

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 1991 VOLUMEN 1 Nº2



INGENIERIA
1991

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TRES TIPOS DE ESTRUCTURA DE PASO PARA CANALES

Edgar Zúñiga M. *
Erick Montenegro H. **

Resumen

El presente estudio trató del análisis comparativo de tres clases de estructuras para salvar el cruzamiento de ríos: a) sifón invertido; b) canal en relleno con sistema de alcantarilla y c) puente canal prefabricado. Se consideraron aspectos constructivos, de operación y económicos para definir la mejor alternativa de las estructuras consideradas. El estudio se realizó por la necesidad de establecer una conexión entre el Canal Central, del Proyecto de Riego Arenal Tempisque, con el Canal Hotel del Proyecto de Riego San Luis a fin de pasar la conexión de canales sobre la Quebrada Salitral situada en Cañas, Guanacaste.

Del análisis de esta situación se determinó que la canaleta prefabricada era la mejor alternativa por ser una estructura de fácil instalación y de menor costo de operación y mantenimiento. La estructura de canal en relleno con alcantarilla resultó sumamente costosa por utilizar diámetros que superaban las medidas comerciales y el elevado costo de la operación del relleno. El sifón invertido resultó inoperante por su elevado costo de operación y mantenimiento pues, necesita constante control para que no se atasque. Este hecho es particularmente importante porque el proyecto está localizado en una zona cañera donde, durante la época de zafra, gran cantidad de hojas de caña invaden los canales de irrigación.

Summary

The present study dealt with the comparative analysis of three kinds of structures to save the crossing over rivers: a) inverted siphon; b) canal in a filling condition, with drainage system, and, c) pre-manufactured canal bridge. Construction, operation and economic aspects were considered, in order to define the best alternative among these structures. The study was conducted due to the necessity to establish a connection between the Central Canal of the Tempisque Arenal Irrigation Project, with the Hotel Canal of the San Luis Irrigation Project, which required a crossing over the Salitral River, located in Cañas, Guanacaste.

From the analysis of this situation, it was determined that the pre-manufactured canal was the best alternative, since it is a structure easy to install and has the smallest operation, maintenance and costs. The canal structure in a filling condition with drainage system resulted quite expensive because it was necessary to use diameters bigger than the commercial sizes, and also due to the high cost of the soil filling operation. The inverted siphon resulted inoperative due to its high operation and maintenance costs, and because it needs constant control in order to avoid clogging. The latter is particularly important because the project is located in a sugar cane zone where, during the sugar-making season, large amounts of sugar cane leaves that enter the water systems are generated.

A. CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS DE CADA UNA DE LAS ESTRUCTURAS

1. El sifón invertido

Es un conducto cerrado diseñado para trabajar bajo presión *Figura No. 2* Su funcionamiento está basado en el principio de la ecuación de Bernoulli referido por Aisenbrey (1978), (en el apartado SIMBOLOGIA se encuentra el signifi-

Director de la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica. Dr. en Ingeniería Agrícola y de Riegos

Ingeniero Agrícola del Departamento de Diseño y Construcción del Servicio Nacional de Aguas y Avenamiento (SENARA).

Este trabajo se fundamenta en la tesis de Ingeniero Agrícola presentada por el segundo autor a la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Costa Rica.

cado de cada término y sus unidades). Ver *Figura No. 1.*

$$P_1/Y + Z_1 + V_1^2/2g = P_2/Y + Z_2 + V_2^2/2g + H_f \quad (1)$$

Como primer paso importante para realizar el diseño del sifón fue un levantamiento en detalle del perfil transversal de la sección de la quebrada a salvar por el canal (ver *Figura No. 2.*) para conocer con precisión las elevaciones de entrada y salida del sifón (Montenegro (1988)). El *Cuadro No. 1.* muestra el resumen del costo total de la obra.

2. Canal en relleno con alcantarilla

Esta es una estructura muy útil cuando se necesita construir un camino de servicio lateral para mantenimiento. El caudal de diseño se calculó considerando la escorrentía máxima que podría pasar en la sección del paso del canal. Se utilizó para tal fin el método de Chow (1970). Con un caudal resultante de 21.5 m³/s y con una velocidad estimada de 2 m/s y utilizando la ecuación de continuidad, según Aisenbrey (1978), resultó un diámetro de 2.13 m. La *Figura No. 3.* muestra

los detalles constructivos y el *Cuadro No.1.* el resumen del costo de la obra.

Deben de considerarse los factores que afectan la descarga de la alcantarilla como son: la altura del agua a la entrada de la estructura HW (*Figura No. 4.*), diámetro D de la tubería, rugosidad n, pendiente s, largo de la tubería L y la geometría de entrada. La capacidad hidráulica de la alcantarilla se determinó considerando el control de entrada y salida.

La altura HW fue determinada mediante la fórmula (Aisenbrey (1978)):

$$HW = H + TW - So * L \quad (2)$$

Donde la pérdida de carga H en la tubería se calculó con la ecuación siguiente:

$$H = (1 + K_e + (29 * N^2 * L) / R^{1.33}) * V^2 / (2 * g) \quad (3)$$

3. Puente canal prefabricado

El puente canal prefabricado resultó de una longitud de 42 m *Figura No. 5.* La sección transversal de la canaleta se escogió igual al canal original por lo que no fue necesario el diseño de transiciones. Cuatro apoyos fueron diseñados pa-

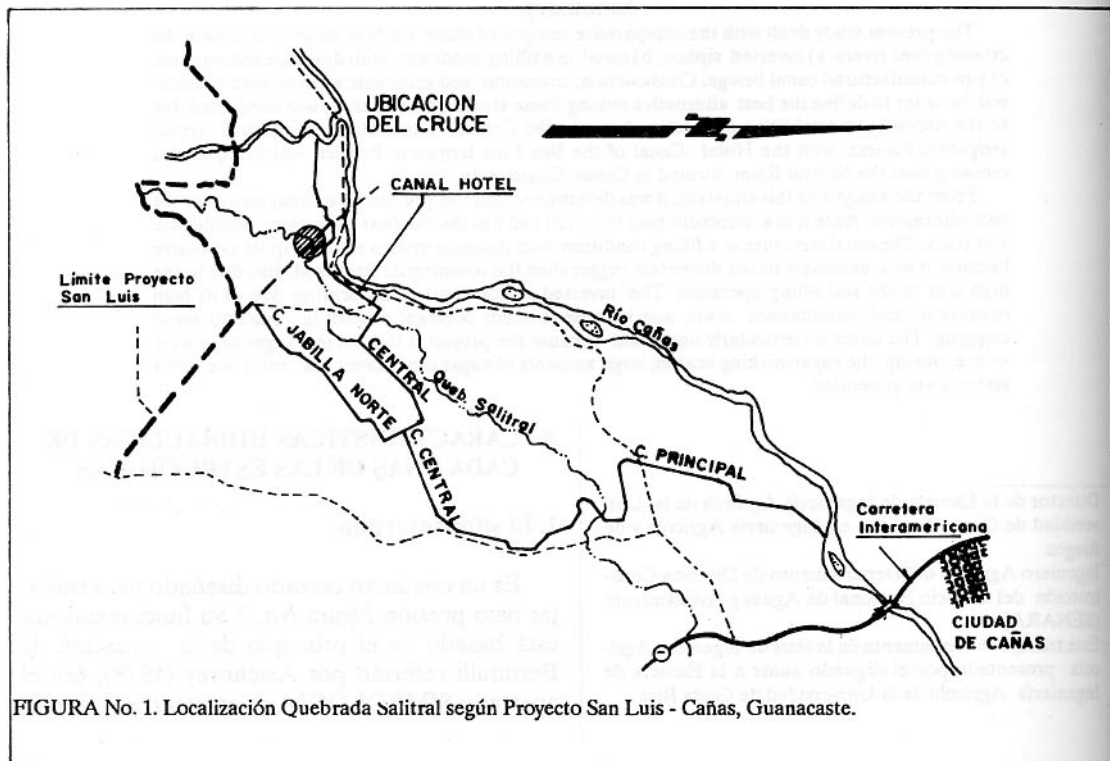


FIGURA No. 1. Localización Quebrada Salitral según Proyecto San Luis - Cañas, Guanacaste.

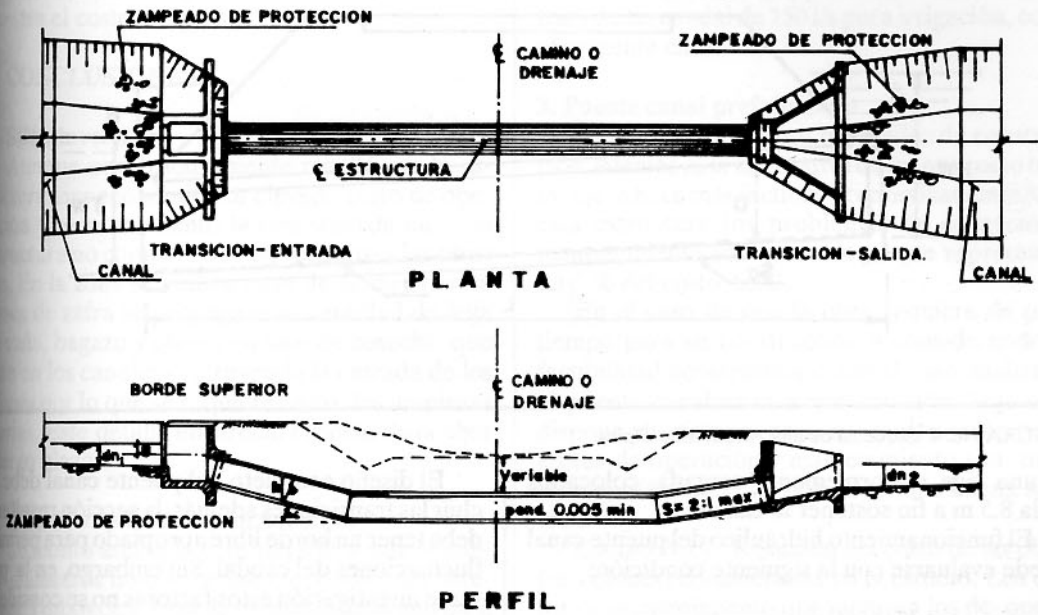


FIGURA No. 2. Planta y Perfil Sifón invertido

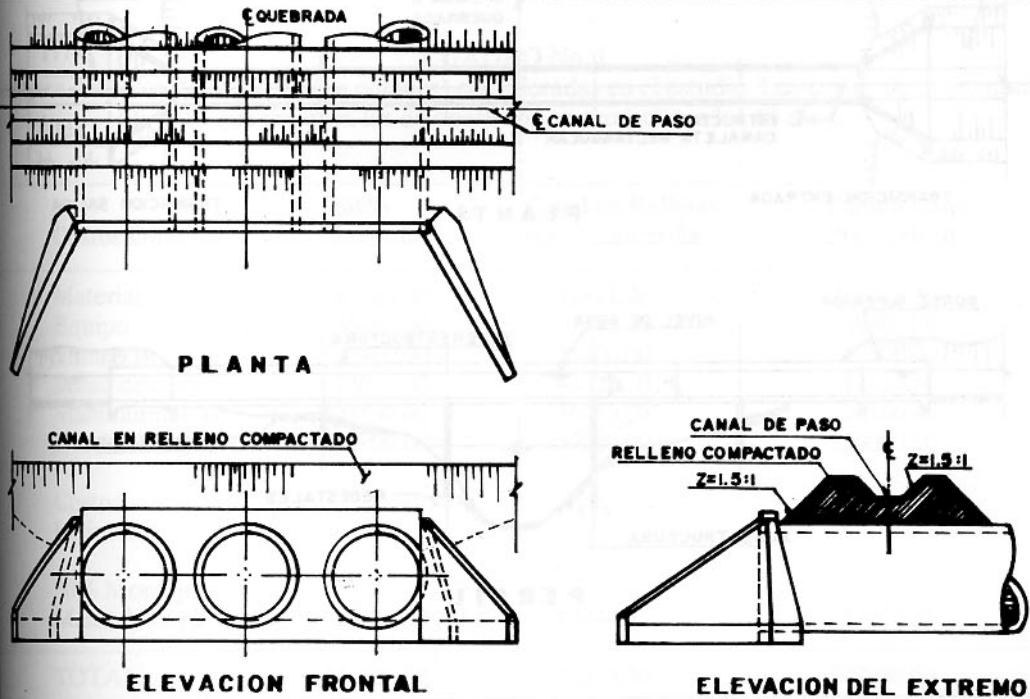


FIGURA No. 3. Canal de relleno con alcantarilla.

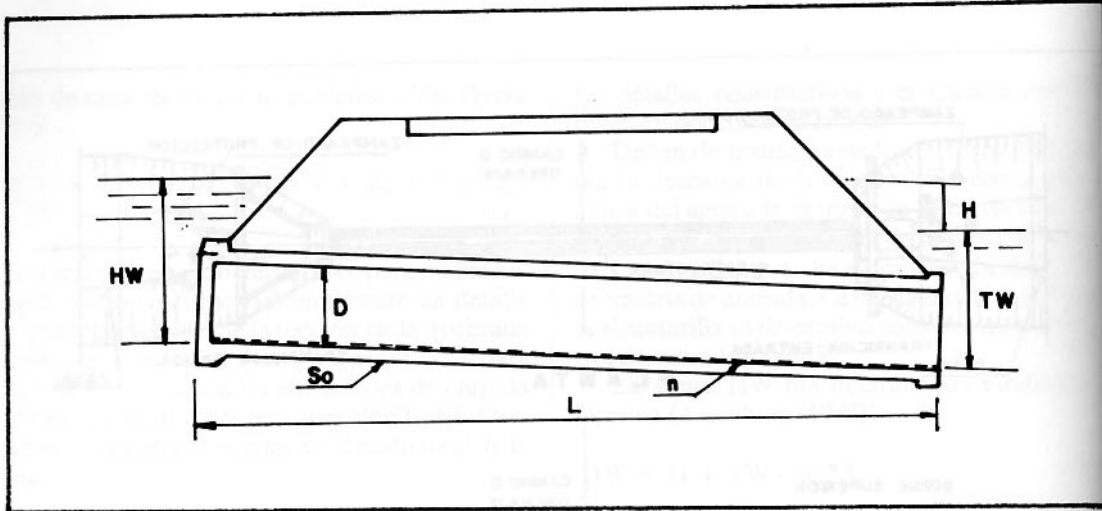


FIGURA No. 4. Esquema de una Alcantarilla Típica.

ra una viga uniformemente cargada, colocados cada 8.5 m a fin sostener la canaleta.

El funcionamiento hidráulico del puente canal puede evaluarse con la siguiente condición:

$$Q = (A * R^{2/3} * s^{1/2}) / n \quad (5)$$

El diseño completo del puente canal debe incluir las transiciones además, la sección resultante debe tener un borde libre apropiado para permitir fluctuaciones del caudal. Sin embargo, en la presente investigación estos factores no se consideraron por cuanto la canaleta o canal prefabricado fue diseñado para continuar la sección transversal

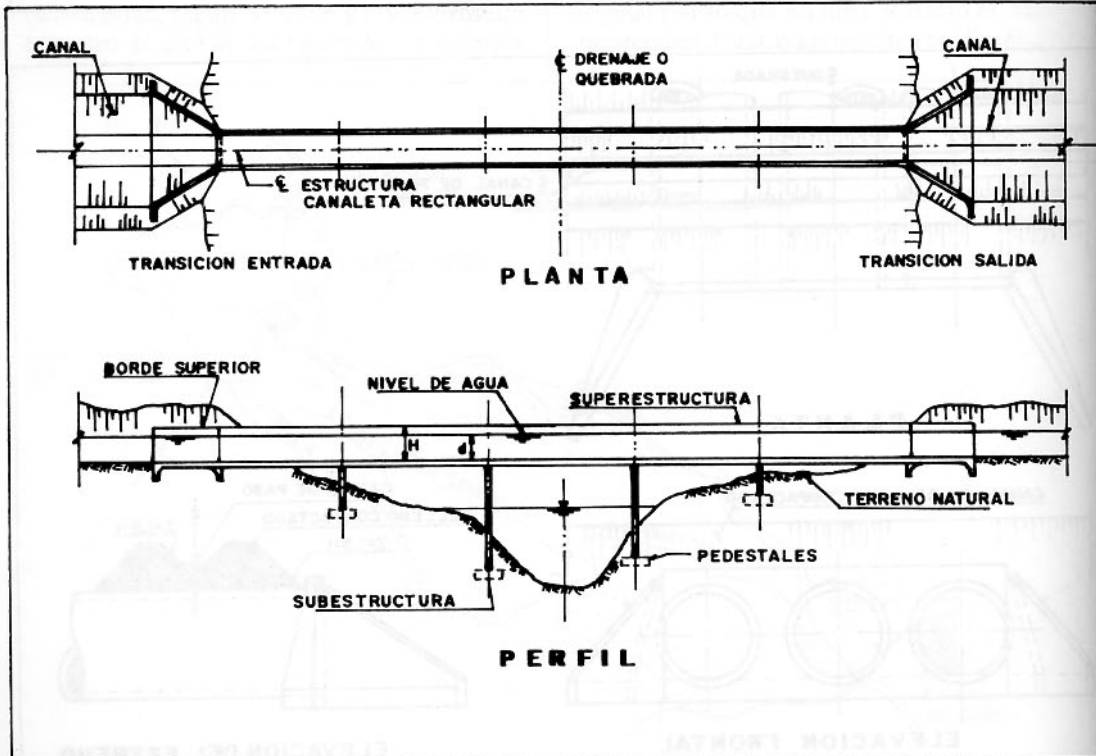


FIGURA No. 5. Planta y Perfil Puentes Canal

original del canal en tierra. El Cuadro No.1 muestra el costo de la obra.

B. CONCLUSIONES

1. Sifón invertido

Aunque constructivamente resultó ser la estructura mas económica su elevado costo de operación y mantenimiento la convirtieron en una estructura no competitiva con respecto a las otras dos. En la zona se cultiva caña de azúcar y en la época de zafra se propaga gran cantidad de hoja de caña, bagazo y otros residuos de cosecha que caen en los canales obstruyendo la entrada de los sifones por lo que se requiere hasta dos limpiezas diarias. Este detalle encareció el costo de la obra a largo plazo.

2. Canal en relleno con alcantarilla

Su monto asciende considerablemente al utilizar diámetros no comerciales, es decir, una batería de 3 tubos de 2.13 m de diámetro cada uno para poder evacuar las máximas avenidas pluviales resultó de un costo muy elevado. El hecho de que se facilita la operación y el mantenimiento del canal de conducción, no justifica el construir una

estructura de este tipo, y menos aún cuando se trata de un caudal de 150 l/s para irrigación, como el presente caso.

3. Puente canal prefabricado

Es recomendable por su rapidez de construcción, además es la alternativa de menor costo total lo que la hace más factible económicamente. Con esta estructura los problemas de operación y mantenimiento son mínimos ya que representan un 5 % del costo total.

En el caso de que la obra requiera de poco tiempo para su construcción y considerando su factibilidad constructiva como el caso analizado, el puente canal es la mejor solución. Si la obra dispone de tiempo para su construcción y los costos de operación y mantenimiento son mínimos, el sifón invertido podría ser una buena solución.

Cuadro No.1. Resumen del costo de las obras (en colones) consideradas en el estudio. Los costos de mantenimiento que incluyen los de operación se proyectan a los 40 años.

BIBLIOGRAFIA

CUADRO No. 1

Resumen del costo de las obras (en colones) consideradas en el estudio. Los costos de mantenimiento que incluyen los de operación se proyectan a los 40 años.

Costos Directos	Sifón Invertido	Canal en Relleno con Alcantarilla	Puente Canal Prefabricado
Materiales	87780.00	442821.20	241675.30
Equipo	36000.00	7793.35	34800.00
Transporte	21400.00	21400.00	42800.00
Mano de obra	12015.00	43022.30	11614.50
Mantenimiento	304837.00	136053.00	28166.40
Desvío de aguas	150000.00	150000.00	150000.00
Costos Indirectos			
30% Montaje y Mano de obra	14404.50	18244.65	13924.35
TOTAL	626436.50	829334.50	522980.55

1. Aisenbrey, A. J., Jr; Hayes, R.B.; Warren H.J.; Winset, D.L. y Young, R.B.. "Design of small canal structures". Denver, Colorado: United States Department of the Interior Bureau of Reclamation, 1978
2. Chow V.T. "Open channel hydraulics". New York: 4th edition Mc. Graw-Hill Book Co., 1970.
3. Montenegro, E.H.. "Análisis comparativo de tres tipos de estructuras de paso para canales". Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería: Universidad de Costa Rica, 1988.

SIMBOLOGIA

- P_1 = presión a la entrada y equivale a la atmosférica en Kg/m^2
- Y = gravedad específica en Kg/m^3
- Z_1 = altura del agua con respecto al nivel de referencia a la entrada del sifón en metros
- g = aceleración de la gravedad en m/s^2
- V_1 = velocidad de agua a la entrada en m/s
- P_2 = presión a la salida y equivale a la atmosférica en Kg/m^2

- Z_2 = altura del agua a la salida en metros
- V_2 = velocidad del agua a la salida en m/s
- H = pérdida de carga en la tubería en metros
- TW = altura del agua a la salida en metros
- S_o = pendiente de la tubería en m/m
- L = longitud de la tubería en metros
- K_e = coeficiente de pérdida de entrada
- n = coeficiente de Manning
- R = radio hidráulico en metros
- Q = caudal que pasa por el canal en m^3/s
- s = pendiente del canal en m/m
- A = área de la sección transversal en m^2