



PAGG. 01387

CAPITULO V
RIEGO POR SURCOS

Prof. Carlos J. Grassi

5.1. CARACTERISTICAS GENERALES

En este sistema, la capa radical del suelo se humedece mediante la infiltración del agua a través del área que resulta de multiplicar el perímetro mojado promedio por la longitud del surco. Dado que los surcos quedan distanciados, el agua cubre parcialmente el terreno entre los surcos, y el suelo se humedece por efecto del avance de humedad en profundidad y lateralmente.

La profundidad de penetración del agua y la forma y dimensión de la sección humedecida, dependen de las características físicas del suelo y de su variación en el perfil; así como del tirante y del tiempo de aplicación del agua. El efecto de algunos de dichos factores, ha sido estudiado por Grassi (1960), con relación a un suelo franco-limoso.

Se analizan seguidamente las condiciones que favorecen la selección de este sistema, las normas para su instalación y los procedimientos para proyectarlo. Dos variantes de este sistema, uno que tiene relación con adaptación a diferentes condiciones de pendiente: surcos en curva de nivel; y otro con relación al espaciamiento: corrugación son tratados al final del capítulo.

5.1.1. Factores que favorecen la instalación del sistema

El riego por surco se adapta especialmente a los cultivos en línea, dado que dicha disposición permite humedecer el volumen de suelo explorado por raíces y acercar o retirar la humedad, conforme al comportamiento y las exigencias del cultivo. Además, en la mayoría de los casos el surco de riego es una consecuencia de las labores culturales del cultivo; un ejemplo al respecto lo constituye el riego que es común en los cultivos de vides en Mendoza, Argentina, en cuyo caso el surco se acerca o se retira de la hilera según que el cultivo se are tapando (hacia la hilera) o destapando hacia el interfilar.

Se presta el riego por surco a todos los tipos de suelos, con buena velocidad de infiltración y baja erodabilidad. Dado el parcial humedecimiento de la superficie del terreno que caracteriza al riego por surco, este método se presta para los suelos que tienen tendencia a formar costra al secarse, dañando las plantas que recién germinan.

En cuanto a la pendiente, si bien el riego por surco funciona más eficientemente en terrenos llanos, de menos del 0,2%, puede emplearse este sistema con pendientes mucho mayores; hasta el 3% en cultivos en hilera y hasta el 15% en el caso de surcos en contorno.

Dado el reducido caudal que requiere cada surco, se emplea el método cuando los recursos hidráulicos disponibles son escasos, y en tal caso se riegan simultáneamente más o menos surcos, según el caudal con que se cuenta. Se logra además un buen control del caudal, con elementos simples como sifones, tubos, etc.

La eficiencia que se logra al regar por surco puede calificársele de media, cuando se lo compara con otros métodos y teniendo en cuenta que puede empleárselo en condiciones topográficas relativamente desfavorables.

Los costos de instalación y de operación del riego por surco, no son elevados, ya que se lo puede usar con escasos trabajos de acondicionamiento de tierras, especialmente cuando se trata de cultivos estacionales.

5.1.2. Forma y dimensiones de los surcos

La forma de los surcos depende del implemento empleado para su construcción y del tipo de suelo; pueden ser de forma parabólica, triangular o rectangular. El primer riego en terreno suelto modifica la sección, ya que se produce movimiento del material: erosión y sedimentación, hasta que se alcanza un perfil de equilibrio. La sección de equilibrio, tiende a ser parabólica en suelos de textura media a pesada, y de fondo plano: rectangular o trapecial, en suelos de textura fina. La fig. 5.1.1, representa un caso de ajuste de la sección del surco a la forma parabólica.

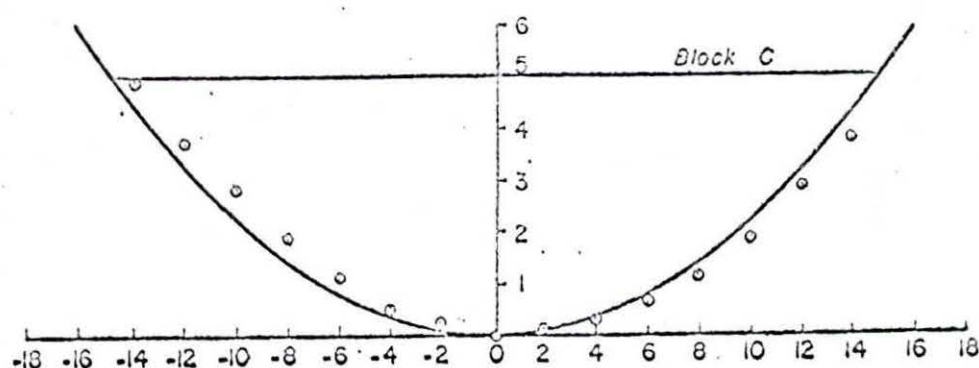


Fig. 5.1.1.

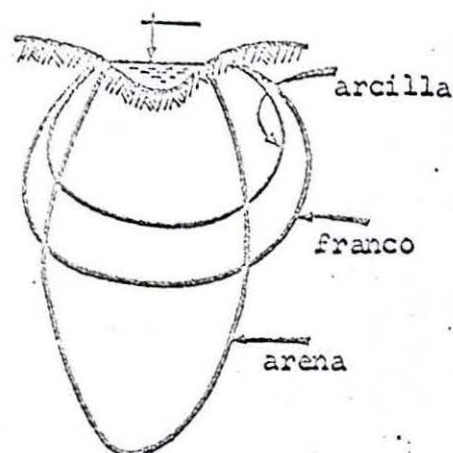


Fig. 5.1.2.

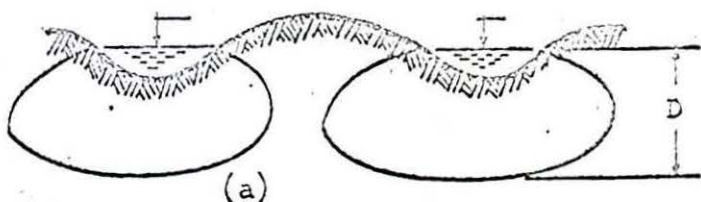
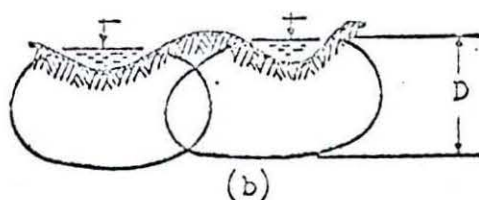


Fig. 5.1.3.

El tamaño del surco depende comúnmente del cultivo y de las labores culturales que se realizan en el mismo. Oscilan entre 10 y 40 cm. el ancho superficial y entre 5 y 20 cm. el tirante de la sección de escurrimiento.

El espaciamiento de los surcos, o sea la distancia entre un surco y otro, depende de la naturaleza física del suelo y de la profundidad de suelo que se intenta mojar. La fig. 5.1.2. señala al respecto diferentes relaciones de ancho a profundidad humedecida en función de la textura del suelo. La fig. 5.1.3.a) muestra irregular humedecimiento del suelo y baja eficiencia de distribución de agua como consecuencia de excesivo espaciamiento entre los surcos, y la fig. 5.1.3.b) un correcto espaciamiento en rela-

ción a la profundidad del suelo, D, que se intenta humedecer.

Grassi (1960) estudiando las relaciones entre la profundidad y sección humedecida, con la carga de agua en el surco y el tiempo de riego, determinó la siguiente ecuación para calcular el espaciamiento de los surcos, en suelo franco-limoso de Chacras de Coria, Mendoza, Argentina:

$$E = 1.73 D \quad \dots \dots \dots (5.1.1)$$

Donde:

E es el espaciamiento, en m.

D es la profundidad de una máxima exploración radical, en m.

Sin duda, en un suelo arenoso dicha constante debe ser menor, y podría contrariamente ser mayor en otras condiciones físicas.

5.1.4. Pendiente y dirección de los surcos

Los surcos se trazan sin pendiente alguna, nivelados "a cero", o con pendiente. En el primer caso no se produce escurrimiento de agua al pié, mientras que sí ocurre en el segundo. Esto plantea la necesidad de reducir caudal durante el tiempo de riego.

En los terrenos con pendiente, la recesión de la lámina de agua sobre el terreno "al cortar el agua" en la cabecera debe ser tenida en cuenta, al contar el tiempo de riego. Sin embargo, tiene reducida importancia en riego por surco, dado el reducido lapso en que ocurre el retiro del agua de la superficie.

La pendiente aceptable a los fines de riego por superficie, depende de la fuerza erosiva del agua, la que responde a la siguiente ecuación:

$$F = \gamma \cdot h \cdot S_0 \quad \dots \dots \dots (5.1.2)$$

Donde:

F es la fuerza erosiva del agua, en $\text{kg/m}^2 \left(\frac{M}{L^2} \right)$

γ es el peso específico del agua, en $\text{kg/m}^3 \left(\frac{M}{L^3} \right)$

h es el tirante de agua en el surco, en m. (L)

S_0 es la pendiente adimensional.

En los surcos se produce erosión y deposición de material en el mismo cauce y también erosión y arrastre fuera del mismo. Si gran parte del caudal aplicado se infiltra en el surco, el efecto erosivo mayor se produce en el tercio superior, luego como el caudal va disminuyendo hacia abajo, la fuerza erosiva va siendo menor y tornándose en el tercio medio, más favorables las condiciones que facilitan el depósito del material. En el tercio inferior, en cambio, con reducido caudal se produce escaso movimiento de material del suelo.

Si contrariamente se aplica un caudal mucho mayor que la capacidad de infiltración del suelo, puede resultar en escurrimientos al final del surco que conduce gran cantidad de material al drenaje colector.

En general, el mayor movimiento de material se produce en el primer riego, después de la realización de las labores culturales, que es cuando el material está suelto y más expuesto al arrastre. Después del riego de asiento, el peligro de erosión disminuye, aún cuando los suelos no estructurados donde predomina la arena fina, están siempre expuestos a la erosión.

De todos modos, para surcos de determinada forma y tamaño, y tipo de suelo, existe la posibilidad de operar con dos variables: el caudal a aplicar y la pendiente. El caudal a aplicar, se discutirá en el punto 5.1.5. En cuanto a la pendiente, la ecuación (5.1.2) nos muestra también, que, cuando F alcanza límites peligrosos, puede disminuirse S_0 %, cambiando la dirección de los surcos, a saber: a) surcos en dirección diagonal de la máxima pendiente; b) surcos en dirección normal a la máxima pendiente; c) dirección de los surcos de pendiente de otros factores del proyecto.

a) Surcos en dirección diagonal a la de máxima pendiente

Para ello, fig. 5.1.4. se puede reducir la pendiente de los surcos si

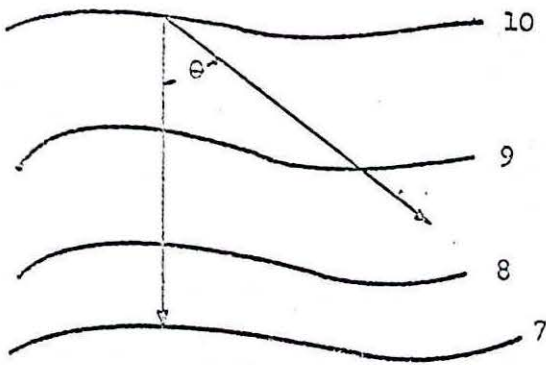


Fig. 5.1.4.

guiendo la diagonal que ofrece un recorrido más largo para la misma diferencia de nivel.

Elegida la pendiente, S' , que queremos dar a los surcos, es posible calcular el ángulo θ , que deberán desviarse los surcos con respecto a la línea de máxima pendiente. Para ello:

$$S' = S_0 \cos \theta \quad \dots \dots \dots (5.1.3)$$

Por lo tanto:

$$\cos \theta = \frac{S'}{S_0} \quad \dots \dots \dots (5.1.4)$$

A lo que corresponde un ángulo θ , que se obtiene en las tablas de funciones circulares.

b) Surcos en dirección normal a la máxima pendiente

Si la pendiente del terreno S_0 crece para una determinada pendiente proyecto S' , la ecuación (5.1.4) muestra el aumento del ángulo θ , acercándose en tal caso los surcos a la curva de nivel. Lo mismo resulta si para un terreno de pendiente S_0 , se plantean condiciones exigentes en cuanto a la reducción de la pendiente proyecto, S' . En uno u otro caso; caemos en el sistema de surcos en contorno o en curvas de nivel.

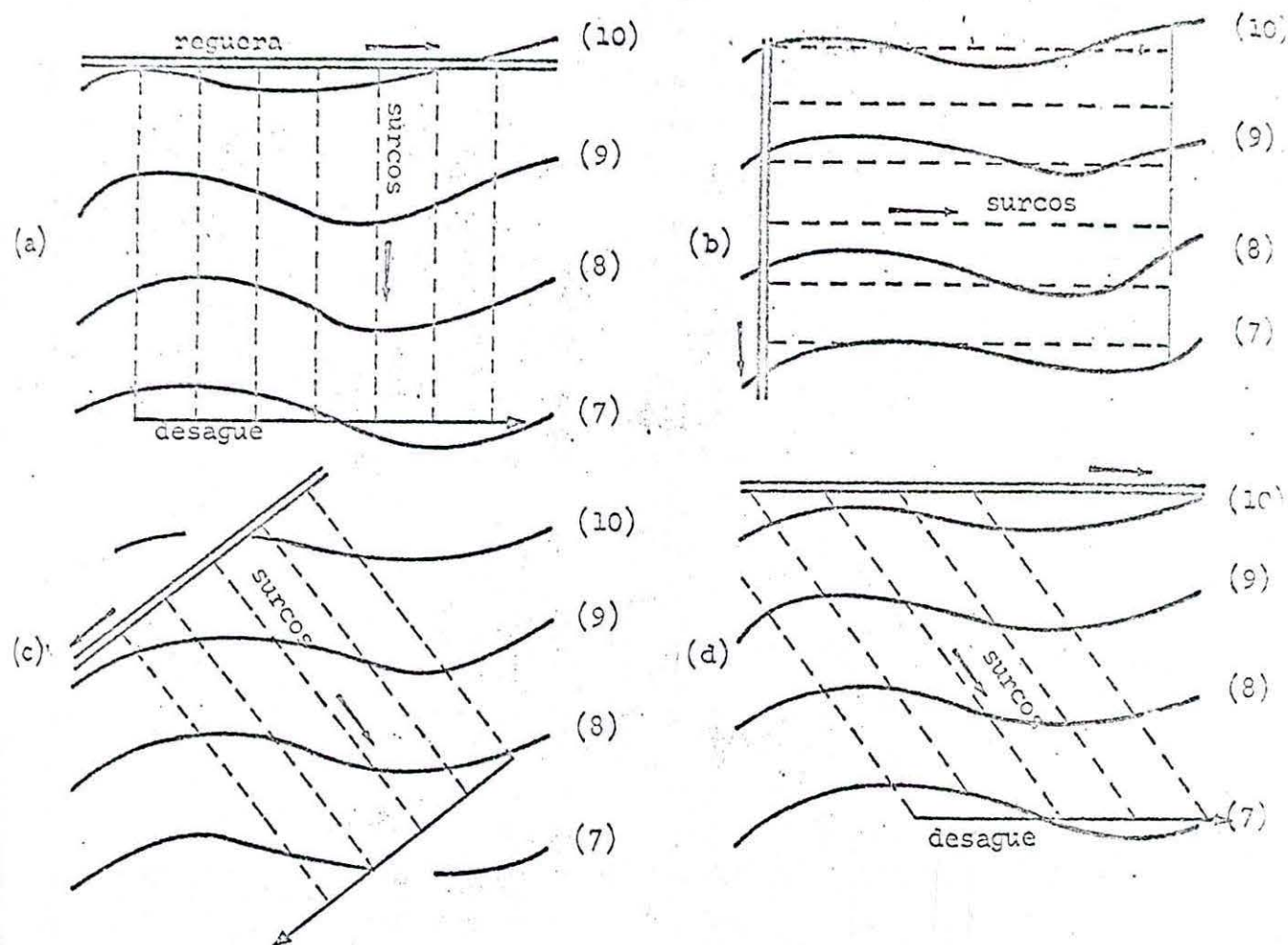


Fig. 5.1.5.

La fig. 5.1.5. incluye distintos casos de dirección de los surcos, con relación al trazado de la acequia de cabecera y del desagüe al pié. El criterio de seguir con los surcos, la misma dirección de las curvas de nivel, significa adoptar la máxima pendiente para la acequia de cabecera; ello dificulta las tareas de control y regulación del caudal a aplicar por surco, con el peligro de que se produzcan derrames pendiente abajo a través del borde de los surcos.

Se detallan seguidamente, las características sobresalientes que distinguen a los 4 casos tratados en la figura 5.1.5.

1er. Caso: Fig. 5.1.5 (a).

Fácil operación del riego, control y regulación del caudal en la cabe cera. Regular eficiencia de aplicación y de distribución de agua. Peligro de erosión requiere desagüe al pié, así como también surcos poco profundos y reducido espaciamiento.

2do. Caso:

Difícil operación del riego (control y regulación del caudal en la ca becera). Buena eficiencia de aplicación y de distribución del agua. No requiere desagüe al pié, requiere surcos profundos y espaciados.

3er. Caso: Fig. 5.1.5.

Medianamente fácil operación de riego (control y regulación del cau - dal en la cabecera). Regular eficiencia de aplicación y de distribución del agua. Requiere desagüe al pié, como así también surcos medianamente profundos y regular espaciamiento.

4to. Caso: Fig. 5.1.5. (d)

Fácil operación del riego (control y regulación del caudal en la cabe cera). Regular eficiencia de aplicación y de distribución del agua. Requie re desagüe al pié, surcos medianamente profundos y regular espaciamiento.

c) Dirección de los surcos dependiente de otros factores del proyec - to.

La situación es en realidad diferente cuando se realizan trabajos de nivelación, en cuyo caso la pendiente está impuesta por las condiciones - del proyecto.

Conocida la pendiente S_0 del terreno, fig. 5.1.6. y la pendiente S' a la cual se quiere llevar el terreno, se tiene la altura del corte en la cabe cera, que es igual a la del relleno al pié, H , mediante la siguiente expre - sión:

$$H = \frac{L}{2} (S_0 - S') \quad \dots \quad (5.1.5)$$

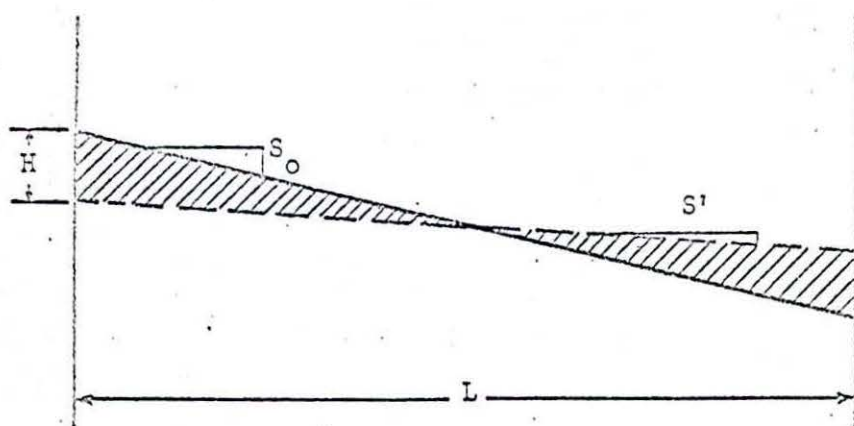


Fig. 5.1.6.

La ecuación (5.1.5) permite a su vez calcular la longitud, L , de la parcela para un desnivel, H , prefijado; y en consecuencia el número de terrazas que podrán incluirse en la misma. fig. 5.1.7.

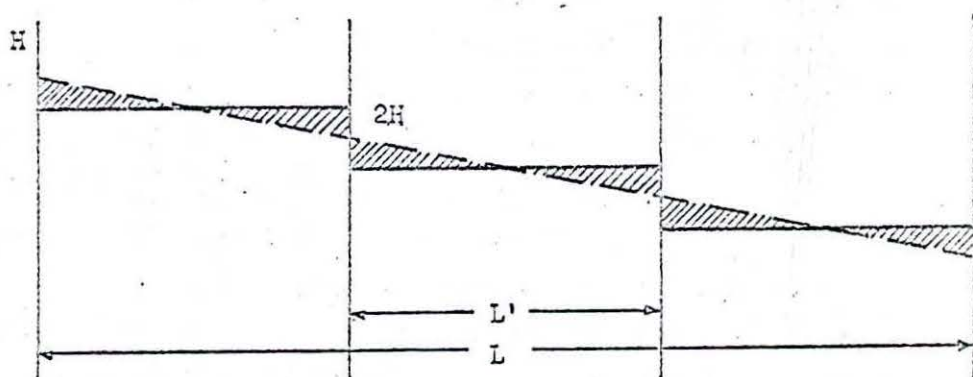


Fig. 5.1.7.

$$L = \frac{2H}{(S_0 - S')} \quad \dots \quad (5.1.6)$$

Ello significa, que, en cada tramo L , habrá un desnivel igual a $2H$, para lo cual se requerirán L/L' terrazas.

5.1.5. Caudal

El caudal que puede conducir un surco, depende de la sección de escurrimiento y de sus condiciones hidráulicas. Sin embargo, el caudal

a aplicar está limitado por: a) la sección de escurrimiento que ofrece el surco, en los suelos sin o con reducida pendiente; b) la fuerza erosiva del agua, en los suelos con pendiente.

Criddle et al (1956) han dado una ecuación para calcular el caudal máximo no erosivo, $q_{\max}$, en función de la pendiente $S_0\%$, la cual para el caudal en l/s, resulta:

$$q_{\max} = \frac{0.63}{S\%} \dots \dots \dots (5.1.7)$$

En base a dicha expresión, puede calcularse el número de surcos que podrán regarse con un determinado caudal disponible.

En terrenos llanos, la ecuación (5.1.7) no ha tenido gran aceptación. Lavhon, citado por Phelan (1960), halló para tales condiciones una ecuación — que permite calcular el caudal inicial a incorporar por surco; y que es inferior al máximo no erosivo de Criddle et al (1956).

Dado, que, la infiltración es variable en función del tiempo, desde un punto de vista riguroso debería regarse con caudales decrecientes. En la práctica resultan suficientes dos caudales: a) uno para cubrir el tiempo de mojado, t_m , y que tiene por fin llegar rápidamente al pie de la parcela; b) otro — caudal menor que el anterior, y que tiene por fin cubrir la capacidad de infiltración del surco durante el tiempo de riego.

En la práctica, en terrenos con pendiente, se incorpora comúnmente un caudal superior al requerido por el proceso de infiltración en el surco, lo que trae como consecuencia pérdidas por escurrimiento al pie del mismo. Dicho temperamento es lógico considerando, que, si se agregara el caudal exacto, la sección de escurrimiento del surco iría disminuyendo desde la cabecera, tendiendo a cero en el pie de la parcela. Para evitar dicha desigualdad en la aplicación de agua se requiere algún sobrante al pie, que no constituye una pérdida si se "encadena" el riego con el de otra parcela ubicada a nivel inferior.

El "encadenado" del riego es una buena práctica para el aprovechamiento

de los sobrantes por escurrimiento, siempre que, se rieguen independiente^{mente} las dos o tres parcelas ubicadas a diferentes nivel. O sea, que , concluido el tiempo de riego de una parcela, debe suspenderse la aplica⁻ción de agua a la misma; de lo contrario se estaría duplicando o tripli⁻cando la longitud del surco, según el número de parcelas cuyo riego se en⁻cadena.

5.2. LONGITUD DE LOS SURCOS

Para reducir las pérdidas de agua por percolación profunda, existen dos posibilidades: 1) aumento del caudal aplicado; 2) reducción de la lon⁻gitud de los surcos. El caudal que puede aplicarse a un surco está limi⁻tado por el máximo no erosivo; de modo que repetidamente debe recurrirse a acortar la longitud de los surcos para reducir las pérdidas.

La reducción de la longitud de los surcos conduce a: a) fracciona⁻miento de la propiedad; b) aumento de la longitud de acequias y del núme⁻ro de obras de arte; c) mayores dificultades en las labores mecanizadas; mayores costos de operación y de conservación del sistema.

La fig. 5.1.8. muestra la red de riego y de desagüe para una finca de 10 ha. con surcos de 125 m. de largo y con surcos de 250 m. respectiva⁻mente. En ambos casos la red de riego está integrada por:

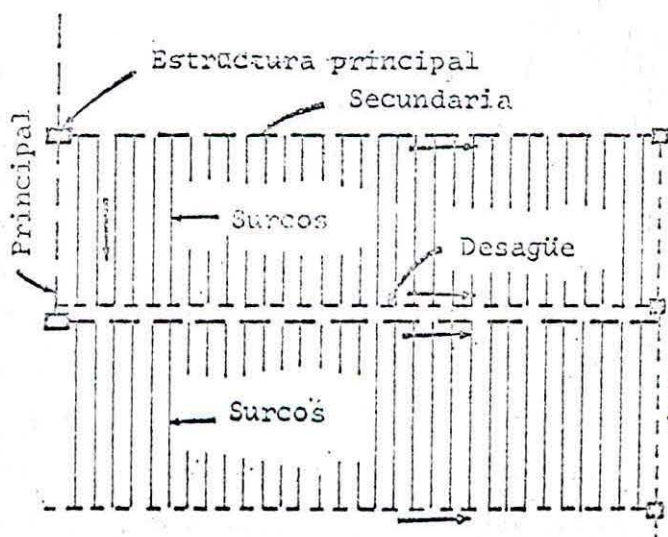


Fig. 5.1.8.(a)

Acequias principales	725 m.
Acequias secundarias	800 m.
Acequias desagües	925 m.
Obras de arte principales	4
Retenciones sobre secundarios	16

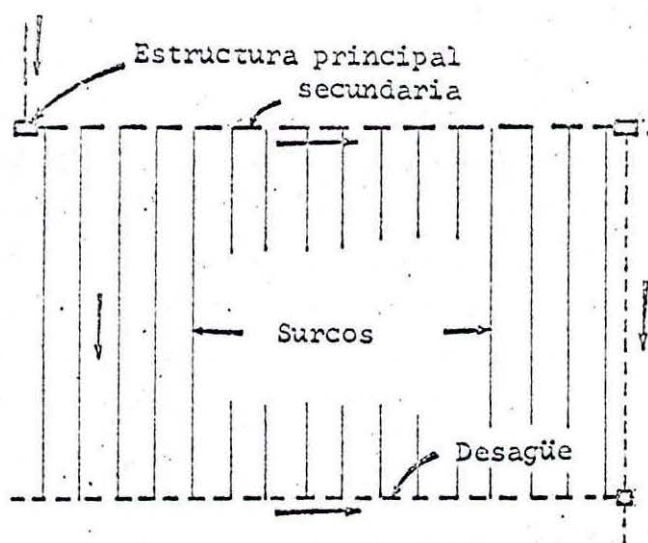


Fig. 5.1.8. (b)

Acequias principales	-
Acequias secundarias	400 m.
Acequias desagües	400 m.
Obras de arte principales	2
Retenciones sobre secundarios	8

Al determinar el largo de los surcos, deberá realizarse un cuidadoso análisis agro-económico, además de todos los aspectos relacionados con la funcionalidad del riego en el predio, ello teniendo en cuenta su relación con las otras labores culturales. La ecuación (4.4.6) muestra un aumento de las pérdidas por percolación con la relación $R = t_R/t_m$ y la ecuación (4.4.7), contrariamente, muestra que las pérdidas por escurrimiento crecen con el tiempo de riego t_R , en relación al tiempo total de riego:

$$t_t = t_R + t_m.$$

Como la velocidad de avance del frente de agua depende del caudal aplicado, fig. 4.2.1., para surcos de determinada pendiente, forma, tamaño y capacidad de infiltración, se presentan diferentes combinaciones de caudal y longitud, cada una de las cuales puede ser evaluada por la eficiencia de aplicación, E_{fa} . El gráfico, fig. 5.1.9., debido a Keller (1967) muestra como P_{rc} % aumenta con R , al tiempo que disminuye P_{es} %. Dado que, P_{rc} % depende del exponente $-n+1$, ecuación (4.4.5), es lógico la inclusión de una curva para cada valor de este parámetro. Asimismo, las curvas de E_{fa} %, comienzan con un valor muy bajo, para valores elevados de R por las excesivas pérdidas por escurrimiento; llegan a un máximo en la región entre $R = 4$ y $R = 2$, y vuelve a disminuir por la gran incidencia de las pérdidas por percolación para bajos valores de R .

Adoptado el valor de R para la máxima eficiencia en la fig. 5.1.9. y conocido el t_R para la lámina de agua a reponer, se obtiene $t_m = t_R/R$. En -trando luego con t_m en la ordenada de la fig. 4.2.1. se tienen las combinaciones posibles de q y de L para la más alta eficiencia.

Este criterio da mayor amplitud a la regla práctica establecida por Criddle et al (1956), en el sentido de que, con el caudal máximo no erosivo, q_{max} , debe alcanzar el final del surco, L , en una cuarta parte del tiempo de riego t_R , o sea $R = 4$. Si bien dicha regla continúa siendo válida, ya que las mayores eficiencias, fig. 5.1.9., se obtienen aún en distintos tipos de suelo, para valores cercanos a $R = 4$, éste otro criterio es más amplio, pues permite trabajar con una gama de valores de R (el tramo de la curva en la cual esta se aproxima a la horizontalidad) y de curvas de avance disponibles, para seleccionar entre un número elevado de alternativas de L .

Conocidos los parámetros a y b de la ecuación (4.2.1.) para diferentes caudales, entonces para cada valor de R , resulta:

$$L = a \left(\frac{t_R}{R} \right)^b \dots \dots \dots (5.1.8)$$

Dado que existen una serie de factores que inciden en la selección de

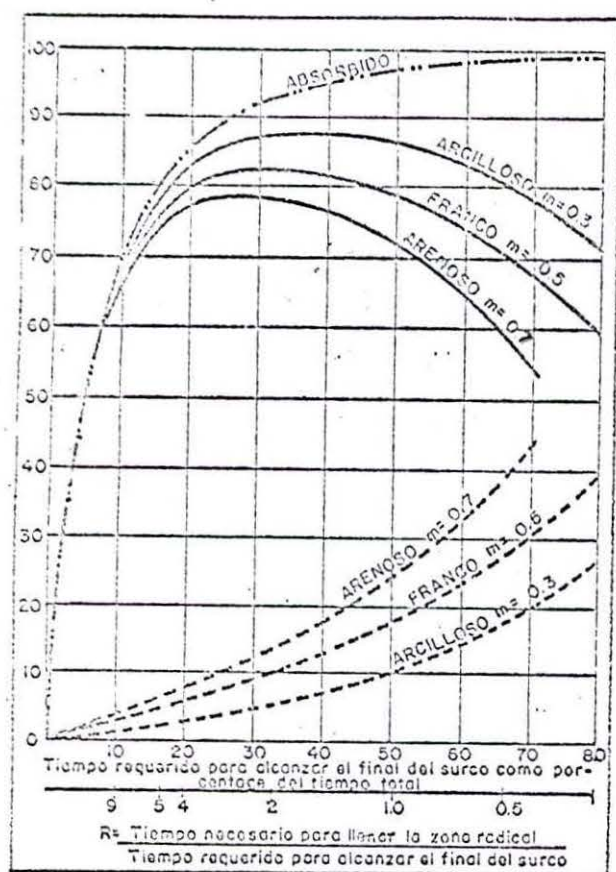


Fig. 5.1.9.

la longitud de los surcos, frecuentemente esto depende del peso de otros factores, que incluso pueden tener en determinadas condiciones agro-económicas, mayor relevancia que la misma eficiencia de riego, tal es el caso de la eficiencia de la maquinaria agrícola y de la mano de obra. Además; cuando deben realizarse trabajos de acondicionamiento de tierras, se necesita muchas veces tomar decisiones relacionadas con la sub-división de la propiedad en planos de nivelación, lo que implica al mismo tiempo una decisión con respecto a la longitud y dirección de los surcos. Los ensayos de curvas de avance, realizados antes de los trabajos de nivelación, no se aplican al caso de una topografía modificada, sin embargo, la hidráulica del riego por superficie nos ayuda a determinar como inciden las variables del problema, como así también nos ayuda la experiencia obtenida en condiciones similares, tal como resulta de la tabla 5.1.1. Dicha tabla debida al U.S. Soil Conservation Service permite determinar la longitud de los surcos en base a textura y pendiente. En razón de las mayores pérdidas --

por percolación, la longitud es menor en los suelos de textura que en los de textura fina. Igualmente para suelos de igual textura, disminuye la longitud a medida que aumenta la pendiente, S_0 , o sea que a medida que aumenta la fuerza erosiva del agua.

En Utah, según Israelsen (1962), difícilmente se encuentran surcos de más de 200 m. de longitud, siendo los más comunes de 90 a 150 m. En regadíos argentinos, los surcos en general no pasan los 200 m. de largo. En Mendoza, Argentina, es común el cuartel de viña de 120 m. de largo, aunque ello está condicionado al tipo de conducción de viñedos; así en parrales, es común la longitud de surcos de 200 a 250 m., por razones constructivas del parral. En países como México, donde se riegan cultivos de trigo, maíz y oleaginosas, altamente mecanizadas, los surcos superan en ocasiones los 500 metros de longitud.

5.3. TIEMPO DE RIEGO

En riego por superficie, el área de infiltración, A_i , aumenta durante el período de avance, a una velocidad relacionada con la velocidad de avance del frente de agua. Cuando este ha alcanzado el final de la parcela, A_i es una constante en el riego por melga, independientemente del caudal aplicado; siempre que éste supere a la capacidad de infiltración de la melga. En riego por surco, en cambio, A_i varía con el caudal aplicado, q_e , al afectar éste la sección de escurrimiento y el perímetro mojado, P . Además, aumenta en los surcos durante el tiempo de riego, teniendo en cuenta que, una disminución de la velocidad de infiltración, significa un mayor caudal salido al pie, q_s , y en consecuencia una mayor sección de escurrimiento y perímetro mojado.

Por lo expuesto, se desprende la conveniencia de efectuar las pruebas de infiltración directamente en surcos, a los fines de proyectar este sistema, en las longitudes y con los caudales por lo menos aproximados a los que se utilizarán en la realidad. El caudal, q_i , se obtiene entonces para cada tiempo, t , acumulado mediante:

$$q_i = q_e - q_s \quad (5.3.1)$$

El q_e , se mide por procedimiento volumétrico o se calcula mediante las ecuaciones de los elementos de derivación que se empleen (sifones, tubos, etc.); y el q_s por procedimiento volumétrico, fig. 5.3.1.

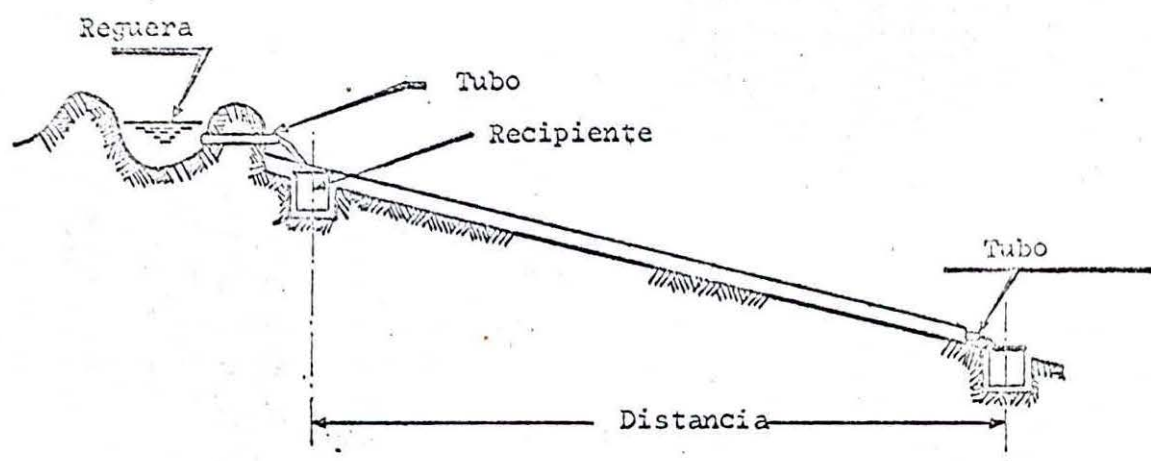


Fig. 5.3.1.

Los valores de q_i instantáneos se convierten a lámina infiltrada, en mm/h, mediante:

$$I = \frac{q_i \cdot 3,6}{E \cdot L} \quad \dots \quad (5.3.2)$$

Donde: q_i está expresado en l/s, L y E en m.

El tal caso los valores de I serán ficticios e inferiores al real, al hacer $A_i = E \cdot L$. Pero comúnmente, P en los surcos es 1/3 a 1/2 de E, en cuyo caso los valores de I se triplican o duplican, afectando en la misma proporción del parámetro k de la ecuación de infiltración: $I = f(t)$, fig. 5.3.2.

Si bien en este segundo caso, se obtiene la infiltración real en el área de infiltración del surco, el tiempo de riego no varía, si se emplea en las mismas condiciones de espaciamiento, pues el mismo factor, E/P, por el cual debe multiplicarse k, en el denominador de la ecuación, se debe multiplicar la lámina neta, d_n , en el numerador; de modo que la ecuación

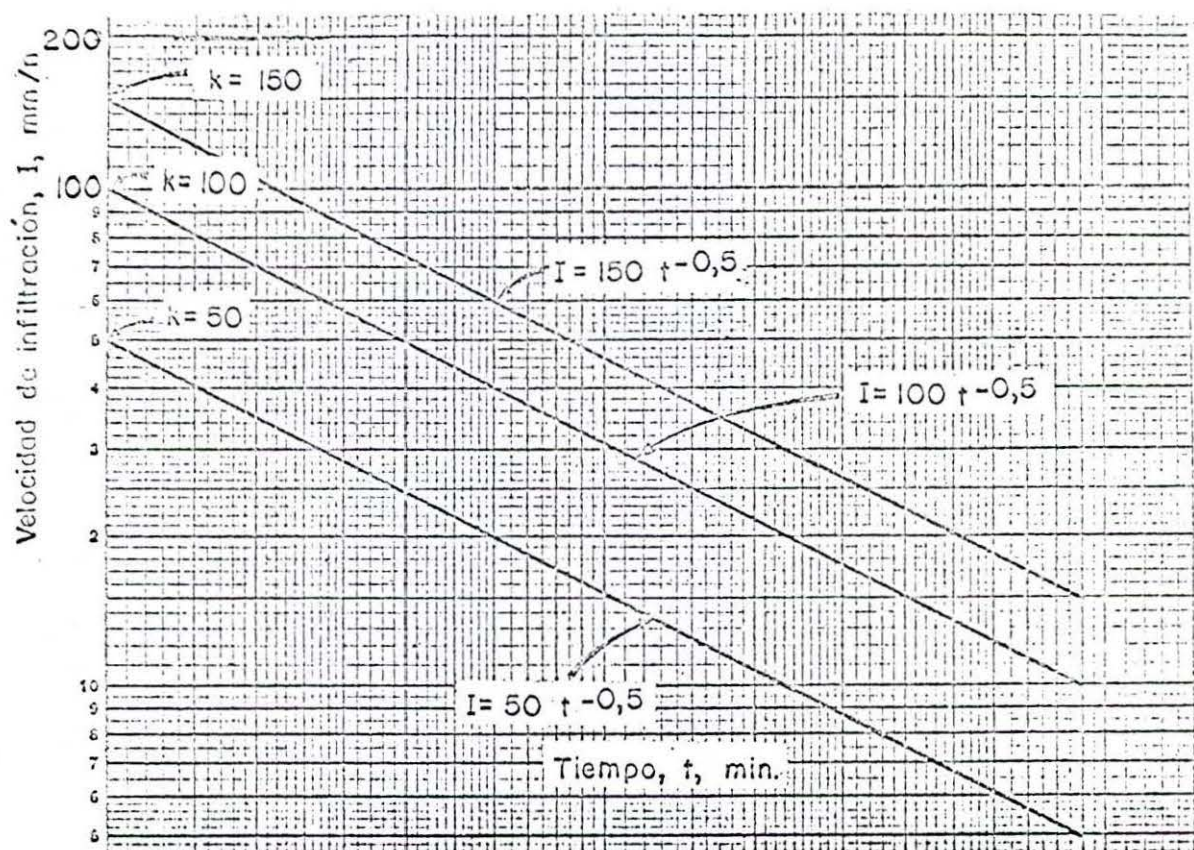


Fig. 5.3.2.

de t_R queda igualmente:

$$t_R = \left[\frac{d_n (-n+1) \cdot 60}{k} \right]^{\frac{1}{-n+1}} \quad (5.3.3)$$

Sin embargo, si se usara para calcular t_R en surcos, la ecuación de infiltración obtenida con infiltrómetros, donde I es una relación de volumen sobre el área, los parámetros comprenden a A_i y no al área ficticia, por lo tanto d_n debe ser multiplicado por E/P . Aunque igualmente pueden presentarse las ecuaciones para diferentes relaciones E/P , afectando en cada caso el parámetro k , ya que $-n$ permanece constante.

Otra posibilidad, consiste en obtener la ecuación de infiltración directamente para el caudal infiltrado, $q_i = f(t)$, siguiendo el mismo

procedimiento de la representación en escala doble logarítmica, tal como se procede para obtener la ecuación de I. En tal caso:

$$q_i = k t^{-n} \quad \dots \quad (5.3.4)$$

El caudal, q_i , en l/s, corresponde a la longitud de surcos con el cual se hizo el ensayo. Para longitudes diferentes, se afecta el parámetro l por la relación entre la longitud propuesta y la del ensayo.

Derivando la (5.3.4) con respecto al tiempo:

$$q_i dt = k t^{-n} dt$$

E integrando entre los límites 0 y t , se obtiene:

$$q_i \int_0^t dt = k \int_0^t t^{-n} dt$$

De donde:

$$V_i = \frac{60 k}{(-n+1)} t^{-n+1} \quad \dots \quad (5.3.4)$$

En la ecuación (5.3.4) V_i es el volumen infiltrado en l . en el tiempo t , en min., estando k expresado en l/s. Por lo tanto, el t_R , será:

$$t_R = \left[\frac{V_i (-n+1)}{60 k} \right]^{\frac{1}{-n+1}} \quad \dots \quad (5.3.5)$$

En base a ensayos directos en distintos tipos de suelo y pendientes; y aplicando distintos caudales, se pueden obtener curvas de q_i para una definida longitud de surcos, en función de dichas variables. Estos estudios, quedan justificados en el caso de un sistema de riego, ya que proveen la mejor información para proyectar el sistema de riego del predio. Dicha información,

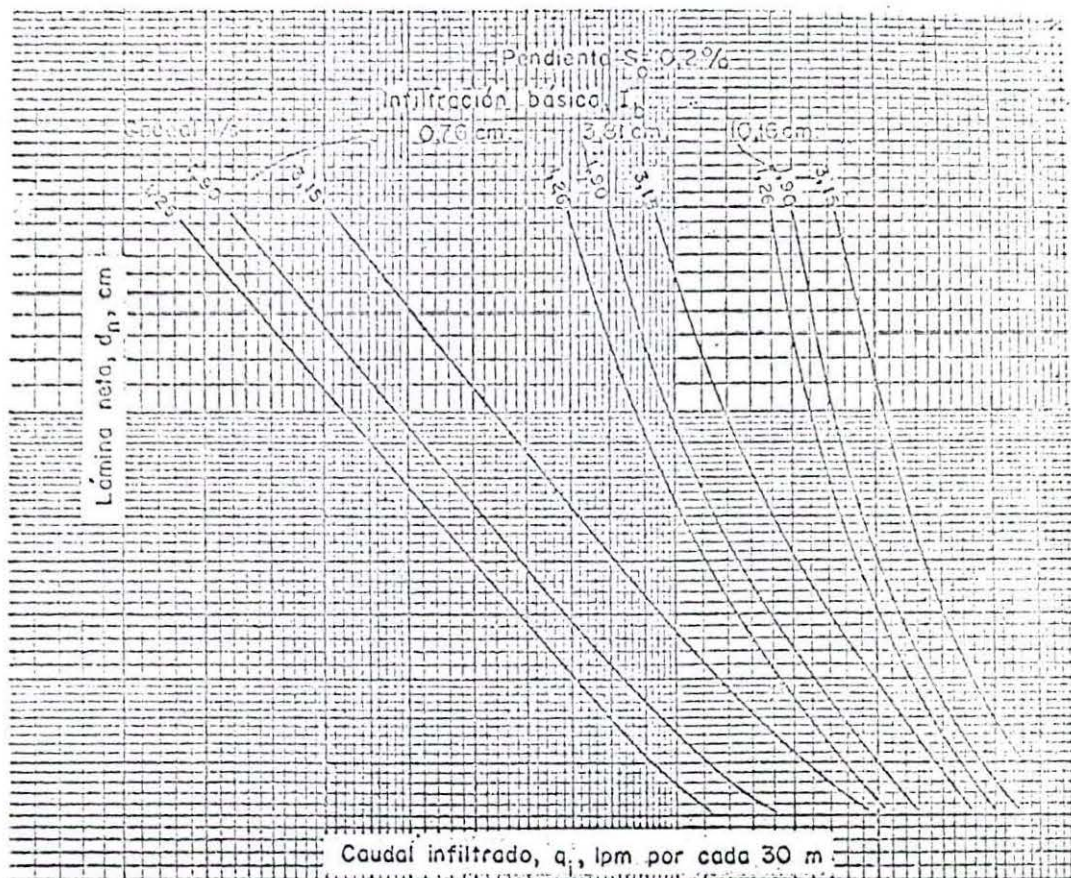


Fig. 5.3.3.

puede presentarse en curvas que relacionan q_i con las variables: lámina neta, d_n , infiltración básica, I_b , y caudal a aplicar en la entrada del surco, q_e . La fig. 5.3.3. tomada de Ferentchak (1964) representa un ejemplo al respecto. Se observa en dicho gráfico, que q_i aumenta: 1. a medida que aumenta I_b ; 2. a medida que aumenta q_e (mayor perímetro mojado) 3. a medida que disminuye d_n .

3.4. RIEGO POR SURCO CON CAUDAL REDUCIDO

Para reducir el $P_{es}\%$ en surcos con pendiente, debe reducirse q_e durante el tiempo de riego; o sea una vez que el frente de agua ha alcanzado, o se encuentra próximo, al final del surco. De esta manera, como se cuenta en la acequia de cábecera con un caudal constante, al concluir el período de mojado de determinado número de surcos, se producirá un sobrante que puede emplearse para cubrir el tiempo de mojado de otro grupo

de surcos, y concluido el mojado de este segundo grupo, se producirá un sobrante para un tercer grupo, y así siguiendo. Además, es muy posible que al habilitar el tercero o cuarto grupo, haya concluido el t_R del primero, que permitirá el riego de otro grupo de surcos. El riego con sifones, o con tuberías con compuertas, permite un buen control del gasto y de su reducción durante el tiempo total de aplicación de agua. En el punto 5.5. se tratan los equipos correspondientes, para controlar el gasto en riego por surco.

Cuando se riega con sifones, la variación de caudal puede lograrse: 1. Por reducción de la carga; 2. Por reducción de la sección de escurrimiento. En el primer caso, se comienza con un caudal mayor derivado por medio de un solo sifón con una carga determinada luego cumplido el tiempo de mojado, se reduce la carga lo necesario para reducir el caudal. En el segundo caso se comienza con dos o más sifones, y luego se levantan los necesarios para obtener la reducción propuesta. Marr (1967) describe el procedimiento para determinar el número de sifones, cuando se habilitan sucesivamente diferentes grupos de sifones de una parcela, y según se emplee un sifón por surco: caso 1, o dos sifones de diferente tamaño por surco: caso 2.

Caso 1: un solo sifón por surco y carga variable. El total de sifones necesarios será:

$$N = n_1 + n_2 + n_3 \dots \dots \dots (5.4.1)$$

Para lo cual:

$$n_1 = \frac{Q}{q_e}$$

$$n_2 = \frac{Q - (n_1 q_r)}{q_e}$$

$$n_3 = \frac{Q - [(n_1 + n_2) q_r]}{q_e}$$

$$n_4 = \frac{Q - [(n_1 + n_2 + n_3) q_r]}{q_e}$$

Donde:

- Q es el caudal disponible en la acequia
 q_e es el caudal necesario durante el t_m
 q_r es el caudal reducido a aplicar durante el t_R
 N es el total de sifones que se necesitan
 n_1 es el número de sifones que se requieren para el primer grupo de surcos
 n_2 es el número de sifones que se requieren para el segundo grupo de surcos.
 n_3 es el número de sifones que se requieren para el tercer grupo de surcos.
 n_4 es el número de sifones que se requieren para el cuarto grupo de surcos.

Caso 2: dos o más sifones por surco y carga constante. El total de sifones necesarios, grandes y chicos, será:

$$N = 2 n_1 + n_2 + n_3 \quad \dots \quad (5.4.2)$$

El número de sifones pequeños: n_1 , n_2 y n_3 , que corresponden a cada grupo a emplear sucesivamente se calculan con las mismas ecuaciones tratadas en el caso 1. Solamente cabe aclarar aquí que $2 n_1$ en la ecuación (5.4.2) - se debe a que el número de sifones grandes coincide con n_1 . Además el q_e en este caso, está compuesto por la suma de un caudal mayor en el sifón grande, y de un caudal menor, q_r , en el sifón chico.

Sakkas y Hart (1968) han analizado este problema por computadora, lo que ha permitido confeccionar tablas que permiten simplificar el cálculo de la operación del riego con dos sifones de diferente capacidad. Con el uso de dichas tablas, y las relaciones: $R = t_R/t_m$, $R_1 = Q/q_e$, y $R_2 = q_r/q_e$, es posible calcular el número de sifones que se necesitan para regar (grandes y chicos), el número máximo de surcos que es posible regar simultáneamente; y

el número de sifones que se trasladan y número de surcos que se ponen simultáneamente en riego, al final de cada intervalo de tiempo.

El intervalo de tiempo puede expresarse en función de t_m . De modo que el tiempo total para el primer grupo será: $t_R + t_m = (R + 1) t_m$. Al iniciar el riego del segundo grupo de surcos, se da comienzo al intervalo $(R+2) t_m$.

En la tabla 5.4.1. se obtiene con las relaciones R y R_1 , el número máximo de surcos que se riegan simultáneamente, para el caso de $R_1 = 100$. Por ejemplo los datos del problema son: $Q = 62$ l/s, $q_e = 1.80$ ls, $q_r = q_i = 0.75$ l/s, $R = 4$. Con la relación $R = 4$ y $R_2 = 0.75/1.80 = 0.42$, se obtiene interpolando en tabla 5.4.1. el número 222,76 para $R_1 = 100$. Por lo tanto para $R_1 = 62/1.80 = 34.4$, el número máximo de surcos a regar simultáneamente será:

$$N = \frac{222,76 \times 34.4}{100} \approx 77$$

Luego entrando en tabla 5.4.2. para $R = 4$ y $R_2 = 0.42$, se obtiene interpolando el valor del número de surcos a regar al principio de cada intervalo de tiempo T , para $R_1 = 100$.

$$\text{Intervalo 1, } T = 1 \quad n_1 = \frac{34.4}{100} \cdot 100 \approx 34$$

$$\text{Intervalo 2, } T = 2 \quad n_2 = \frac{34.4}{100} \cdot 58 \approx 20$$

$$\text{Intervalo 3, } T = 3 \quad n_3 = \frac{34.4}{100} \cdot 33.70 \approx 12$$

$$\text{Intervalo 4, } T = 4 \quad n_4 = \frac{34.4}{100} \cdot 19.26 \approx 6$$

El número de sifones grandes, será dado por el máximo de surcos que pueden ponerse bajo riego, y que corresponde al obtenido en el primer intervalo:

$n_1 = 34$. Los demás valores de n_2, n_3, n_4 , representan los surcos que pueden ponerse bajo riego en intervalos sucesivos; y en consecuencia, el número de sifones grandes que en cada caso se traslada y se pone en operación conjuntamente con un sifón chico.

Tabla 5.4.1. Número máximo de surcos que se están regando simultáneamente para el caso $R_1 = 100$

R	R_2						
	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
2	244.00	231.25	219.00	207.25	196.00	185.25	175.00
3	295.20	273.44	253.30	234.71	217.60	201.89	187.50
4	336.16	305.08	277.31	252.56	230.56	211.04	193.75
5	368.93	328.81	294.12	264.17	238.34	216.07	196.88
6	395.14	346.61	305.88	271.71	243.00	218.84	198.44
7	416.11	359.95	314.12	276.61	245.80	220.36	199.22

Tabla 5.4.2. Número de surcos en que se inicia el riego al principio del intervalo de tiempo, T, para el caso de $R_1=100$.

R_2	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
T	$R = 2$							$R = 3$						
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00
3	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00
4	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50
5	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25
6	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53
7	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91
8	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13
9	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50
10	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00
T	$R = 4$							$R = 5$						
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00
3	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00
4	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50
5	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25
6	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53
7	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91
8	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13
9	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50
10	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00
T	$R = 6$							$R = 7$						
1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00	80.00	75.00	70.00	65.00	60.00	55.00	50.00
3	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00	64.00	56.25	49.00	42.25	36.00	30.25	25.00
4	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50	51.20	42.19	34.30	27.46	21.60	16.64	12.50
5	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25	40.96	31.64	24.01	17.88	12.00	8.15	6.25
6	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53	32.77	24.73	18.01	13.10	9.00	6.03	4.53
7	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91	26.21	19.78	14.40	10.88	7.50	5.23	3.91
8	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13	21.33	16.06	12.01	8.88	6.00	4.23	3.13
9	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50	17.46	13.29	9.84	7.10	4.90	3.41	2.50
10	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00	14.40	10.88	8.15	5.88	4.13	2.91	2.00

5.5. CONTROL Y DISTRIBUCION DEL AGUA DE RIEGO POR SURCO

Desde el sistema de conducción del predio, constituido por la red de acequias de distinto orden: primaria, secundaria y terciaria, se distribuye el agua a los surcos que forman un cuadro o parcela.

Al igual que en el caso de la red de riego del distrito, se trata de reducir al mínimo los puntos de derivación de agua del sistema de conducción a los surcos, por lo que comúnmente se deriva de la acequia o "lateral", una "acequia de cabecera", o "reguera", o "alimentadora", que cumple esta misión. Esto resulta especialmente necesario en un sistema de distribución trazado con una pendiente considerable, en cuyo caso se requiere construir "represas" o "retenciones" para derivar el agua a cada grupo de surcos. La derivación en correspondencia con cada represa, garantiza uniformidad de carga entre diferentes regueras y por lo tanto uniformidad de caudal.

Las represas se instalan sobre el lateral cada vez que resulta un intervalo vertical de aproximadamente 10 cm. Desde el punto de vista hidráulico, caben dos posibilidades para la retención y sobreelevación del nivel de agua: tipo vertedero y tipo orificio. En la fig. 5.5.1. se presenta un ejemplo de retención tipo vertedero; la que se trata de una estructura sólida de madera o mampostería, donde el nivel correspondiente se logra con la colección de tablas de reducida altura en las recatas de la estructura. La altura o tirante de agua deseado en la retención, H , se obtiene de:

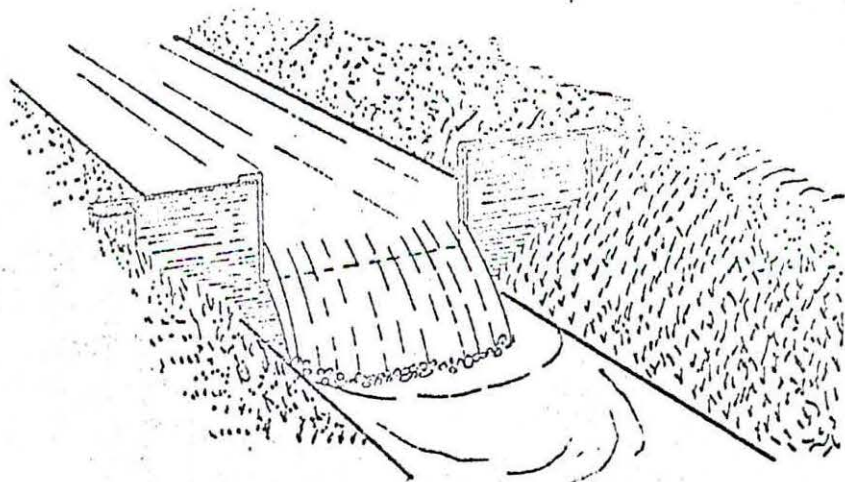


Fig. 5.5.1.

$$H = n \cdot D + h \quad \dots \dots \dots (5.5.1)$$

y también de la fórmula del gasto en vertederos:

$$h = \left(\frac{Q}{C \cdot b \cdot 4.46} \right)^{2/3} \quad \dots \dots (5.5.2)$$

Donde:

- n es el número de tablas
- D es la altura de cada tabla
- h es el tirante de agua en el vertedero
- C es el coeficiente de gasto en vertederos
- b es el ancho de umbral del vertedero

También se usan retenciones trasladables a los distintos puntos de derivación, en cuyo caso se trata de implementos simples que consisten en una lona de forma rectangular colgada en sus extremos de un poste o tubo transversal al cauce amarrado a los taludes, y enterrada la parte inferior de la misma hacia aguas arriba en el cauce. De esta manera se forma una represa que obliga al flujo de agua a pasar sobre el tramo central de la lona no solidaria al poste y a verter hacia aguas abajo, en una sección circular o parabólica.

En las retenciones tipo oficio, se presente igualmente el caso de la instalación de una estructura rígida de madera, de mampostería y madera, o de mampostería y hierro, que funcionan como orificio sumergido, y el de implementos transportables de madera y lona, fig. 5.5.2.

En general las retenciones tipo vertedero garantizan una mayor constancia de la carga, si se tiene en cuenta, que, variaciones importantes de caudal en el lateral, se manifiestan en variación escasa de la carga, h . Al respecto cabe recordar que en los vertederos de carga, resulta: $h^{3/2}$, mientras que en los orificios queda: $h^{1/2}$.

Para derivar agua a la reguera puede emplearse estructuras rígidas, tipo

RETENCION DE LONA
TUBO 2.5 m LONA 2.10 ANCHO x 1.20 m LARGO

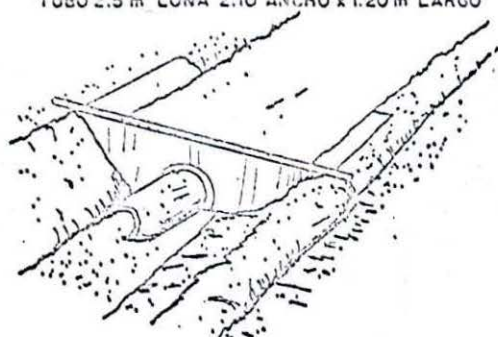
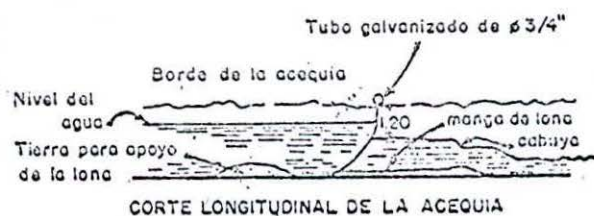


Fig. 5.5.2



orificio, a base de pequeños marcos de hormigón premoldeado con compuerta de chapa o de madera, o caja de derivación de madera, fig. 5.5.3. o también sifones de plástico o de aluminio. La reguera por medio de represas de tierra queda delimitada en tramos que alimentan entre 10 y 20 surcos, según pendiente y que constituyen compartimientos de regulación.

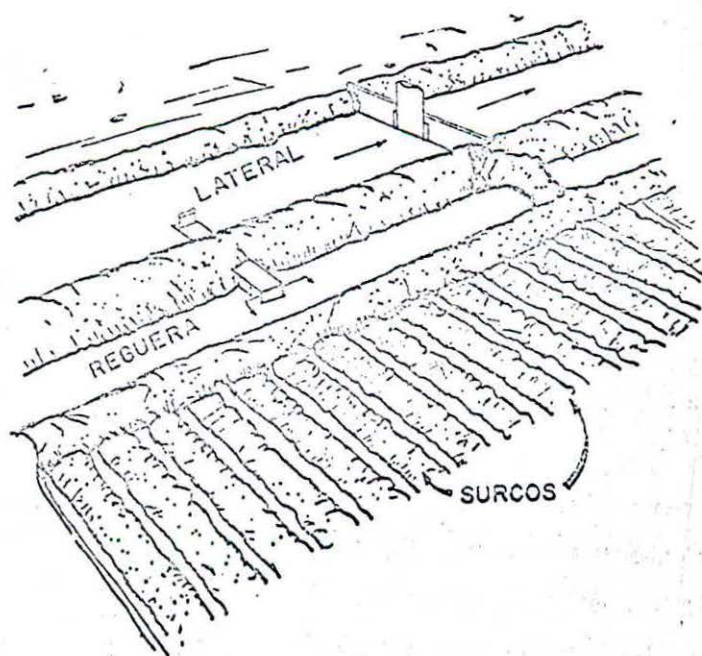


Fig. 5.5.3.

A su vez para derivar agua de la regadera a los surcos, se emplean distintos procedimientos según el tipo de suelo y el grado de control -- que se desea en la aplicación del agua. Discutiremos: 1. Cajas y tubos de derivación; 2. Sifones; 3. Boquetes.

Las cajas consisten en conductos de madera de sección rectangular y los tubos en conductos circulares metálicos, de plástico o de asbesto-cemento, que se instalan en posición horizontal a través del bordo. En algunos casos se ha empleado con éxito, el conducto circular que puede obtenerse cortando cañas de bambú. La fig. 5.5.4. incluye las curvas que permiten obtener los caudales para diferentes diámetros de tubo y carga efectiva.

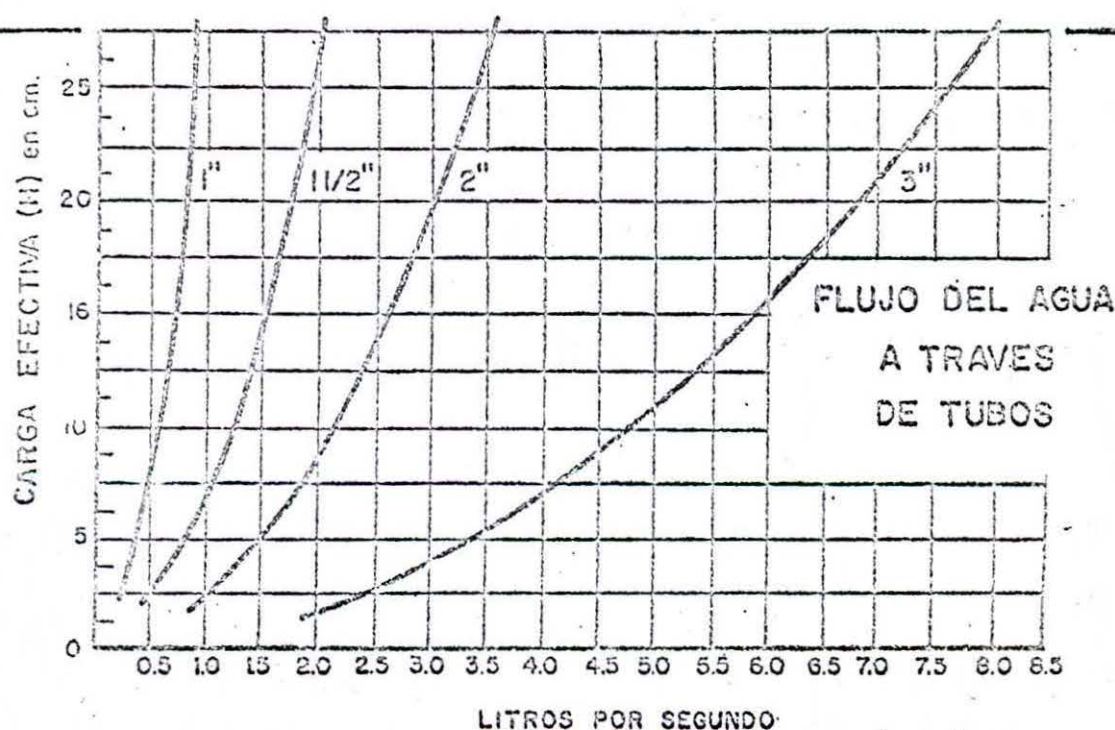


Fig. 5.5.4.

Los sifones constituyen un procedimiento económico para derivar el agua al compartimiento de regulación de la reguera y desde éste a los surcos, dado que se trata de elementos trasladables, de modo que un número reducido de ellos permiten regar en forma sucesiva varios grupos de surcos. El proceso de "cebado" para ponerlos en funcionamiento es simple y pueden usarse en pares de diferente diámetro para lograr reducción del caudal sin

reducción de carga, tal como fué considerado en el punto 5.4. La fig. 5.5.5. incluye las curvas de gasto de los sifones en función del diámetro y de la carga efectiva.

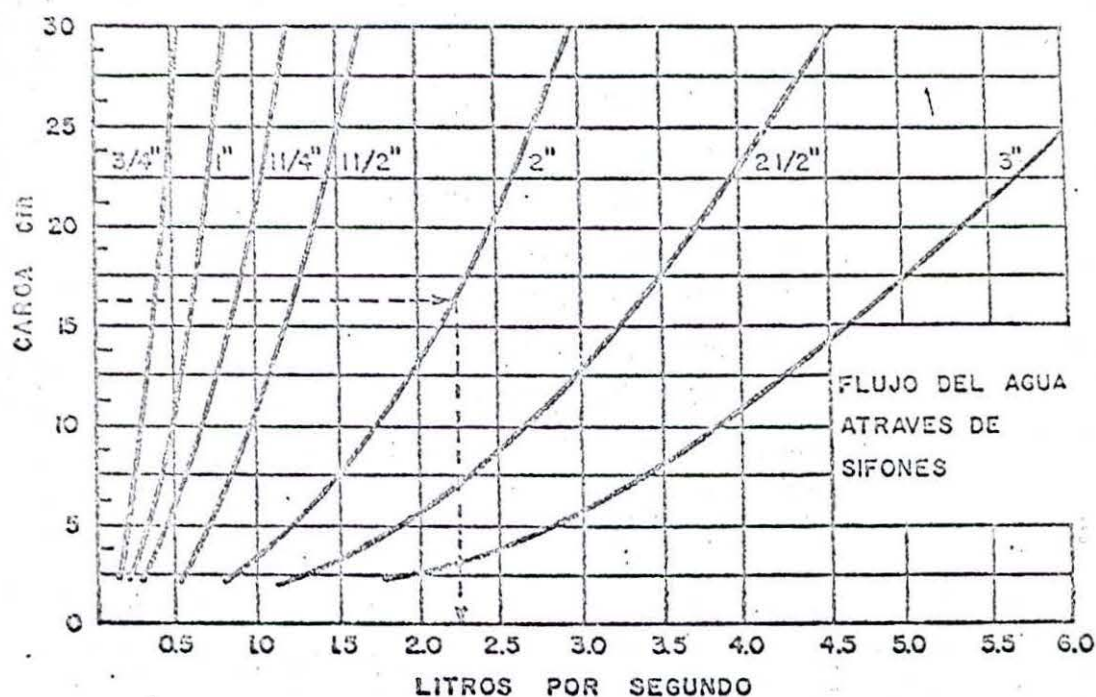


Fig. 5.5.5.

Finalmente, cabe mencionar que existe la posibilidad de abrir "boquetes" en el bordo inferior de la reguera, en correspondencia con cada surco. El control del caudal para cada surco, lo realiza el regante "a ojo". Esto es posible en suelos de estructura estable, y con una mayor atención del riego por parte del regante, a fin de mantener la sección de entrada a los surcos, contando con el auxilio de materiales diversos, tales como piedras, ramas, trozos de turba, etc.

5.5.1. Tuberías con compuertas

La conducción de agua a presión en tubos de acoplamiento rápido, similares a los empleados en riego por aspersión y a la salida del agua a los surcos a través de ventanas regulables, fig. 5.5.6. ofrece un buen procedimiento para el control de los caudales entregados. Dicho procedi-



Fig. 5.5.6.
(tomada de: AMES Flow-
control pressure gate
for furrow irrigation.)

miento permite regar terrenos no bien sistematizados con cultivos anuales o estacionales, donde la disposición de los surcos y de la acequia de cabecera cambia de un año a otro.

Este sistema funciona con reducida carga, entre 0.30 y 1.50 m. que puede lograrse en el predio en un tanque de almacenamiento a donde se bombea el agua, o en terrenos de determinada pendiente, directamente con la carga de un lateral. Un equipo de tuberías con compuertas está así compuesto por una tubería "o ramal principal" y una o más tuberías "laterales" o "regadoras", o bien puede estar compuesto directamente por una tubería lateral, cuya toma está directamente en el canal.

Determinado el tiempo total de riego y colocado el lateral en la cabecera de la parcela a regar, se abren las compuertas que corresponden al número de surcos que pueden atenderse con el caudal disponible. Cumplido el tiempo de aplicación, se cierran las primeras compuertas y se abren las de otro grupo; y así siguiendo, de la misma manera ya explicada para el caso de la operación con sifones. Luego, concluido el riego del número de surcos que puede atender un lateral, se cambia la posición del mismo y

se continúa, de manera tal, que, se vuelva a la posición inicial en el lapso que comprende el turno o intervalo de riego.

En la tabla 5.5.1. se ha convertido al sistema métrico los datos de descarga en tuberías de compuertas producida por la Universidad de California. Determinado la velocidad, V , de circulación del agua en la tubería - de acuerdo al diámetro y el caudal, se entra con dicho valor de V a las tablas 5.5.1, se obtiene para distinta abertura de compuerta, el caudal para la carga disponible en la primer compuerta abierta de la tubería. La diferente abertura de la compuerta, permite regular el caudal y en consecuencia disminuirlo una vez cumplido el período de mojado de los surcos, tal como se discutió al tratar la operación con sifones.

Dado que, siempre se presentan tramos en tubería, con las compuertas

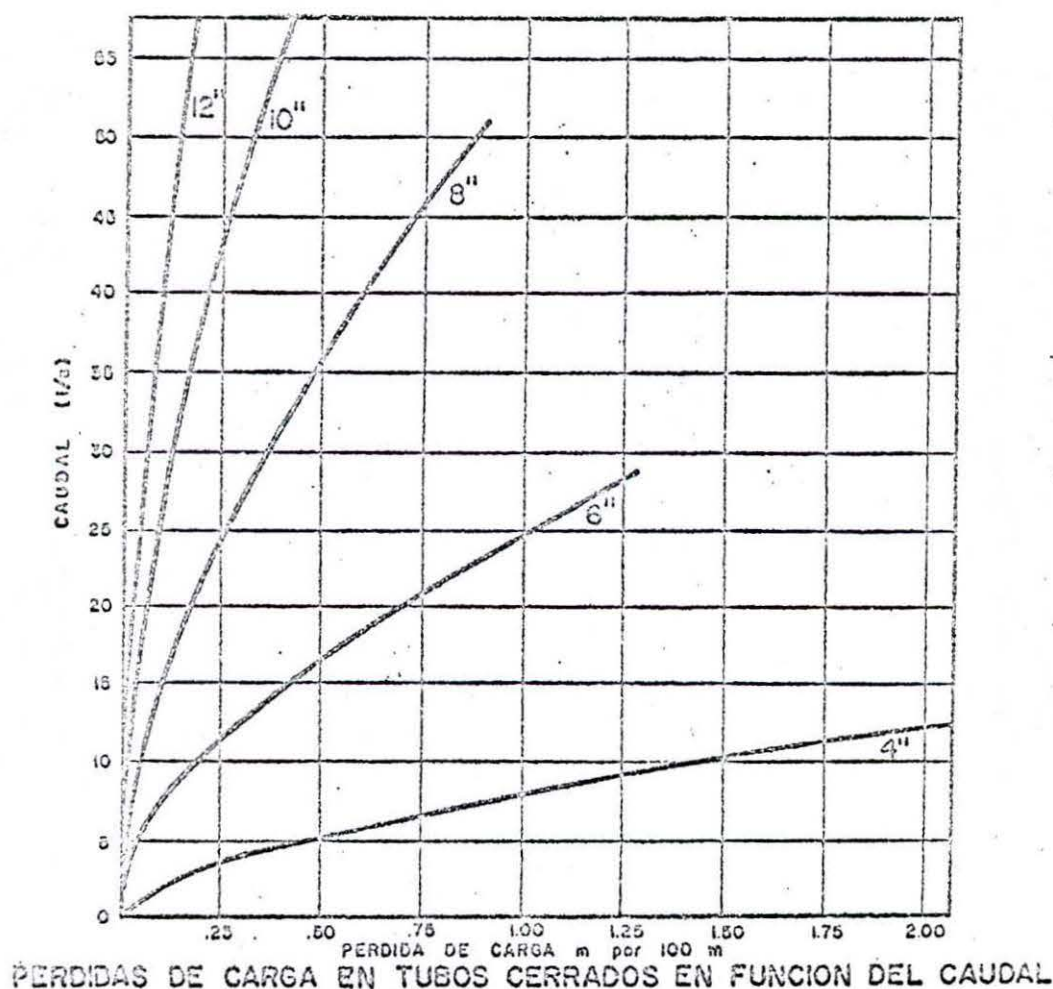


Fig. 5.5.7

cerradas y también tramos en tubería conductora, la fig. 5.5.7, permite la determinación de las pérdidas de carga en función del diámetro y del canal.

Tabla 5.5.1. Descarga en tuberías con compuertas

Carga cm.	Apertura de la compuerta					
	Total	3/4	1/2	1/4	1/8	1/16
Velocidad del agua = 0						
30	3.08	2.25	1.44	0.67	0.31	0.14
60	4.24	3.15	2.04	0.96	0.44	0.20
90	5.05	3.83	2.46	1.15	0.53	0.24
120	5.52	4.38	2.86	1.35	0.61	0.27
150	5.93	4.36	3.18	1.49	0.67	0.30
Velocidad del agua = 0.30 m/s						
30	2.86	2.06	1.34	0.64	0.31	0.14
60	4.01	2.97	1.94	0.94	0.43	0.19
90	4.33	3.65	2.37	1.13	0.53	0.23
120	5.31	4.20	2.76	1.32	0.61	0.26
150	5.71	4.67	3.10	1.47	0.66	0.30
Velocidad del agua = 0.60 m/s						
30	2.62	1.87	1.25	0.57	0.28	0.13
60	3.78	2.78	1.85	0.82	0.41	0.10
90	4.60	3.45	2.28	1.06	0.50	0.23
120	5.07	4.00	2.66	1.25	0.58	0.26
150	5.48	4.48	3.00	1.40	0.65	0.29
Velocidad del agua = 0.90 m/s						
30	2.40	1.68	1.15	0.55	0.27	0.13
60	3.55	2.58	1.74	0.85	0.40	0.19
90	4.37	3.26	2.18	1.04	0.49	0.23
120	4.48	3.81	2.56	1.23	0.57	0.26
150	5.25	4.30	2.90	1.38	0.63	0.29
Velocidad del agua = 1.20 m/s						
30	2.16	1.49	1.05	0.52	0.26	0.13
60	7.32	2.39	1.65	0.81	0.38	0.19
90	4.14	3.07	2.06	1.00	0.48	0.23
120	4.62	3.62	2.46	1.20	0.55	0.26
150	5.02	4.10	3.42	1.34	0.62	0.29

Tabla 5.5.1. Longitud y caudal máximos recomendables en surcos de riego, según la pendiente y la textura del suelo.

		Longitud, L, de los surcos en mts. según textura								
		Espesor de la lámina de agua necesaria en un riego, en cm.								
		Gruesa			Media			Fina		
		5	10	15	5	10	15	5	10	15
0.25	2.50	150	220	265	250	350	440	320	460	535
0.50	1.25	105	145	180	170	345	300	225	310	380
0.75	0.83	80	115	145	140	190	235	175	250	305
1.00	0.83	70	100	120	115	165	200	150	230	260
1.50	0.41	60	80	100	95	130	160	120	175	215
2.00	0.23	50	70	85	80	110	140	105	145	185
3.00	0.21	40	55	65	65	90	110	80	120	145
5.00	0.12	30	40	50	50	70	85	65	90	105

5.6. ESPECIALES DISPOSICIONES EN RIEGO POR SURCOS

Distinguiremos aquí el sistema de riego por corrugación, por surcos en curvas de nivel y por surcos en zig-zag.

5.6.1. Corrugación

Es una variante del sistema de riego por surco, que consiste

en la instalación de surcos de escasa profundidad y de reducido espaciamiento.

Se emplea este sistema en cultivos sembrados "al voleo", especialmente en forrajeras y cereales; en suelos medianamente irregulares, de mayor pendiente que los surcos comunes, y de naturaleza física medianos y pesados. En el sistema clásicamente usado en los cultivos regados "a manto", y que, por razones de una inadecuada nivelación del terreno, o porque el suelo forma -- contra al secarse, no resulta posible el empleo de tal sistema.

En este método de uso común para riego de forrajeras, tales como cebada, centeno, en los casos en que los insuficientes trabajos de sistematización hacen inaplicable el riego por melgas, trayendo como consecuencia efecto erosivo en el terreno removido y consiguiente arrastre de la semilla. Mediante el corrugado de la superficie del terreno, es posible humedecer la parcela con alguna uniformidad asegurando así una regular germinación; una vez arraigado el cultivo, ya se puede "bordear" y regar melgas con caudales mayores.

Surcos en Curvas de Nivel

En este método comúnmente empleado en terrenos con fuerte pendiente, donde la sistematización del terreno para otros métodos de riego por superficie, obliga a la realización de fuertes movimientos de tierras; o en otros casos en que aún cuando existan posibilidades económicas de realizar trabajos de nivelación, esto no puede encararse por falta de condiciones edáficas adecuadas para ello.

Aún cuando el método se llama "en contorno", o "en curvas de nivel", no se siguen estrictamente dichas curvas, sino que los surcos se trazan con una pendiente determinada. Dicha pendiente, tiene por fin evitar el derrame del agua por sobre el bordo en sentido de la máxima pendiente, cuando por cualquier obstáculo interpuesto a la corriente se eleva exageradamente el nivel del agua en el surco. La pendiente del surco es comúnmente leve, entre 0.2 y 0.3 %, o sea lo suficiente para mantener un adecuado escurrimiento del agua en los surcos.

En el sistema de surcos en contorno, lógicamente la reguera que alimenta a los surcos debe trazarse en la dirección de la máxima pendiente; ello -- significa que deben tomarse algunas precauciones desde el punto de vista -- constructivo a fin de evitar efecto erosivo del agua y/o desigual reparto -- del caudal en los diferentes surcos.

Para el empleo de este procedimiento, se comienza por trazar "líneas guías" a distancia de unos 10 m. una de otra. Dichas líneas se trazan directamente sobre el terreno, con el auxilio de un nivel topográfico y mira, haciendo desplazar al mirero hasta obtener la lectura correspondiente al desnivel elegido. Por ejemplo, si la pendiente adoptada es 0.2% y la lectura de mira en la solera de la acequia es 1.83 m., ello significa que la primera -- lectura a 10 m. de distancia deberá ser 1.85 m.; la segunda 1.87, y así si -- guiendo.

El espacio entre las "líneas guías" se cubre con surcos que no se tratan con instrumental. Dado que este espacio es irregular, fig. 5.6.1., no habrá entre dos líneas el mismo número de surcos que nacen en la acequia y mueren en otro surco; casos de surcos que nacen en un surco y mueren en otro; y casos de surcos que nacen en otro y mueren en el desagüe.

Surcos en Zig-Zag

En terrenos de fuerte pendiente y cuando no existan posibilidades o no resulte conveniente aliviar el efecto de la pendiente por otros métodos, puede recurrirse a los surcos en zig-zag.

Dicho procedimiento se emplea especialmente en montes frutales y tiene por fin reducir la pendiente de los surcos, aumentando su longitud para el mismo desnivel.

Un efecto adicional lo constituye el obstáculo que para el libre escurrimiento del agua, representa el sucesivo cambio de dirección de los surcos. En cada cambio de dirección se producen pérdidas de carga, sobreelevación --

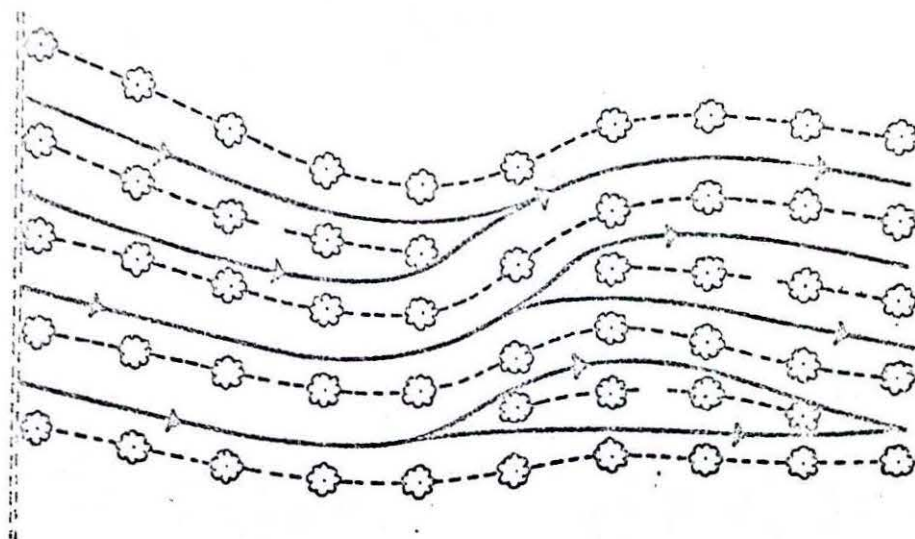


Fig. 5.6.1.

del nivel y remanso aguas arriba, lo que aumenta el tirante de agua en el surco, el perímetro mojado y como consecuencia el área de infiltración. O sea se produce el forma indirecta, un efecto similar a la reducción de la pendiente, aunque con una eficiencia de distribución de agua sin duda inferior..

