

CAPÍTULO 17

EJEMPLO DE DISEÑO DE MÚLTIPLES

El ejemplo que sigue muestra que con un diseño cuidadoso, puede no ser necesario incrementar caudales y presiones para lograr un lavado adecuado. Sin embargo, muchos sistemas actuales dispuestos en el campo sí requieren mayores capacidades.

Problema: Desarrolle un diseño para una parcela pequeña en "bloque", típica y permanente, la cual pueda ser duplicada a través del predio.

Este diseño es para múltiples de PVC enterrados.

Dado: Pendiente cero.

Cinta de goteo con un DI de 15,9 mm (0,625") con orificios @ 41 cm (16").

Caudal nominal = 2,46 LPH/m (0,33 gpm/100') @ 55 kPa (8 psi)

Exponente de descarga del emisor = 0,6.

Se intenta acomodar la longitud de la cinta dentro de un diseño de campo típico, el cual con frecuencia tiene un ancho de cerca de 366 m (1200').

Longitud de la cinta = 183 m (600') a ambos lados del múltiple.

Presión de entrada (P) a la cinta durante el riego = 69 kPa (10 psi).

cv de la cinta = 0,04.

UD deseada para el bloque nuevo = 0,90.

Paso 1. Utilice un programa de hidráulica para determinar la hidráulica de la cinta durante el riego regular.

El programa Cal Poly ITRC Drip Hydraulics da los siguientes resultados:

Respuestas:

P de entrada = 69 kPa (10 psi). Condición de Definición.

Fricción = 23 kPa (3,3 psi).

Q promedio por emisor = 0,95 LPH (0,25 gph)

Caudal de entrada a la cinta = 7,23 LPM (1,91 gpm)

Presión en el emisor con Q promedio = 52 kPa (7,54 psi)

Q_{\max}/Q_{\min} (debida a ΔP , solamente) = 1,28

UD para una sola manguera (incluyendo cv y ΔP) = 0,88

Obviamente, puesto que la UD de una sola manguera es menor que la UD deseada del sistema, este hubiera sido un diseño muy pobre. El propósito de este ejemplo fue mostrar que frecuentemente las cintas se diseñan con demasiada longitud, o con un diámetro muy pequeño para el

caudal y la topografía. Algunos agricultores reconfiguran sus lotes completamente cuando se cambian a goteo con cinta, aunque esto es cada vez menos común a medida que están siendo disponibles cintas de mayor longitud. Para este ejemplo hay 5 opciones:

1. Aceptar la UD baja. Debe tenerse en cuenta que la UD del bloque será menor que 0,88, debido a que también habrá diferencias en presión a lo largo del múltiple. La UD final del bloque probablemente estaría cerca de 0,82; difícilmente lo que uno debe esperar al adquirir un sistema de goteo.
2. Usar un caudal más bajo por emisor. Esto hará que la fricción sea más baja. Dependiendo del diseño de la trayectoria del emisor, esto puede también incrementar la probabilidad de obstrucción y típicamente decrecerá el volumen de suelo húmedo.
3. Seleccionar un producto de manguera/emisor con un cv más bajo. Esto sería difícil, puesto que el cv es ya de por sí bastante bajo.
4. Usar una cinta con un diámetro mayor. Con frecuencia esta es la mejor opción.
5. Re-configurar el campo con longitudes de cinta más cortas. A manera de ejemplo, esta es la opción seleccionada aquí.

Paso 1. Asumir que son posibles longitudes de manguera de 122 m (400'). Corra de nuevo el programa de hidráulica de mangueras de goteo para determinar las posibilidades.

Los resultados son:

Respuestas:

P de entrada = 69 kPa (10 psi.). Condición de Definición.

Fricción = 9,7 kPa (1,4 psi)

Q promedio por emisor = 1,06 LPH (0,28 gph)

Caudal de entrada a la cinta = 5,37 LPM (1,42 gpm)

Presión en el emisor con Q promedio = 61,4 kPa (8,9 psi)

Qmax/Qmin (debida a ΔP , solamente) = 1,09

UD para una sola manguera (incluyendo cv y ΔP) = 0,926

Paso 2. Determine el cambio permisible en presión a lo largo del múltiple.

La siguiente fórmula se toma del Capítulo 6:

$$\Delta P \text{ Permisible en Múltiple} = 2 \left[P_{\text{prom.}} - P_{\text{prom.}} \left(\frac{UD_{\text{sistema}}}{UD_{\text{manguera}}} \right)^{\frac{1}{x}} \right]$$

Resolviendo,

$$\Delta P \text{ Permisible en Múltiple} = 2 \left[61,4 - 61,4 \left(\frac{0,90}{0,926} \right)^{\frac{1}{0,6}} \right]$$

$$= 5,69 \text{ kPa } (0,83 \text{ psi})$$

Paso 3. Diseñe el múltiple de abastecimiento.

La mayoría de los diseños para cultivos anuales tienen un solo diámetro de múltiple. Para un múltiple sin pendiente, este es un cálculo simple, utilizando el Factor de Salida Múltiple "F" descrito en el Capítulo 5:

$$H_f = "F" \times (\text{Fricción para tubo sin salidas})$$

Asuma que es deseable tener un bloque de cerca de 2 has. El esquema que se muestra adelante muestra un bloque de esa área aproximadamente.

Con una separación entre cintas de 1 m, el múltiple abastece un total de :

$$\# \text{ de hileras} = \text{ancho del bloque/separación entre cintas}$$

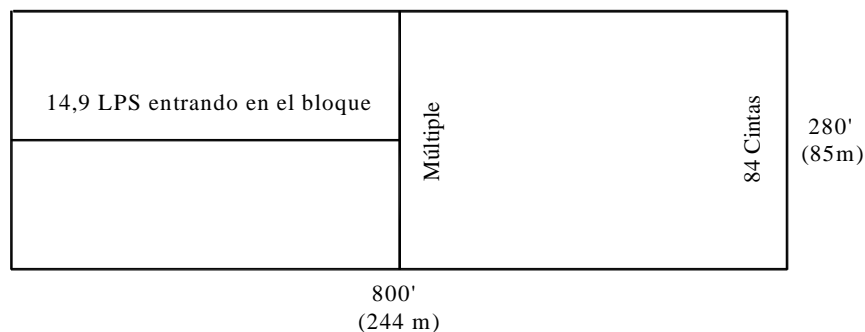
$$= 84 \text{ m} / 1 \text{ m} = 84 \text{ hileras}$$

Cada mitad del múltiple abastecerá 42 hileras, con cintas alimentadas en ambas direcciones desde el múltiple.

El caudal en cada mitad del múltiple es:

$$\text{LPM} = (5,37 \text{ LPM/cinta})(2 \text{ cintas/hilera})(42 \text{ hileras})$$

$$= 451 \text{ LPM}$$



Asumiendo un múltiple enterrado de PVC Clase 125, "F" = 0,37

<u>Diámetro del tubo</u>	<u>H_f kPa</u>
63.5 mm (2,5")	9 kPa (1,3 psi)
76 mm (3,0")	3,5 kPa (0,5 psi)
102 mm (4,0")	0,69 kPa (0,1 psi)

Con un diámetro nominal de 76 mm (3,0"), el tubo de abastecimiento tendrá menos fricción que la permisible. No se debe olvidar que este ejemplo es para terreno plano y que el cambio permisible en presión de 6 kPa (0,8 psi) debe siempre incluir los efectos combinados de fricción y cambios en elevación a lo largo del múltiple. Si el múltiple tiene pendiente, es mejor NO usar el factor de múltiple salida. En lugar de usar tal factor, para múltiples en pendiente, se debe usar una hoja de cálculo ya que las presiones más baja y más alta no necesariamente ocurrirán en los 2 extremos del múltiple, como sí sucede siempre en terreno plano.

Paso 4. Diseñe los múltiples de lavado.

Los múltiples de lavado deben diseñarse de tal manera que ocurra una diferencia de presión muy pequeña a lo largo de su longitud. Esto es con el fin de asegurar un lavado parejo entre todas las mangueras, así como también para incrementar el caudal de lavado.

La velocidad de salida de la cinta debe ser de alrededor de 0,3 a 0,6 m/s (1 a 2 pies/s) durante el lavado. Para una cinta de 15,9 mm (0,625") de DI, esto se traduce en un caudal de 3,6 a 7,19 LPM (0,95 a 1,9 GPM). Aunque las tablas de lavado presentadas en uno de los primeros capítulos se basaron en una velocidad de 0,3 m/s (1 pie/s), generalmente se recomienda tomar un valor más alto. En este ejemplo, se usará una velocidad de lavado de 0,46 m/s (1,5 pies/s).

Asumiendo una válvula en el centro del múltiple de lavado, cada mitad del múltiple de lavado debe llevar:

$$(5,41 \text{ LPM/cinta}) \times 42 \text{ cintas} = 227,2 \text{ LPM}$$

La fricción puede calcularse utilizando la ecuación de Hazen-Williams y el factor de salida múltiple. La longitud es de 42 m para cada múltiple (asumiendo que la válvula de descarga está en el centro).

<u>Diámetro del tubo</u>	<u>H_f kPa</u>
38,1 mm (1,5")	21 kPa (3,1 psi)
50,8 mm (2,0")	6,9 kPa (1,0 psi)
63,5 mm (2,5")	2,8 kPa (0,4 psi)
76,2 mm (3,0")	1,4 kPa (0,2 psi)

Seleccione el tubo de 63,5 mm (2,5") de DI para el múltiple de lavado debido a su diferencia de presión relativamente baja: 2,8 kPa (0,4 psi).

La válvula de lavado debe manejar un caudal de 454,44 LPM (120,06 GPM), el cual es para toda la longitud del múltiple de lavado.

Para una válvula de compuerta simple para lavado con 2 codos, una te subsuperficial y pequeñas longitudes de tubo, use un "K" de 5,0 en la ecuación:

$$H_f = K \left(\frac{V^2}{19,62} \right)$$

donde: K = constante para los accesorios

V = velocidad, m/s

H_f = fricción, m

Diámetro de Válvula de Compuerta		Ensamblaje de Válvula de Lavado	
mm	(pulgadas)	H _f en kPa con 454,44 LPM	
		(psi con 120,06 GPM)	
38,1	(1,5)	110,3	(16)
50,8	(2,0)	34,5	(5)
63,5	(2,5)	14,5	(2,1)
6,2	(3,0)	6,9	(1)
102	(4,0)	2,1	(0,3)

Lo que parece obvio según este ejemplo, es que el diámetro y la plomería de la válvula de compuerta para lavado pueden ser más importantes que el diámetro del mismo múltiple de lavado. En este caso se seleccionará una válvula de compuerta y un elevador de 102 mm (4") para el lavado.

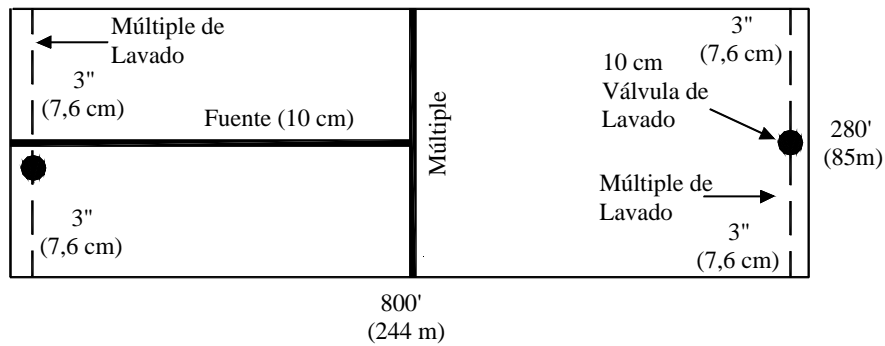
Paso 5. Resuma el diseño hasta este punto.

Como diseño preliminar seleccione lo siguiente:

Diámetro del Tubo Múltiple de Abastecimiento = 76,2 mm (3,0") con H_f = 3,5 kPa (0,5 psi).

Diámetro del Tubo Múltiple de Lavado = 63,5 mm (2,5") con H_f = 2,8 kPa (0,4 psi).

Diámetro de la Válvula de Compuerta para Lavado = 102 mm (4,0") con H_f = 2,1 kPa (0,3 psi).



La descarga de la válvula de compuerta estará probablemente alrededor de 45 cm por encima de la cinta enterrada. Esta diferencia de elevación equivale a 4,4 kPa (0,64 psi).

La pérdida a través de la conexión cinta/múltiple de lavado puede ser alrededor de 2,1 kPa (0,3 psi).

P total en el extremo aguas abajo de la cinta de lavado:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Múltiple de Lavado} + \text{Válvula de Compuerta} + \text{Profundidad de la cinta enterrada} + \text{Conexión} \\
 &= 2,8 + 2,1 + 4,4 + 2,1 \\
 &= \mathbf{11,4 \text{ kPa (1,65 psi)}}
 \end{aligned}$$

Paso 6. Vuelva a examinar la línea de abastecimiento desde el punto de vista de lavado. El diseño original se basó únicamente en los caudales durante el riego. En algunos casos, los requerimientos de lavado determinan el diámetro de la línea de abastecimiento, en lugar de que sea la UD durante la operación normal.

Primero, use un programa de computadora para la hidráulica de las cintas para determinar el caudal y la presión de entrada requeridos durante el lavado.

Las entradas para el programa son:

DI de la cinta = 15,9 mm
 Separación entre emisores = 40,6 cm
 Caudal nominal = 2,46 LPM/m @ 55 kPa
 Exponente de descarga del emisor = 0,6
 Longitud = 122 m
 cv = 0,04
 Presión en el extremo aguas abajo de la cinta = 11,4 kPa
 Velocidad de lavado deseada = 0,46 m/s

Los resultados son:

P de entrada durante el lavado = 53,1 kPa (7,7 psi).

La presión regular fue 69 kPa (10 psi).

Caudal de entrada durante el lavado = 8,71 LPM (2,3 gpm).

El caudal regular fue 5,30 LPM (1,4 gpm).

En este diseño en particular, la presión requerida a la entrada de las mangueras es ligeramente menor, pero los requerimientos de caudal por manguera son ligeramente mayores. Si tanto el múltiple de lavado como la válvula de lavado se hubieran diseñado más pequeños, los requerimientos de presión y caudal hubieran sido significativamente más altos.

El caudal mayor en la línea de abastecimiento hará que la fricción en el múltiple de abastecimiento se incremente de 3,5 kPa (0,5 psi) durante el riego regular, a 9 kPa (1,3 psi) durante el lavado. Esto ocasionará algún grado de desuniformidad durante el lavado, aunque relativamente pequeño. Si la fricción es menor que el 20% de la presión de entrada, típicamente se considera satisfactoria. Los 9 kPa equivalen al 17% de los 53 kPa de presión promedio de entrada a la manguera durante el lavado.

Paso 7. Seleccione el diámetro de la tubería que ingresa al bloque. El diámetro de este tubo no hará impacto alguno sobre la UD, puesto que no hay mangueras a lo largo de esta tubería de abastecimiento de agua al bloque. Por consiguiente, la selección del diámetro debe basarse en técnicas de optimización para seleccionar el diámetro óptimo económico o en la técnica de velocidad máxima. Por simplicidad, la técnica de velocidad será examinada en este ejemplo.

Hay 2 caudales que entran al bloque: 902 LPM (238 gpm) durante el riego regular y 1463 LPM (387 GPM) durante el lavado. Las velocidades se encuentran en la siguiente tabla:

<u>D. Nominal</u>		<u>DI</u>		<u>Vel. Regular</u>	<u>Vel. De Lavado</u>
<u>mm</u>	<u>(")</u>	<u>mm</u>	<u>(")</u>	<u>m/s</u>	<u>m/s</u>
76,2	(3)	83,3	(3,28)	2,71	4,48
101,6	(4)	108,7	(4,28)	1,62	2,62
127,0	(5)	134,4	(5,29)	1,04	1,71

Se debe seleccionar el tubo de PVC Clase 100 de 127 mm (5") de diámetro nominal, por cuanto la velocidad durante el lavado es razonable. El requerimiento de caudal es más alto durante el lavado y si el requerimiento de presión es también significativamente más alto

durante el lavado, es físicamente difícil hacer el lavado a menos que éste sea hecho con solo unos pocos bloques en operación simultánea. Al hacer esto, será mayor la presión en la bomba. Sin embargo, esto significa que el lavado se convierte en una faena especial y probablemente no se lleve a cabo en forma apropiada.

En cualquier circunstancia, con un diseño como este (con algo más de 10 mangueras por regulador de presión), uno debería usar un regulador de presión ajustable en la cabecera del bloque para asegurar que la presión pueda ser ajustada hacia arriba si se necesita. Por ejemplo, quien maneja el sistema puede decidir que se opere con una velocidad de 0,6 m/s; se requeriría entonces una presión mayor durante el lavado.