

BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA
Y GANADERIA
UNIVERSIDAD DE SONORA.



UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DESCRIPCION DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN
UN EQUIPO DE RIEGO POR GOTEO

DISERTACION

Isac Duarte Espinoza

DICIEMBRE DE 1992

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DESCRIPCION DE LAS PARTES QUE CONSTITUYEN UN EQUIPO DE RIEGO POR
GOTEO

DISERTACION

ISAC DUARTE ESPINOZA

DICIEMBRE 1992

Esta disertación fue realizada bajo la dirección del consejo particular y aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO EN:
IRRIGACION

CONSEJO PARTICULAR:

ASESOR:

ING. VICTOR MANUEL BURQUEZ CASINO

CONSEJERO:

DR. JOSÉ CASTILLO GURROLA

CONSEJERO:

M.C. MARCO ANTONIO HUEZ LOPEZ

DEDICATORIA

ISAC DUARTE ESPINOZA

A mis padres:

Isidro y Maria por su apoyo que siempre me han
brindado.

A mis hermanos:

Samuel, Pedro y Elizabeth por lo que significan para
mi.

A las escuelas y profesores, que conformaron mi educación.

A mis amigos.

Al departamento de Irrigación de mi alma mater.

A todos los que en un momento fueron y son compañeros de trabajo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA.....	2
CONCLUSIONES	47
LITERATURA CITADA.....	49

INDICE DE CUADROS

No.		Página
1.	Datos de entrada y salida de un hidrociclón.....	5
2.	Dimensiones y peso de un hidrociclón.....	5
3.	Datos de construcción de un filtro de materiales graduados.	8
4.	Especificaciones de filtraciones de materiales graduados...	9
5.	Recomendaciones y especificaciones de la arena.....	9
6.	Especificaciones del filtro canasta.....	13
7.	Dimensiones del filtro de flujo giratorio.....	15
8.	Especificaciones de filtro de flujo giratorio.....	15
9.	Recomendaciones del filtro turbo-limpiador torpedo.....	17
10.	Características de los anillos en filtros de discos.....	18
11.	Pérdida de carga para filtros de discos.....	18
12.	Modelos de inyectoras.....	21
13.	Modelos de inyectoras y conjuntos.....	22
14.	Gastos de válvulas mariposas.....	28
15.	Presiones de trabajo y presiones de reventamiento en tuberías de pvc.....	32
16.	Norma DGN-E-12-1968.....	32
17.	Gastos admisibles a válvulas angulares.....	35
18.	Regante dripin de 20 mm.....	40
19.	Regante dripin de 16 milímetros.....	40
20.	Regante dripin de 14 milímetros.....	41
21.	Resortes del regulador de presión.....	44
22.	Funcionamiento del regulador de presión.....	44
23.	Largo optimo de una regante.....	46

INDICE DE FIGURAS

No.	Página
1. Esquema de flujo de un hidrociclón y modo de separación...	4
2. Proceso de retrolavado en filtros de materiales graduados.	7
3. Proceso de filtrado en filtros de materiales graduados....	7
4. Acotamiento de filtros de materiales graduados.....	8
5. Componentes básicos de un filtro de mallas.....	12
6. Acotaciones del filtro canasta.....	13
7. Filtro escurridor de canasta.....	14
8. Acotamiento del filtro de flujo giratorio.....	15
9. Filtro turbolimpiador torpedo.....	16
10. Tanque mezclador de fertilizantes.....	22
11. Bomba fertilizadora.....	24
12. Tipos de medidores.....	26
13. Tipos de válvulas mariposa.....	28
14. Válvula angular.....	35

RESUMEN

Un equipo de riego por goteo consta de una gran variedad de piezas, donde cada una desempeña un papel específico.

Conocer y saber como funciona cada pieza del sistema de riego por goteo es de gran ayuda, porque se pueden evitar muchos problemas que suceden al operar estos equipos.

Se habla inicialmente en seleccionar el filtro adecuado para lograr una limpieza aceptable del agua.

La presencia de partículas densas suspendidas se elimina mediante el uso de un hidrociclón y si hay material orgánico, con un filtro de grava. Se recomienda siempre la instalación de un filtro de mallas después de los anteriores.

Todo equipo requiere lavar periódicamente sus líneas regantes, para esto se utiliza la inyección de un ácido mediante el uso de un inyector.

La aplicación de fertilizantes se hace mediante una bomba fertilizadora.

El control del flujo del agua se logra a través de un medidor como el caso del tipo de hélice, que trabaja aceptablemente.

El uso de válvulas mariposas con volante es con gastos de al menos 39.2 lps y para valores menores, las de palanca.

Se emplean manómetros de presión de 14 kg/cm² en los filtros, mientras que para regantes los de 1 y 2 kg/cm².

Las tuberías de pvc para conducción del agua de riego manejan relaciones de dimensiones de 26 y 41.

El uso del gotero lateral en mangueras de 12 y 16 milímetros con gasto de 4 lph se presenta muy a menudo.

El suministro adecuado del agua de riego recae sobre el regulador de presión. Para el caso de riego por goteo en cinta se maneja el regulador acompañado de un resorte de 6 m, mientras que en goteo tradicional para frutales se utiliza el regulador con resorte de 14 m.

INTRODUCCION

El sector agrícola se ha ido perfeccionando con la finalidad de buscar nuevas alternativas que proporcionen mayor productividad y en esto no se ha quedado atrás el área de riego, en donde la necesidad de hacer un buen uso del agua, ha creado sistemas de riego adaptados al cultivo como es el caso del sistema de riego por goteo.

La aplicación de agua al suelo a través de pequeños orificios se conoce como riego por goteo. Estos orificios se llaman goteros.

Para que el agua llegue limpia a los goteros, se requiere del uso de los filtros, tales como los filtros de grava, hidrociclones o filtros de mallas, los que se seleccionan en base al tipo de partículas que contenga el agua.

Las tuberías son fabricadas de pvc, material que no solo permite el flujo del agua hasta alcanzar los goteros, sino que también puede llevar una serie de compuestos químicos necesarios para el buen desarrollo de las plantas.

Además incluye válvulas de control, manómetros que indican las condiciones prevalecientes del sistema, las que ayudan a evitar problemas en la filtración o en el resto del equipo. También intervienen los reguladores de presión cuya función es de mantener una presión constante y uniformizar la distribución del agua, factor de importancia en el desarrollo del cultivo y otra serie de conexiones que son adaptados al mismo.

El presente trabajo va encaminado, precisamente a dar a conocer esos componentes que sobresalen en todo equipo de riego por goteo, como funcionan, para que sirvan y algunas características del mismo.

LITERATURA REVISADA

Un equipo de riego por goteo, incluye emisores, líneas principales y de distribución, y otros accesorios que están siendo producidos por numerosas empresas comerciales.

El sistema de riego por goteo consiste en los siguientes componentes:

- I.- Un cabezal de agua conectado a la central de suministro de agua, cuyo propósito es de regular la presión y cantidad de agua aplicada al filtro del agua, y adicionar los materiales nutrientes.
- II.- Un tanque fertilizador llenado con una solución nutriente concentrada y conectada por principales o mangueras al cabezal, directamente en frente de la unidad de filtración.
- III.- Las líneas plásticas principales de suministro de un diámetro apropiado para la descarga deseada, y de longitudes de acuerdo a la distancia sobre la cual el agua debe ser conducida.
- IV.- Líneas plásticas de diámetro pequeño (normalmente de 12 y 16 mm), conectadas a los laterales de la principal.
- V.- Los goteros o emisores de plástico cerrados a las líneas o construidas como una parte integral de la misma. Su propósito es el de permitir la salida del agua de la regante a una velocidad muy baja. La descarga más comunmente usada de los goteros es de 2 y 4 l/h (17).

Cabezal de filtración

Se conoce con el nombre de cabezal de filtración al grupo de válvulas, conexiones y filtros que se localizan después de la bomba y donde se inicia la línea principal. Las piezas que incluye un cabezal

depende de: el gasto de la bomba, la fuente de abastecimiento, la localización de la fuente de abastecimiento, etc.

Existen dos tipos de cabezal según la fuente de abastecimiento:

- a).- Si la fuente de abastecimiento es de pozo profundo, el cabezal incluye hidrociclones, filtros de mallas o discos, conexiones, válvulas y manómetros.
- b).- Si la fuente de abastecimiento es de río, canal o pila, el cabezal incluye filtros de grava, filtros de mallas o discos, conexiones, válvulas y manómetros (21).

Los hidrociclones son usados extensivamente para la separación de partículas densas dispersadas de un fluido de más baja densidad. Las fuerzas de aceleración actúan sobre estas partículas, obligándolas a acercarse a la pared, donde son forzadas a bajar y depositarse en una cámara.

El agua sale del hidrociclón a través del vórtex (efecto de espiral) hasta alcanzar la tubería. Los sólidos colectados pueden ser drenados periódica o continuamente, si la velocidad de acumulación de los mismos es alta. Ver figura 1 y cuadros 1 y 2 para mayores detalles.

Características del hidrociclón :

- a).- Está diseñado para operar en línea, funciona con la misma bomba utilizada para todo el equipo de riego.
- b).- Los sólidos son purgados de la cámara de recolección con un mínimo desperdicio de líquido.
- c).- Todos los modelos están disponibles en acero normal con entrada y salida bridadas, de acero inoxidable y de acero con una cubierta interna de neopreno y salidas bridadas (10).

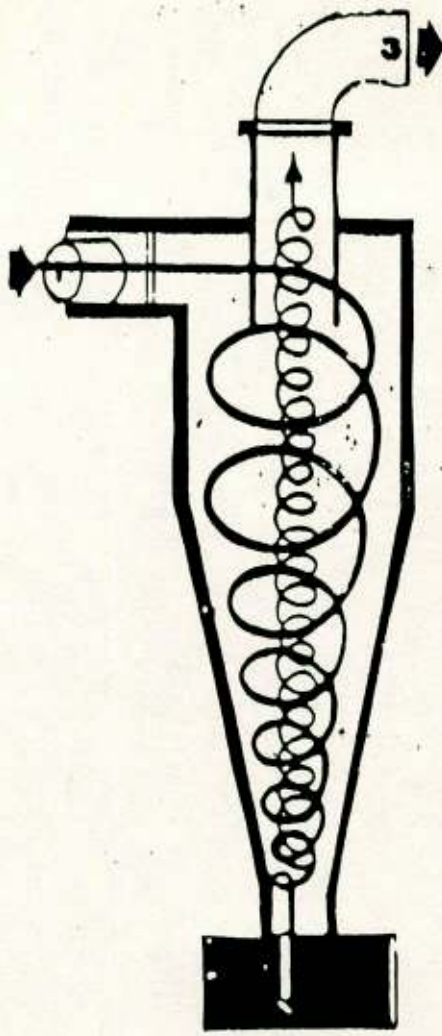


Figura No. 1.- Esquema de flujo de un hidrociclón y modo de separación.

CUADRO No.1 DATOS DE ENTRADA Y SALIDA DE UN HIDROCICLON.
(RANGOS RECOMENDADOS DE VEL. DE FLUJO EN M3/HR.)

Diámetro del Modelo	Diámetro de Entrada	Diámetro de Salida	Rangos Recomendados de velocidad de flujo M3/Hr.
3/4"	3/4"	3/4"	0.5 --- 3.0
4"	1"	1"	1.5 --- 7.0
6"	1.5"	1.5"	3.0 --- 13.0
8"	2"	2"	5.0 --- 20.0
8" (H)	3"	3"	10.0 --- 40.0
16"	4"	4"	30.0 --- 80.0
20"	6"	6"	40.0 --- 120.0
24"	6"	6"	70.0 --- 220.0

Fuente: (10)

CUADRO NO. 2 DIMENSIONES Y PESO DE UN HIDROCICLON.

Modelo	Diámetro de Entrada y Salida	Cámara de Recolección Volumen(LTS)	Altura Total (pulg/cm)	Peso Total (kg)
3"	3/4"	1	37	3.5
4"	1"	5	53	11.8
6"	1 1/2"	5	64	16.0
8"	2"	5	75	19.0
8" (H)	3"	5	88	29.0
16"	4"	90	170	100.0
20" L	6"	220	205	224.0
20"	6"	220	205	224.0
24"	6"	220	227	264.0

Fuente: (10)

Filtros de grava

Un tipo de filtro de grava es el de materiales graduados, el cual está formado por unos tanques de acero protegidos por una cubierta epóxica con el fin de asegurar resistencia a la corrosión por sales.

En su parte basal consta de unas estructuras de drenado en forma de hongo, las cuales tienen como función asegurar uniformidad en el flujo del agua.

Los objetivos de estos filtros de materiales graduados son: remoción de contaminantes como algas, arena, cieno y material orgánico voluminoso del agua de riego y remover precipitados de hierro del pozo y agua de río.

En su interior, el filtro lleva dos tipos de materiales a saber: en el fondo del tanque lleva una capa de grava y encima de ésta, una capa mayor de arena.

Mediante un proceso de retrolavado, son eliminados los contaminantes que quedaron atrapados en la arena durante el proceso de filtración. El agua entra por la parte inferior del filtro a través de unas estructuras en forma de hongo, sigue su camino por la grava hasta alcanzar la arena.

El agua provoca que la arena se mueva en varias direcciones ocasionando que los contaminantes sean removidos. En su recorrido, el agua lleva a éstos hasta la parte superior, en donde son expulsados al exterior haciendo uso de la válvula de drenado.

El proceso de lavado se puede efectuar automáticamente haciendo uso de una válvula hidráulica. La válvula es ajustada por medio de un medidor a un volumen de agua predeterminado, después del cual es disparada automáticamente.

Dependiendo de las condiciones locales de diseño, esta válvula puede ser instalada a la salida a la parcela, o en salidas individuales del distribuidor.

En las figuras 2 y 3 aparecen los procesos de retrolavado y filtrado, en tanto que la figura 4 muestra las acotaciones de los filtros de materiales graduados. Los cuadros 3 y 4, presentan los datos de construcción y especificaciones de dichos filtros, mientras que en el cuadro 5 se dan las recomendaciones y especificaciones de la arena. (7,18,25).

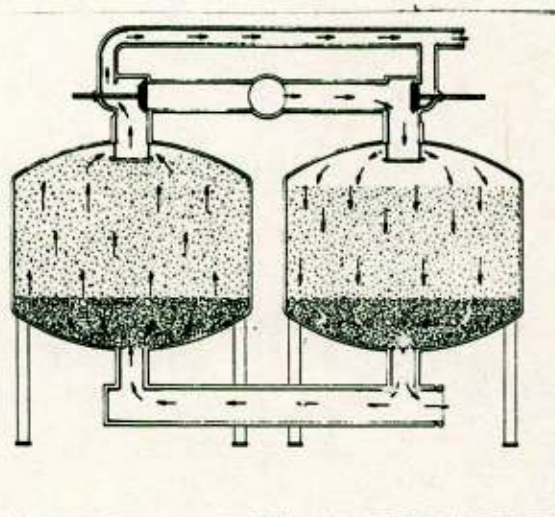


Figura No. 2.- Proceso de retrolavado de un filtro de materiales graduados.

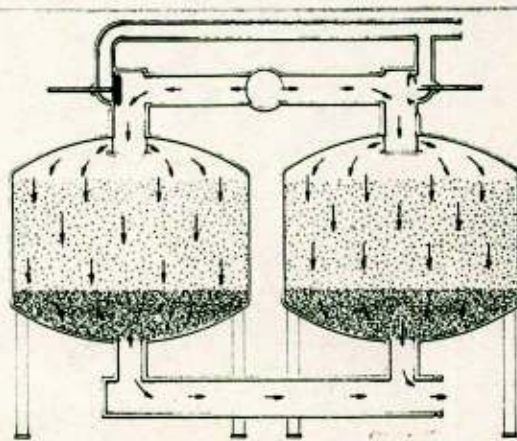


Figura No. 3.-Proceso de filtrado de un filtro de materiales graduados.

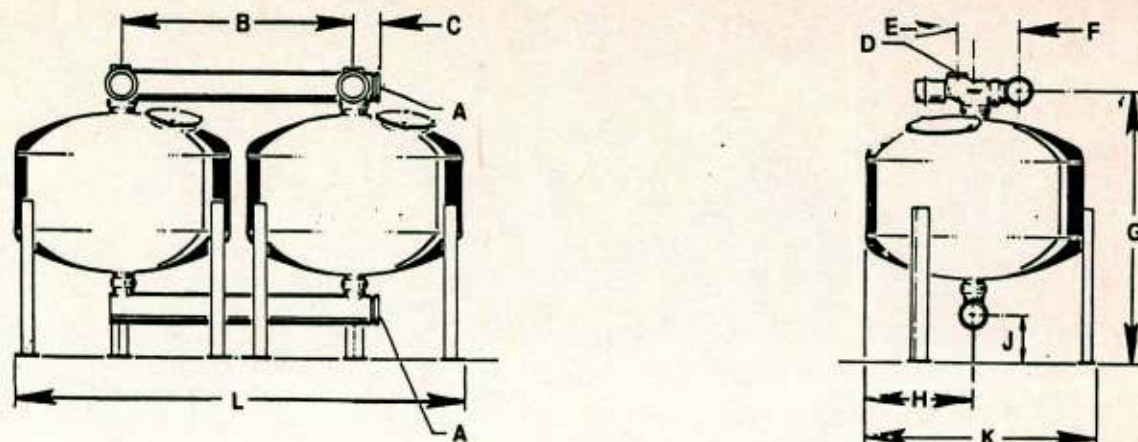


Figura No. 4.- Acotamiento de filtros de materiales graduados.

CUADRO No. 3 DATOS DE CONSTRUCCION DE UN FILTRO DE MATERIALES GRADUADOS.

DATOS PARA SISTEMA DE DOS TANQUES. DIMENSIONES EN METROS	MODELO DEL FILTRO					
	14-2	18-2	24-2	30-2	36-2	48-2
A. Diám. de e/s	0.04	0.05	0.08	0.10	0.10	0.15
B. Dist.del tanque	0.46	0.56	0.71	0.86	1.02	1.32
C. Refer. de e/s	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13
D. Diám. del retrol.	0.04	0.04	0.05	0.05	0.10	0.10
E. Local. del retrol.	0.04	0.04	0.07	0.07	0.08	0.08
F. Local. de la etda.	0.16	0.16	0.20	0.21	0.22	0.25
G. Altura de la etda.	0.91	0.93	1.03	1.10	1.16	1.49
H. Local. de la sal.	0.18	0.23	0.30	0.38	0.46	0.61
J. Altura de la sal.	0.11	0.10	0.10	0.13	0.13	0.27
k. Anchura	0.44	0.52	0.67	0.83	1.02	1.32
L. Longitud	0.86	1.07	1.37	1.68	1.98	2.60

Fuente: (25)

CUADRO No. 4 ESPECIFICACIONES DE FILTRACIONES DE MATERIALES GRADUADOS.

MODELO NO.	No. DE TANQUES	FLUJO A VOLUMEN-VELOCIDAD		AREA DE FILTRACION EN M2	REQUERIM. DE BOLSAS DE ARENA NO. 100	VELOC. DE FLUJO DEL RETROLAVADO M3/HR.
		GOTEO				
		FLUJO MINIMO M3/HR.	FLUJO MAXIMO M3/HR.			
14-2	2	8.5	12.5	0.2	2	34.1
18-2	2	13.5	20.0	0.3	4	56.8
18-3	3	20.5	30.0	0.5	6	56.8
24-2	2	24.0	36.0	0.6	8	113.6
24-3	3	36.5	54.0	0.9	12	113.6
30-2	2	38.5	57.0	0.9	10	181.7
30-3	3	58.0	85.0	1.4	15	181.7
36-2	2	54.0	79.5	1.3	16	249.9
36-3	3	81.0	119.0	2.0	24	249.9
48-2	2	96.5	142.0	2.3	26	431.6
48-3	3	145.0	213.0	3.5	39	431.6
48-4	4	193.0	284.0	4.6	52	431.6
48-5	5	241.0	355.0	5.8	65	431.6
48-6	6	290.0	426.0	7.0	78	431.6

Fuente: (25)

CUADRO No. 5 RECOMENDACIONES Y ESPECIFICACIONES DE LA ARENA.

ARENA NO.	SIGNIFDO. DEL TAMAÑO EFECTIVO	COEFIC. DE UNIFORMIDAD	TIPO	SIGNIFDO DE LA CAPAC DE FILTRAC. EN MECH
G150	1.50 mm	1.47	Granito comp.	100-140
G78	0.78 mm	1.54	Granito comp.	140-200
S47	0.47 mm	1.42	Granito comp. y afil.	200-250

Fuente: (25)

Filtros de mallas

Existen muchas variedades y diseños de filtros de mallas disponibles. Estos tipos de filtros son recomendados para el filtrado del agua que contengan partículas inorgánicas como arena y limo.

Están contruidos generalmente de la siguiente forma: el alojamiento del cilindro(cuerpo del filtro), está hecho de acero inoxidable o fabricado con un polimero dando semejanza a una fina tela.

El cartucho, que es una pieza de pvc ranurado, cuya función es la de servir como unión entre el esqueleto y la malla. El esqueleto o armazón, está fabricado de pvc ranurado y que acoplado a una malla plástica, tiene como función sostener a la malla de filtrado. Ver figura 5.

Una válvula para controlar el flujo, manómetros para indicar las presiones con las que se está trabajando y distribuidores de entrada y salida, complementan al filtro. Puede incluir una válvula de flujo automático, la cual está acoplada a una estación de control.

Durante el proceso de filtración, el agua circula a través del filtro, quedando atrapadas las partículas dentro de la malla y mientras que el agua sigue su camino hacia las líneas de riego.

La limpieza del filtro se hace por la simple apertura de la válvula de flujo, en donde la fuerza con que fluye el agua, provoca que las partículas que estaban adheridas a la malla sean removidas y conducidas hacia el exterior.

El filtro de libre flujo, es una variedad de filtro de malla y dentro de ésta, se menciona al filtro de flujo escurridor de canasta y al filtro de flujo giratorio.

El filtro escurridor de canasta, como su nombre lo dice, consta de una malla de soporte en forma de canasta hecha de acero inoxidable y en cuyo interior va la malla de filtrado fabricada del mismo material (26).

Para mayor información, ver las especificaciones de éste filtro en el cuadro 6. La figuras 6 y 7 muestran al filtro escurridor de canasta.

El filtro de flujo giratorio emplea la acción de un separador centrífugo. El agua entra tangencialmente a la malla, las partículas pesadas son transportadas hacia la salida y mientras que las más finas quedan atrapadas en la malla (27).

Este tipo de filtro incluye el cartucho con la malla, manómetros de presión y distribuidores de entrada y salida (en los modelos de unidades múltiples. Ver cuadros 7 y 8, así como figura 8.

El filtro turbo limpiador torpedo, está formado por un cuerpo de filtro o alojamiento de acero al carbón, recubierto con material epóxico; un torpedo de material plástico ligero y resistente, en diámetros de 6 a 14 pulgadas y por una malla de acero inoxidable disponible en 4, 6, 10, 19, 30, 50, 80 y 120 mech. La figura 9 hace referencia a éste filtro, mientras que el cuadro 9 menciona algunas recomendaciones de uso.

El agua fluye a una velocidad mayor debido a la presencia del torpedo, por lo cual los sólidos no se pueden asentar en la malla y son forzados hacia una área de recolección. Mediante el uso de una válvula manual, los sólidos suspendidos son removidos y expulsados al exterior (2).

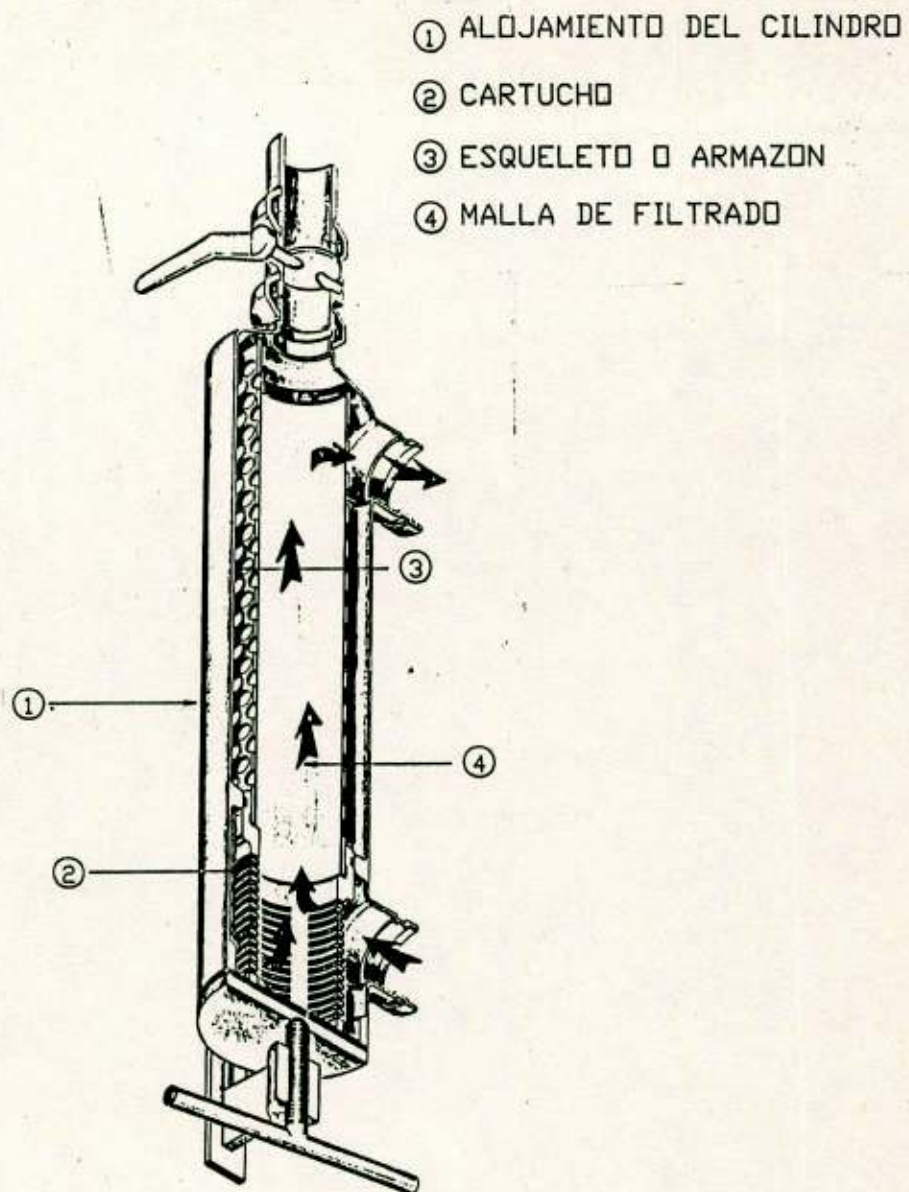


Figura No. 5.- Componentes básicos de un filtro de mallas.

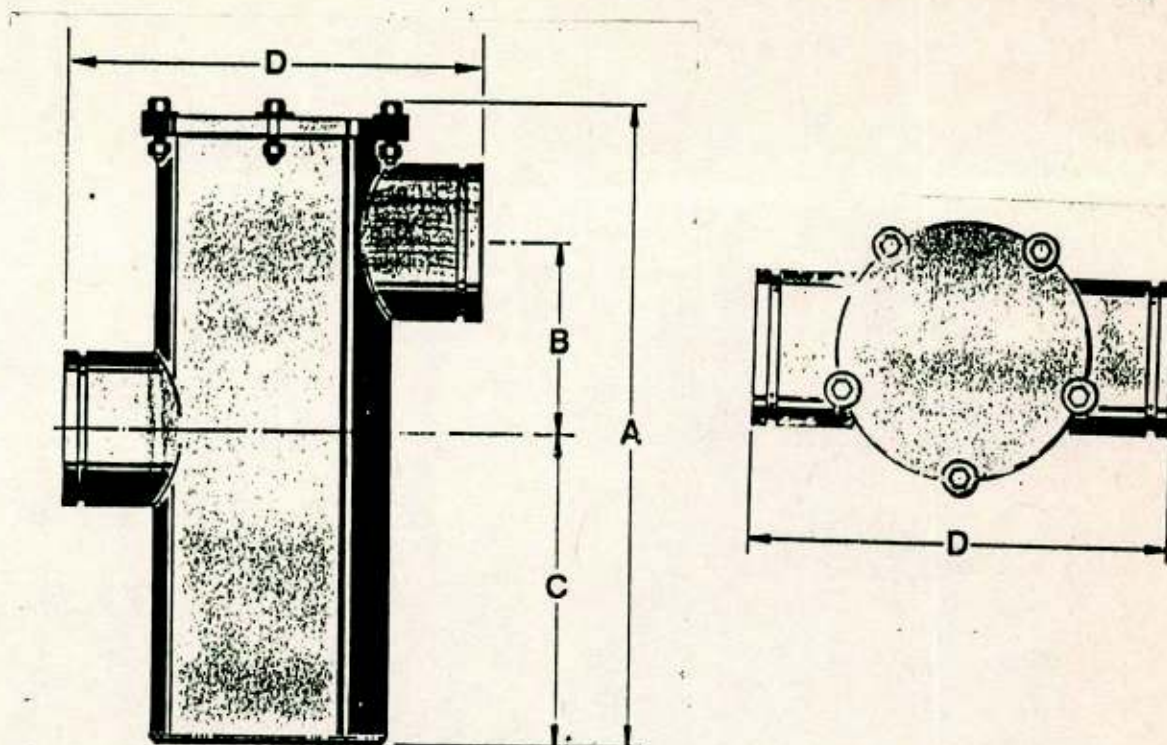


Figura No. 6.- Acotaciones de un filtro canasta.

CUADRO No. 6 ESPECIFICACIONES DEL FILTRO CANASTA.

MODELO No.	FLUJO NORMAL M3/HR	PRESION MAXIMA KG/CM2	DIAMETRO E/S MM	A MT	B MT	C MT	D MT
SB-4	80.6	10.5	100	0.40	0.13	0.16	0.32
SB-6	215.8	5.6	150	0.72	0.21	0.36	0.48
SB-8	284.0	5.6	200	0.75	0.27	0.32	0.53
SB-10	425.9	5.6	250	1.00	0.38	0.43	0.61

Fuente: (26)



Figura No. 7.- Filtro escurridor de canasta.

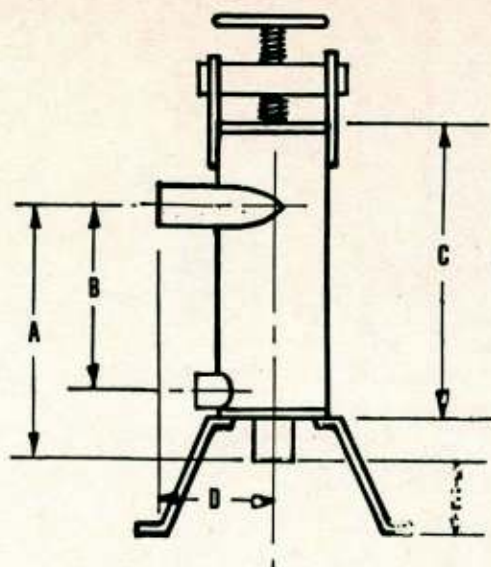


Figura No. 8.- Acotamiento del filtro de flujo giratorio.

CUADRO No.7 DIMENSIONES DEL FILTRO DE FLUJO GIRATORIO (MTS.).

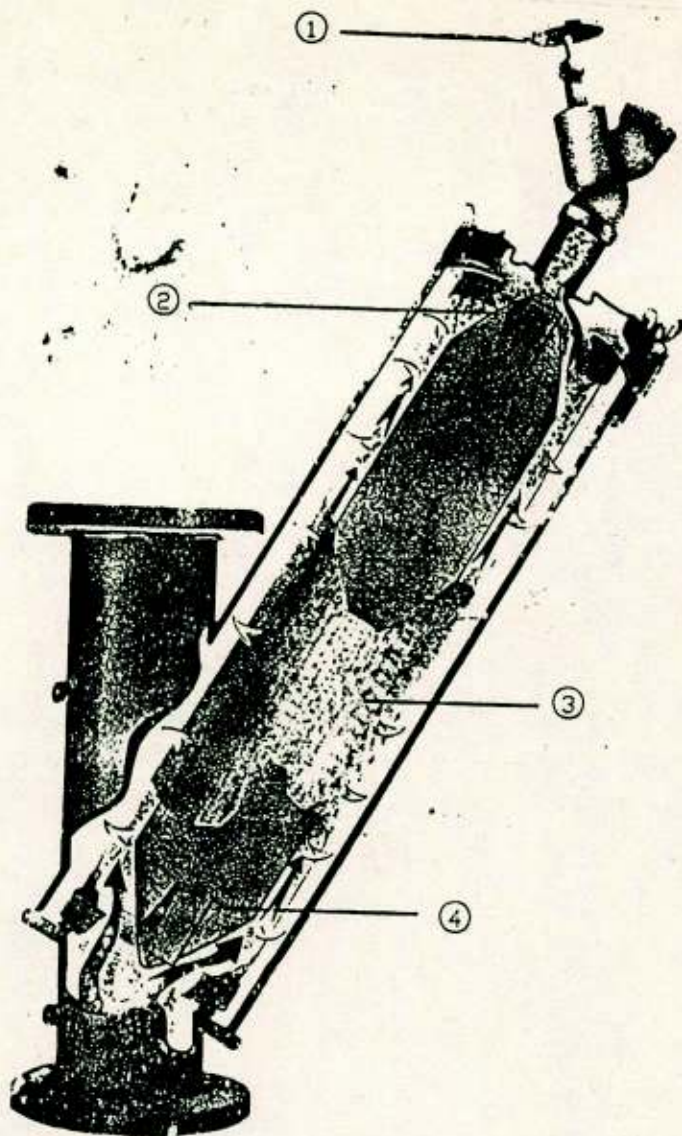
MODELO	A	B	C	D	E
6	0.44	0.34	0.48	0.13	0.19
8	0.44	0.34	0.48	0.16	0.19
10	0.74	0.62	0.79	0.20	0.37

Fuente: (27)

CUADRO No. 8 ESPECIFICACIONES DEL FILTRO DE FLUJO GIRATORIO.

FLUJO GIRATORIO	FLUJO MAXIMO M3/HR.	DIAMETRO DE ENTRADA Y SALIDA	PRESION MAXIMA KG/CM2
6	17	50 MM ROSCABLE	8.4
8	28	50 MM ROSCABLE	8.4
10	57	75 MM RANURADO	7.0
10-2	1134	150 MM DIST. RANURADO	7.0
10-3	1700	150 MM DIST. RANURADO	7.0
10-4	2267	150 MM DIST. RANURADO	7.0

Fuente: (27)



- ① VALVULA MANUAL
- ② AREA DE RECOLECCION
- ③ MALLA DE ACERO INOXIDABLE
- ④ TORPEDO

Figura No. 9.- Filtro turbolimpiador torpedo.

CUADRO No. 9 RECOMENDACIONES DE FLUJO DEL FILTRO TURBO-LIMPIADOR TORPEDO.

DIAMETRO	FLUJO MINIMO M3/HR.	FLUJO MAXIMO M3/HR.
6"	115	160
8"	230	300
10"	380	500
12"	540	650

Fuente: (2)

Los filtros de discos constan de una serie de anillos concéntricos de plástico reforzado que vienen acoplados a lo largo de un eje central.

El cuerpo del filtro está hecho de plástico o metal diseñado en dos secciones, las cuales se unen entre sí por una junta victaulic (dos abrazaderas atornilladas con un empaque de hule).

Cada color del anillo representa la capacidad específica de filtración en unidades llamadas mech (es el número de orificios por donde el agua puede circular por unidad de área).

El filtro debe ser instalado en una posición horizontal, al menos 40 centímetros sobre el nivel del suelo.

Al filtro se le instalan dos válvulas, una de ellas se instala adelante del mismo con el fin de controlar la apertura y cierre del agua ya filtrada, mientras que la otra se conecta a un pequeño tramo de tubo con la tubería principal.

Esta última válvula sirve para limpiar el filtro y a la vez permite que el agua siga su paso por la tubería principal (6).

Para mayor información sobre el filtro de discos ver cuadros 10 y 11.

CUADRO No.10 CARACTERISTICAS DE LOS ANILLOS P/FILTROS DE DISCOS.

TABLA DE ANILLOS FILTRANTES					
COLOR DEL ANILLO	AZUL	AMARILLO	ROJO	NEGRO	VERDE
GRADO DE FILTRACION (MECH)	40	80	120	140	200

Fuente: (6)

CUADRO No. 11 TABLA DE PERDIDAS DE CARGA PARA FILTROS DE DISCOS.

FLUJO (M3/HR.)	PERDIDAS DE CARGA KG/CM2
10	0.01
15	0.03
20	0.06
25	0.08
30	0.10

Fuente: (6)

Inyección de fertilizantes y agroquímicos

Los inyectores funcionan muy eficazmente por presión diferencial en base al principio de venturi. Una diferencia de presión entre la boca de entrada y la de salida del inyector causa un vacío, lo cual produce succión en el tubo de aspiración.

Esta succión puede utilizarse para inyectar el ácido que sirve para lavar las líneas regantes. En la mayoría de los modelos los inyectores tienen un singular diseño que permite que la succión comience aún cuando la presión de descarga es solamente 20% menos que la presión de admisión.

La capacidad completa de aspiración se alcanza cuando esta diferencia es del 50% aproximadamente.

Los inyectores están hechos de polipropileno, resistente a la corrosión.

Se requiere la siguiente información y operaciones para determinar la capacidad y el modelo adecuados del inyector:

- 1.- Flujo total de agua en el sistema de riego (l/m).
- 2.- Dosis del producto químico deseado (l/m).
- 3.- Diferencia de presión en el sistema:
 - a).- Máxima presión de agua obtenible (presión del sistema antes de la válvula reductora o de control de flujo, o presión a la salida de la bomba principal).
 - b).- Presión mínima requerida para operar el sistema (presión después de la válvula reductora o de control de flujo, o presión a la entrada de la bomba principal).
 - c).- Diferencia de presión.
 - d).- Porcentaje de diferencia de presión.

Si la diferencia de presión es de 20% o mayor, puede instalarse un método de derivación. Este método consiste en instalar dos tomas con salidas de 25 milímetros y separadas entre sí con el fin de generar dicho diferencial.

En cada toma se coloca una de las dos mangueras a las que viene acoplado el inyector. Se debe procurar su instalación antes del primer cuadro de plantación ya que la aplicación del ácido contempla la limpieza de todas las líneas regantes.

Si no existe por lo menos un 20% de diferencia, el inyector debe instalarse en serie con una bomba de refuerzo. La idea de esto último,

es que en un punto de la tubería la bomba incremente la presión y se logre la diferencia de presión ya que una de las salidas del inyector se coloca en el otro punto de menor presión.

La cantidad total inyectada se controla de cuatro formas diferentes:

- 1.- La unidad inyectora está provista de un interruptor automático que funciona cuando el nivel de fertilizante cae por debajo de la base del cabezal de succión.
- 2.- Insertando una válvula dosificadora de agua en la línea de agua de impulsión, después de la válvula manual de control de 3/4 de pulgada.
Esta última deberá regularse en una cantidad exactamente igual al triple de la cantidad requerida de productos químicos a inyectar.
- 3.- Operando manualmente el interruptor .
- 4.- Utilizando una válvula hidráulica en lugar de una unidad automática de corte. La válvula es accionada por la presión ejercida por el agua (13).

En los cuadros 12 y 13 se muestran los modelos de inyectores.

Tanque mezclador de fertilizantes. Es un tanque fabricado de material plástico, que consta de un agitador, el cual funciona por medio de corriente alterna o directa. Ver figura 10.

El fin de éste instrumento es de facilitar y hacer más uniforme la mezcla del fertilizante por inyectar al sistema. Viene en una capacidad de 175 galones (4).

CUADRO No. 12 MODELOS DE INYECTORES

PRESION DE											
FUNCIONAMIENTO		MODELO		MODELO		MODELO		MODELO		MODELO	
A	B	484		584		1078		1583		2081	
ENTRADA DEL	ALTA DEL	FLUJO	LIQUIDO	FLUJO	LIQUIDO	FLUJO	LIQUIDO	FLUJO	LIQUIDO	FLUJO	LIQUIDO
INYECTOR	INYECTOR	MOTRIZ	SUCCIONADO	MOTRIZ	SUCCIONADO	MOTRIZ	SUCCIONADO	MOTRIZ	SUCCIONADO	MOTRIZ	SUCCIONADO
KG/CM ²	KG/CM ²	L/M	L/H	L/M	L/H	L/M	L/H	L/M	L/H	L/M	L/H
2.1	0.00	8.7	68.1	16.3	98.4	45.0	302.8	90.5	681.3	272.5	1930.0
	0.35	8.7	68.1	15.9	87.1	45.0	283.9	86.7	643.5	272.5	1930.0
	0.70	8.1	41.6	15.1	49.2	41.6	189.3	81.8	454.2	272.5	1892.0
	0.84	7.9	30.3	14.8	34.1	40.5	140.0	79.9	359.6	251.7	1249.0
	1.10	7.8	7.6	14.4	7.6	39.4	75.7	77.2	170.3	240.7	605.0
2.1	0.00	10.2	68.1	19.7	98.4	52.0	243.9	104.5	681.3	314.2	1911.0
	0.35	10.2	68.1	19.7	98.4	52.0	283.9	104.5	681.3	314.2	1911.0
	0.70	10.2	68.1	18.9	87.1	52.0	283.9	102.2	651.0	314.2	1911.0
	1.10	10.0	49.2	18.2	68.1	50.3	227.1	98.8	511.0	310.4	1741.0
	1.40	9.7	26.5	17.4	34.1	48.4	143.8	95.8	321.7	295.2	1135.0
	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	92.7	0.00	285.8	151.0
2.8	0.00	11.7	68.1	22.0	94.6	59.0	283.9	117.7	681.3	348.2	1892.0
	0.35	11.7	68.1	22.0	94.6	59.0	283.9	117.7	681.3	348.2	1892.0
	0.70	11.7	68.1	22.0	94.6	59.0	283.9	117.7	681.3	348.2	1892.0
	1.10	11.7	68.1	21.6	94.6	59.0	283.9	116.2	681.3	348.2	1892.0
	1.40	11.4	60.6	20.8	75.7	57.9	272.5	114.3	605.6	344.4	1892.0
	1.80	11.2	41.6	20.4	49.2	56.8	196.8	113.6	397.4	336.9	1532.0
	2.10	10.8	11.4	20.1	18.9	54.9	113.6	108.3	170.3	329.3	908.0
3.5	0.00	12.9	64.3	24.2	94.6	64.7	283.9	129.4	681.3	382.3	1892.0
	0.70	12.9	64.3	24.2	94.6	64.7	283.9	129.4	681.3	382.3	1892.0
	1.40	12.9	64.3	24.2	94.6	64.7	283.9	129.4	681.3	382.3	1892.0
	1.80	12.9	64.3	23.8	94.6	64.7	283.9	128.7	681.3	382.3	1892.0
	2.10	12.9	64.3	23.5	90.8	64.3	283.9	127.2	662.4	382.3	1892.0
	2.50	12.5	56.8	23.1	71.9	64.0	249.8	124.9	529.9	374.7	1551.0
	2.50	12.3	30.3	22.7	41.6	62.8	177.9	122.3	340.7	367.1	1154.0
	2.80	11.9	3.8	22.3	7.6	60.9	60.6	120.0	56.8	359.6	208.0
4.2	0.00	14.0	64.3	26.1	94.6	70.0	283.9	140.0	681.3	420.1	1892.0
	0.70	14.0	64.3	26.1	94.6	70.0	283.9	140.0	681.3	420.1	1892.0
	1.40	14.0	64.3	26.1	94.6	70.0	283.9	140.0	681.3	420.1	1892.0
	1.80	14.0	64.3	26.1	94.6	70.0	283.9	140.0	681.3	420.1	1892.0
	2.10	14.0	64.3	26.1	94.6	70.0	283.9	140.0	681.3	420.1	1892.0
	2.50	13.8	60.6	25.4	75.7	69.6	272.5	138.5	613.2	416.4	1665.0
	2.80	13.6	45.4	25.0	56.8	68.9	227.1	135.5	473.1	412.6	1551.0
	3.70	13.2	18.9	24.6	26.5	67.8	132.5	132.5	246.0	405.8	757.0

FUENTE: (13)

CUADRO No. 13 MODELOS DE INYECTORES Y CONJUNTOS.

MODELO	TAMAÑO E/S	% MINIMO DE DIFERENCIA PARA SUCCION	FLUJO MOTRIZ LPM A 3.5 KG/CM2	SUCCION MAXIMA A 3.5 KG/CM2	CJTO. DE LINEA DE SUCCION
484	TUBO 1/2"	18 %	13 LPM	64 LPH	K-184
584	TUBO 3/4"	18 %	24 LPM	94 LPH	K-184
1078	TUBO 1"	16 %	64 LPM	284 LPH	K-181
1583	T. 1 1/2"	18 %	129 LPM	681 LPH	K-183
2081	TUBO 2"	18 %	382 LPM	1892 LPH	K-282

Fuente: (13)



Figura No. 10.- Tanque mezclador de fertilizantes.

Bomba fertilizadora

No requiere de alimentación externa por estar provista de una bomba alimentada por la presión del mismo sistema de irrigación. Ver figura 11.

La unidad es resistente virtualmente a todos los productos químicos utilizados en la agricultura y la horticultura.

Especificaciones:

- Capacidad de inyección. Hasta 340 litros por hora, según la presión de la tubería principal.
- La presión mínima de operación requerida es de 0.5 kg/cm^2
- La presión máxima es de 10 kg/cm^2 .
- Consumo de agua.- El triple de la cantidad de productos químicos inyectados. Cuando hay reguladores de flujo instalados, el consumo de agua se incrementa.

Los materiales de construcción son plásticos especiales resistentes a los productos químicos, sellos de acero inoxidable y viton para las partes que entran en contacto con los productos químicos.

La capacidad requerida se regula fácilmente estrangulando la línea de inyección mediante la válvula manual de 3/4 de pulgada incorporada a la tubería principal de agua.

Como cada pulso inyecta 33 cm^3 de productos químicos, al duplicar el número de pulsos por minuto se obtiene exactamente la cantidad de litros de fertilizante inyectados por hora.

Para capacidades de inyección más elevadas pueden operarse dos o más unidades en paralelo (3).

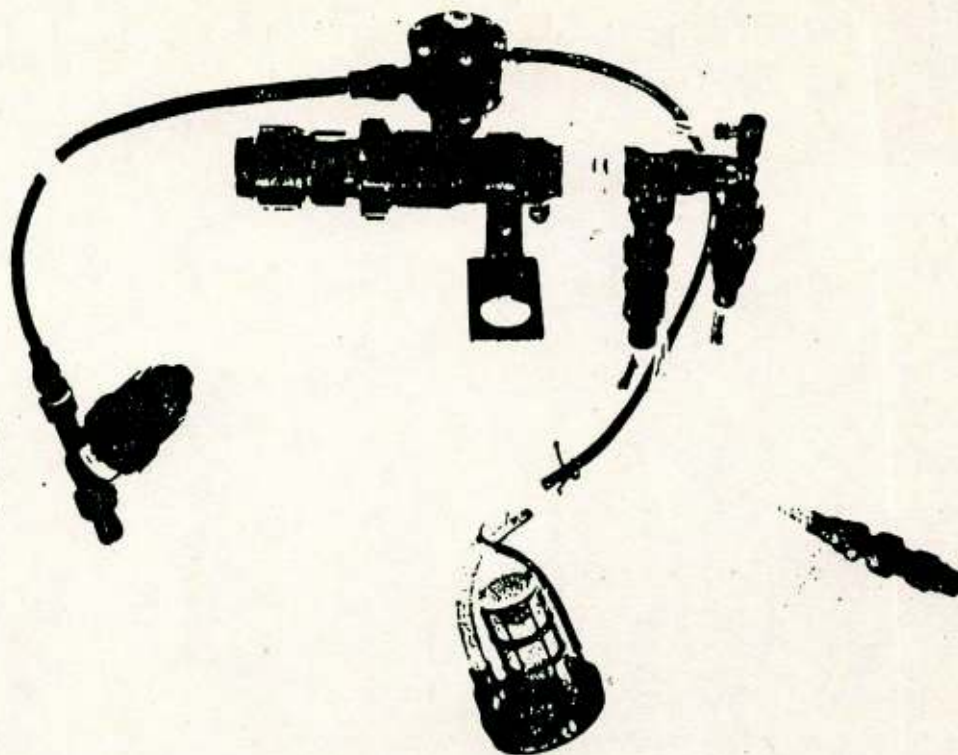


Figura No. 11.- Bomba fertilizadora.

Medidores de flujo

Un medidor de flujo, es un instrumento cuya función es la de proporcionar lecturas del agua en forma volúmetrica y de gasto instantáneo.

Viene fabricado de bronce o acero inoxidable en su cuerpo y de caucho o plástico en la aleta múltiple o rotor.

Cada fabricante proporciona una plantilla que sirve como guía para realizar el barreno en la tubería. Una vez hecho esto último ya se puede proceder al montaje del medidor en la tubería.

Se recomienda su instalación con un mínimo de cinco diámetros de tubería aguas arriba de la aleta y, mínimo, un diámetro de tubería recta aguas abajo del medidor. La razón se debe a que si en la tubería existieran válvulas y conexiones como codos, tes, etc., provocarían turbulencia en la sección del medidor, y por lo mismo reducirían la exactitud en la lectura.

Según el tipo de montaje, los medidores vienen disponibles en silleta, bridado, en hélice y acoplamiento a juntas.

El medidor de silleta, está formado por una cuneta a la cual vienen acoplados el registro y el rotor. Este último se une mediante un niple pvc roscado.

En la parte inferior viene una abrazadera la que se atornilla al cuerpo del medidor.

El medidor bridado, es un cilindro que tiene en cada extremo una brida, la cual le sirve para unirse con la tubería que se desea conectar. En la parte media va insertado el registro con su impulsor.

El registro es una carátula graduada con una aguja indicadora, que muestra el volumen acumulado, el gasto de la corriente o ambos. Va conectada por medio de una flecha al impulsor o rotor.

El rotor es un corto cilindro con una serie de aspas y tiene una abertura que le permite estar en contacto con el agua. El agua al chocar con las aspas provoca que éstas empiecen a girar transmitiendo el movimiento al registro.

El medidor de acoplamiento a juntas, es un medidor de silleta, montado en un tramo de tubería de hierro de extremos listos para conectarse a la línea de suministro de agua por medio de dos placas de fierro fundido con empaques de neopreno llamadas juntas mecánicas.

El medidor de hélice se caracteriza por la presencia de una hélice, la cual hace girar a una flecha que comunica el movimiento a la caja del medidor.

Dentro de la caja se encuentra un marcador que indica el volumen acumulado, el gasto de la corriente, o ambos datos, sobre la carátula graduada.

El diámetro de la hélice varía generalmente entre 50 % y 80 % en relación al diámetro de la tubería. Los tamaños de medidores de flujo más utilizados van de 3 a 12 pulgadas, con gastos de 0 a 20 y 0 a 300 litros por segundo.

Para presiones de hasta 7.5 kg/cm^2 , pueden usarse los medidores de silleta y para presiones de hasta 10.5 kg/cm^2 , los del tipo bridado.

La figura 12 presenta los tipos de medidores (8,14,16).

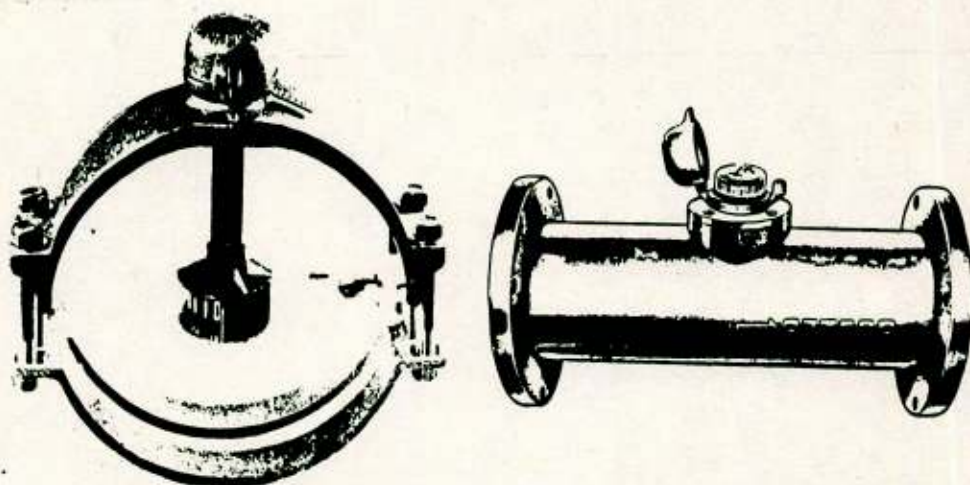
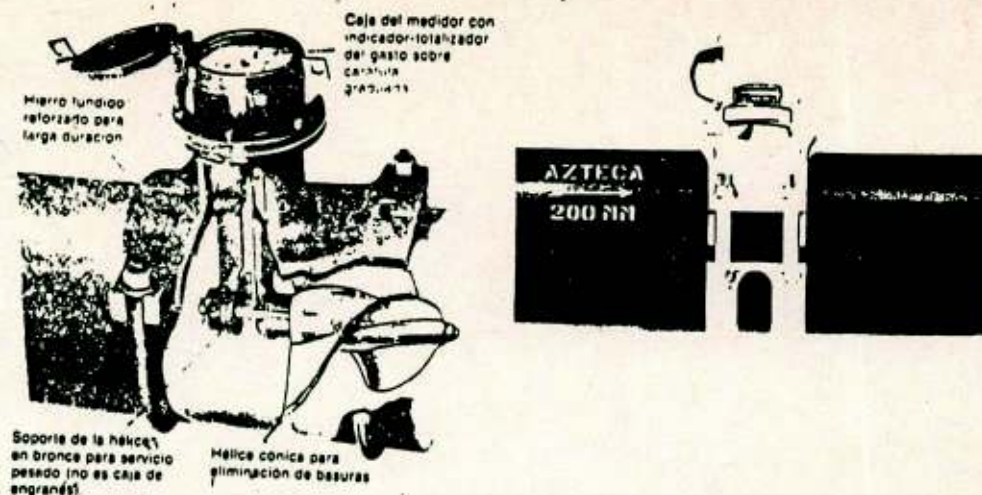


Figura No. 12.- Tipos de medidores.



Continuación de figura No. 12.

Válvulas

Una válvula mariposa, es una herramienta utilizada para el control del flujo de agua en el cabezal de filtración, o en los ramales, para definir las secciones de riego.

Su construcción básicamente es de dos tipos: con palanca y con engrane y volante. En equipos de riego por goteo se utilizan las válvulas en diámetros de 2, 3, 4, 6, 8, 10 y 12 pulgadas.

Es recomendable la utilización de engrane y volante para válvulas de 8 pulgadas en adelante.

Las partes que integran a una válvula mariposa son: el cuerpo que está fabricado de fierro fundido y bronce, un vástago de acero y acero inoxidable, el disco de fierro dúctil o bronce y acero inoxidable, y un asiento hecho de un material elástico.

Para su instalación no requiere de empaques, la válvula va montada entre dos bridas con tornillos de ajuste que atraviezan las mismas (21, 24).

En la figura 13 viene los tipos de válvulas mariposas, mientras que el cuadro 14 presenta información relacionada a éstas.

La válvula de retención horizontal, es una válvula que evita el regreso del agua, protegiendo a la bomba.

El tipo de válvula depende de la ubicación de la fuente de abastecimiento; si está a favor o en contra de la pendiente y los posibles problemas que se espera tener al momento de echar andar o parar el equipo.

Se fabrica en materiales de fierro fundido y bronce. Los diámetros más utilizados son de 50 a 300 milímetros (21).

CUADRO No.14 GASTOS DE VALVULAS MARIPOSAS.

Válvula (pulgadas)	Gasto (lbs)
4	15.90 - 19.6
6	19.60 - 39.2
8	39.21 - 61.0
10	61.00 - 96.0
12	96.00 - 160.0

Fuente (21)

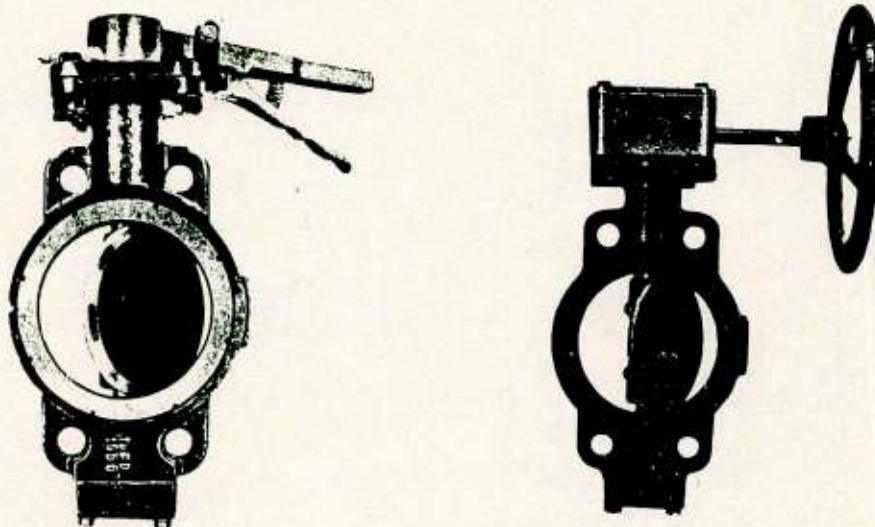


Figura No. 13.- Tipos de válvulas mariposas.

Manómetros

El manómetro tiene la función de indicar la presión con la que el agua está siendo conducida en sistema. Este dispositivo puede ser valioso auxiliar para la detección de anomalías en el funcionamiento del equipo, ya que a presiones más bajas o más altas que las del proyecto, corresponderán obstrucciones, taponamientos o fugas en el equipo que será necesario corregir para proporcionar adecuadamente el agua al cultivo.

Para vigilar el sistema deberá ser posible obtener la lectura de presión en la línea, justo antes y después del filtro. En los sistemas grandes, también es importante conocer la presión a lo largo del resto de las líneas principales, subprincipales, y laterales.

Los manómetros vienen en presentaciones de 1, 2, 4, 7 y 14 kg/cm^2 . Para el sistema inglés le corresponde 15, 30, 60, 100 y 200 lb/pulg^2 respectivamente. Se utilizan para pruebas en las líneas regantes los de 1 y 2 kg/cm^2 , mientras que para la filtración, los manómetros de 4 a 14 kg/cm^2 . (4).

Tuberías de pvc

Los campos de aplicación de las tuberías de plástico son muy variados desde el punto de vista técnico, pueden sustituir a cualquier otro tipo de tubería para el transporte de agua o de cualquier otro tipo de líquidos corrosivos.

Con respecto al resto de los plásticos utilizados en la agricultura, el pvc presenta características de flexibilidad, que son debidas a su compatibilidad, en grandes proporciones, con diferentes tipos de plastificantes.

La tubería de pvc es altamente resistente a compuestos químicos.

Algunos hidrocarburos afectan al pvc causándole pérdidas momentáneas en sus propiedades. Sin embargo, éstas propiedades se restablecen cuando los hidrocarburos se evaporan.

Este fenómeno es el que hace posible las uniones cementadas entre dos superficies de pvc (tubo-conexión) por medio del uso del cemento solvente compuesto de un hidrocarburo y resina de pvc.

Las tuberías de pvc para conducción de agua están calculadas con el esfuerzo permisible de diseño de 140 kg/cm^2 , valor que se emplea en Estados Unidos y otros países, para asegurar que la tubería siempre trabaje dentro de su límite elástico.

La selección del valor de esfuerzo de diseño parte básicamente de dos criterios, el norteamericano y el alemán.

En Alemania se manejan valores de esfuerzo permisible menores a 140 kg/cm^2 , esto se debe en parte, para evitar que el agua se congele, y en parte para proteger de daño por impacto a las tuberías de pvc a las temperaturas tan bajas que suele haber en invierno.

El resto de los países incluyendo a México han tomado como base para normas uno u otro criterio, haciéndole ciertas variaciones.

Los espesores de pared de los tubos de pvc están calculados de acuerdo con la expresión dada en la norma 150-R-161 para tubos de plástico para conducción de fluidos a presión:

$$S = P(D-e) / 2e$$

En donde:

S = esfuerzo de diseño o sea el esfuerzo hidrostático máximo de trabajo = 140 kg/cm^2 .

P = presión máxima de trabajo en kg/cm^2 .

D = diámetro exterior en cm.

e = espesor mínimo de pared en cm.

La nomenclatura empleada por la norma DGN-E-12-1968 para definir las presiones de trabajo en función de la relación de dimensiones "RD", está de acuerdo a la ASTM D-2241-711 y se expresa con la siguiente ecuación:

$$RD = D/e$$

En donde:

D = diámetro exterior en cm.

e = espesor de la pared mínimo en cm.

Combinando las dos ecuaciones se tiene:

$$2S/P = RD-1 \text{ por tanto } S = (RD-1)P / 2$$

Especificaciones físicas y químicas.- Las pruebas más importantes a las que se deben someter los tubos y conexiones de pvc son: la presión de reventamiento y presión sostenida por largo período (1000 horas), las cuales representan en forma estricta las condiciones a las que va a ser sometida la tubería durante su trabajo normal, y por último la resistencia a la acción de la acetona, la absorción de agua, aplastamiento y combustibilidad.

Especificaciones de acoplamientos.- Existen dos tipos de acoplamientos para las tuberías de pvc empleadas en la conducción de agua.

- 1.- Unión espiga campana con anillo de hule (tipo anger).
- 2.- Unión pegada con cemento solvente.

En las condiciones prácticas, el movimiento del agua en las tuberías es siempre turbulento.

Todos los extremos de las líneas principales están provistos de tapones roscados, con el objeto de purgar en caso necesario.

Con la finalidad de verificar las presiones de diseño y asegurar una óptima operación, el sistema está dotado de tomas de presión en los extremos de las tuberías de una manera estratégica. Para mayor información ver cuadros 15 y 16.

Cuadro No.15 PRESIONES DE TRABAJO Y PRESIONES DE REVENTAMIENTO EN TUBERIA DE PVC.

Relación de dimensiones RD (serie inglesa)	Presión mínima de reventamiento según norma DGN-E12-1968	Presión máxima de trabajo según norma DGN-E12-1968
26	35.5 KG/CM ²	11.2 KG/CM ²
32.5	28.0 KG/CM ²	8.7 KG/CM ²
41	22.4 KG/CM ²	7.1 KG/CM ²
64	14.0 KG/CM ²	4.5 KG/CM ²

Fuente: (15)

Cuadro No. 16 TABLA (NORMA DGN-E-12-1968).

DIMENSIONES					
		RD-26		RD-32.5	
Medida nominal mm	Diámetro exterior tipo mm	Espesor de pared mínimo mm	Diámetro interior promedio mm	Espesor de pared mínimo mm	Diámetro interior promedio mm
25	33.4	1.5	30.0		
38	42.2	1.6	38.6		
38	48.3	1.9	44.6	1.5	44.9
50	60.3	2.3	55.0	1.9	55.9
60	73.0	2.8	67.0	2.2	68.0
75	88.9	3.4	81.5	2.7	83.0
90	101.6	3.9	93.0	3.1	95.0
100	114.3	4.4	105.0	3.5	106.5
125	141.3	5.4	129.9	4.3	132.0
150	168.3	6.5	154.5	5.2	157.0
200	219.1	8.4	201.3	6.7	204.9
250	273.0	10.5	250.8	8.4	255.2
300	323.9	12.5	297.5	10.0	302.7

Fuente: (15)

CONTINUACION DEL CUADRO No. 16.

Medida nominal mm	Diámetro exterior tipo mm	Espesor de Pared mínimo mm	Diámetro interior promedio mm	Espesor de pared mínimo mm	Diámetro interior promedio mm
		RD-41		RD- 64	
25	33.4				
38	42.2				
38	48.3				
50	60.3	1.5	56.9		
60	73.0	1.8	69.0		
75	88.9	2.2	84.1	1.5	85.5
90	101.6	2.5	96.0	1.6	98.0
100	114.3	2.8	108.0	1.8	110.3
125	141.3	3.5	133.5	2.2	136.5
150	168.3	4.1	159.0	2.6	162.7
200	219.1	5.3	206.5	3.4	210.0
250	273.0	6.7	258.8	4.3	264.0
300	323.9	7.9	307.3	5.1	313.1

Fuente: (15)

Válvulas de admisión y expulsión de aire.- Son piezas de funcionamiento automático. Se colocan en el cabezal de descarga de la bomba y en las tuberías de pvc.

En el caso de tuberías rígidas, estas válvulas se destinan a expeler el aire existente en el interior de las mismas, mientras se llena y a expulsar el aire acumulado en los puntos altos durante el propio funcionamiento. Vienen fabricadas en pvc, aluminio y fierro fundido.

Los diámetros más comunmente instalados en los equipos de riego por goteo son de 25, 50, 75 y 100 milímetros.

Para su instalación se recomienda en los puntos altos, en variaciones de inclinación en tramos ascendentes, en declives de tramos descendentes, en puntos intermedios de tramos ascendentes o descendentes muy largos, en puntos intermedios de tramos horizontales muy largos y en puntos iniciales y finales de tramos horizontales (24).

Unidades de control

Válvulas de seccionamiento.- Las válvulas angulares y las del tipo mariposa se utilizan con el fin de controlar las secciones de riego.

Válvula angular.- Este tipo de válvula esta hecha de polipropileno, consta de un émbolo conectado a una espiga y que mediante la acción de un pequeño volante proporciona el cierre y apertura de la misma.

Cada extremo de la válvula viene roscada. Existe en el mercado en diámetros de 13, 19, 25, 32, 38 y 50 milímetros.

Se puede manejar a través de ella productos quimicos tales como fertilizantes y ácidos. Es de simple instalación y fácil operación.

La figura 14 muestra una válvula angular, en tanto que en el cuadro 17 vienen los gastos con los que opera.

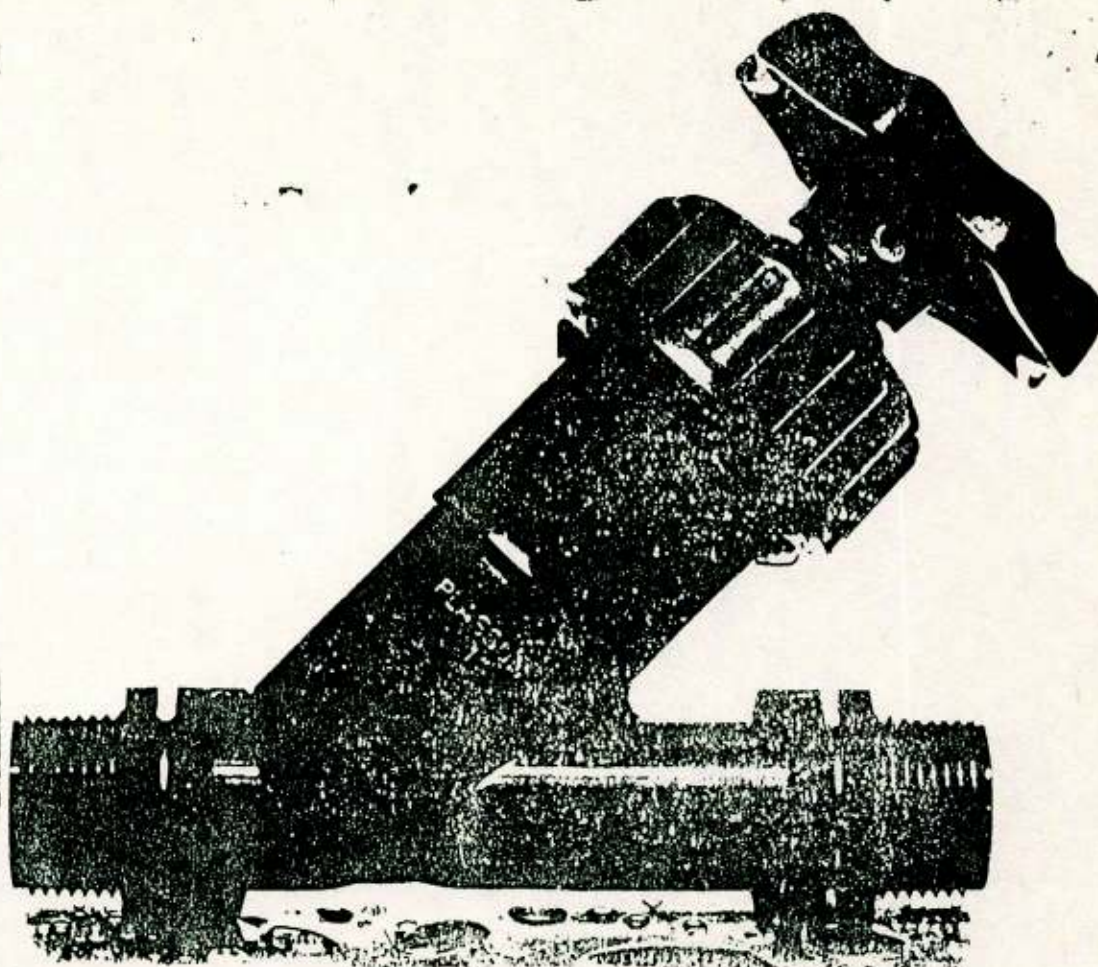


Figura No. 14.- Válvula angular.

CUADRO No. 17 GASTOS ADMISIBLES A VALVULAS ANGULARES.

Válvula (mm)	Gasto (lps)
25	0.00 --- 1.6
32	1.61 --- 2.6
38	2.61 --- 3.4
50	3.41 --- 5.3
1-50, 1-32	5.31 --- 7.9
1-50, 1-38	7.91 --- 8.7
2-50	8.70 --- 10.6
1-50, 2-38	10.61 --- 12.1
1-38, 2-50	12.11 --- 14.0
3-50	14.00 --- 15.9

Fuente: (21)

Líneas regantes

Las líneas de riego básicamente se presentan en dos formas: mangueras lisas a las que se le insertan los goteros y mangueras con los goteros integrados.

Las mangueras lisas vienen en diámetros de 12 y 16 milímetros. En el segundo caso se encuentran a la cinta de doble pared y a mangueras lisas con diámetros de 16 y 17 milímetros (21).

Goteros

A continuación se hace una referencia a los tipos de goteros que se han utilizado, en donde algunos de ellos no son de uso común como es el caso del micro tubo, del gotero laminar, gotero ciclónico y gotero de diafragma.

Los goteros por su conexión se clasifican en:

a).- Gotero lateral (en línea). Un gotero que viene provisto en ambos extremos con conexiones que tienen dos o tres dientes.

Para instalar el gotero, hay que cortar el lateral e insertar el gotero en el mismo. Pertenece al tipo de gotero de laberinto y se conecta en laterales de 12 y 16 milímetros.

Esta fabricado de polipropileno negro para asegurar alta resistencia a condiciones extremas climáticas, radiación solar y el uso de fertilizantes, ácidos y cloro.

El gotero en línea se nombra de la siguiente forma: los dos primeros dígitos corresponden al diámetro del lateral y el último al caudal del mismo, por ejemplo en el caso del gotero modelo 122, quiere decir que es un gotero conectado en un lateral de 12 milímetros y que maneja un gasto de 2 litros por hora.

Los goteros mas usuales son el modelo 122, 124, 162 y 164. Es importante señalar que al menos se requiere una presión de 10 metros para lograr el gasto nominal del gotero con lo que se asegura una aplicación aceptable de agua al cultivo (22).

A continuación se menciona la fórmula utilizada para el gotero individual:

$$Q = Kd H^{0.52}$$

En donde:

Q = Gasto en litros por hora (LPH).

Kd = Coeficiente de descarga.

H = Presión de entrada en metros.

Los valores de Kd se presentan de la forma siguiente:

<u>Kd</u>	<u>Gotero</u>
0.633 -----	2 LPH
1.265 -----	4 LPH
2.700 -----	8 LPH

En el cuadro 23 viene el largo optimo de una regante (5).

b).- Gotero insertado (montado). Incluye una amplia gama de tipos de goteros (vórtice, diafragma, laberinto, laminar), cuya característica común es la forma de conexión sobre el tubo.

Como ejemplo de este tipo de gotero tenemos al gotero botón y al gotero carpintero.

Se adapta a tuberías de 12, 16, 20, 25 y 32 milímetros y no requiere cortar la tubería.

Gotero integral.- El gotero es componente integral de la tubería, fabricado o soldado durante la producción del tubo.

Las dimensiones del tubo no están sujetas al standard y las especifica el fabricante.

El sistema integral incluye goteros de diafragma, laberinto y perforados.

Gotero de laberinto.- El gotero es consecuencia de la compilación del trayecto de flujo, causando una turbulencia. El trayecto de flujo turbulento puede llegar de 250 a 360 milímetros en un gotero, de modo que el caudal depende de cuatro factores:

- 1.- La forma del laberinto----- más complicada, menos caudal.
- 2.- La longitud del canal----- más largo, menos caudal.
- 3.- El ancho del canal----- más estrecho, menos caudal.
- 4.- La profundidad del canal----- menos profundo, menos caudal.

La posibilidad de cambiar las características de cada uno de los cuatro factores constituye el éxito del gotero moderno.

El laberinto tiene una característica semi-reguladora, es decir una variación reducida de la descarga frente a grandes cambios de presión.

Existe como gotero lateral (gotero ya expuesto anteriormente), insertado, soldado, común y compensado.

Dentro de los goteros soldados están el gotero typhoon y el gotero drip-in. En ambos casos el gotero viene soldado a la pared interna de la regante (22).

Gotero typhoon.- El tubo goteador typhoon viene en diámetros de 16 y 20 milímetros, las líneas de goteros son fabricadas con polietileno de baja densidad y resistente a la radiación solar (rayos ultravioleta).

Presión de operación --- typhoon 16: 10 metros; typhoon 20: 15 metros.

Presión máxima al final del lateral --- typhoon 16: 7 metros; typhoon 20: 10 metros.

Distancia normal entre goteros --- 0.5, 0.6 y 1.0 metros.

El gotero drip-in.- Viene en regantes con diámetros de 14, 16 y 20 milímetros. Es un gotero del tipo laberinto, fabricado de polietileno que se encuentra insertado dentro del tubo de que se convierte en parte permanente.

Se recomienda manejar presiones en la regante dentro de un rango de 1.1 a 2.3 kg/cm².

El gotero drip-in viene en presentaciones de 0.4, 0.65, 0.82 y 1.15 galones por hora (o sea 1.5, 2.4, 3.1 y 4.3 litros por hora).

La fórmulas de descarga del gotero son las siguientes:

<u>Gotero</u>	<u>Descarga</u>
0.40 GPH -----	Q= 0.100 P ^{0.52}
0.65 GPH -----	Q= 0.151 P ^{0.54}
0.82 GPH -----	Q= 0.250 P ^{0.46}
1.15 GPH -----	Q= 0.267 P ^{0.53}

En donde:

Q = Gasto en galones por hora.

P = Presión de operación en libras por pulgada cuadrada.

En los cuadros 18,19 Y 20 vienen la variaciones del flujo con respecto al espaciamento (11,19).

Fuente: (11)

Espaciamiento		Variación de flujo de $\pm 5\%$			
del emisor en	centímetros	1.5 Litros	2.4 Litros	3.1 Litros	4.3 Litros
metros	metros	metros	metros	metros	metros
30	75	55	50	40	50
45	100	75	65	50	60
50	105	80	70	60	65
60	120	90	80	65	80
90	160	120	105	80	90
100	170	130	115	90	105
125	200	150	130	105	120
150	230	175	150	120	150

Cuadro No. 19 REGANTE DRIP-IN DE 16 MILIMETROS.

Fuente: (11)

Espaciamiento		Variación del flujo de $\pm 5\%$			
del emisor en	centímetros	1.5 Litros	2.4 Litros	3.1 Litros	4.3 Litros
metros	metros	metros	metros	metros	metros
30	120	80	70	60	80
45	160	115	90	80	90
50	180	120	100	90	100
60	200	145	105	100	130
90	250	200	140	130	140
100	275	215	150	140	160
125	305	240	170	160	180
150	350	285	200	180	200

Cuadro No. 18 REGANTE DE DRIP-IN DE 20 MM.

CUADRO No. 20 REGANTE DRIP-IN DE 14 MM.

Espaciamiento del emisor en centímetros	Variación del flujo $\pm 5\%$	
	1.5 Litros metros	1.8 Litros metros
30	60	50
45	75	67
50	85	75
60	95	80
90	125	110
100	130	120
125	150	130
150	165	150

Fuente: (11)

Gotero de perforación.- Una perforación del tubo sirve como gotero, se elimina la existencia física del gotero, que se convierte en un componente integral del tubo.

La cinta para riego por goteo, constituye el llamado gotero de perforación. Existe un gran número de clases de cinta para cultivos en línea y cada una de estas posee características distintivas que las hacen más o menos atractivas para diferentes aplicaciones.

Hidráulicamente, estas tuberías están entre dos categorías principales, cinta de control por orificio (tuberías de orificio) y cintas de control por capilar (tubos capilares).

Las tuberías de orificio controlan el caudal mediante uno o más orificios, los cuales han sido pinchados, taladrados o quemados a través de la pared o paredes de la tubería.

Estos orificios se pueden hacer bajo tolerancias muy estrictas, agujas finas de precisión o láser y típicamente tienen de 0.35 a 0.65 milímetros de diámetro, dependiendo del caudal deseado. Son emisores de flujo turbulento.

La cinta o tubería de orificio viene en dimensiones de 4, 6, 8, 15 y 20 milésimas de pulgada en gastos de 0.25, 0.3, 0.5, 0.65 y 0.75 galones por minuto por cada 100 pies de longitud o sea de 1.86, 2.23, 3.72, 4.84 y 5.59 litros por hora por cada metro de longitud.

Se presentación es de 4000, 6000, 8000 y 15000 pies con gotero a cada 9 y 12 pulgadas.

Se requiere filtración de 200 mech y la utilización de filtros de arena. La presión de la cinta no debe exceder de:

10 psi para cinta de 5 milésimas de pulgada de espesor de pared.

15 psi para cinta de 8 milésimas de pulgada de espesor de pared.

45 psi para cinta de 15 milésimas de pulgada de espesor de pared.

Las tuberías con capilares utilizan pequeños tubos o capilares para el control del caudal. Los conductos capilares están formados por la superposición de dos bordes de film plástico que producen un dobléz o sobreimpresión sobre ambos lados del conducto del agua. Estos conductos, así formados, tienen típicamente de 0.1 a 0.25 mm de alto, 0.8 a 2.5 mm de ancho y de 15 a 60 centímetros de largo, dependiendo del caudal deseado. Son emisores de flujo totalmente laminar (20,22).

Conexiones

Dentro de un equipo de riego por goteo, intervienen una serie de conexiones que sirven como enlace entre la tubería principal y los emisores o goteros, en donde a continuación se mencionan:

- I.- Abrazaderas de pvc.- Vienen en diámetros de 38, 50, 60, 75, y 100 milímetros con salidas de 19 milímetros.
- II.- Silletas de pvc.- Estan disponibles en diámetros de 160, 200 y 250 milímetros con salidas de 19 milímetros.
- III.- Tubería secundaria.- Es una tubería de pvc con diámetro de 19 milímetros y lleva el gasto que controla un regulador de presión.
- IV.- Elevadores.- Aquí intervienen una serie de piezas que se adaptan ya sea al goteo tradicional o al goteo con cinta, y se tiene el siguiente material:
- a).- Cople te con salida de 16 milímetros en diámetros de 19, 25 y 32 milímetros.
 - b).- Te inserción con salida de 16 y de 16 a 12 milímetros.
 - c).- Adaptador cinta-compresión. Sirve para conectar cinta de goteo con manguera de 16 milímetros.
 - d).- Adaptador cinta-tubín. Conecta la tubería principal con la regante.

Reguladores de presión.- Estan fabricados de plástico no corrosivo, su función es mantener la presión constante, para así uniformizar la distribución de agua y aumentar la eficiencia.

Existen reguladores de una, dos, cuatro y seis unidades, en cuyo interior se localizan resortes que se oponen a la presión del agua, disminuyendo o aumentando la sección de paso, con lo que se controla la presión. El cuadro 22 muestra el funcionamiento de un regulador.

Los resortes son intercambiables y de distinta elasticidad para diferentes presiones de trabajo. Se identifican por su color(21).

Ver cuadro 21.

CUADRO NO. 21 RESORTES DEL REGULADOR DE PRESION.

Presión de Salida Nominal		Color del Resorte
PSI	M	
9	6	Negro
15	11	Azul
20	14	Natural
25	18	Amarillo
35	25	Rojo
43	30	Blanco
50	35	Naranja

Fuente: (5)

CUADRO No. 22 FUNCIONAMIENTO DEL REGULADOR DE PRESION.

M3/Hr	LPS	PRESION DE SALIDA MTS			PERDIDA POR FRICCION DEL REGULADOR EN (MTS)	CARGA TOTAL A LA ENTRADA DEL REGULADOR (MTS) RESORTE		
		RESORTES				14 M	25 M	30 M
		14 M	25 M	30 M				
1.0	0.28	15.0	25.75	32.0	0.34	15.34	26.09	32.34
1.5	0.42	14.5	25.65	31.8	0.76	15.26	26.41	32.56
2.0	0.56	14.0	25.50	31.3	1.36	15.36	26.86	32.66
2.5	0.69	13.5	25.00	30.8	2.96	15.56	27.06	32.86
3.0	0.83	13.0	24.50	30.3	2.98	15.98	27.08	33.28

Fuente: (5)

Medidores de la humedad del suelo

Tensiómetro.- Consiste en un tubo sellado lleno de agua equipado con un medidor de vacío y una punta porosa.

Este instrumento se instala en el suelo a profundidades variables para alcanzar la zona de raíz. En tierra seca el agua sale por la punta porosa reduciendo el volumen en la columna y creando un vacío que es registrado en el medidor. Mientras más seca la tierra, más alta será la lectura del medidor.

Al regarse el suelo, el vacío creado en el tensiómetro succiona agua del suelo reduciendo el registro del medidor.

Viene en presentaciones para profundidades de 15, 30, 60 y 90 centímetros. Con riego por goteo y para cultivos con raíces profundas se recomienda 30, 60 y 90 centímetros de profundidad (12,20).

Sensores.- La finalidad de utilizar sensores para medir el agua del suelo es la de dar mejor conocimiento de como se va consumiendo en los diferentes puntos del campo.

En el riego por goteo, los sensores deben emplazarse en el bulbo humedecido. Para emisores de goteo esto se consigue de 0.3 a 0.5 metros del gotero, deberán tomarse frecuentes lecturas para obtener una buena idea global del campo o de la sección de riego de sus variaciones de suelo.

La profundidad del sensor depende de la profundidad de las raíces del cultivo, la cual depende, a su vez, de la profundidad y textura del suelo. Para cultivos de enraizamiento somero (menor de 0.35 metros) es suficiente con un sensor a una sola profundidad.

Para cultivos profundamente enraizados, cereales pequeños, vides y cultivos arbóreos debe medirse la humedad al menos a dos profundidades.

El criterio adecuado es el de situar los sensores en la zona radicular efectiva. El sensor es un pequeño bloque de material poroso cuyo extremo van dos cables adecuadamente aislados.

Un medidor es el que registra las lecturas de humedad a través de una carátula (23).

CUADRO No. 23 LARGO OPTIMO DE UNA REGANTE.

Dif. de Gasto	ESPACIAMIENTO EN MTS.							
	Modelo	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.25
7 %	121	42.0	53.6	65.0	75.0	94.4	112.0	132.5
	122	26.7	34.0	41.0	48.0	60.0	72.0	85.0
	124	17.4	22.4	27.0	31.2	39.2	47.0	56.2
	161	74.1	93.2	111.0	127.2	157.6	185.0	216.3
	162	47.1	59.6	70.5	81.0	100.8	118.0	138.7
	164	30.9	39.2	46.5	53.4	66.4	78.0	91.2
10 %	121	47.1	60.0	72.5	84.0	106.4	126.0	148.8
	122	29.7	38.0	46.0	53.4	67.2	80.0	95.0
	124	19.5	24.8	30.0	35.4	44.0	53.0	62.5
	161	83.1	104.4	124.5	142.8	176.8	207.0	242.5
	162	52.8	66.8	79.5	92.0	112.8	133.0	155.0
	164	34.8	43.6	52.0	60.0	74.4	87.0	102.5

Fuente: (5)

CONCLUSIONES

Un equipo de riego por goteo está formado por un cabezal de filtración, una unidad de fertilización, líneas principales y de distribución y por las líneas regantes.

- I.- El hidrociclón con diámetro de 16 pulgadas en gastos que varían de 30 a 80 m³/Hr. (8.3 a 22.2 Lps), es el de mayor uso.
- II.- En el caso de los filtros de grava, el filtro de materiales graduados con modelo 48-3, es el más utilizado. Este modelo tiene capacidades de 145 a 213 m³/Hr. (40.3 a 59.2 Lps) y es muy común que lleve la arena S47 (0.47 milímetros de diámetro).
- III.- El filtro de mallas nombrado como turbolimpiador torpedo se instala con frecuencia en los equipos de riego por goteo. Este filtro trabaja con gastos de 115 a 160 M³/Hr. (31.9 a 44.4 Lps).
- IV.- Con referencia a la inyección de ácido para el lavado de líneas regantes, el inyector modelo 1078 es el comúnmente usado. trabaja con presiones de 2.8 a 3.5 kg/cm² para inyectar al equipo aproximadamente 240 Lph.
- V.- La bomba fertilizadora se debe operar en un rango de presiones de 0.5 a 10 kg/cm².
- VI.- Se recomienda el empleo del medidor de hélice para equipos de riego por goteo diseñados para operar con presiones que no sobrepasen los 7.5 kg/cm².
- VII.- Para gastos de 39.2 a 96.0 Lps se deben instalar válvulas mariposa con engrane y volante de 8 y 10 pulgadas de diámetro. En el caso de las secciones de riego se deben instalar válvulas mariposa de 4 y 6 pulgadas para controlar gastos de 15.9 a 39.2 Lps. Si intervienen válvulas angulares, se usan para purgar líneas principales en diámetros de 32 y 38 milímetros.

- VIII.- Para medir el diferencial de presión en filtración, se deberá utilizar el manómetro de 200 psi (14 kg/cm^2) y para el caso de las líneas regantes, los de 15 y 30 psi (1 y 2 kg/cm^2).
- IX.- Debido a las presiones normales de trabajo se recomienda el uso de tubería pvc con RD de 26 y 41 (11.2 y 7.1 kg/cm^2).
- X.- Con mayor frecuencia se instala el gotero lateral con gasto de 4 Lph en regantes de 12 y 16 milímetros. El espaciamiento recomendado entre gotero es a metro, para ambos diámetros de lateral. La pérdida máxima recomendable es de 2.15 metros para lograr una longitud de 50 metros en en regante de 12 y de 2.3 metros para lograr longitud de 85 metros en regante de 16 milímetros.
- XI.- El regulador de una unidad con resortes de 6 y 14 metros es el que a menudo se maneja para goteo en cinta y de lateral.

LITERATURA CITADA

1. Acevedo, N.J. 1975. Manual de hidráulica. 6a. edición. México. Editorial Harla. 550 pp.
2. Amiad Filtration System. 1992. Torpedo for turboclean filters. Israel.
3. Amiad.1992. Unidad inyectora de fertilizante y productos químicos. Israel.
4. Aquafim, S.A. de C.V. 1992. Manual de mantenimiento para sistemas de riego de bajo volumen. México. 53 pp.
5. Aquafim, S.A.de C.V. 1992. Recopilación de datos. México. 37 pp.
6. Arkal Beit-Zera. 1992. Technical plastic products. Israel.
7. Benami, A. y Ofen, A. 1983. Irrigation Engineering. Sprinkler, Trickle, Surface Irrigation. Principles, Design and Agricultural Practices. Israel. 37-38 pp.
8. Briones, S.G. 1978. Aforo del agua en canales y tuberías. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.62 pp.
9. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar. 1991. Usos de las películas de plástico en la producción agrícola. 1991. Cd. Juárez, Chihuahua, México.
10. Hidrociclone. 1992. Centrifugal Separator. Israel.
11. Hydraulic Data for Drip In Tubing. 1992. Israel.
12. Irrrometer company. 1992. Tensiómetro. Estados Unidos.
13. Mazzei Injector Corporation. 1992. Inyección de fertilizantes y agroquímicos sin problemas. Estados Unidos.
14. Mc Crometer, Products Data. 1989. Basic specifications for Mc Crometer propeller flowmeters. Estados Unidos.

15. México. 1977. Criterios de diseño para abastecimiento de agua potable empleando tubería de pvc. 1977. México. 46 pp.
16. Medidores Azteca, S.A. de C.V. 1992. Características y especificaciones. Medidor de transmisión magnética para pozos y tuberías principales. México.
17. Netafim Irrigation Equipment & Drip Systems. 1992. Description of the drip irrigation systems. Israel.
18. Netafim Irrigation Inc. 1992. Media filters. Israel.
19. Netafim Irrigation Inc. 1992. Typhoon. Israel.
20. Pérez, R.A., Rodrigo, L.A. et all. 1990. Manual de diseño y manejo de sistemas de microirrigación. Título original: Micro-Irrigation Design Manual. Boswel, J.M. Traducción y adaptación de la 2da. edición. España. 291 pp.
21. Plásticos Rex S.A. de C.V. 1992. Instructivo de servicio para sistemas de riego por goteo y microaspersión. México. 36 pp.
22. Shlomo, A. 1984. El riego por goteo. Conceptos, sistemas, características. Israel. 100 pp.
23. Watermak. 1992. Funcionamiento e instalación de los sensores. Estados Unidos.
24. Waterman Irrigation. 1983. Gates, valves and equipment. Estados Unidos.
25. Yardney Agricultural Filtration System. 1992. Sand media filtration systems for agricultural filtration irrigation. Estados Unidos.
26. Yardney. 1992. Free flow high rate basket strainers. Estados Unidos.
27. Yardney. 1992. Vórtex action spin flow. Epoxy coated screen filters. Estados Unidos.