



V Seminario Latinoamericano de Irrigación

III Jornadas Venezolanas de Riego

Caracas, 20 al 31 de Octubre de 1968
COLEGIO DE INGENIEROS DE VENEZUELA

Tema III
Doc. N° 14

PROBLEMAS EN EL TRAZADO DE REDES DE RIEGO DE GRAN MAGNITUD Y EVALUACION DEL COSTO DE LAS MISMAS

Trabajo presentado por:
Ing. Oscar Díaz Rueda
ARGENTINA

V SEMINARIO LATINOAMERICANO DE IRRIGACION

III JORNADAS VENEZOLANAS DE RIEGO

TEMA II

EL PLANEAMIENTO DE LAS OBRAS DE RIEGO

2) JERARQUIZACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL DE LOS
PROYECTOS

B) ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DIRECTOS Y CONEXOS

TÍTULO DEL TRABAJO

PROBLEMAS EN EL TRAZADO DE REDES DE
RIEGO DE GRAN MAGNITUD Y EVALUACION
DEL COSTO DE LAS MISMAS

AUTOR: INGENIERO CIVIL OSCAR DIAZ RUEDA

DIRECCION INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
AYACUCHO Nº 432 - S.M. DE TUCUMÁN
REPUBLICA ARGENTINA

R E S U M E N

El trabajo consiste en el estudio que los Ingenieros Civiles o Hidráulicos deben realizar como tarea específica, para el anteproyecto de una red de riego.-

En el mismo se han establecido los aspectos fundamentales que deben ser tenidos en cuenta y se han planteado así los problemas que presentan.-

Al mismo tiempo se ha confeccionado un cuadro indice, en los que han establecido el costo de un sistema de riego, expresado en metros cubicos de tierra que son necesarios para la construcción de la red, convirtiendo para las obras de arte a un equivalente resultante de la relación de costo del hormigón reforzado y la tierra.-----

PROBLEMAS EN EL TRAZADO DE REDES DE RIEGO DE GRAN
MAGNITUD Y EVALUACION DEL COSTO DE LAS MISMAS.

1.00.- Propósito

El presente trabajo tiene como propósito recopilar y dar unidad orgánica al proyecto de una red de riego, por considerar que existe mucha bibliografía dispersa e inconexa y sustentada en diversos principios, en su gran mayoría de carácter empírico lo que hace difícil el enfoque de soluciones racionales.- Esto es cierto especialmente para los jóvenes profesionales, a quienes va dirigido en gran medida este trabajo.-

Existe una tendencia actual a obscurecer el problema ingenieril del trazado con concepto de otras ramas.- Sin duda el proyecto de una red en sus alcances finales, es el resultado de los estudios programados por un equipo técnico, integrados por agrónomos, economistas e ingenieros; y, aunque las conclusiones a que cada grupo llegue influyen en las decisiones, cada uno tiene una tarea bien definida y fundamental, en la que manejando sus elementos que los son propios, convierten al grupo en una especialidad, de la cual resulta la necesidad del equipo.-

Al Ingeniero Civil o Hidráulico, le será reservado el proyecto y evaluación del costo del sistema; pero, como resulta imposible el proyecto completo antes de una decisión final, es necesario contar de alguna manera, con el medio para realizar un anteproyecto rápido y una evaluación razonable. - Con este trabajo se pretende alcanzar dicho propósito.-

101.- Anteproyecto

El ante-proyecto de una red, parte del concepto esencial de que la misma, debe alcanzar la máxima eficiencia, la cuál reside en que las pérdidas por infiltración sean mínimas.-

Ello es una exigencia de incremento cada vez mayor de población y la consecuente necesidad de una mayor cantidad de producción agro-pecuaria.-

La Diversidad y complejidad del problema, obliga como punto de partida a tipificar una zona de riego que se adapta como índice unitario; estableciendo una serie de valores medio para aquellos factores tales como; permeabilidad, extensión, forma etc., cuya variación incidirá en el costo y eficiencia.-

La Fig. (1), resume las características de la zona, respecto a forma, extensión, pendiente, además de otras condiciones cuyos valores se adaptan como índice.-

102.- Estimación del Costo

La estimación del costo de la red, se hace, convirtiendo todos los Items de la obra a metro cúbico de movimiento de tierra, logrando así, eliminar los problemas de la conversión de moneda, que resulta imposible para aprehender los costos de un país a otro.-

En cambio, resulta sencillo hacer la relación de costo de 1M3 de movimiento de tierra, a 1M3 de hormigón armado, u otro item, estableciendose así, una relación que sirve como un coeficiente para afectar los números de la tabla índice - cuadro nº 2, calculado como base para el área de la Fig.(1),

que se considera como unidad.-

Se hace así el análisis para cada red de canales, Terciarios, Secundarios y Matriz, para evaluar el costo de cada uno en toda la extensión, y finalmente, el costo global de la red, expresado en M³ de movimiento de tierra por cada Hectárea regada, condensando todo en el cuadro N^o 2.-

103.- Observaciones

Todas las operaciones se realizan con regla de cálculo; luego se redondean para trabajar con números enteros, por cuanto se tratan de apreciaciones globales de costo.-

2.00.- Esquema de una red de riego

El análisis esquemático de las tres formas posibles de resolver una red de riego, se ilustran en la Fig. 2), 3), y 4) para la forma rectangular, con las características y dimensiones señaladas en la Fig. 1).-

El simple análisis de la disposición central (Fig. 2), configura la solución óptima desde el punto de vista técnico y de costo; por las siguientes razones:

2.01.- Canal Matriz

En el esquema central (Fig. 2), tiene la longitud mínima y, aunque en la disposición lateral (Fig. 3), tiene la misma longitud, ésta requiere mayor capacidad por cuanto los Secundarios acusan mayores pérdidas; pues, son de gran capacidad en el arranque para conducir el agua a toda la zona de dominio, mientras que en la Central el recorrido es la mitad.-

Así, en el lateral, el agua del tramo final debe recorrer toda la distancia; es decir, hay un recorrido de 11 Kms. con el doble del canal que en el Central, lo que acusa una

mayor pérdida, calculada en base a las pérdidas ilustradas en el cuadro Nº 1.-

Comparado con el esquema Longitudinal Fig. Nº (4), - probablemente el canal Matriz es de un costo menor porque carece de saltos; pero en cambio, la longitud, y por lo tanto, el movimiento de tierra, es muy superior, por lo que la disminución del costo se atenúa. Sin embargo, éste esquema es muy desfavorable en cuanto se refiere a los Secundarios y Terciarios.-

2.02.- Canales Secundarios

El esquema Central cuenta con seis canales, que en conjunto tienen aproximadamente 60 Kms. e igual capacidad; pero, un recorrido igual a la mitad. El esquema lateral tiene igual recorrido, pero un volumen de excavación superior, estimado en 1/3, y mayor pérdida por infiltración.-

El esquema Longitudinal, cuenta con 5 canales en la dirección de la pendiente dominante; ello hace que en costo y pérdidas, sean muy superiores.-

2.03.- Canales Terciarios

Desde ese punto de vista, el Esquema Central y Lateral son iguales; pero, tienen la desventaja frente al Longitudinal de que en terrenos de pendiente fuerte se requieren algunos saltos para mantener una velocidad dada; la ventaja con el Longitudinal es de que arrojan menor pérdida por infiltración y menor costo debido a un desarrollo menor.-

2.04.- Conclusiones

El análisis expuesto en los apartados anteriores, lleva a la conclusión, de que una red de riego extensa, donde -

-6-

es posible la aplicación de los tres esquemas; el Central, será sin ninguna duda más ventajoso.- Por ello, nos limitaremos a analizar solamente éste último, debido al espacio limitado y la inutilidad después del análisis global anterior.- El esquema Longitudinal, puede ser aplicable en donde en ancho de la zona sea igual o menor que la distancia mínima entre Secundarios, y donde solo sean posible dos clases de canales; Matriz y Terciarios.-

3.00.- Trazado de la Red de Terciarios según El Esquema Central

3.01.- Consideraciones Generales

En la Fig. (2), se da la disposición y las longitudes de los distintos canales.- En cuanto a obra de arte, sólo consideraremos las típicamente hidráulicas, a saber: saltos, compuertas y pasos.-

La marcha del cálculo se hará partiendo de los canales Terciarios, para luego seguir con los Secundarios y dar término con el canal Matriz.-

Para los canales Terciarios, se considerará la sección que dé la mínima pérdida; y en cuanto a la sección la de tipo compensado, con el fin de tener disponible el agua sobre el terreno natural en cualquier punto.- En la Fig. (5), se dan detalles de las secciones transversales, y las obras de arte para todos los canales, en Fig. 6), 7) y 8).-

3.02.- Capacidad

La capacidad de la red, debe calcularse para el momento de la máxima demanda, y vamos a suponer que debieran servir se 15.000 Hectáreas, con un riego de 1.000 M³/Hts. durante un

período de 10 días.-

En total 15 M3, que deben distribuirse entre 3 Secundarios, o sean 5 M3 en una extensión de 5.000 Hects. por Secundario.-

Se estima que 15.000 Hects., cubren bien una explotación diversificada, ya que representa un 50 % del área total. Si fuera zona de monocultura la necesidad sería, sin duda, mayor.-

Para los Terciarios, vamos a considerar que la velocidad puede ser de hasta 1,5 m/s. y, la capacidad de los mismos tal que las pérdidas sean mínimas.- Ahora bien, como el número de Terciarios puede ser muy variado, vamos a tentar diversas capacidades de canales, y analizar los efectos combinados de capacidad, pérdidas, elasticidad y sus efectos sobre secundarios, a los fines de elegir aquel de una mayor eficiencia combinada.-

3.03.- Pérdidas

En base a las pérdidas ilustradas en el cuadro Nº 1, se han analizado canales con capacidad desde 350, a 3.000 l/s., para una permeabilidad media de 300 mm/m2., en 24 hs. Las pérdidas % por Km., que se ilustran en el cuadro nº 1, son extraídas del texto (1), y convertida al sistema métrico.-

Los canales Terciarios, tendrán 4 Kms. de longitud, y la pérdida total de cada conjunto varía desde 1170 a 220 lts/s. para 350 y 3.000 l/s., respectivamente, con pérdidas individuales de 69 a 112, respectivamente.- Desde este punto de vista, se estima que las capacidades entre 1.500 a 2.000 son más adecuados, pues con ello se obtienen pérdidas medias modera--

das, y se dispone de buena elasticidad de funcionamiento.-

3.04.- Elasticidad

En el Sistema Central, pueden haber diversas combinaciones para regar y ellos pueden ser: Los dos sectores superiores con un intermedio; o, los dos inferiores con un intermedio, mayor pérdida en el último, Tres sectores, derecho; o, izquierdo igual pérdidas. La mitad central de los seis sectores; o, la mitad extrema de los seis sectores, pérdida mayor. los $3/4$ de un lado; y, $1/4$ extremo del otro, probablemente -- con la pérdida más alta de todas las combinaciones, aunque -- pueden haber muchas otras posibles que acusen pérdidas mayores.-

Esto influirá en las pérdidas de los Secundarios y Matriz, por lo que conviene contemplar una capacidad mayor en los Terciarios extremos.-

3.05.- Conclusión

Las consideraciones sobre pérdidas y elasticidad hacen que la capacidad deba seleccionarse sobre la base de que; 1) las pérdidas sean las que estén comprendidas dentro de valores medios; 2) que a la capacidad se agreguen no menos de un 20 % para cubrir las pérdidas de las acequias comuneras; 3) que -- los últimos Terciarios tengan capacidad doble de los primeros y 4); que las distancias de las acequias comuneras, sumados -- hacia ambos lados del Terciario, no sean mayor que la mitad -- de la longitud de este.-

Sobre estas bases se ha establecido una capacidad de -- 2.000 lts/s., para los tres Terciarios de cabecera y 3.000 para el último con tres acequias de capacidad para estas capa-

·idades.-

3.06.- Sección y Volúmen de Excavación

La capacidad será fijada de 1,5 m/s. y se ha adoptado una relación de ancho de fondo b , a profundidad d , $R=b/d$ que nos dé el perímetro de mínima pérdida, o sea $R=b/d=4\tang \varnothing/2$.

Prévio los cálculos Hidráulicos, se ha determinado la sección de tipo compensado, Fig. (5), para 3.000 lts., para los 2.000, se tomó en forma proporcional. Resulta en promedio 4.500 m³ por terciario; o sea 18.000 por los de un secundario y 108.000 m³ para todo el sistema.- Ver cuadro nº (2).-

3.07.- Saltos

Teniendo en cuenta la pendiente natural y de la rasan-
te del fondo se ha determinado 2 saltos por kilómetros, del -
tipo Fig. (6).-

Los Saltos son de 0,10 de espesor de hormigón reforza-
do, e incluyendo, movimiento de tierra para obra de arte y a-
siento de drenaje, convertido todo a movimiento de tierra co-
mún, resulta en promedio 6,450 m³ de tierra equivalente a un
salto: 25,800 m³ por salto de cada secundario y 165.000 para
todo el sistema.-

3.08.- Compuertas Distribuidoras

Se disponen de 5 compuertas, con beca hacia cada lado
de los Terciarios.-

El tipo de obra propuesta, Fig. (7); tiende a eliminar
la forma clásica, con 2 muros de ala que resultan más costosos
y con inconvenientes Hidráulicos. En cambio el propuesto es un
simple revestimiento como si fuera canal, con tabiques de hor-
migón, para la colocación de las hojas de compuertas.-

Se estima que el costo es 1,5 igual a 1,5 veces el de un salto, de ello resultan las cifras incluidas en el cuadro nº 2, correspondiente al ítem compuertas.-

3.09.- Pases

Se ubica uno cada kilómetro. En cuanto a su costo se estima, por ser estructura mas robusta, en el doble del correspondiente a un salto, así se consigna la cifra en el cuadro Nº 2. También para los pasos se tiende a eliminar los muros de ala - (Ver Fig. 8).-

3.10.- Resumen de Costo de un Terciario

El costo de la red de terciario, se establece por canal para cada ítem, para cada Secundario, y para el Matriz, expresado en M3 de tierra y en volúmenes parciales. Al fin de la columna de los Terciarios, se dan los montos globales de volúmenes para los Terciarios, Secundarios y, finalmente, el volumen de la incidencia en todo el sistema de riego.-

En el mismo cuadro Nº 2, se da la incidencia de todos los costos arriba discriminados, en M3., de tierra por hectárea, para todo el sistema.-

Los valores del cuadro nº 2, se considerarán como números índices, a los cuales se deberán referir las variaciones de los distintos factores, como se verá más adelante.-

4.00.- Canales Secundarios

4.01.- Consideraciones Generales

Al plantear el esquema general, establecimos la distancia empírica de 4,5 Kms. para zona de permeabilidad media que adoptamos como índice. Si bien es cierto, esto determina la longitud de los Terciarios. En cambio, las capacidades acumula

das de los Terciarios más las pérdidas, determinan la capacidad teórica del Secundario.-

La capacidad del Secundario, por lo tanto, será igual a $4 \times 2.500 = 10.000$ l/s.- Sobre esta base, calculamos las pérdidas y, por lo tanto, la Capacidad real del Secundario.--

4.02.- Pérdidas

Sobre la base del cuadro de pérdidas nº 1, se ha de terminado la capacidad, haciendo un estudio comparativo de lo cual se establece una pérdida de 245 l/s., adoptándose -- por lo tanto una capacidad de 10.250 l/s.-

4.03.- Sección de los Secundarios

El cálculo de la sección, ha sido realizado teniendo en cuenta una velocidad máxima de 1 m/s.- El tipo de Sección es el compensado con una profundidad de 1,40 mts., de los cuales 0.55 mts., están sobre el terreno natural. Se han establecido tres escalones de caudal, resultando un volumen de tierra de 36.750 m³, por secundario; y, 220.500 m³, para los seis. En la disposición Central no son necesarios los saltos por que el caudal es conducido en una línea de pendiente mínima.-

4.04.- Compuertas

Se necesitan 4 compuertas, para cuatro tramo de distintas capacidades. El tipo de compuerta es similar a la de los terciarios.- Se calcula la compuerta para el tramo mayor de capacidad, y luego, se afecta de coeficientes menores que la unidad para los tramos menores; resultando un volumen equivalente de tierra de 21.000 m³ por cada secundario y --- 126.000 m³ para los seis secundarios (Ver cuadro nº 2), co

lumna de secundarios item compuertas.-

4.05.- Pases

Con un criterio análogo al aplicado para los terciarios, se ha calculado el movimiento de tierra equivalente, resultando: 37.000 m³, por cada secundario, y 222.000 m³ para los seis secundarios (Ver cuadro Nº 2, columna secundario ítem pasos)

4.06.- Conclusiones

El análisis de los canales Secundarios, se ha hecho sobre la base de un criterio empírico, de disponer una distancia de 4,5 Kms. entre ellos, para una permeabilidad media de 0,3 m³/m² por día; y de 6 Kms. y 3 Kms. para permeabilidades de 0,15 y 0,45 m³/m² diarios, como se verá al analizar el factor permeabilidad. Todo ello, configura ya canales Terciarios de determinadas capacidades y longitudes y, por lo tanto, pérdidas que a su vez, como hemos visto, dan la capacidad del Secundario.-

Este punto podría ser analizado con criterio más científico, aplicando modelos análogos y probando para cada permeabilidad similar, distintas distancias y, por lo tanto, distintas pérdidas, hasta alcanzar para cada permeabilidad la eficiencia combinada optima, o sea, la de mínima pérdida.-

5.00.- Canal Matriz

5.01.- Generalidades

Los cálculos han dado 20.500 l/s. para el primer tramo dentro del área de riego y 10.250 para el segundo. La Sección del matriz se ha calculado sobre la base de una velocidad de 1,00 m/s.-La profundidad hidráulica de 2.30 mts., más

un margen de 0,30 mts., hacen una profundidad para excavación de 2,60 mts., Todo el canal es conducido en excavación; Sección del mismo (Ver. Fig. 5).-

5.02.- Pérdidas

Aplicando un criterio similar a los Secundarios y Terciarios se determina una pérdida de 200 lts/s., adoptándose - por lo tanto 20.700 lts/s., para el primer tramo y 10.350 lts/s., para el segundo.-

5.03.- Cálculo de la Sección

Adoptando una relación de ancho,, de fondo b a profundidad d ; $b/d = 2,35$, se determina una pendiente $J=0,0003$; de lo cual se determina el N° de saltos necesarios por diferencia - en la pendiente natural $J_n=0,005$.-

El volumen de tierra equivalente a los saltos resultó de un total de 108.000 m³.-

5.04.- Volumen de Excavación

Calculado el volumen de excavación para los dos tramos resultó de 95.400 m³.- En cuanto a los pases el volumen equivalente es de 78.000 m³ y para las compuertas 36.000 m³.-(Ver el cuadro N° 2 para los items descriptos.-

5.05.- Coeficientes de la Tabla Índice Cuadro N° 2

El cuadro n° 2, resume en consecuencia todo el trabajo - para la apreciación de costo, expresado en m³ por canales, para cada clase, y el conjunto discriminando los costos por Items.- Además, se establecen los mismo valores en su incidencia por hectárea regada, para el área índice adoptada.-

También, al pié de la misma se ha establecido el costo en m³ de tierra por Kms. de canal para cada clase de canal.-

5.06.- Exámen del cuadro nº 2

Los números de este cuadro, son los indicadores en forma universal para la apreciación de costo de un sistema de riego en cualquier país.-

Por ejemplo: Si para la moneda Argentina, el costo de un m³ de tierra fuera \$/m³=300, para un sistema de 30.000 Hectáreas en el que se determinó una incidencia de 53,77 m³ por hectárea, redondeando, 58, tendríamos que el costo total sería:

$$58 \times 300 \times 30.000 = 522.000.000 \text{ Pesos Argentinos.-}$$

Si el costo del m³ de tierra en Venezuela fuera de 0,5 pesos Venezolano por m³, el costo del sistema, de 30.000 hectáreas resulta de:

$$58 \times 0,5 \times 30.000 = 870.000 \text{ pesos Venezolano.-}$$

En cambio, si dijéramos arbitrariamente, que un sistema de riego en Argentina para 30.000 Hectáreas cuesta 500.000 000, sería muy difícil establecer cuanto costaría para otro país, ya que los problemas de salarios, costos de materiales, maquinarias, combustible etc. son muy distinto de un país a otro.-

También el cuadro índice, permite establecer cuanto cuesta cada canal y el conjunto de cada clase de canales.-

Este cuadro, tiene una disposición similar a una matriz, en el que las filas son las obras o trabajos a realizar, y las columnas, los canales de distintos rangos del sistema de riego; y, en el mismo, figura los volúmenes equivalentes de tierra correspondiente. Luego, a continuación, sigue un cuadro similar al anterior, con los mismos valores expresados en m³ de tierra

dividido por 30.000 Hectáreas para encontrar la incidencia expresada en M3 por Hectárea regada.-

Así por ejemplo, para excavación de tierra un canal terciario, necesita 4.500 M3 y como son cuatro los canales terciarios por cada secundario, se multiplica $4 \times 4.500 = 18$ mil m3, para todos los terciarios de un secundario; y como hay 6 secundarios, se multiplica 18.000×6 y se tiene 108.000 m3 acumulados para todo el sistema. Luego se analiza para un secundario y resultan 36.750 M3 y en los 6 secundarios 220.500 M3 y finalmente el canal matriz, necesita 95.400 M3, y para todos los canales se necesita la suma de las cifras anteriores; o sean 423.000 M3, reales de tierra. Igualmente se hace para las otras obras y resultan: para Saltos 207.000 M3; Compuertas 336.000 M3; Pasos 588.000 M3, no reales; sinó, equivalentes al costo expresado en metro cubicos de tierra.-

Es muy importante aclarar, que la relación de costo de M3 de tierra, a M3 de Hormigón reforzado, del tipo utilizado en revestimiento, se tomó para Argentina en 1/100. Si para Venezuela esa relación fuera de 1/90, se deberán modificar los valores para los índices correspondientes a Saltos, Compuertas y Pasos, multiplicando por relación que resulte.-

El cuadro nº 2 constituye la base para apreciar la variación del costo cuando alguna de las características fundamentales varían y resume practicamente la primera parte del trabajo. A continuación, analizaremos la variación de los costos cuando varían los factores más importantes.-

6.00.- Variación del Costo con la Variación de los Factores
más Característicos.-

* Aunque puede analizarse cualquier factor, daremos a continuación una lista de los que pueden considerarse más importantes, y el camino a seguir en cada caso de acuerdo al efecto en más o en menos que produzca el costo.- Estos factores pueden ser:

- 1º) Extensión
- 2º) Forma
- 3º) Permeabilidad
- 4º) Pendientes medias
- 5º) Regularidad Topográfica
- 6º) Número de días de demanda máxima
- 7º) Sistema de Explotación continua o por turnos
- 8º) Sub-división de la tierra.-

6.01.- Extensión

En la incidencia del costo, por mayor extensión, tiene una notable influencia la forma en que adopte esta mayor extensión. Así si tuviéramos dos zonas iguales a la índice, unidos por el lado más corto, o sea una zona alargada, manteniendo idéntico trazado en ambas zonas, el costo total se incrementaría, de 53,77 m³/hect., a 61,87 m³/hect., es decir, tiene poca influencia. Ese cambio si se superpusieran por el lado más largo, tendiendo a una forma cuadrada, la influencia en el costo es mayor llegando a 68,10 m³/hect. En ambos casos la influencia está en el costo del Canal Matriz, ya que los secundarios y terciarios varían muy poco.-

6.02.- Forma

Manteniendo la extensión de 30.000 Hect., pero variando las dimensiones de los lados para una forma alargada en el sentido de la mayor pendiente con 22 Km., y otra de forma cua

drada de 17,3 Km. Hubo que hacer un replanteo de las distancias del área índice en ambos casos.-

Analizando los costos se llegó a la conclusión, que para la forma cuadrada el costo es 1,4 veces el del área índice; y, para la forma alargada de 22 Km. en el sentido de la pendiente dominante, es de : 1,67 el costo del área índice. Se ve así que a medida que una zona es más alargada en el sentido de la pendiente, más costosa resulta la red. En este caso también la influencia mayor está en los Matrices terciarios.-

6.03.- Permeabilidad

Este factor obliga también a hacer un replanteo de la red, así para una permeabilidad menor; o sea 0,15 m³/m² por día, se tienen canales de mayor capacidad ya que pueden incrementarse los recorridos secundarios a 6 Km., pero, se disminuyen las obras de arte en números, aunque son de dimensiones algo mayores.- Por ello se estima que el costo puede estar entre el 0,75 a 0,80 del área índice.-

En cambio el incremento de la permeabilidad, por ejemplo a 0,450 m³/m² por día, incrementa el recorrido de los canales por necesitar secundarios a menores distancias, a 3 Km. Ello hace disminuir el caudal; pero, incrementa el N° de obras de arte por lo que puede estimarse que el costo se incrementa de 1,50 a 2,00 veces el del área índice.-

Este punto en realidad requeriría un estudio en un modelo por el sistema de analogía; o en su defecto el cálculo en una computadora analógica para establecer el valor óptimo.

6.04.- Pendiente Media

Influye en el costo del Canal Matriz y los Terciario y, solamente en el Item saltos. Así para una pendiente mayor 10 por mil el costo se duplica para los saltos y el costo total se incrementa a 62,67 m³/hects. Para una pendiente menor digamos 1 por mil el costo de saltos disminuye a una 1/5 parte.-

Otro importante efecto de la pendiente es de que, llegará un límite en que el costo puede resultar igual al del revestimiento con hormigón simple. En este caso el movimiento de tierra disminuye, se eliminan los saltos y las dimensiones de las compuertas y pasos disminuyen. Tomando una relación entre costo del M³ de tierra (T) y hormigón simple (H) igual a $T/H = 2/50$, se ha llegado para permeabilidad 0.300 m³/m² por día, a que la pendiente de 7 por mil es ya compensatoria y para una permeabilidad de 0.450 m³/m², la misma puede ser de hasta 3,00 por mil.-

6.05.- Regularidad Topográfica

En el área índice se ha supuesto una pendiente uniforme del 5 por mil, con curvas de nivel rectas ideales, si estas onduladas (fig. 9), afectaría la longitud de las secundarias, solamente, si las ondulaciones fueran muy irregulares ya el costo sería más elevado. En cada caso habrá que hacer estimaciones; pero, siempre será para incrementar los costos sustancialmente.-

6.06.- Otros Factores

Número de días de demanda máxima: cuanto más breve, tanto mayor será el costo.-

Explotación continua; o, por turnos; si la dotación es continua el costo será menor que cuando, la misma, es por-

turnos.- Un sistema combinado es continuo en el Matriz y secundario con turno en los terciarios, es lo indicado y la incidencia tendrá un valor medio

Sub-División de la Tierra.- Cuando mas pequeña e irregular sea la parcela, tanto mayor será el costo.- En este caso el incremento de pasos es muy importante.-

6.07.- OBSERVACION

El presente trabajo es un resumen del original que se ha publicado en el Boletín Nº 8, del Instituto de Ingenieria Civil de la Universidad Nacional de Tucumán.-

BIBLIOGRAFIA

1).- B. A. Etcheverry.- "Irrigación Practice and Engineering".- Conveyance of water. Vol. 2 . c. Graw-Hill Book Company, Inc. New York and London 1915.- Pág. nº 101,108 y 109.-----

SAN MIGUEL DE TUCUMAN, Agosto 1968

REPUBLICA ARGENTINA

CUADRO N° 1.-Pérdidas.-% por Kms de Canal, para diferentes caudales

Caudal l/s.	Pérdidas en l/s.	Pérdidas en % Global	Longitud Canal en Kms.	Pérdidas % por Km.	Observaciones
100	-	-	-	4,95	Los valores que figuran sin datos (directamente con el % por Kms) están extraídos de estudios - sistemáticos. Los otros, de canales observados, de donde surgen ciertas discrepancias.-
300	-	-	-	2,85	
600	-	-	-	1,86	
1.250	446	36,8	35	1,05	
1.400	-	-	-	1,25	
1.950	810	41,6	29	1,43	
2.250	-	-	-	1,00	
3.500	-	-	-	0,87	
11.200	420	3,75	29	0,19	
14.650	980	6,80	35	0,15	
24.200	840	3,45	29	0,12	

CUADRO N° 2.-Volúmenes de tierra equivalente, para todos los Canales y costo en m3 de tierra por Hectárea regada para el área índice de - 30.000 Hectáreas adoptada, como Unidad.-

Items	C a n a l e s	Volúmenes de Tierra globales en M3.				M3 de Tierra por cada Hec- tárea regada.-			
		Terciar	Secund.	Matriz	Total	Terc.	Secund.	Matriz	Total
Excavac. de Tierra	T	4.500	-	-	-	0,15	-		
	S	18.000	36.750	-	-	0,60	1,12		
	M	108.000	220.500	95.400	423.900	3,60	7,35	3,17	14,12
Saltos	T	6.450	-	-	-	0,21	-		
	S	25.800	-	-	-	0,86	-		
	M	165.000	-	102.000	267.000	5,15	-	3,70	8,85
Compuer- tas.	T	7.275	-	-	-	0,24	-		
	S	89.000	21.000	-	-	2,96	0,69		
	M	174.000	126.000	36.000	336.000	5,80	4,20	1,20	11,20
Pasos	T	12.000	-	-	-	0,40	-		
	S	48.000	37.000	-	-	1,60	1,23		
	M	288.000	227.000	78.000	588.000	9,60	7,40	2,60	19,60
Total	T	30.225	-	-	-	1,00	-		53,77
	S	180.000	94.750	-	275.550	6,02	3,04		9,06
	M	725.000	568.500	311.400	1604.900	24,15	18,95	10,67	53,77
Longitud en Km.		96.000	57.750	9.00	162.75				
M3/Kms.		7.550	9.850	34.600	9.850	0,252	0,330	1,185	0,331

FIG. 1 - CARACTERÍSTICAS
DEL AREA INDICE

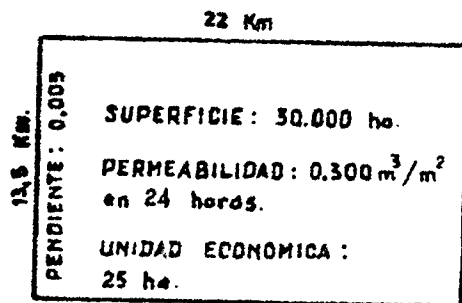


FIG. 2 - DISPOSICION CENTRAL

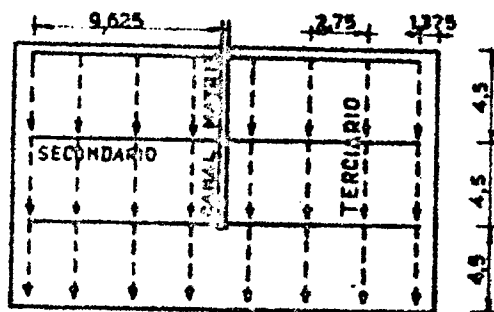


FIG. 3 - DISPOSICION LATERAL

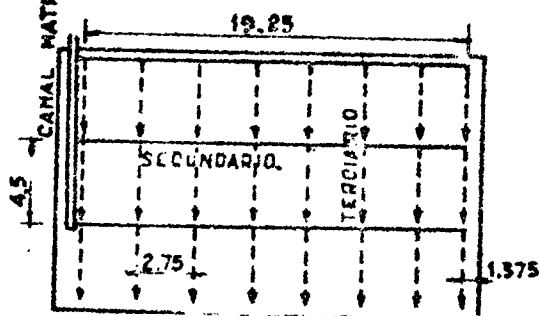


FIG. 4 - DISP. LONGITUDINAL

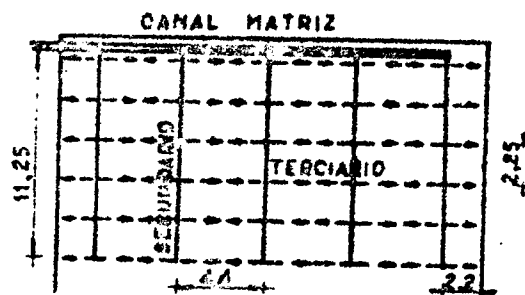


FIG. 5 - SECCIONES TIPO

SECCION TERCARIOS



SECCION CANAL MATRIZ Y
SECCONDARIOS

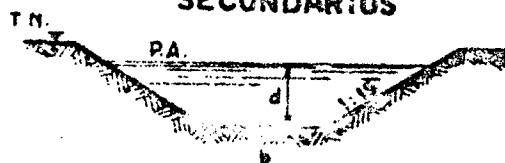
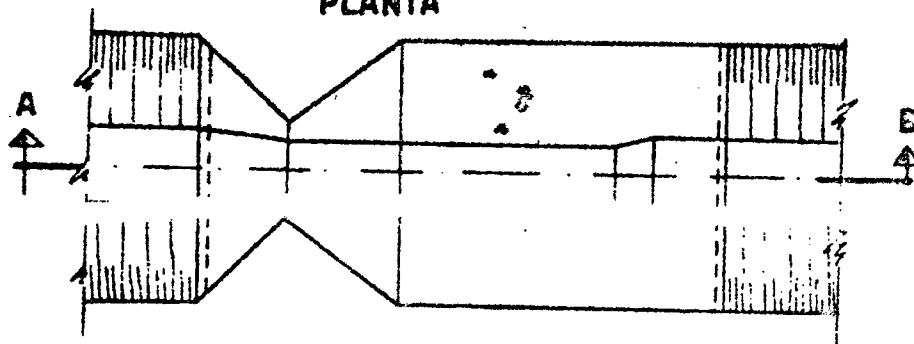


FIG. 6 - SALTO TIPO
PLANTA

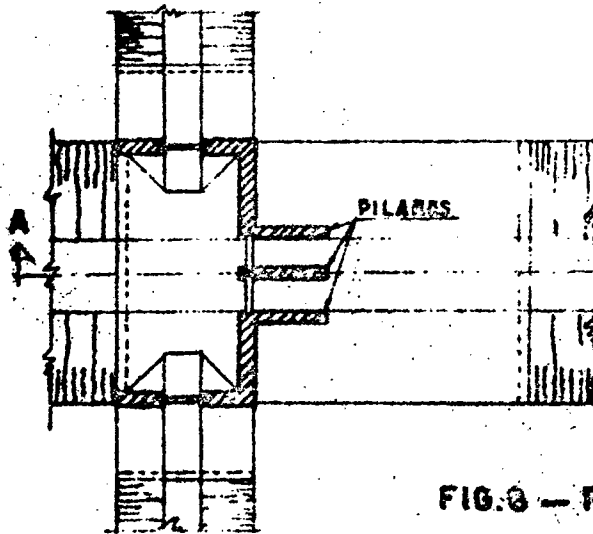


CORTE A-B



PLANTA

FIG. 7 - COMPUERTA TIPO



CORTE A-B

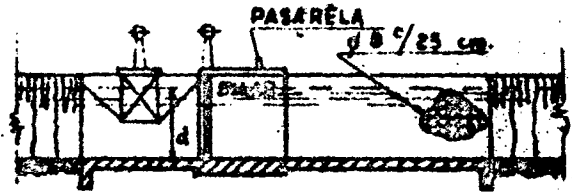
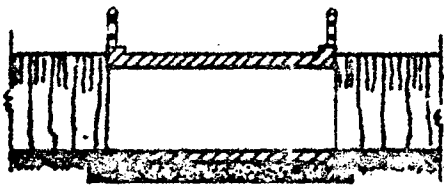


FIG. 8 - PUENTE TIPO

CORTE C-D



PLANTA

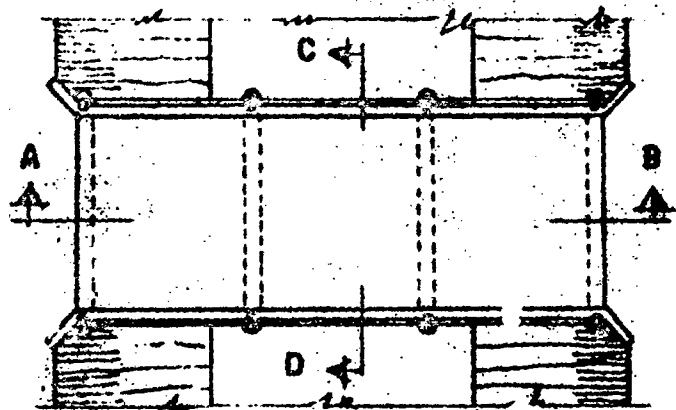
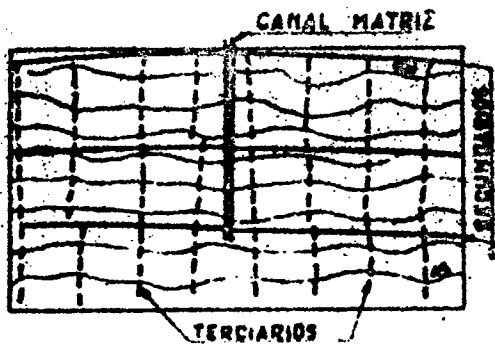


FIG. 9 - VARIACION UNIFORME



CORTE A-B

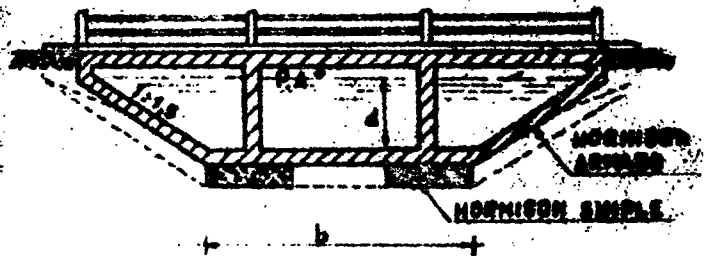


FIG. 10 - VARIACION ALEATORIA

