pudiese ser menor al poder prescindir del encofrado.

Téngase en cuenta que la correcta ejecución es fundamental para el futuro comportamiento del revestido, y aquélla se facilita haciendo fácil, en lo posible, la colocación y compactado del hormigón. A todas las soluciones y medios empleados en la ejecución es factor común un adecuado "curado", que influye de manera decisiva en la garantía del producto.

La duración de un buen revestido de hormigón no debe ser inferior a los cuarenta años. Si está bien ejecutado, las pérdidas de agua no deben ser mayores de 15 litros por metro cuadrado de superficie mojada en veinticuatro horas. La separación de las juntas es función del coeficiente de frotamiento del revestimiento contra el terreno; oscila entre  $20e$  y  $100e$ , siendo  $e$  el espesor; como término medio se puede tomar  $50e$ ; cuando la superficie del terreno no se termina muy bien, es aconsejable tomar como separación de juntas casi la mitad de la obtenida por aquella regla.

Por esto creemos que deben tantearse secciones con taludes más tendidos y menor espesor de revestimiento que los adoptados para taludes más rígidos, y no limitarse a la sección más económica, sino a otras, aunque próximas, que podrían proporcionar algunas ventajas. Los cuadros que acompañamos, u otros semejantes que pudieran establecerse, pueden facilitar

mucho los tanteos. Esta solución puede también evitar las transiciones entre secciones de diferentes taludes interiores, al pasar del de desmonte al de terraplén, que pensamos en la práctica deben ser diferentes, a pesar de que en el terraplén pueda alcanzarse compactaciones bastante grandes; pero siempre queda la zona superficial de talud, que será siempre la más débil.

Algún comentario merece la velocidad. Hay un límite superior que por erosión no conviene rebasar. Un buen revestido de hornigón puede resistir hasta  $4 \text{ m.}^3/\text{s.}$ , aunque generalmente se adopta  $1,50$  a  $2 \text{ m.}^3/\text{s.}$ , que no perturba el ingreso del agua en las derivaciones, lo que puede suceder con velocidades altas, a menos de tomar precauciones especiales. La velocidad inferior debe evitar sedimentaciones para que no tengan lugar pérdidas de sección o aumento de rugosidad, en general merma de capacidad, y conseguir que los limos o fangos, al ser fertilizantes, lleguen a las tierras. La influencia de la velocidad sobre la vegetación es realmente muy limitada.

Kennedy, después de numerosas experiencias realizadas en la India y en Egipto, ha dado una fórmula de la velocidad mínima admisible para evitar depósitos de material en suspensión. Esta fórmula es:

$$V_0 = \beta h^{0,64},$$

en la que:

$h$  = altura del agua en el canal,

$\beta$  = coeficiente variable según la dimensión y naturaleza del material en suspensión.

SECCIÓN NORMAL (orientación Molesworth) (riegos de la India)  $h = \sqrt{\frac{s}{3}}$  y  $A = b : h$ .

| TALUDES: HORIZONTAL - VERTICAL<br>$m = \cotg \omega$  | 0                        | 1:2                      | 1:1                      | 1,5:1                    | 2:1                      |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | 0                        | 0,50                     | 1,00                     | 1,50                     | 2,00                     |
| Valores de: $2 \sqrt{1+m^2}$ . . . . .  | 2                        | 2,24                     | 2,82                     | 3,60                     | 4,67                     |
| $A = b : h$ ancho en el fondo b m .   | 3 h                      | 2,5 h                    | 2,00 h                   | 1,50 h                   | 1,00 h                   |
| Sección: $S (b + m h) h$ . . . . . m. <sup>2</sup>  | 3 h <sup>2</sup>         | 3 h <sup>2</sup>         | 3 h <sup>2</sup>         | 3 h <sup>2</sup>         | 3 h <sup>2</sup>         |
| Perímetro: $P = b + 2 \sqrt{1+m^2} h$ . . . m..   | 5 h                      | 4,75 h                   | 4,82 h                   | 5,10 h                   | 5,47 h                   |
| Radio hidráulico: $R = S : P = \alpha h$ . . . . . m..  | 0,60 h                   | 0,63 h                   | 0,62 h                   | 0,59 h                   | 0,55 h                   |
| Calado: $h^{8/3} = \frac{Q n}{3 (\alpha)^{2/3} \sqrt{I}} = \frac{Q}{214 \alpha^{2/3} \sqrt{I}}$ |                          |                          |                          |                          |                          |
| Valor . . . . . $\alpha^{2/3}$  | 0,711                    | 0,735                    | 0,727                    | 0,703                    | 0,672                    |
| $h^{8/3}$   | $\frac{Q}{152 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{157 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{156 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{150 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{144 \sqrt{I}}$ |

SECCIÓN NORMAL (orientación Reclamation Service)  $h = \sqrt{\frac{s}{2}}$  y  $A = b : h$ .

| TALUDES: HORIZONTAL - VERTICAL<br>$m = \cotg \omega$  | 0                        | 1:2                      | 1:1                      | 1,5:1                    | 2:1                      |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|   | 0                        | 0,50                     | 1,00                     | 1,50                     | 2,00                     |
| Valores de: $2 \sqrt{1+m^2}$ . . . . .  | 2                        | 2,24                     | 2,82                     | 3,60                     | 4,47                     |
| $A = b : h$ ancho fondo . . . . . b m.  | 4 h                      | 3,5 h                    | 3,0 h                    | 2,5 h                    | 2 h                      |
| Sección: $S = (b + m h) h$ . . . . . m. <sup>2</sup>  | 4 h <sup>2</sup>         | 4 h <sup>2</sup>         | 4 h <sup>2</sup>         | 4 h <sup>2</sup>         | 4 h <sup>2</sup>         |
| Perímetro: $P = b + 2 \sqrt{1+m^2} h$ . . . m .   | 6 h                      | 5,74 h                   | 5,82 h                   | 6,10 h                   | 6,47 h                   |
| Radio hidráulico: $R = S : P = \alpha . h$ . . . . . m..  | 0,67 h                   | 0,70 h                   | 0,69 h                   | 0,66 h                   | 0,62 h                   |
| Calado: $= h^{8/3} = \frac{Q n}{4 (\alpha)^{2/3} \sqrt{I}} = \frac{Q}{286 \alpha^{2/3} \sqrt{I}}$ |                          |                          |                          |                          |                          |
|   | $\frac{Q}{219 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{225 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{223 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{220 \sqrt{I}}$ | $\frac{Q}{208 \sqrt{I}}$ |

Este coeficiente puede valer:

- 0,40 limos o fangos ligeros y arenas muy finas,
- 0,55 arenas finas de 0,4 mm. de diámetro,
- 0,63 arenas de grueso medio,
- 0,67 arenas bastante gruesas,
- 0,90 arenas muy gruesas.

Esta fórmula conduce a canales relativamente anchos y menos profundos; puede servir para una primera aproximación y, en general, da una indicación

inferior. Esta aproximación se puede obtener por la fórmula de Manning en la forma siguiente:

$$\frac{1}{n} R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \beta h^{0,64} \approx \beta h^{2/3},$$

de donde se deduce:

$$I = (\beta h)^2,$$

y como hemos encontrado  $h$ , según el valor de  $\beta$  que corresponde a la práctica, podemos encontrar  $I$  como límite inferior de la pendiente.

Con esta manera de operar podemos hacer rápidamente varios tanteos.

Ya no es tan fácil encontrar el probable coste de las diversas soluciones generales de canal que se tanteen.

No se pueden obtener más que orientaciones cambiando ciertos datos, pero que quizá puedan ser de utilidad.

Los dos costes fundamentales son las excavaciones y movimiento de tierras y los revestimientos. En canales de topografía normal estos dos importes suponen el 70 por 100 del presupuesto total; en topografía más accidentada o rasante más elevada, que necesita mucha más obra de fábrica, aquella cifra puede bajar el 50 por 100, sufriendo el consiguiente incremento la partida de las obras de fábrica; el resto de afirmado, señalización y varios no pasa, generalmente, del 5 por 100. El coste de estas dos partidas le llamamos principal, y de él se deducirá el total; todos por metro lineal.

La fórmula del coste podría establecerse así:

Coste principal de ejecución material por m. l. igual a:

Sección hidráulica  $m.^2 \times$  coeficiente para obtener el volumen total desmonte más terraplén.

$\times$  precio medio del movimiento de tierras.

$+$  perímetro mojado  $\times$  coeficiente de aumento por resguardo.

$\times$  espesor.

$\times$  precio del revestido.

Tanto la sección como el perímetro se pueden poner en función de la profundidad de agua  $h$ , ya deducida, y del talud  $m$  elegido; la sección varía con el cuadrado de  $h$ ; el perímetro, con  $h$ .

Para un tanteo previo meramente comparativo bastaría relacionar la sección hidráulica obtenida por cálculo en cada caso, con el posible volumen desmonte-terraplén. La estimación es bastante aleatoria. En varios proyectos que hemos conocido, aquel coeficiente varía de 1,30 a 2,20. Los tanteos se facilitan suponiendo que se mantienen estos coeficientes al mover paralelamente la rasante; la misma hipótesis, al variar la pendiente, es ya más dudosa; pero no es difícil hacer algunos tanteos ligeros con varias pendientes, que den aproximadamente el valor de aquellos coeficientes.

El coeficiente que mide el resguardo es bien fácil obtenerlo una vez calculado  $h$  y elegido el resguardo.

El espesor y los precios son también de fácil obtención o previsión.

El coste obtenido hay que multiplicarlo por 1,16, coeficiente de contrata, y por el aumento que suponen las restantes unidades, principalmente obras de fábrica, que podemos tomar como medio entre 1,30 y 1,47 por 100, según sean pocas o muchas e importantes las obras de fábrica.

Algunos tanteos previos de trazado podrán orientar sobre la posible elección de estos coeficientes.

Hemos aplicado estas consideraciones a algunos casos prácticos de proyectos, y hemos encontrado para un mismo canal:

*Canal con taludes 1/1; espesor revestido, 0,20 m.; resguardo, 0,50 m.*

Sección más favorable: Coste p. m. l. =  
=  $(168 h^2 + 760 h) \times 2,16$ .

Sección tipo Molesworth: Coste p. m. l. =  
=  $(270 h^2 + 1054 h) \times 2,16$ .

Sección tipo «Bureau of Reclamation Service»: Coste p. m. l. =  
=  $(360 h^2 + 1304 h) \times 2,16$ .

Aplicando estas fórmulas para  $n = 0,014$ ;  $Q = 17$  metros cúbicos/s.;  $i = 0,0003$ ;  $h^{2/3} = \frac{Q}{0 \sqrt{1}}$ , se deducen las alturas de agua de 2,56—2,01 y 1,75 m., y con ello los costes siguientes:

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| 6 577 ptas./m.l. | 387 ptas./m./m. <sup>3</sup> . |
| 6 934 »          | 408 »                          |
| 7 312 »          | 430 »                          |

*Canal con taludes, 1,51/1; espesor revestido, 0,15 metros; resguardo, 0,50 m.*

Sección más económica: Coste p. m. l. =  
=  $(195 h^2 + 621 h) \times 2,16$ .

Sección tipo Molesworth: Coste p. m. l. =  
=  $(270 h^2 + 837 h) \times 2,16$ .

Sección tipo «Bureau of Reclamation Service»: Coste p. m. l. =  
=  $(360 h^2 + 1025 h) \times 2,16$ .

Aplicando estas fórmulas para  $n = 0,014$ ;  $Q = 17$  m.<sup>3</sup>/s.;  $i = 0,0003$  y  $h^{2/3} = \frac{Q}{0 \sqrt{1}}$ , se deducen las profundidades de 2,47, 2,04 y 1,76, y los costes siguientes:

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| 5 884 ptas./m.l. | 346 ptas./m./m. <sup>3</sup> , |
| 6 115 »          | 360 »                          |
| 6 305 »          | 371 »                          |

Y para tres canales diferentes, con su topografía propia: taludes, 1/1; espesor del revestido, 0,20 m., y resguardo, 0,50 m.:

$$\begin{aligned} \text{Coste p. m. l.} &= (174 h^2 + 648 h) \times 1,66, \\ & \text{»} \quad \text{»} \quad = (183 h^2 + 790 h) \times 1,54, \\ & \text{»} \quad \text{»} \quad = (168 h^2 + 760 h) \times 2,16. \end{aligned}$$

$h$  se calculará siempre por la relación  $h^{2/3} = \frac{Q}{0 \sqrt{1}}$ ,

en donde  $\theta$  depende del coeficiente  $n$  de Manning y de la relación entre el radio hidráulico y la profundidad  $R = \alpha h$  ( $\alpha = 0,50$  para la sección más favorable; en otros casos puede llegar a  $0,70$ );  $\theta = \alpha^{2/3} : n$ ; y entonces tendremos los costes p. m. l. según sean  $Q$  e  $I$ .

En el caso estudiado, siempre para la sección más favorable ( $R = 0,50 h$ ), con espesor de revestido de  $0,20$  m. y resguardo de  $0,50$  m., hemos obtenido:

|                                  |                                 |                        |
|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| $Q = 42 \text{ m.}^3/\text{s.};$ | $i = 0,0002;$                   | $h = 2,87 \text{ m.};$ |
| $Q = 17 \text{ m.}^3/\text{s.};$ | $i = 0,0002;$                   | $h = 2,79 \text{ m.};$ |
| $Q = 17 \text{ m.}^3/\text{s.};$ | $i = 0,0003;$                   | $h = 2,56 \text{ m.};$ |
| $C = 8\ 488 \text{ ptas./m.l.}$  | $202 \text{ ptas./m. l./m.}^3;$ |                        |
| $C = 5\ 587$                     | $\bullet$                       | $329 \bullet$          |
| $C = 6\ 577$                     | $\bullet$                       | $337 \bullet$          |

En el último ejemplo las obras de fábrica muy importantes, ya que suponen el 42 por 100 del total, cuando en el primero eran sólo del 25 por 100 y en el segundo del 16 por 100. Aquella importancia fué la suficiente para contrarrestar el menor coste por mayor pendiente, como puede comprobarse por la fórmula correspondiente.

Además, en el primero el revestido, a nuestro juicio, tenía dosificación insuficiente de  $200 \text{ Kg.}$  en lugar de  $300 \text{ Kg./m.}^3$  en los demás casos, que encontramos preferible.

Aunque nada de esto es exacto, sobre todo en cuanto a costos, pensamos que estos datos y orientaciones pueden servir de cierta utilidad al que tenga que proyectar un canal, para acercarse en lo posible a la solución más conveniente.