

OBRAS HIDRÁULICAS II

QUINTO SEMESTRE

MA. GABRIELA ZÚÑIGA RODRÍGUEZ

OBRAS HIDRÁULICAS II

Unidad 2

OBRAS ESPECIALES EN CANALES

OBRAS ESPECIALES EN CANALES

1.1 INTRODUCCIÓN A OBRAS ESPECIALES

1.2 ACUEDUCTOS

1.3 SIFONES

1.4 ALCANTARILLAS

1.5 DESARENADORES

1.6 RESERVORIOS

DEFINICIÓN

- Las **Alcantarillas** son conductos de sección circular o rectangular usualmente enterradas, utilizadas en desagües o cruces con vías, u otros canales.



DEFINICIÓN

- Generalmente ***disminuyen la sección transversal*** del canal o del cauce de la corriente, ocasionando un represamiento de agua en su entrada, y un aumento de velocidad dentro del conducto y a la salida del mismo.



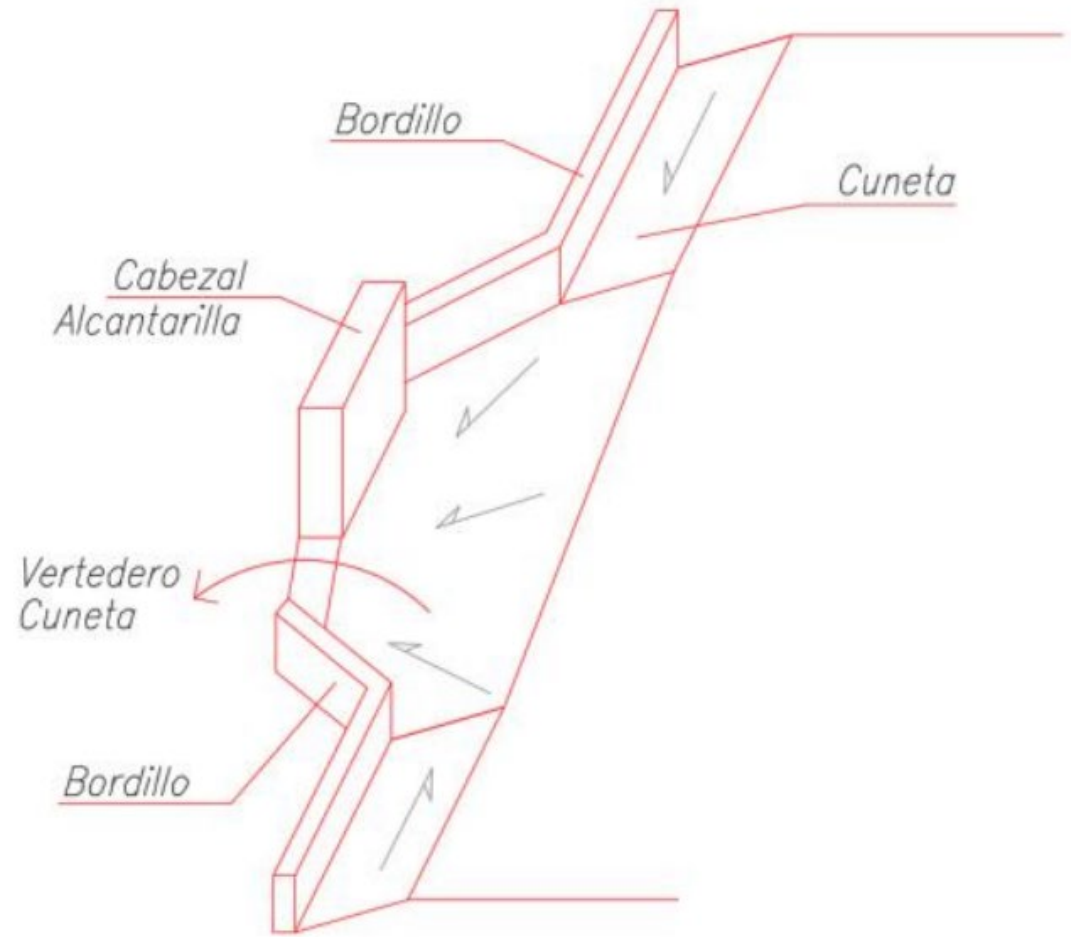
DEFINICIÓN

- El éxito de su diseño hidráulico radica, en proveer una estructura con capacidad de descargar una cierta cantidad de agua dentro de los límites establecidos de niveles de agua con velocidad adecuadas. Seleccionando para ello la **menor sección transversal** que satisfaga dichos requerimientos, es decir, la más económica.

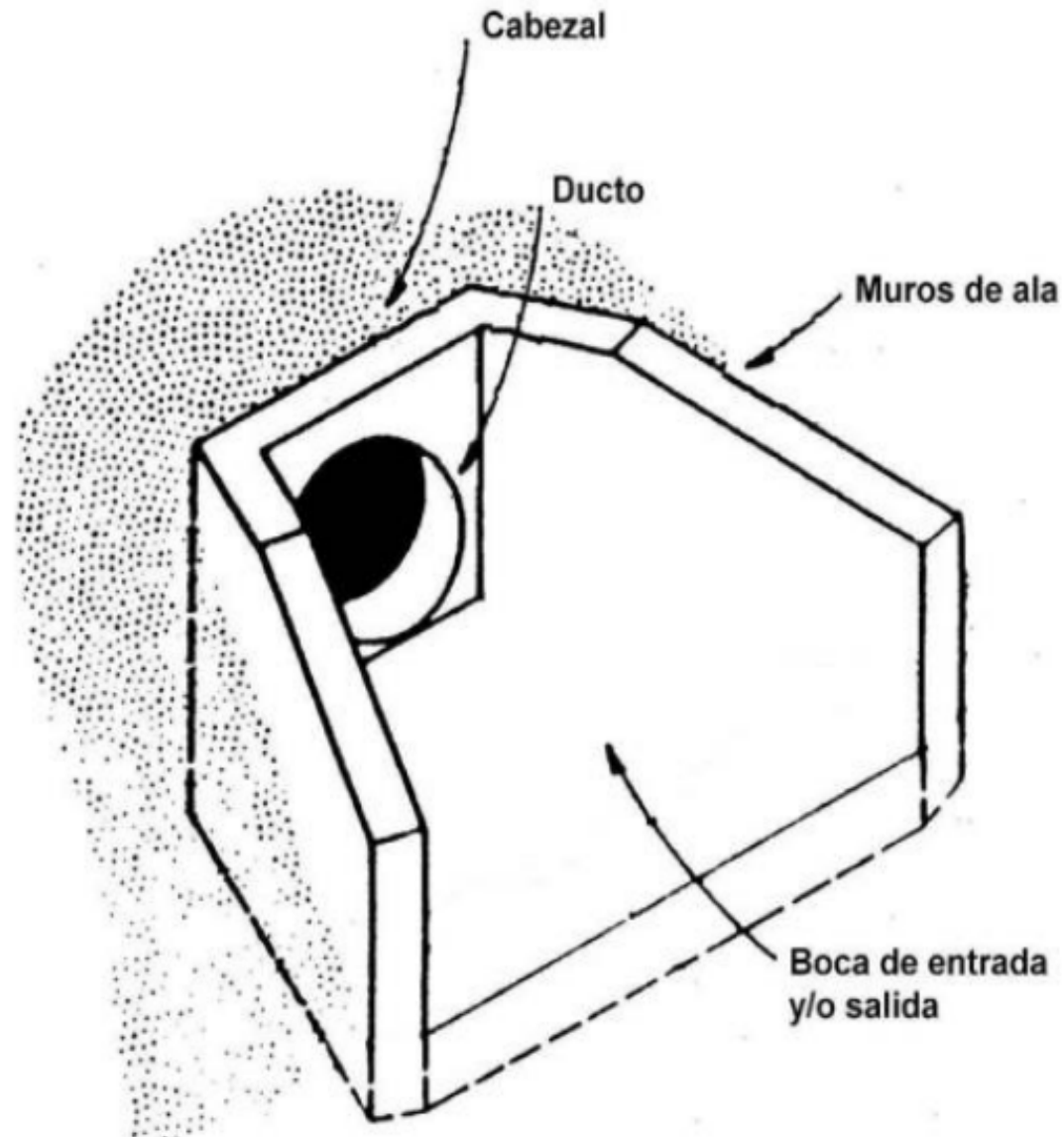


DEFINICIÓN

- Son estructuras de drenaje transversal de arte menor y de sección variables, que se construyen debajo de la subrasante de la vía (Rodríguez & Calle, 2013). La norma establece que la separación mínima entre la clave de la alcantarilla y la cota de la subrasante de la carretera sea de 0.60 metros. Estas estructuras funcionan como conductos cerrados, los cuales pueden adoptar diferentes formas: circular, rectangular, de arco o bóveda (Carciente, 1980).



ELEMENTOS DE UNA ALCANTARILLA



CLASIFICACIÓN

- **POR EL FLUJO A LA ENTRADA Y A LA SALIDA**

1. Entrada y Salida Sumergidas

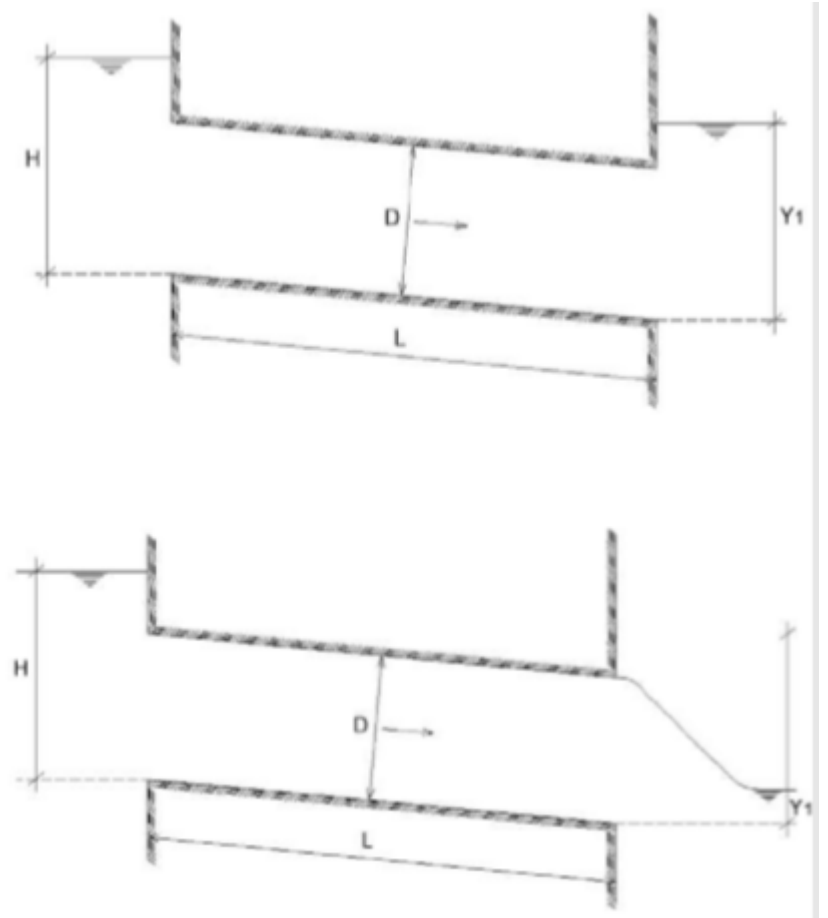
La Carga Hidráulica (H) en la entrada es mayor al diámetro (D) o a la altura de la Alcantarilla. En la salida, el tirante (y_1) es mayor al diámetro (D) o a la altura de la Alcantarilla, en este caso la Alcantarilla trabaja a Sección Llena.

2. Entrada Sumergida y Salida No Sumergida

La Carga Hidráulica (H) en la entrada es mayor al diámetro (D) o a la altura de la Alcantarilla. En la salida, el tirante (y_1) es menor al diámetro (D) o a la altura de la Alcantarilla, en este caso la Alcantarilla también trabaja a Sección Llena.

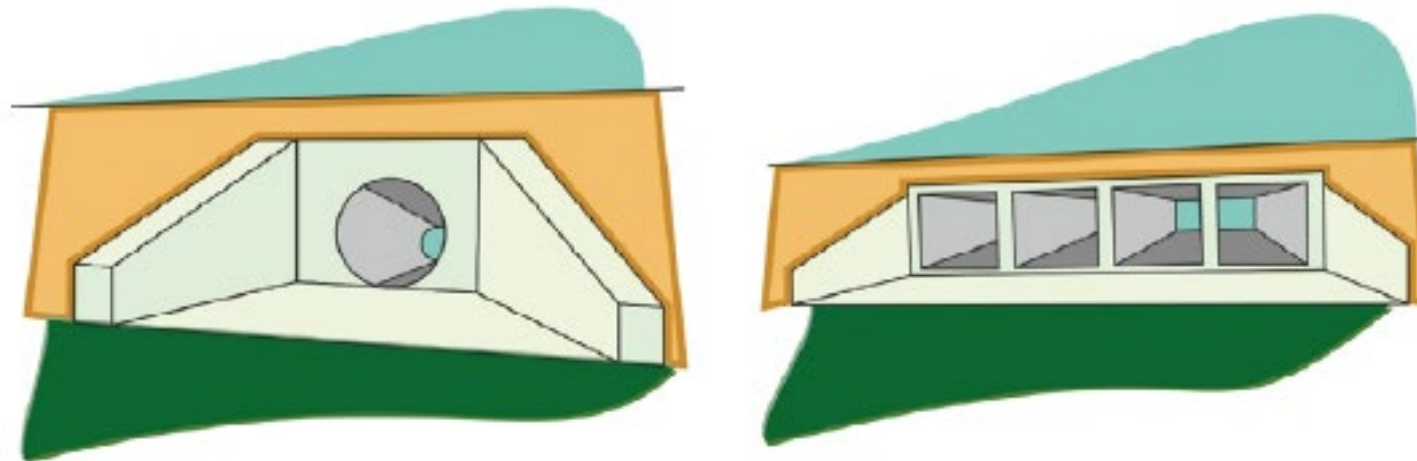
3. Entrada No Sumergida

Cuando la Alcantarilla no está sumergida en su entrada, el diseño de esta se realiza como el de un canal a lámina libre o una tubería parcialmente llena.



CRITERIOS HIDRÁULICOS

- ***Las Alcantarillas solo mojan toda la sección cuando alcanzan el Caudal Máximo de Diseño***, normalmente estas funcionan con un nivel de agua libre, como si fueran un canal. Sin embargo, estas deben ser diseñadas para trabajar a sección llena.
- Al igual que la mayoría de obras hidráulicas, se debe evitar el diseño en flujo supercrítico.



CRITERIOS HIDRÁULICOS

- El flujo a través de una Alcantarilla generalmente queda regulado por los siguientes factores:
 - Pendiente del lecho de la corriente o del canal aguas arriba y aguas debajo de la Alcantarilla.
 - Pendiente del fondo de la Alcantarilla.
 - Ahogamiento en la entrada de la Alcantarilla.
 - Tipo de entrada a la Alcantarilla.
 - Rugosidad de las paredes de la Alcantarilla.
 - Altura del remanso hidráulico de salida de la Alcantarilla.

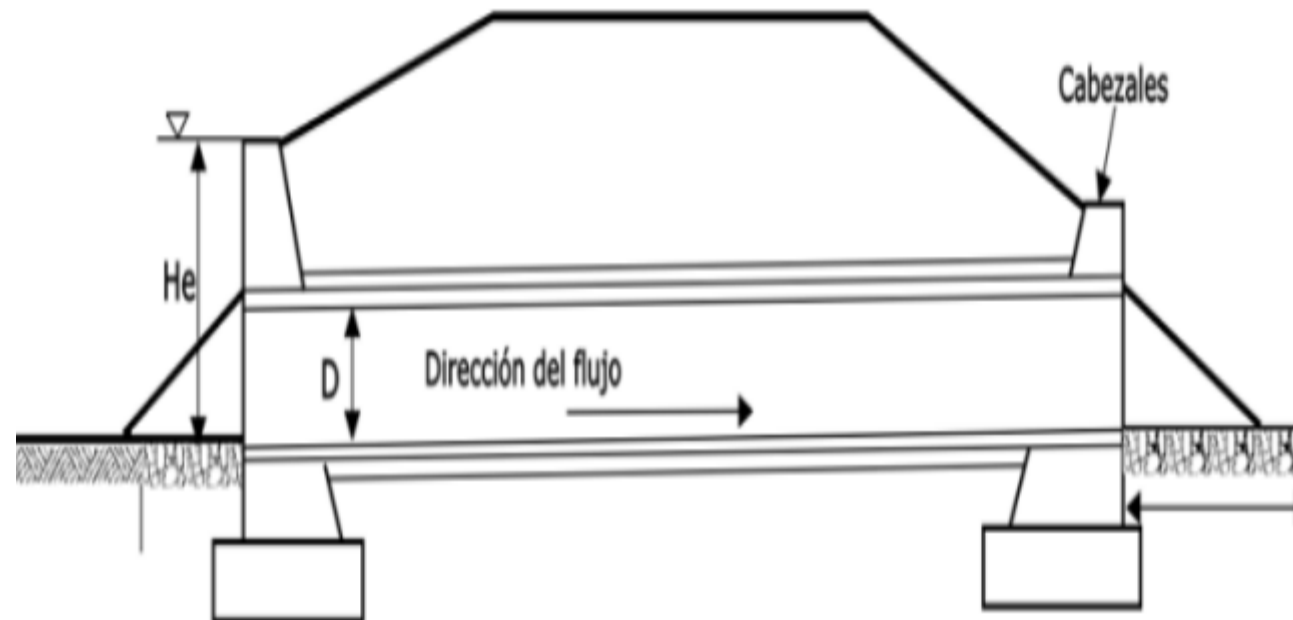


- El estudio de los tipos de flujo a través de las Alcantarillas ha permitido establecer relaciones existentes entre:
 - El Caudal.
 - Las dimensiones de la Alcantarilla.
 - La Altura de Agua en la Entrada del Conducto.
- Para el diseño de una Alcantarilla se deben fijar los siguientes parámetros:
 - El Caudal de Diseño (Q)
 - El Nivel de Agua Permisible a la Entrada (NAEA)
 - El Nivel de Agua Permisible a la Salida (NASA)
 - La Pendiente de la Alcantarilla (S_A)
 - Su longitud (L_A)
 - Longitud y tipo de Transiciones
 - El tipo de entrada
 - La Velocidad del Flujo Permisible a la Salida (v_s).

- **CRITERIOS DE DISEÑO DE ODT VIALES**
- El diámetro mínimo que podrá tener una alcantarilla es de 1200mm, esto para facilitar los procesos de mantenimiento y limpieza.
- Se debe diseñar y construir un disipador de energía a la salida de la alcantarilla en el caso que la pendiente del cauce no coincida con la pendiente de fondo de la alcantarilla.
- El nivel máximo correspondiente al caudal de diseño nunca podrá superar el 80% de la altura de la alcantarilla, esto se establece con la finalidad de permitir el paso de material flotante

CRITERIOS HIDRÁULICOS

- **CRITERIOS DE DISEÑO DE ODT VIALES**
- La geometría de la alcantarilla debe ser constante en toda su longitud, además, deberá tener una sola alineación vertical y una horizontal, como se muestra en la Ilustración



- **RECOMENDACIONES DE CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

1. La Línea de Energía debe estar apenas sobre la superficie del conducto de la Alcantarilla, y de ser posible, dentro del conducto.
2. La elección del diámetro de la Alcantarilla, se hace en función del Caudal de tal forma que no sobrepase la velocidad admisible.
 - Una velocidad máxima recomendable puede considerarse de 1.5 [m/s], para una Alcantarilla con transición de concreto, tanto en su entrada como en como para su salida.
3. La máxima elevación del nivel del agua en la entrada de la alcantarilla (y_E) es igual al diámetro de la tubería (D) más 1.5 veces la carga de velocidad (h_v) en la alcantarilla.

$$y_E = D + 1.5 \cdot h_v$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

4. La pendiente mínima de la Alcantarilla es de $S_A = 0.005$

• CONSIDERACIONES DE DISEÑO

5. La cobertura de tierra sobre la Alcantarilla debe ser:

- Para caminos rurales: 0.60 [m]
- Para cruces con avenidas es de 0.9 [m].

6. El talud de la orilla del camino es de $Z_k = 1.5$ [m/m]

7. Las Transiciones deben ser:

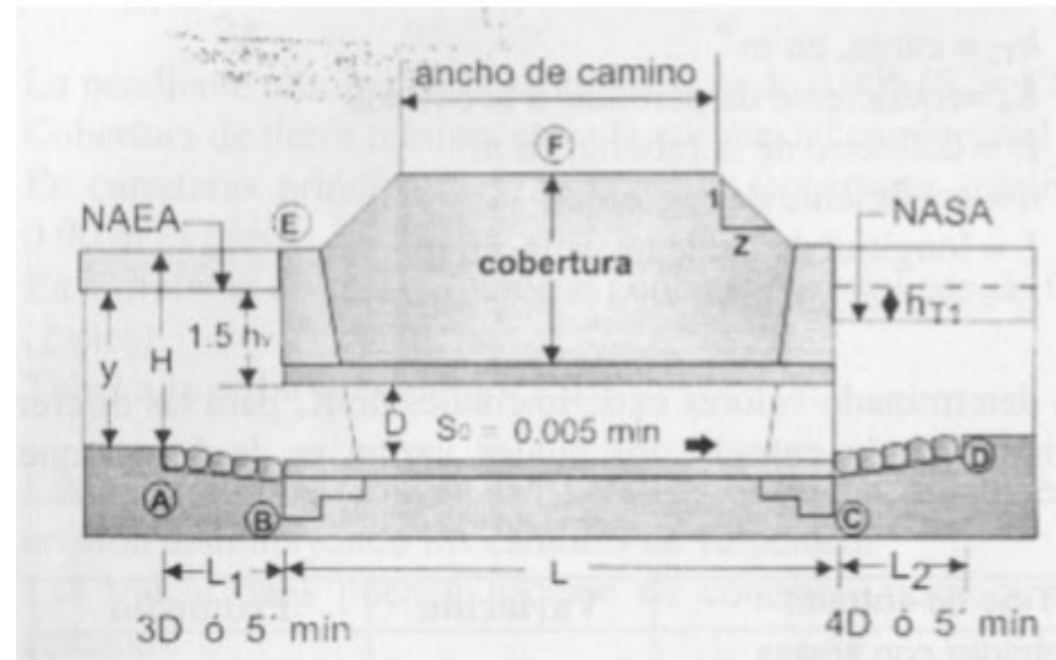
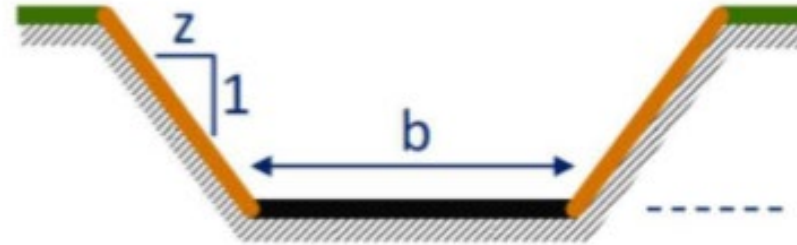
- En la entrada, LTE = mayor (3·D ; 1.50) [m]
- En la salida, LTS = mayor (4·D ; 1.50) [m]

8. Las pérdidas totales dentro del conducto pueden calcularse como:

$$h_T = 1.5 \cdot h_v + h_f$$

EJERCICIO DE DISEÑO DE ALCANTARILLA

- **DATOS**
- **Datos del canal**
- Caudal (Q)
- Base (b)
- Pendiente del talud (z)
- Rugosidad (n)
- Pendiente del canal (S)
- Altura del canal (y_c)
- **Datos de la Alcantarilla**
- Rugosidad de la Alcantarilla (n_A)
- Pendiente de la Alcantarilla (S_A)
- Ancho del camino (b_k)
- Pendiente orilla del camino (Z_k)
- Cota de A (Z_A)
- Cobertura (Cob)



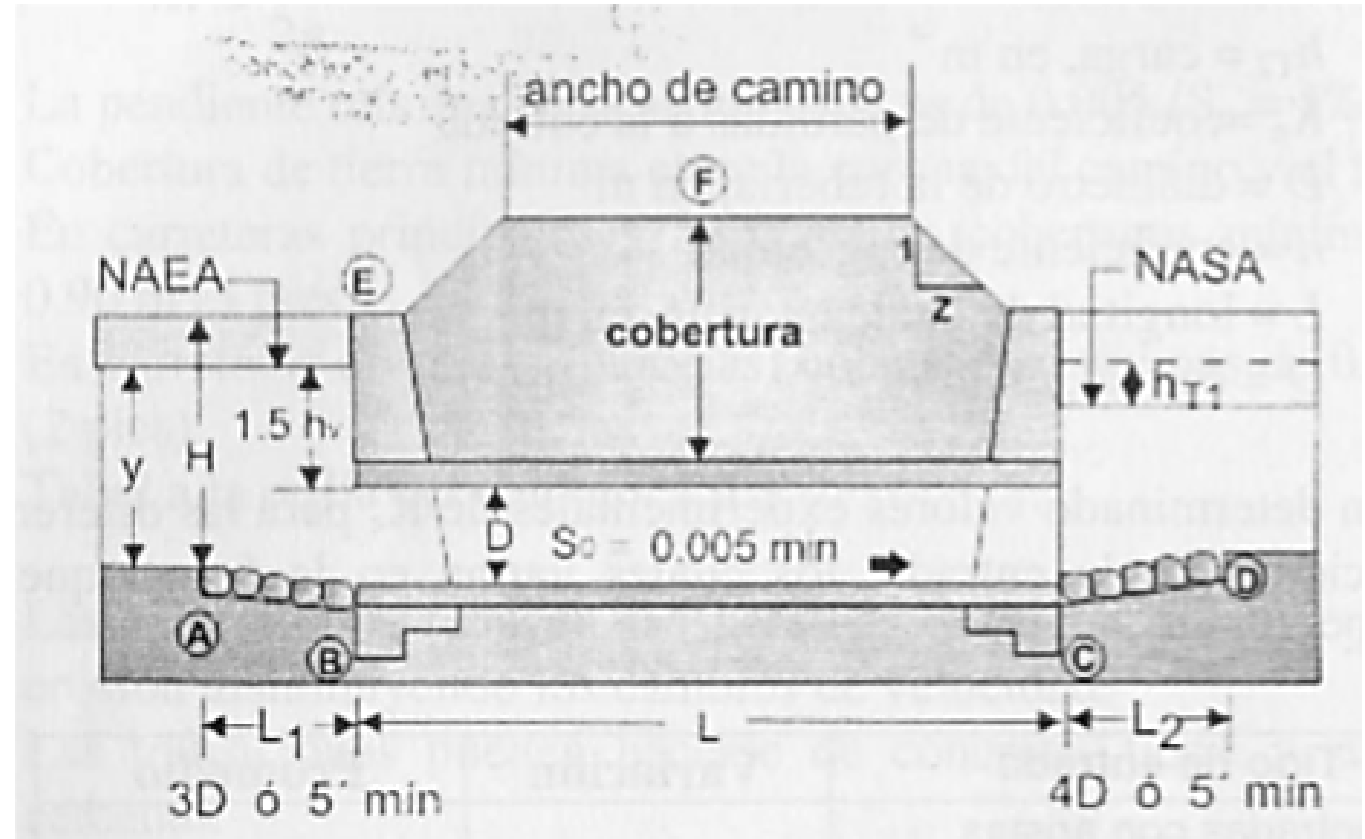
- Diseñar una alcantarilla similar a la que se muestra en la Figura. Permitiendo el cruce del canal con un camino y cuyos parámetros se indican a continuación:

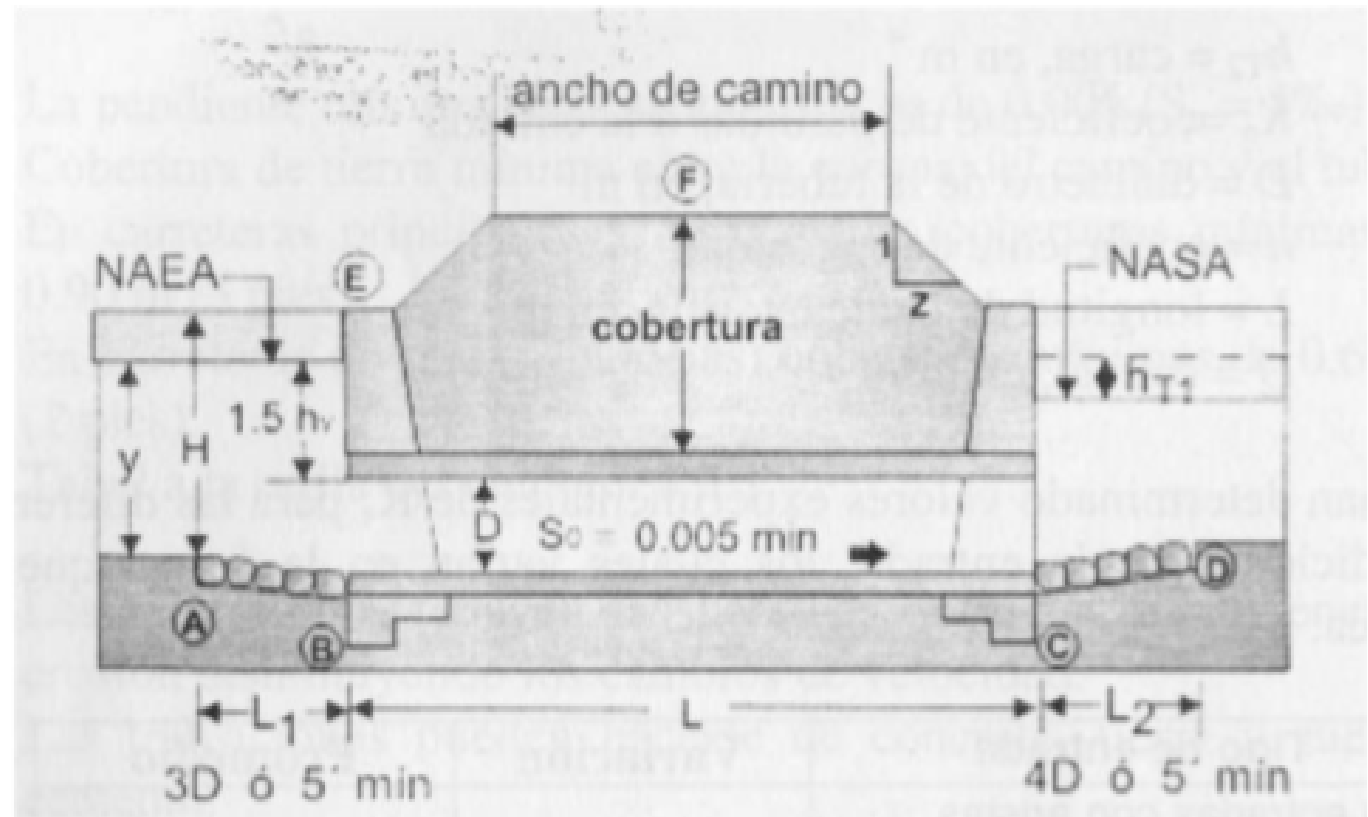
- **Datos del canal**

- $Q = 0.80 \text{ [m}^3\text{/s]}$
- $b = 0.70 \text{ [m]}$
- $z = 1 \text{ [m/m]}$
- $n = 0.025$
- $s = 0.005 \text{ [m/m]}$
- $H = 1 \text{ [m]}$

- **Datos de la Alcantarilla**

- $n_A = 0.014$
- $S_A = 0.005$ [m/m]
- $b_k = 6$ [m]
- $Z_k = 1.5:1$
- $Z_A = 100.50$
- Cob = 0.80 [m]

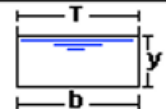
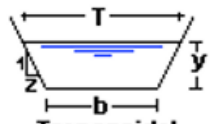
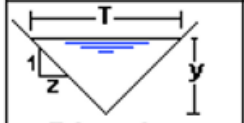
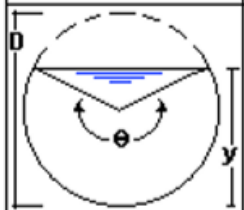
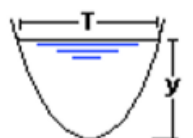




EJEMPLO DE DISEÑO

CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL CANAL

- Datos del canal
 - Caudal (Q_c)
 - Ancho de la base (b_c)
 - Pendiente del talud (Z_c)
 - Rugosidad (n_c)
 - Pendiente del canal (S_c)
- Calcular (Solver)
 - Nivel de agua en el canal (y_c)
 - Velocidad de flujo en el canal (v_c)

Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico R_h (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\frac{\text{sen}\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3}Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

EJEMPLO DE DISEÑO

1. DIMENSIONAMIENTO DE LA ALCANTARILLA

- Seleccionamos un diámetro (D) de la alcantarilla en función del caudal y la transición.
- Obtenemos también el área (A) de la sección.

Transición de tierra $v_{m\acute{a}x} = 1,06 \text{ m/s}$	Transición de concreto $v_{m\acute{a}x} = 1,52 \text{ m/s}$	Tuberías		
Caudal (m^3/s)	Caudal (m^3/s)	Diámetro (pulg)	Diámetro (cm)	Área (m^2)
0,000 – 0,076	0,000 – 0,110	12	30,48	0,073
0,077 – 0,112	0,111 – 0,173	15	38,10	0,114
0,113 – 0,176	0,174 – 0,249	18	45,72	0,164
0,177 – 0,238	0,250 – 0,340	21	53,34	0,223
0,239 – 0,311	0,341 – 0,445	24	60,96	0,292
0,312 – 0,393	0,446 – 0,564	27	68,58	0,369
0,394 – 0,487	0,565 – 0,694	30	76,20	0,456
0,488 – 0,589	0,695 – 0,841	33	83,82	0,552
0,590 – 0,699	0,842 – 1,000	36	91,44	0,656
0,700 – 0,821	1,001 – 1,175	39	99,06	0,771
0,822 – 0,954	1,176 – 1,362	42	106,58	0,894
0,955 – 1,096	1,363 – 1,563	45	114,30	1,026
1,097 – 1,246	1,564 – 1,778	48	121,92	1,167
1,247 – 1,407	1,779 – 2,008	51	129,54	1,318
1,408 – 1,578	2,009 – 2,251	54	137,16	1,478
1,579 – 1,756	2,252 – 2,509	57	144,78	1,646
1,757 – 1,946	2,510 – 2,781	60	152,40	1,824
1,947 – 2,146		63	160,02	2,011
2,147 – 2,356		66	167,64	2,207
2,357 – 2,574		69	175,26	2,412
2,575 – 2,803		72	182,88	2,626

EJEMPLO DE DISEÑO

2. VELOCIDAD EN LA ALCANTARILLA

- Aplicando la Ec de continuidad:

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

3. CARGA DE VELOCIDAD EN LA ALCANTARILLA

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

4. NIVEL DE AGUA A LA ENTRADA DE LA ALCANTARILLA (NAEA)

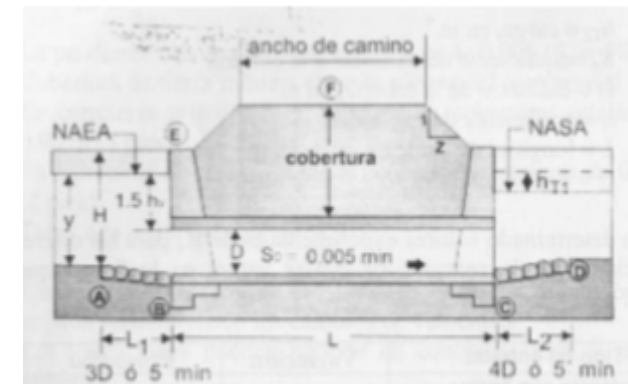
$$NAEA = z_A + y_c$$

5. CÁLCULO DE COTAS

$$z_B = NAEA - 1.5h_v - D$$

$$z_E = z_A + H$$

$$z_F = z_B + D + Cob$$

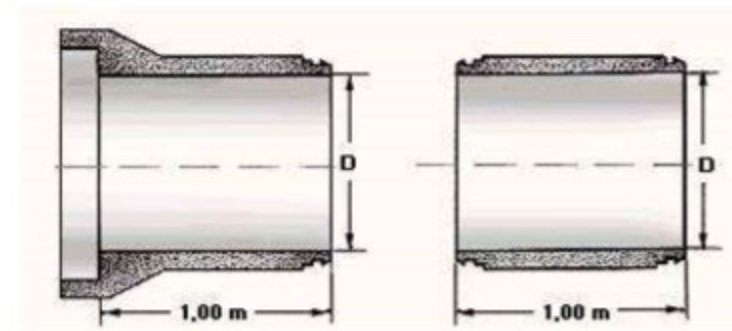
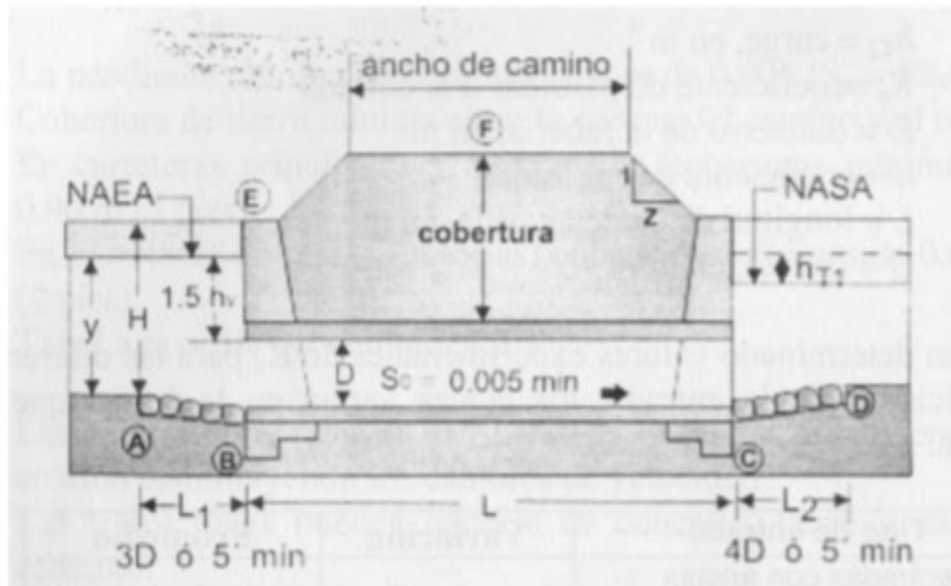


EJEMPLO DE DISEÑO

6. LONGITUD DE LA ALCANTARILLA

$$L = 2 \cdot Z_K \cdot (z_F - z_E) + b_K$$

- Esta longitud se redondea a un múltiplo de la longitud de las tuberías que existen en el mercado, 1 o 2 metros.



EJEMPLO DE DISEÑO

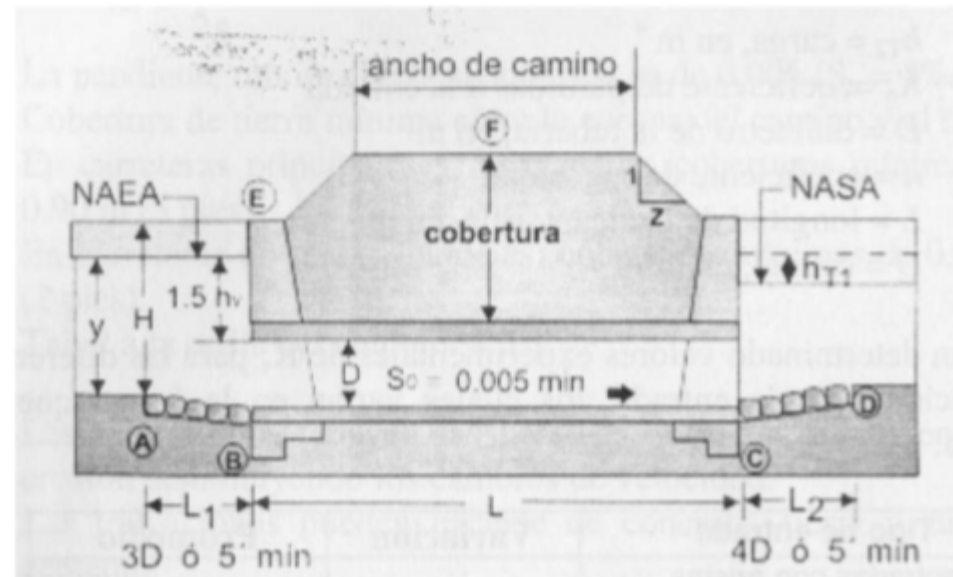
7. DESNIVEL DE LA TUBERÍA

$$\Delta z = L \cdot S_A$$

$$S_{A \cdot \min} = 0.005$$

8. PENDIENTE DE LA LÍNEA DE ENERGÍA

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



EJEMPLO DE DISEÑO

9. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN

$$h_f = L \cdot S_E$$

10. APROXIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS TOTALES

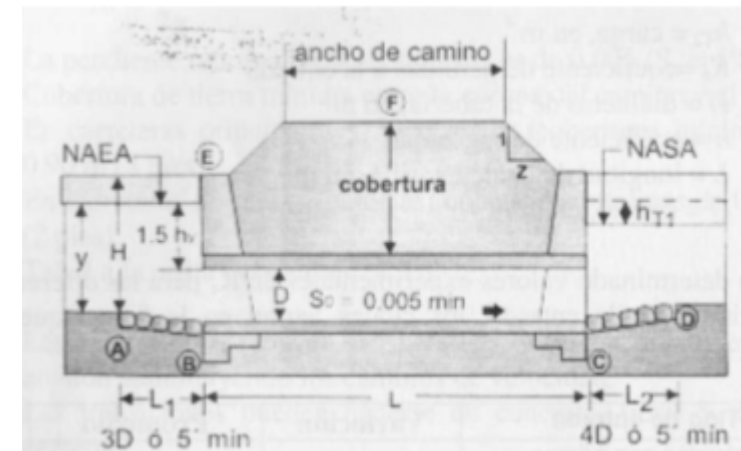
$$h_T = 1.5 \cdot h_v + h_f$$

11. NIVEL DEL AGUA A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA (NASA)

$$NASA = NAEA - h_T$$

12. COTA EN D

$$z_D = NASA - y_c$$



EJEMPLO DE DISEÑO

13. LONGITUDES DE LAS TRANSICIONES

$$L_E = 3 \cdot D$$

$$L_{E\cdot\min} = 5 \text{ [pies]} = 1.52 \text{ [m]}$$

$$L_S = 4 \cdot D$$

$$L_{S\cdot\min} = 5 \text{ [pies]} = 1.52 \text{ [m]}$$

- También podríamos utilizar la ecuación de Hinds.

$$L_T = \frac{T - t}{2 \cdot \operatorname{tg}(22.5)}$$

14. PENDIENTE DE LA TRANSICIÓN

$$\Delta z_{TE} = \frac{L_T}{z_A - z_B}$$

$$\Delta z_{TS} = \frac{L_T}{z_C - z_D}$$

$$|\Delta z_T| \geq 4$$

TALLER DE ALCANTARILLAS

Diseñar una alcantarilla. Permitiendo el cruce del canal con un camino y cuyos parámetros se indican.

Datos del canal

$$Q=5.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b= 2.70 \text{ m}$$

$$z=1.0$$

$$n= 0.015$$

$$s= 0.004$$

$$H=1.20 \text{ m}$$

Datos de la alcantarilla y camino

$$n= 0.014$$

$$s= 0.004$$

$$bk= 80.0\text{m}$$

$$Za= 110.00 \text{ msnm}$$

$$Cob=0.70 \text{ m}$$

$$Zk= 2:1$$



EJEMPLO DE DISEÑO

1. DIMENSIONAMIENTO DE LA ALCANTARILLA

- Seleccionamos un diámetro (D) de la alcantarilla en función del caudal y la transición.
- Obtenemos también el área (A) de la sección.

Transición de tierra $v_{m\acute{a}x} = 1,06 \text{ m/s}$	Transición de concreto $v_{m\acute{a}x} = 1,52 \text{ m/s}$	Tuberías		
Caudal (m^3/s)	Caudal (m^3/s)	Diámetro (pulg)	Diámetro (cm)	Área (m^2)
0,000 – 0,076	0,000 – 0,110	12	30,48	0,073
0,077 – 0,112	0,111 – 0,173	15	38,10	0,114
0,113 – 0,176	0,174 – 0,249	18	45,72	0,164
0,177 – 0,238	0,250 – 0,340	21	53,34	0,223
0,239 – 0,311	0,341 – 0,445	24	60,96	0,292
0,312 – 0,393	0,446 – 0,564	27	68,58	0,369
0,394 – 0,487	0,565 – 0,694	30	76,20	0,456
0,488 – 0,589	0,695 – 0,841	33	83,82	0,552
0,590 – 0,699	0,842 – 1,000	36	91,44	0,656
0,700 – 0,821	1,001 – 1,175	39	99,06	0,771
0,822 – 0,954	1,176 – 1,362	42	106,58	0,894
0,955 – 1,096	1,363 – 1,563	45	114,30	1,026
1,097 – 1,246	1,564 – 1,778	48	121,92	1,167
1,247 – 1,407	1,779 – 2,008	51	129,54	1,318
1,408 – 1,578	2,009 – 2,251	54	137,16	1,478
1,579 – 1,756	2,252 – 2,509	57	144,78	1,646
1,757 – 1,946	2,510 – 2,781	60	152,40	1,824
1,947 – 2,146		63	160,02	2,011
2,147 – 2,356		66	167,64	2,207
2,357 – 2,574		69	175,26	2,412
2,575 – 2,803		72	182,88	2,626

Tarea No.4

- Realizar la programación del ejercicio de diseño de la Alcantarilla realizado en clase.

EJEMPLO DE DISEÑO

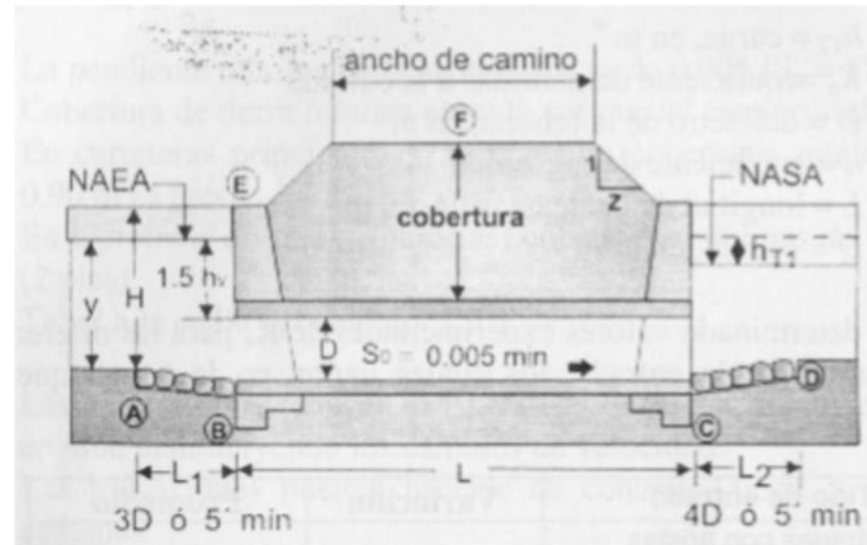
- Diseñar una alcantarilla similar a la que se muestra en la Figura. Permitiendo el cruce del canal con un camino y cuyos parámetros se indican a continuación:

- Datos del canal**

- $Q = 0.70 \text{ [m}^3/\text{s]}$
- $b = 0.80 \text{ [m]}$
- $z = 1 \text{ [m/m]}$
- $n = 0.025$
- $s = 0.005 \text{ [m/m]}$
- $H = 1 \text{ [m]}$

- Datos de la Alcantarilla**

- $n_A = 0.014$
- $S_A = 0.005 \text{ [m/m]}$
- $b_k = 6 \text{ [m]}$
- $Z_k = 1.5:1$
- $Z_A = 100.50$
- $\text{Cob} = 0.80 \text{ [m]}$



BIBLIOGRAFÍA

- Villón M. (2003). DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.
- Materón H. (1997). OBRAS HIDRÁULICAS RURALES. Universidad del Valle. Perú.