

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Manual de Operación y Mantenimiento de
Sistemas de Riego Presurizados

MEMORIA DE EXPERIENCIA LABORAL

Presentada por:

CÉSAR HONORIO ZAPATA ROSALES

Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

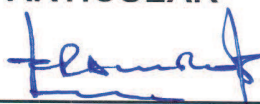
Saltillo, Coahuila, México.
Octubre de 2014

Memoria de Experiencia Laboral Elaborada bajo la Supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada como Requisito Parcial, para Obtener el Título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



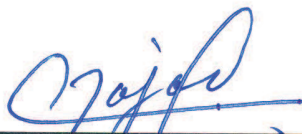
M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos

Asesor:



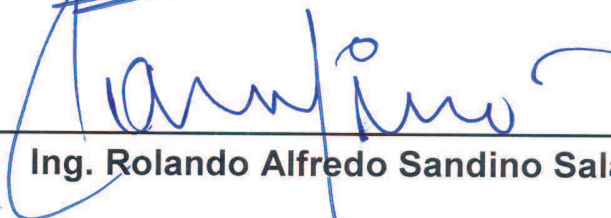
Dra. Manuela Bolívar Duarte

Asesor:

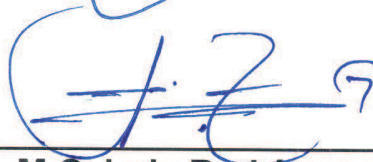


M.C. Carlos Rojas Peña

Asesor:



Ing. Rolando Alfredo Sandino Salazar



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador de la División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
OCTUBRE DEL 2014

DEDICATORIA

A mis **PADRES**, quienes sin escatimar esfuerzo alguno sacrificaron gran parte de su vida para educarme y ser hombre de bien, por los valores que me han inculcado y sobre todo por ser un gran ejemplo de vida a seguir.

A mis **HERMANOS**, por ser parte importante de mi vida, a quienes admiro y respeto por lo que son cada uno en sus vidas. **Los quiero.**

A mi esposa **PALOMA**, porque gracias a ella, he logrado concluir ésta parte de mi formación profesional, porque con el apoyo y amor incondicional que me brinda día a día, puedo lograr alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales. Gracias por tu amor, paciencia y comprensión. **Te amo.**

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por permitirme llegar hasta este día de mi vida, por todas las bendiciones que me envía día a día, por permanecer siempre conmigo sobre todo en los momentos más difíciles y por brindarme una vida llena de felicidad.

A mi *Alma Terra Mater*, la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**, por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y que me siento orgulloso de ser un “**Buitre**”.

A todos **PROFESORES**, no solo de mi carrera, sino de toda la vida, por compartir conmigo los conocimientos de lo que ahora soy.

A mis **ASESORES**, la **Dra. Manuela Bolívar Duarte**, el **M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos**, el **M.C. Carlos Rojas Peña** y el **Ing. Rolando Alfredo Sandino Salazar**, por sus observaciones, recomendaciones, su tiempo, dedicación y apoyo brindado para la realización del presente trabajo.
Gracias.

Al corporativo, **REX IRRIGACIÓN NOROESTE**, por brindarme la oportunidad de crecer como profesionista durante estos años, las facilidades prestadas y el apoyo incondicional para regresar a mi universidad a culminar esta etapa tan importante en mi vida.

Cesar Honorio Zapata Rosales

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN.....	3
Sistemas de Riego.....	3
Componentes Principales.....	3
Ventajas de un Sistema de Riego.....	3
Desventajas de un Sistema de Riego.....	3
Mantenimiento de los Sistemas De Riego.....	4
Equipo de Bombeo.....	4
Filtros.....	7
Tipos de Filtros.....	8
Filtros de Arena.....	8
Retrolavado.....	10
Automatización del Retrolavado.....	11
Filtros de Discos.....	11
Filtros de Malla.....	12
Filtros Tipo Hidrociclón.....	13
Revisión Periódica en Equipos de Filtración.....	14
Inyectores de Fertilizante.....	15
Revisión Periódica en Inyectores de Fertilizante.....	15
Laterales de Riego.....	15
Revisiones por Semana.....	17

Revisiones Cada 30 Días.....	19
Trabajos en Post-Temporada.....	20
Trabajos en el Centro de Control.....	21
Filtros.....	21
Manómetros	21
Sistema Eléctrico.....	22
Caseta	22
Trabajos en el Terreno	23
Mantenimientos de los Componentes de un Sistema de Riego.....	23
Mantenimiento de Filtros Manuales	23
Mantenimiento de Filtros de Arena.....	24
Mantenimiento del Equipo de Fertilización	25
Mantenimiento de Tuberías.....	25
Mantenimiento de Válvulas.....	26
Dispositivos de Control.....	26
Problemas de Obturación de Emisores.....	28
Solución a Problemas de Microorganismos.....	28
Control de Microorganismos.....	28
Lavado de Laterales	29
Sedimentación de Partículas en Suspensión	30
Procedimiento de Lavado	30
Frecuencia de Lavado	31
Orden en el Lavado de Laterales y Principales.....	33
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	36
Páginas de Internet Consultadas.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Esquema de Instalación Turbina Vertical y Centrifuga Horizontal	4
Figura 1.2. Filtro de Arena Serie F-600.....	9
Figura 1.3. Filtración de Arena de 2 Unidades.....	9
Figura 1.4. Filtración de Arena en Modo “Retrolavado”	11
Figura 1.5. Filtro de Discos de Plástico.....	12
Figura 1.6. Filtración de Discos en Paralelo	12
Figura 1.7. Filtro de Malla Angular Serie F-200	13
Figura 1.8. Filtro de Malla Automático	13
Figura 1.9. Filtro Hidrociclón Serie F-700	13
Figura 1.10. Esquema de Funcionamiento de un Hidrociclón.....	14
Figura 1.11. Tipos de Sistemas de Inyección de Fertilizante.....	15
Figura 1.12. Reparación de Lateral con Cople.....	16
Figura 1.13. Reparación de Lateral con Manguera Ciega.	17
Figura 1.14. Revisión de Contenido de Algas en Estanque.....	17
Figura 1.15. Drenado del Recipiente de Arena del Hidrociclón.	18
Figura 1.16. Lavado de Laterales.	18
Figura 1.17. Esquema de Motobomba con Motor a Diésel.....	19
Figura 1.18. Lavado de Arena.....	20
Figura 1.19. Revisión de Arena y Elemento de Malla.	21
Figura 1.20. Reemplazo de Manómetro de Glicerina.....	22
Figura 1.21. Revisión de Cableado Dañado.	22
Figura 1.22. Reparación de Cerco en Caseta de Bombeo	23
Figura 1.23. Desensamble de Elemento Filtrante de Malla.	24
Figura 1.24. Lavado de Tuberías Secundarias.	25
Figura 1.25. Revisión de Válvulas de Seccionamiento.	26
Figura 1.26. Medidor de flujo de propela bridado.....	27
Figura 1.27. Válvula de alivio de presión.	27
Figura 1.28. Válvula Adm-Exp aire	27
Figura 1.34. Retiro de Terminal para Lavado de Lateral.....	31

Figura 1.35. Reinstalación de Terminal en Lateral.....	31
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Tamaño de Orificio para Diferentes Mesh.....	8
Cuadro 1. 2 Caudales en l.p.s. Recomendados por Unidad de Filtro	10
Cuadro 1.3. Equivalencia en Mesh en Función del Tipo de Arena.	10

RESUMEN

Un sistema de riego presurizado puede ser considerado como una máquina y como tal, se deben efectuar revisiones y reparaciones periódicas que permitan el funcionamiento óptimo durante toda la temporada de riego.

Cuando se instala un sistema de riego presurizado nuevo, es como si comprara usted un aparato eléctrico, un automóvil o cualquier equipo, siempre debe de ir acompañado por su manual funcionamiento, mantenimiento y operación.

Es necesario orientar y capacitar al personal que lo va a operar, para evitar futuras complicaciones, ya que, sin una buena operación del sistema, podríamos caer en los comentarios de que los sistemas de riego no son adecuados o no son buenos, porque hay veces que estamos acostumbrados al sistema de riego tradicional por inundación.

En este manual se presentan las orientaciones técnicas que debe de conocer el personal técnico o el personal responsable de la operación de cualquier sistema de riego presurizado.

Con la ayuda de este manual se puede conocer cuáles son las tareas de mantenimiento que hay que hacer en un sistema de riego, ya sea por semana, por mes o por temporada de riego. Va desde el mantenimiento de los emisores, válvulas de seccionamiento, equipo de filtración, bombeo y tubería principal y secundaria.

Palabras clave: Sistemas de riego, mantenimiento, operación, capacitación, reparaciones periódicas, temporada de riego.

INTRODUCCIÓN

El título del presente trabajo es precisamente sobre la operación y mantenimiento ya que es una de las principales desventajas de los sistemas de riego, dado que sin una buena operación y sin un mantenimiento preventivo correcto se pueden tener problemas de taponamiento de emisores serios, obturación de tuberías, entre otros y en consecuencia la pérdida total de la cosecha que al final al productor lo único que le interesa es recuperar su inversión.

Con la ayuda del presente manual se da una breve explicación de las actividades rutinarias necesarias que debe de realizar el operador del sistema de riego, hablando de mantenimiento para obtener un buen funcionamiento a lo largo del ciclo del cultivo.

Una de las principales necesidades de un equipo de riego es contar siempre con personal capacitado en esta área, que este al pendiente del funcionamiento del sistema mientras esté en operación. El operador en colaboración con sus ayudantes, dependiendo del área de riego puede organizarse por turnos para hacer un rol de campo y verificar el funcionamiento.

El propósito del mantenimiento preventivo es prevenir que los emisores se tapen, ya que los sólidos suspendidos, la precipitación de Magnesio y Calcio, los óxidos y el Sulfuro de Manganeso-Fierro, las algas, las bacterias y las raíces de las plantas pueden tapar los emisores.

En resumen si se llevan a cabo las medidas preventivas tal y como se indican en este manual, se puede evitar la necesidad de hacer reparaciones mayores, como reemplazar las partes dañadas que son relativamente costosas y se puede extender la vida del sistema de riego.

OBJETIVOS

Objetivo General

Contribuir a la capacitación de hombres y mujeres en el área del mantenimiento y la operación de los sistemas de riego con técnicas y actividades rutinarias que son fáciles de realizar y que no requieren de personal altamente capacitado.

Objetivos Específicos

- Orientar en manejo, operación y mantenimiento de sistemas de riego presurizados.
- Conocer técnicas para evitar problemas de suministro de agua.

DESARROLLO DEL MANUAL DE OPERACIÓN

Sistemas de Riego

Un sistema de riego es el conjunto de estructuras que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación de agua necesaria a las plantas. Este sistema consta de una serie de componentes, aunque no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, ya que el conjunto de componentes dependerá del tipo de sistema de riego, por ejemplo riego por multicompuertas, aspersión microaspersión o por goteo.

Componentes Principales

- Equipo de bombeo
- Equipo de filtración
- Tubería principal
- Tubería Secundaria
- Válvulas de seccionamiento
- Líneas regantes

Ventajas de un Sistema de Riego

- Mayor ahorro de agua
- Mayor productividad y calidad en el producto
- Optima aplicación de fertilizantes
- Se pueden usar aguas de mala calidad
- Se pueden regar terrenos con topografía accidentada
- Permite la utilización de acolchados

Desventajas de un Sistema de Riego

- Inversión inicial alta
- Mano de obra calificada

- Mantenimiento periódico.

Mantenimiento de los Sistemas De Riego

A continuación se indicarán las prácticas habituales recomendadas para una adecuada operación de los equipos de riego:

Equipo de Bombeo

La función principal del equipo de bombeo, es abastecer la carga dinámica total con el caudal necesario para la operación de los mismos. Pueden ser bombas de superficie tales como turbina vertical (**Figura 1.1**) (A) y centrifugas horizontales (**Figura 1.1**) (B), así como bombas sumergibles para pozo profundo.



Figura 1.1. Esquema de Instalación Turbina Vertical y Centrifuga Horizontal

El conjunto motor-bomba debe ser revisado rutinariamente para asegurarnos de su correcto funcionamiento. Entre los puntos importantes destaca (Martínez, L., 2011):

- Ruidos extraños. Tanto bombas como motores producen un ruido característico cuando trabajan en condiciones óptimas. El ruido debe ser uniforme en el tiempo y libre de golpeteos. Cuando se originan ruidos extraños es un buen indicador de que algo anormal ocurre. En ese caso se debe detener el equipo y revisar el nivel de agua en la succión o el canastillo, que puede estar obstruido por basuras.

También genera ruidos la presencia de basuras al interior de la bomba.

- Vibraciones. Una bomba bien instalada no debe presentar vibraciones. La vibración es un fenómeno físico que produce gran desgaste mecánico por lo que trabajar con un equipo en esas condiciones provocará mayores problemas en el futuro. Cuando éstas se presentan, es posible que pequeñas piedras queden retenidas en el rodete de la bomba produciendo un desbalance en su rotación. También puede existir un desgaste acentuado de los rodamientos y cojinetes.
- Presencia de goteras. La aparición de goteras es un problema menor que debe ser corregido, pero no con la urgencia del caso de ruidos extraños y vibraciones. En esta situación puntual, revisar las empaquetaduras de las bridas, reemplazar válvulas que presenten deterioro físico por envejecimiento. Las goteras se reducen bastante cuando se utiliza Teflón y silicona para sellar las uniones.
- Temperatura del motor. Los motores eléctricos aumentan su temperatura durante el funcionamiento. Cuando se tocan con la mano, la sensación de calor debe ser tibia. Cuando la temperatura aumenta y «quema», algo anormal ocurre. Las causas pueden ser variadas, entre las que se pueden mencionar:
 - Elevada altura de succión. La bomba trabaja sobrecargada por excesivo esfuerzo en la succión. En este caso se debe determinar las causas (disminución del nivel del agua en el estanque, obstrucción del canastillo por basura, insuficiente diámetro en la tubería de succión, excesiva tortuosidad y longitud de la tubería de succión, etc.)
 - La bomba trabaja en un punto de baja eficiencia. En este caso analizar los requerimientos específicos de caudal y presión de trabajo. Es posible que se necesite reinstalar la bomba,

modificarla cambiando el rodete o el motor. También está la posibilidad de reemplazarla por una nueva que se adapte mejor a las condiciones actuales de trabajo.

- Excesivo desgaste de los rodamientos y cojinetes: El aumento de roce produce calor y por consiguiente aumento de temperatura. Mantenimiento apropiado de las bombas y motores contribuirán a reducir el problema.
- Bajo voltaje: En equipos accionados por motores monofásicos, el voltaje suministrado por la red eléctrica puede ser menor de 220 volts. En algunos sectores rurales es característico la baja de voltaje en algunas horas específicas. En este caso evitar operar equipo durante los periodos problema. Adicionalmente se puede modificar la instalación eléctrica para reducir las pérdidas de energía por reducción. Para ello, recurrir a un instalador eléctrico autorizado que proponga las soluciones técnicas apropiadas.
- Nivel estático de agua. En algunos casos, el nivel de la fuente de agua baja demasiado en relación a la posición de la bomba. En este caso se sugiere detener el equipo hasta que el nivel de agua se recupere a niveles normales.
- Caudal de trabajo y presión. El operador debe medir varias veces en el día la presión de funcionamiento del equipo y los caudales. Para ello se debe disponer de manómetros y medidores de caudal.
- Energía consumida. Revisar los medidores de voltaje y amperaje en el caso de motores eléctricos. En motores a diésel y gasolina, llevar un registro del combustible utilizado. Cualquier aumento en el consumo de combustible puede indicar problemas en el manejo del equipo.

Filtros

La calidad del agua es un factor muy importante en el manejo de los sistemas de riego, sobre todo en el sistema de riego por goteo y micro aspersión. Los emisores pueden obstruirse por la presencia de sólidos en suspensión del tamaño de una partícula de arena fina (tamaño menor a 0.05 mm).

Se debe disponer de sistemas de filtrado que mejoren la calidad del agua. Estos sistemas deben ser diseñados en forma cuidadosa y operados en forma apropiada para mantener permanentemente el buen rendimiento de todo el sistema de riego.

Cabe mencionar que los filtros no mejoran la calidad química del agua, sino que reducen en gran cantidad el contenido de compuestos orgánicos y sólidos en suspensión, sin llegar a eliminarlos totalmente.

Cada sistema de filtrado debe ser diseñado dependiendo la calidad física del agua, considerando que varía ampliamente desde una fuente de agua a otra y en diferentes periodos del año. Por lo regular al inicio de cada ciclo de cultivo, los canales contienen mayor cantidad de algas y sólidos en suspensión así como también en temporada de verano. Las aguas de pozos profundos y norias presentan una calidad más estable a lo largo del año, aunque a veces es común observar cambios en el contenido de sales debido a las fluctuaciones estacionales y anuales del nivel freático.

Para la selección del tipo y tamaño del sistema de filtrado se deben considerar los siguientes aspectos:

- Tipo, tamaño y concentración de partículas en suspensión
- Calidad del agua
- Caudal de diseño y pérdida de carga nominal del filtro.

Las partículas en suspensión en el agua de riego pueden ser de naturaleza orgánica tales como algas, bacterias, semillas, pequeños insectos, hojas secas y musgos, o inorgánicas como arena, limos y arcillas.

La capacidad de los filtros para retener partículas es por un determinado tamaño que se expresa en unidades «mesh», que significa el número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del dentro de un hilo. En el **Cuadro 1.1** se muestra la relación entre número de mesh y tamaño de orificio.

Cuadro 1.1. Tamaño de Orificio para Diferentes Mesh

NUMERO MESH	DIAMETRO EQUIVALENTE	
	(mm)	(micrones)
16	1.180	1180
20	0.850	850
40	0.425	425
100	0.150	150
120	0.125	125
140	0.106	106
170	0.090	90
200	0.075	75
270	0.053	53
400	0.038	38

El filtro, por ser un dispositivo que dificulta el paso del agua de riego, requiere una presión mínima para que circule el agua a través de él. Esta presión se conoce como «pérdida de carga nominal» del filtro y no deber ser mayor a los 3.5 metros de columna de agua (m.c.a.), 0.35 bar o 5.0 lb/pulg² (psi). Hay que considerar que no debe ser superior a los 3.5 m.c.a. cuando los filtros están completamente limpios. Se deben lavar los filtros, cuando todo el sistema de riego acumule los 6.0 m.c.a. una perdida mayor ocasiona mal funcionamiento de laterales y por lo tanto el caudal del emisor, disminuyendo la uniformidad de distribución.

Se deben lavar los filtros cuando la diferencia de presión en la entrada y la salida supere los 6.0 m.c.a. (0.6 bar o en el rango de 7 – 8 psi).

Tipos de Filtros

Filtros de Arena

Son muy utilizados cuando se dispone de aguas con altos niveles de partículas en suspensión, ya que poder retener niveles importantes de

contaminantes sin aumentar significativamente la pérdida de carga, debido a que el cuerpo filtrante trabaja en tres dimensiones: superficie y profundidad (**Figura 1.2**).



Figura 1.2. Filtro de Arena Serie F-600

Los filtros de arena consisten en dos o más unidades conectados en paralelo con una entrada y una salida de agua. En el modo «filtrando» todos los filtros trabajan en paralelo (**Figura 1.3**) el agua ingresa a los filtros por arriba, pasa a través de la arena que actúa como medio filtrante y es colectada agua limpia debajo de los filtros.

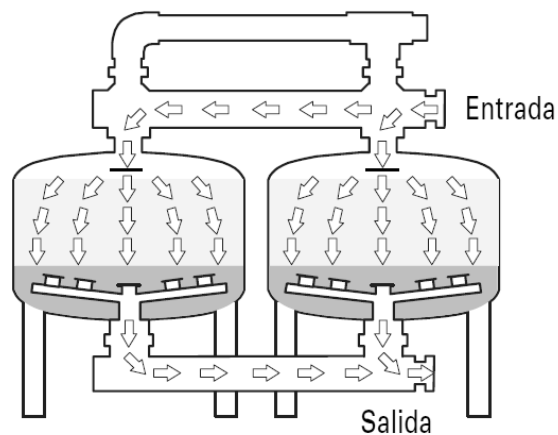


Figura 1.3. Filtración de Arena de 2 Unidades

El diámetro de los filtros pueden ser: 25, 36, y 48 pulgadas, con diámetros de entrada y salida de agua de 2, 3 y 4 pulgadas respectivamente.

El **Cuadro 1.2** Muestra los caudales de trabajo mínimo, óptimo y máximo recomendados por filtro expresado en litros por segundo (l.p.s.) en función del diámetro.

Cuadro 1. 2 Caudales en l.p.s. Recomendados por Unidad de Filtro
en Función del Diámetro

DIAMETRO DEL FILTRO (Pulgadas)	CAUDALES (lps)		
	MINIMO	OPTIMO	MAXIMO
25	6.0	8.0	10.0
36	9.0	13.0	14.0
48	13.0	19.5	22.0

En los filtros de arena no es posible medir el tamaño de los orificios como podría hacerse directamente en un filtro de malla, pero se puede asociar la calidad del filtrado a un equivalente de mesh.

El **Cuadro 1.3** proporciona una información de equivalencia en mesh dependiendo del tipo y tamaño del grano de arena. Como regla general un mesh equivalente a 170 asegura una buena calidad de filtrado en sistemas de riego por goteo.

Cuadro 1.3. Equivalencia en Mesh en Función del Tipo de Arena.

Tipo de Arena y No.	Tamaño promedio de Arena (mm)	Equivalencia en Mesh
Sílica # 20	0.48	190-250
Sílica # 16	0.68	130-180
Sílica # 12	1.05	90-130

Retrolavado

Para el retrolavado, los filtros son sometidos en forma individual a un ciclo de flujo inverso, es decir, el agua que previamente ha pasado por uno o más filtros es utilizada para lavar el tanque que está en proceso de «retrolavado» (**Figura 1.4**).

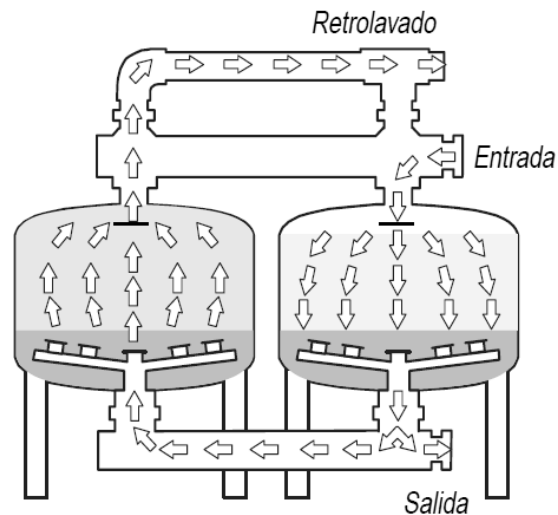


Figura 1.4. Filtración de Arena en Modo "Retrolavado"

Automatización del Retrolavado

Cuando la calidad del agua provoca que el retrolavado se efectúe más de dos veces por día, es necesario automatizar el proceso mediante un controlador automático seleccionándolo dependiendo del número de unidades de filtrado. Existen dos formas básicas:

1. Por tiempo. Se estima que los filtros deben ser lavados cada determinado número de horas programando el controlador en el horario deseado por el operador.
2. Por diferencia de presión. Cuando los sensores de presión instalados en la entrada y salida del filtro detectan una diferencia de presión superior al valor máximo permitido, el sistema de retrolavado se activa.

Filtros de Discos

En este tipo de filtros, los discos son de plástico (**Figura 1.5**) con ranuras impresas sobre un soporte central cilíndrico y perforado. El agua es filtrada al pasar por los pequeños conductos formados entre dos discos consecutivos. Dependiendo del número de ranuras de cada disco, es la calidad del agua filtrada.



Figura 1.5. Filtro de Discos de Plástico.

Los filtros de discos se comercializan en unidades. Cuando el caudal de diseño excede la capacidad de filtración de un filtro individual, dos o más unidades se colocan en paralelo, tal como aparece en la **Figura 1.6**.



Figura 1.6. Filtración de Discos en Paralelo

Cada unidad de filtrado trabaja independiente, para la limpieza de cada uno, se utiliza agua filtrada que previamente ha pasado por una unidad. El flujo se hace en sentido inverso mediante un mecanismo automático que separa los discos, por lo cual, las impurezas se eliminan fácilmente.

El retrolavado puede ser manual o automatizado por tiempo o por diferencia de presión.

Filtros de Malla

Este tipo de filtros, no son recomendados para uso de aguas con alto contenido de residuos orgánicos, ya que obstruyen rápidamente la malla aumentando la pérdida de carga más allá de los niveles aceptables (**Figura 1.7 y Figura 1.8**).

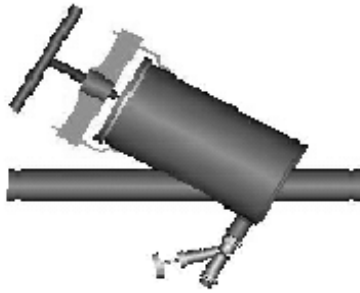


Figura 1.7. Filtro de Malla Angular Serie F-200



Figura 1.8. Filtro de Malla Automático
Serie AF-200

Filtros Tipo Hidrociclón

La función principal de este tipo de filtro (**Figura 1.9**) es separar la arena y otras partículas más pesadas que el agua, por lo que es ideal como filtro previo en instalaciones que captan agua de pozo profundo.

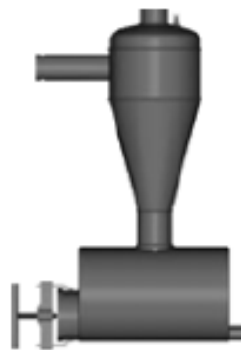


Figura 1.9. Filtro Hidrociclón Serie F-700

Su principio fundamental es hacer girar el agua en forma de un remolino. El punto de menor presión es el centro del remolino donde tienen

que emigrar las partículas sólidas en suspensión. Estas partículas se acumulan en un recipiente en la parte inferior el cual debe ser limpiado de forma regular. Un esquema del funcionamiento del hidrociclón aparece en la **Figura 1.10**.

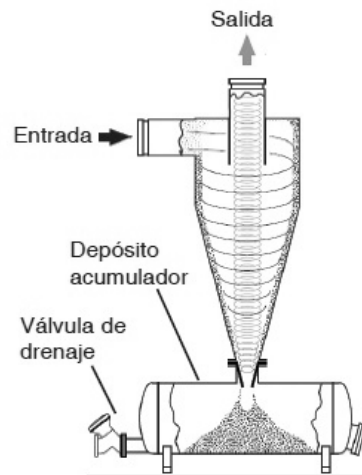


Figura 1.10. Esquema de Funcionamiento de un Hidrociclón.

El hidrociclón no sirve para eliminar partículas de naturaleza orgánica como algas y materia orgánica dispersa. Estas partículas logran pasar el dispositivo siendo necesario colocar un filtro de arena, malla o discos.

Revisión Periódica en Equipos de Filtración

Se debe revisar la presión de funcionamiento del sistema a través de los manómetros instalados antes y después de los filtros. El manómetro ubicado a la salida del filtro de malla (o el último manómetro instalado en el cabezal de riego después de los filtros) indica la presión disponible para el funcionamiento apropiado de los emisores más la presión necesaria para el movimiento del agua al interior de tuberías, mangueras y conexiones.

La diferencia de presión entre los manómetros de entrada y salida de los filtros indica el grado de suciedad de ellos. Cuando esa diferencia de presión es del orden de 5 a 7 m.c.a, se debe limpiarlos para reestablecer la presión normal de trabajo. Esta operación debe ser realizada las veces que sea necesario. Ello depende del tipo de filtros utilizados y de la calidad del agua de riego. Pérdidas de carga superiores al rango señalado afectará la presión de trabajo en los sectores más alejados del centro de control.

Inyectores de Fertilizante

Existen en el mercado una gran variedad de equipos de inyección de fertilizantes, que se diferencian en las cualidades, posibilidades y limitaciones y por supuesto el precio. Las condiciones y necesidades son diferentes en cada caso. Se pueden utilizar equipos altamente sofisticados y automatizados como la **Figura 1.11 (A)** o un simple inyector de fertilizante accionado por un diferencial de presión con una válvula en la red principal. (**Figura 1.11 (B)**).

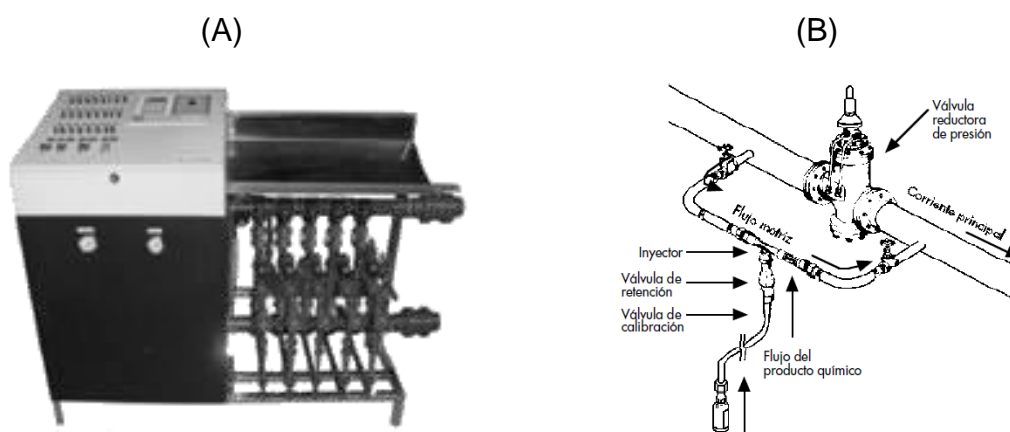


Figura 1.11. Tipos de Sistemas de Inyección de Fertilizante.

Revisión Periódica en Inyectores de Fertilizante

Todos los días se debe revisar el funcionamiento del sistema inyector de fertilizante. Importante es evitar la acumulación de compuestos poco solubles en el fondo del estanque donde se prepara la solución madre. El «concho» se debe extraer tan pronto como este se acumule. Procurar que el operador utilice los elementos de protección adecuados para proteger sus manos, ojos y vestuario.

Laterales de Riego

Todos los días se debe revisar el correcto funcionamiento de las laterales de riego y emisores. Cuando hay desperfectos en las laterales, ya sea por una rotura, desacople de uniones y emisores, hay pérdida de agua que no es utilizada en forma beneficiosa, se altera la distribución de presión dentro del sector de riego y la eficiencia de uniformidad disminuye. Estas

fallas deben ser reparadas en forma inmediata para recuperar la eficiencia de uniformidad.

Cuando la lateral de polietileno presenta una rotura, se debe cortar la parte afectada y reemplazarla por un cople (**Figura 1.12**). Una operación similar debe ser ejecutada cuando la pérdida de agua se produce en la inserción del emisor con la lateral. En este caso, se saca el gotero, se corta la lateral y se instala un cople. El gotero debe ser reinstalado en las cercanías del cople.



Figura 1.12. Reparación de Lateral con Cople.

Otra manera de realizar las reparaciones de las laterales de riego es utilizando manguera ciega en trozos de aproximadamente 15 cm realizando los cortes sesgados para facilitar su introducción en la cinta de goteo, la unión debe ser reforzada con dos abrazaderas, una en cada lado del cople hecho de manguera. Las abrazaderas pueden ser adquiridas en una ferretería o ser confeccionadas por el agricultor con alambre de reparación y un torcedor de alambre. (**Figura 1.13**)



Figura 1. 13 Reparación de Lateral con Manguera Ciega.

Revisiones por Semana

Al menos una vez por semana se debe realizar las siguientes actividades:

- Revisar el nivel de algas en los estanques acumuladores de agua. Evaluar la necesidad de aplicar sulfato de cobre para reducir la presencia de algas en el estanque (**Figura 1.14**). Es preferible aplicar bajas concentraciones de sulfato de cobre (3 a 5 ppm) en forma preventiva que una dosis mayor (30 ppm) en forma curativa.



Figura 1.14. Revisión de Contenido de Algas en Estanque.

- En proyectos que consideren el uso de hidrociclones para reducir el nivel de sólidos en suspensión en el agua de riego, estos deben ser limpiados (vaciar el estanque donde se acumula la arena) (**Figura 1.15**).



Figura 1.15. Drenado del Recipiente de Arena del Hidrociclón.

- Revisar el nivel de suciedad de las laterales para determinar las necesidades de lavado. El operador responsable del equipo debe abrir la «cola» de dos o tres laterales por sector de riego (**Figura 1.16**). De acuerdo al nivel de suciedad observado, se debe programar el lavado de todas las laterales. Es necesario mencionar que la frecuencia de lavado depende de cada sistema de riego en particular. No es posible dar recomendaciones respecto al número de días entre lavados ya que influye la calidad del agua de riego, las características de los filtros y el manejo del equipo. El lavado se realiza dejando escurrir el agua hasta que salga limpia.



Figura 1.16. Lavado de Laterales.

- De acuerdo al nivel de suciedad de las laterales, se deberá aplicar hipoclorito de sodio para el control de algas y posterior lavado de

laterales si el nivel de algas es importante o solo lavado si las impurezas están constituidas por partículas sólidas que logran traspasar los filtros.

- En motores a diésel y gasolina (**Figura 1.17**), se debe realizar las mantenciones sugeridas por el fabricante. Se recomienda consultar el Manual de Operación del motor. En general, el cambio de aceite, filtro de aire y bujía constituyen las prácticas de mantención rutinarias. No realizarlos adecuadamente pone en riesgo todo el equipo de riego y una reducción de la vida útil del motor. Algunos modelos requieren un cambio de aceite cada 50 horas de funcionamiento. En época de muy alta demanda hídrica, las 50 horas pueden acumularse en 10 a 15 días de trabajo, por lo tanto, el cambio de aceite debe realizarse con esa frecuencia.



Figura 1.17. Esquema de Motobomba con Motor a Diésel.

Revisiones Cada 30 Días

Una vez al mes se debe revisar el funcionamiento de los filtros de arena. Es necesario verificar el nivel de la arena dentro del filtro, ya que siempre se pierde algo por el retrolavado.

También se debe revisar el estado de la arena. Si esta se encuentra muy sucia, será necesario sacarla del filtro y lavarla.

Para el lavado de la arena, se debe colocarla en un tambor. El tambor se llena de agua utilizando una manguera de jardín. El agua se deja escurrir

por varios minutos en forma suave con el objeto de no producir arrastre de arena. Mientras se produce el escurrimiento, se debe agitarla para remover la suciedad (**Figura 1.18**).



Figura 1.18. Lavado de Arena

En el caso de que la arena presente altos niveles de suciedad, se debe revisar el caudal de retrolavado. Es posible que se esté operando con un caudal de retrolavado inapropiado que no es suficiente como para remover todas las impurezas atrapadas en el filtro. Para aumentar el caudal, se debe cerrar la válvula de control de flujo instalada en la salida de los filtros.

La velocidad del flujo a la salida de los filtros durante el proceso de retrolavado no es un buen indicador de la calidad del proceso. Una tubería relativamente de poco diámetro producirá una velocidad de flujo más alta a la salida del retrolavado, pero eso no significa que la velocidad dentro del filtro sea la adecuada.

Trabajos en Post-Temporada

El equipo de riego debe someterse a mantención durante otoño e invierno para disminuir el riesgo de fallas durante la temporada de riego siguiente. El aspecto más importante es el servicio de mantención a las bombas.

Las bombas, tanto de superficie como de pozo profundo deben recibir la mantención adecuada respecto a las pautas proporcionadas por los fabricantes.

Un aspecto importante lo constituyen las bombas de pozo profundo. El flujo de agua desde el acuífero hacia el pozo arrastra arena y arena que es posteriormente enviada a la superficie junto con el agua. Las partículas sólidas tienen un gran poder abrasivo sobre los componentes móviles de la bomba y por lo tanto, le provocan un gran desgaste. Si el pozo «bota» arena y arena, la bomba debe ser revisada todos los años para evaluar el grado de desgaste de los rodetes.

Trabajos en el Centro de Control

Filtros

Revisar los componentes internos de los filtros de arena, malla, discos e hidrociclones (**Figura 1.19**). Reemplazar todos aquellos componentes que presenten deformaciones, roturas, corrosión, desgaste u otros signos de deterioro. También se debe reemplazar empaquetaduras quemadas y pernos oxidados.



Figura 1.19. Revisión de Arena y Elemento de Malla.

Manómetros

Cambiar todos los manómetros que presenten fallas, rotura del vidrio, pérdida de glicerina o estén descalibrados (**Figura 1.20**). Es conveniente disponer de un manómetro de buena calidad como elemento de referencia para determinar descalibración.



Figura 1.20. Reemplazo de Manómetro de Glicerina

Sistema Eléctrico

Reparar y cambiar cables eléctricos que presenten daño en la aislación o se encuentren torcidos (**Figura 1.21**). Revisar las conexiones eléctricas y los solenoides de las válvulas de retrolavado.



Figura 1.21. Revisión de Cableado Dañado.

Caseta

Reparar el techo para evitar goteras, pintarla, reparar puertas y ventanas. (**Figura 1.22**).



Figura 1.22. Reparación de Cerco en Caseta de Bombeo

Trabajos en el Terreno

- Drenar todas las tuberías principales, secundarias y laterales de riego.
- Levantar laterales en forma cuidadosa para realizar labores culturales como poda, control de malezas, etc.
- Efectuar trabajos de mantención a válvulas de bola, de compuerta, de mariposa, de aire y válvulas eléctricas.
- Pintar toda la tubería de PVC expuesta a la luz solar.
- Revisar conexiones eléctricas del sistema automático de control de riego.
- Limpiar cámaras de electricidad y válvulas.

Mantenimientos de los Componentes de un Sistema de Riego

Mantenimiento de Filtros Manuales

Los filtros de malla y discos manuales se deben regularmente desmontar y lavar para eliminar las impurezas (**Figura 1.23**). Si se deja de realizar este proceso se producirá una concentración de materiales y una excesiva pérdida de carga en el filtro. También servirá para obligar a las partículas, concretamente de material orgánico, a pasar a través del elemento filtrante y causar problemas de obturación.

La propia experiencia dictará la frecuencia de limpieza necesaria para mantener estos filtros en buenas condiciones.



Figura 1.23. Desensamble de Elemento Filtrante de Malla.

Mantenimiento de Filtros de Arena

Cuando se acumula demasiada materia extraña dentro del lecho de la arena es difícil que el agua atraviese el filtro y aumenta la pérdida de carga. Este aumento indica que el filtro necesita limpiarse mediante un lavado por retroflujo.

El filtro debe lavarse con tal frecuencia que se mantenga libre de excesos de material filtrado. Si se deja de hacer se producirán altas pérdidas de carga en el filtro y una agregación y cementación del lecho de arena, particularmente cuando hay hierro o magnesio presente en el agua.

Los controles de lavado automatizado pueden consistir en un reloj que inicia el lavado a un intervalo preestablecido o en un sensor de presión diferencial. A menudo se usan juntos estos dispositivos. Los controles automáticos son generalmente seguros y reducen enormemente el trabajo de lavado de los filtros de arena.

Es importante que el caudal de lavado sea lo suficientemente alto para agitar vigorosamente el lecho de arena, pero también lo suficientemente bajo para que sólo el material filtrado sea expulsado y no la arena del filtro.

Al final de la temporada de operación, los filtros de arena se deberán lavar completamente y clorar para impedir el crecimiento de

microorganismos. Los tanques se deben vaciar y secar, se comprobará el nivel de arena y se inspeccionará para ver si hay indicios de cementación.

Mantenimiento del Equipo de Fertilización

Al final de cada inyección de agroquímicos hacer funcionar el equipo por 5 minutos con agua filtrada para evitar que se quede solución en él y reaccione con la siguiente inyección si es que el producto es distinto.

Inspeccionar regularmente el inyector hidráulico para revisar el nivel de grasa del pistón. Revisar las conexiones verificando que no haya fugas de agua o solución fertilizante. Revisar las mangueras de succión que no haya daños por las soluciones inyectadas.

Mantenimiento de Tuberías

El lavado de las tuberías constituye una labor importante de mantenimiento. Independientemente del tratamiento que se haga del agua de riego, contendrá igualmente impurezas que tenderán a tapar los orificios y emisores, estas impurezas se sedimentarán también, formando un depósito en el fondo de las tuberías. Estos depósitos se deben limpiar periódicamente drenando las tuberías principales, secundarias y regantes dos o tres veces durante el ciclo de riego y al finalizar el mismo **(Figura 1.24)**.

Se debe tomar una muestra del agua drenada en una botella transparente y tratar de identificar el origen de las impurezas: Lodo bacteriano, precipitación de hierro, arena del filtro, etc. con objeto de tomar las medidas adecuadas.



Figura 1.24. Lavado de Tuberías Secundarias.

Mantenimiento de Válvulas

Revisar según la operación del sistema las partes móviles externas de las válvulas **(Figura 1.24)**.

Observar fugas en conexiones para repararlas tan pronto como sea posible para evitar daños mayores.

Pintar una vez al año las tuberías de PVC expuestas a la intemperie con esmalte anticorrosivo para evitar la degradación del material por los rayos del sol.

Revisar la presión de salida de las válvulas hidráulicas y ajustar si es necesario el mini piloto para asegurar que la presión de salida a las regantes es la adecuada según el proyecto. **(Figura 1.25)**



Figura 1.25. Revisión de Válvulas de Seccionamiento.

Dispositivos de Control

Revisar todos los componentes móviles de los accesorios de regulación y control como son: Medidores de gasto **(Figura 1.26)**, válvulas de alivio de presión **(Figura 1.27)**, válvulas de admisión y expulsión de aire **(Figura 1.28)**, etc.



Figura 1.26. Medidor de flujo de propela bridado.



Figura 1.27. Válvula de alivio de presión.



Figura 1.28. Válvula Adm-Exp aire
Barak DG-010.

Al inicio de la temporada de riego verificar que los elementos de los reguladores de presión funcionen adecuadamente, que las conexiones de válvulas hidráulicas no estén dañadas, tornillos y tuercas estén bien apretados tanto en filtros como en bridas de válvulas y válvulas de alivio con resorte.

Verificar que las válvulas de admisión y expulsión de aire funcionen adecuadamente, que la pelota no esté pegada al anillo. En general una inspección detallada de los accesorios.

Problemas de Obturación de Emisores

El fenómeno de obturación es resultado de la presencia de microorganismos (algas y lodos bacterianos), el tamaño y cantidad de sólidos suspendidos en el agua, la presencia de ciertos productos disueltos, como hierro, magnesio y calcio, que pueden precipitar y formar depósitos dentro de las tuberías regantes y de los emisores.

Solución a Problemas de Microorganismos

La cloración es el método más efectivo para controlar las algas y bacterias. La efectividad se prueba midiendo la concentración de cloro libre residual. Comúnmente se usa un kit para medir cloro libre en las albercas. Se aplica al final del tiempo de riego durante 30 a 60 min hasta lograr una concentración de cloro libre residual de 1-2 ppm, si se acidifica el agua se incrementará la eficacia de la cloración.

Control de Microorganismos

Ácido Hipocloroso

El ácido hipocloroso (HOCl) es un buen agente bactericida. Muchos tipos de bacterias y virus son inactivados a concentraciones de cloro residual de 1ppm por 10 a 30 minutos.

El ácido hipocloroso no se comercializa como tal ya que es un subproducto de una reacción química entre la fuente de cloro (cloro en forma de gas, hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio) y el agua.

A pesar de que las tres fuentes de cloro pueden utilizarse para el control de microorganismos, solamente el hipoclorito de sodio es utilizado en la manutención de sistemas de riego presurizado. El hipoclorito de calcio es un material sólido granulado utilizado fundamentalmente en la manutención de piscinas y el cloro en forma gaseosa en plantas de tratamiento de agua potable. A pesar que el cloro gaseoso puede utilizarse también en sistemas

de riego, no existen los equipos apropiados ni la disponibilidad de productos a nivel de agricultor en el mercado local. El hipoclorito de sodio es líquido y es el mismo producto utilizado en el lavado de ropa.

El ácido hipocloroso es un buen biocida ya que reacciona químicamente con el amoníaco (NH_3), con iones amonio (NH_4) y grupos aminas (NH_2), componentes de la materia orgánica.

Tanto la utilización de hipoclorito de sodio como de calcio, produce la liberación del ion hidroxilo (OH^-) en el medio, por lo tanto la reacción provoca un aumento del pH.

Lavado de Laterales

En sistemas de riego localizado, el taponamiento de emisores es una amenaza que atenta contra el buen rendimiento del equipo. Aun cuando se realice mantenimiento preventivo del sistema, es necesario eliminar en forma regular, todas las partículas que pueden obstruir los emisores lavando las laterales. El lavado es un componente muy importante en el programa de mantenimiento y debe ser efectuado en forma regular para remover cualquier partícula que se acumule en las laterales de riego antes que ellas puedan causar problemas de taponamiento de los emisores.

Las partículas que se encuentran al interior del sistema de riego pueden tener diferentes orígenes:

1. Sistema de filtros no elimina todas las partículas en suspensión. Debido al alto costo que significa eliminar todos los elementos presentes en el agua, especialmente los de menor tamaño, los sistemas de filtros son diseñados para eliminar partículas de un tamaño equivalente a 1/5 del orificio de salida del emisor, entonces estos no retienen partículas de arcilla, limo e incluso del tamaño de una arena fina de diámetro en el rango de 50 a 100 micrones. Aunque estas partículas pueden ser expulsadas por el emisor, la aglomeración (proceso denominado floculación), puede originar partículas de mayor tamaño que si pueden obstruirlo.

2. Algas y bacterias. Elementos de tipo orgánico como algas y bacterias son muy difíciles de eliminar y puede ser el elemento aglutinador que contribuye a la formación de partículas de mayor tamaño. Muchos tipos de algas son demasiado pequeñas como para ser filtradas. Aun cuando ellas sean eliminadas del sistema por la aplicación de Hipoclorito u otro compuesto químico, los residuos orgánicos actúan como agente adherente para pequeñas partículas o grupos de células.
3. Pequeños insectos. Otro tipo de agente que puede obstruir los emisores son pequeños insectos que anidan en el interior de emisores y válvulas.
4. Precipitados químicos. Las partículas originadas por la precipitación de compuestos solubles presentes en el agua de riego o adicionados al sistema en la fertirrigación pueden también obstruir los emisores. La precipitación puede ocurrir debido a cambios en la temperatura del agua, presión, pH, nivel de oxígeno disuelto o la edición de compuestos químicos como fertilizantes, ácidos o biocidas. La precipitación química sólo puede ser evitada utilizando productos de muy alta solubilidad.

Sedimentación de Partículas en Suspensión

En una lateral de riego, la velocidad de flujo disminuye a lo largo de ella ya que toda el agua correspondiente al gasto se distribuye uniformemente. Entre el punto de inserción y el primer emisor pasa todo el caudal. A medida que el agua avanza, parte de ella se pierde por los emisores, por lo tanto, el caudal que continúa es menor a medida que se avanza. En el último tramo, sólo el caudal correspondiente al último emisor circula por ella.

Procedimiento de Lavado

El lavado de laterales consiste en abrir la lateral durante la normal operación del sistema de riego. El agua debe llevar una velocidad suficiente como para remover todas las partículas depositadas en ella.

El retrolavado se realiza retirando la abrazadera o terminal, se procede a enderezar la lateral y se deja escurrir el agua hasta que esta salga limpia (**Figura 1.34**). La duración del proceso es función de la velocidad del flujo. Mientras mayor es el flujo, menor es el tiempo de lavado. Es común que la duración no supere 1 a 2 minutos por lateral. Una vez concluido el proceso, se reinstala la abrazadera y se prosigue con otra lateral (**Figura 1.35**).



Figura 1.29. Retiro de Terminal para Lavado de Lateral.



Figura 1.30. Reinstalación de Terminal en Lateral.

Frecuencia de Lavado

La frecuencia de lavado depende de la cantidad de sedimentos que ingresan al sistema o se generan dentro de él. En algunos sistemas, la calidad del agua es muy buena y sólo una pequeña cantidad de sedimento se deposita en las laterales (agua de pozo usada directamente en el riego). En estos casos, lavados cada tres o cuatro semanas pueden ser suficientes. Sistemas que utilizan aguas de peor calidad deben ser lavados más

frecuentemente (cada una o dos semanas). Sistemas que utilizan agua de mala calidad deben ser lavados cada dos o tres días, en estos casos, se hace necesario usar sistemas automáticos para facilitar la operación.

La forma más fácil de determinar la frecuencia de lavado es realizar pruebas en terreno ya que la acumulación de sedimentos es función de la calidad de la fuente de agua, el grado de eficiencia de los filtros y las prácticas de manejo. La forma de realizar la prueba es seleccionar grupos de 10 laterales de un mismo sector de riego y proceder a lavarlas con frecuencia de 1, 2, 3 y 4 semanas. La prueba consiste en lavar las laterales y observar el grado de turbidez del agua, la presencia de algas y hongos y grava de cuarzo. Se debe adoptar aquella frecuencia que proporcione los mejores resultados desde el punto de vista seguridad del equipo, consumo de agua, uso de mano de obra y deterioro de las laterales.

En sistemas de riego instalados en lugares con fuerte pendiente, las pruebas deben ser efectuadas en aquellos cuarteles o sectores de riego donde la presión sea menor ya que estos son los más propensos a presentar problemas de taponamiento. El lavado de laterales con mucha presión es fácil debido a que la fuerza del agua arrastrará con mucha facilidad los sedimentos.

El lavado debe ser programado con la finalidad de realizarlo en un solo día laboral. Durante el proceso se producen fluctuaciones de presión que alteran la normal intensidad de precipitación del equipo y el cultivo recibe menos agua de lo deseado. La menor cantidad de agua aplicada al cultivo se recupera en los días siguientes. El principal problema de realizarlo (de a poco) es lo difícil de cuantificar la menor cantidad de agua aplicada al cultivo.

Sistemas de riego que se abastecen desde estanques, necesitan lavados en laterales más frecuentes debido a la elevada acumulación de algas y materia orgánica en suspensión.

Aquellos sectores que presentan velocidades de flujo menores a 0,3 m/s, se debe efectuar las modificaciones en el diseño u operación para lograr mayor presión. Los pasos a seguir puede ser:

- Cambio de diámetro de tuberías principales
- Disminuir el tamaño de los sectores de riego
- Aumentar la presión de la bomba
- Aumentar el área filtrante del sistema de filtros
- Aumento del diámetro de válvulas

Orden en el Lavado de Laterales y Principales.

Primera prioridad tiene el lavado de las tuberías principales, después secundarias y terciarias y finalmente las laterales de riego. Con este procedimiento se asegura la eliminación de todos los residuos acumulados al interior del sistema de tuberías y mangueras.

Las tuberías principales trabajan generalmente en el rango de velocidades de 1,3 a 1,7 m/s. Con estas velocidades es muy difícil que partículas pequeñas logren decantar en el fondo de las tuberías.

En el proceso de instalación, es común que arenas, pequeñas piedras y restos de viruta de Policloruro de Vinilo (P.V.C.) queden dentro del sistema. Previo a la puesta en marcha, es necesario lavar las tuberías para extraer todo este material atrapado al interior de ellas, por lo tanto, se recomienda velocidades de flujo de 1.0 metro por segundo (m/s) como mínimo. Para lograrlo, es necesario que la válvula instalada al final de la tubería principal tenga la capacidad suficiente como para lograr esta velocidad de flujo al interior de la tubería.

CONCLUSIONES

- Todas las instalaciones de riego necesitan inspecciones de rutina y un mantenimiento preventivo. El sistema de riego solo tendrá un periodo largo de rendimiento satisfactorio si se hace un programa adecuado de mantenimiento y se le aplica desde el principio.
- El diseño adecuado del sistema de riego debe garantizar el uso eficiente de todos los elementos que lo integran de tal forma que bajo un programa de mantenimiento se logre un funcionamiento libre de problemas para el agricultor.

RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento exhaustivo de todos los componentes del sistema de riego antes, durante y después del ciclo del cultivo, asegura la eficiente utilización de los recursos, mejora la eficiencia de aplicación y evita problemas de uniformidad en el cultivo.
- Con el mantenimiento preventivo se garantiza que el combustible y energía eléctrica se utilicen eficientemente, que la presión reúna los requerimientos del diseño y que las fugas y pérdidas de agua y fertilizantes se mantengan al mínimo.

BIBLIOGRAFIA

Boswell, M.J. (1990). *Micro-Irrigation Design Manual*. James Hardie Irrigation Co., El Cajón, CA.

Plásticos Rex S.A. de C.V. (2003). *Manual de Operación de Sistemas de riego Presurizado*. D.F. México

Páginas de Internet Consultadas

Martínez, L. (2001). *Manual de operación y mantención de equipos de riego presurizado*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2014, de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR28083.pdf>.

Bermejo, J. (2011). *Soluciones técnicas para el medio agrícola*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2014, de <http://tienda.agrologica.es/home/200-comprar-filtro-hidrociclon-metalico-precio.html>

Liotta, M. (2011). *Los sistemas de riego por goteo y microaspersión*. Recuperado el 25 de septiembre de 2014, de http://inta.gob.ar/documentos/los-sistemas-de-riego-por-goteo-y-microaspersion/at_multi_download/file/ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf

Mendoza, A. *El riego por goteo*. Recuperado el 25 de septiembre de 2014, de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego%20por%20Goteo%202013.pdf>