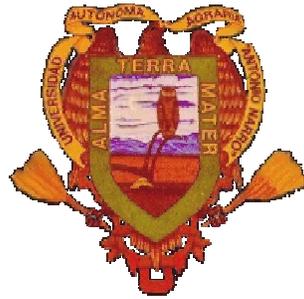


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



**FILTROS PARA IRRIGACIÓN:
PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y DISEÑO**

Por

ALEJANDRO BUENROSTRO ARAIZA

MONOGRAFÍA

*Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:*

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2004
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIA NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

FILTROS PARA IRRIGACIÓN:
PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y DISEÑO

POR:

ALEJANDRO BUENROSTRO ARAIZA

QUE EXPONGO A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA

ING. M.C. GREGORIO BRIONES SÁNCHEZ
PRESIDENTE

DR. FELIPE DE J. ORTEGA RIVERA
SINODAL

ING. M.C. LINDOLFO ROJAS PEÑA
SINODAL

ING. M.C. LUIS EDMUNDO RAMIREZ
COORDINADOR DE INGENIERÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. 5 DE MARZO DEL 2004
DEDICATORIAS

A Dios Nuestro Señor. Por ser la fuente de la vida y la existencia, e iluminarme y guiarme por el buen camino y darme fuerzas para poder haber terminado mi carrera profesional y seguir adelante.

A mis Padres. Sr. Vicente Buenrostro Villagomez y Sra. Vicenta Araiza Salazar. Por el gran esfuerzo y sacrificio que han hecho al apoyarme incondicionalmente, por la fe y confianza que pusieron en mi, por el amor y cariño que me brindaron, por sus consejos para seguir adelante y por todo eso que formó parte fundamental en mis estudios, por todo eso y mucho más los quiero mucho.

A mis Hermanos. Dra. Mónica patricia y Guillermo. Por el apoyo, estímulo y consejos a lo largo de mi carrera profesional.

A mi Alma Mater. Por darme la oportunidad y apoyo necesario para mi formación y realización de mis estudios profesionales.

A mi abuelita. Andrea. Por darme todas sus bendiciones y apoyo moral y consejos cuando más lo necesitaba.

A mi Tía. Isabel. Por el apoyo, esfuerzo, preocupación y estímulo en mi estancia a lo largo de mi carrera profesional.

A mis Primas. Lorena, Lisbeth y Astrid. Por que siempre estuvieron ahí para motivarme, apoyarme y alentarme para continuar estudiando.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial agradezco al Ing. Gregorio Briones Sánchez por sus asesorías en la realización de este trabajo, y por su valioso tiempo que recibí por medio de sus asesorías para obtener esta obra.

Al Dr. Felipe de Jesús Ortega. Por su ayuda brindada, sabios consejos y por haber contribuido grandemente en la realización del presente.

Al Ing. Lindolfo Rojas Peña. Por el apoyo otorgado en todo momento, por su disponibilidad y dedicación que puso para lograr este trabajo.

A mis compañeros y amigos; Omar Javier Baeza Torres, Jesús Carlos Rodríguez García, Edgar Sandoval Mora, Rogelio Martines, Nicolás Quiñones, Rubén Cárdenas, José Guillermo Larios Cueto, Lucero Escamilla, Agustín Barrera Fuentes, Misael, Cruz Cruz, Abiel Velásquez Roblero, Gabriel Ortega, Carlos Alberto Salas Hernández, José Luis Covarribio, Rigoberto Enríquez Zarate, Alejandro Bustamante Dávila, Mario Alberto Cerda, Brodelin Díaz Lara, Isabel García, Jezabel, Abelmar, Jerónimo, Lázaro, Marcos Jiménez, Obdulio. Por que compartí con ellos clases en diferentes estratos escolares y por que vivimos juntos alegrías y sufrimientos, que de alguna forma participaron en mi formación profesional.

A todas aquellas personas que de alguna manera u otra colaboraron en la realización de este trabajo.

Sinceramente y Eternamente agradecido

Alejandro Buenrostro Araiza.

INDICE DE CONTENIDO	Página
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
PREFILTRADO.....	4
EQUIPO DE FILTRACIÓN.....	5
NORMAS GENERALES PARA CUALQUIER EQUIPO DE FILTRACIÓN.....	6
CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN DE REUNIR LOS EQUIPO DE FILTRACIÓN.. 7	
TIPOS DE OBTURACIONES EN LOS EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO.....	8
OBTURACIONES QUÍMICAS.....	8
OBTURACIONES FÍSICAS.....	11
OBTURACIONES ORGÁNICAS.....	12
CONSIDERACIONES GENERALES HA LLEVAR ACABO PARA LA PREVENCIÓN DE OBTURACIONES.....	
16	

SELECCIÓN ELEMENTO FILTRANTE SEGÚN EL CONTAMINANTE PREDOMINANTE.....	
17	
TIPOS DE FILTROS Y ORDEN DE COLOCACIÓN SEGÚN LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.....	
18	
FILTROS DE MALLAS.....	19
DESCRIPCIÓN.....	19
PRINCIPIO DE OPERACIÓN.....	19
USOS Y LIMITACIONES.....	21
PRINCIPIOS DE DISEÑO.....	24
PERDIDAS DE CARGA.....	29
MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.....	31
FILTROS DE ANILLAS.....	34
DESCRIPCIÓN.....	34
USOS Y LIMITACIONES.....	35
PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y DISEÑO.....	35
MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.....	

PERDIDAS DE CARGA.....	66
CONSTRUCCIÓN DE UN FILTRO DE ARENA.....	66
	LISTA DE
MATERIALES.....	67
PASOS PARA REALIZAR EL RETROLAVADO.....	72
FILTROS CENTRÍFUGOS.....	74
HIDROCICLONES.....	74
	USOS Y
LIMITACIONES.....	76
	PRINCIPIOS DE
OPERACIÓN.....	77
	MANTENIMIENTO Y
LIMPIEZA.....	79
	PERDIDAS DE
CARGA.....	79
VENTAJAS DEL	
HIDROCICLÓN.....	80
UTILIZACION DEL HIDROCICLÓN.....	81
	SEPARADORES DE
ARENA.....	82
	FILTROS DE EFECTO
CICLÓNICO.....	83
	CARACTERÍSTICAS
PRINCIPALES.....	85

COMPONENTES DE LOS FILTROS DE EFECTO
CICLÓNICO..... 86

OTROS EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS EN LA FILTRACIÓN DEL
AGUA.... 87

FILTROS DE SEGURIDAD.....
87

FILTROS AUTOMÁTICOS.....
88

AUTOMÁTICOS DE MALLAS.....
88

FUNCIONAMIENTO..... 88

AUTOMÁTICOS DE ANILLAS.....
93

VENTAJAS DE FILTROS AUTOMÁTICOS.....
95

FILTROS ESTERILIZADORES POR RADIACIÓN
ULTRAVIOLETA..... 96

FILTROS THOMPSON.....
97

DESARENADOR..... 98
EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....
98

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.....
99

DISEÑO DE UN DESARENADOR.....
100

CANASTILLO.....
103

TRAMPA DE BASURAS.....	104
PRECIOS DE LAS UNIDADES DE FILTRACIÓN EN RELACIÓN A SU CAPACIDAD DE FILTRADO.....	10
5	
CONCLUSIONES.....	...107
BIBLIOGRAFÍA.....	108

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Dosis de Ácido Nítrico por cada m ³ para diferentes Tratamientos.....	9
Cuadro 2. Probabilidad de ocurrencia de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua	15
Cuadro 3. Selección del elemento filtrante según el contaminante.....	17
Cuadro 4. Orden de Colocación de Filtros según los contaminantes.....	18
Cuadro 5. Número de mesh para mallas de acero (criterio 1/7).....	24
Cuadro 6. Velocidad recomendada según el tamaño de orificio y clase de agua.....	25
Cuadro 7. Caudales en los Filtros de malla.....	25
Cuadro 8. Relación de número de Mesh con el tamaño de orificio para mallas de acero	28
Cuadro 9. Equivalencias entre unidades inglesas y sistema métrico decimal para el diámetro y la tasa de filtración	52
Cuadro 10. Requerimientos de Flujo de Retrolavado.....	55
Cuadro 11. Descripción de varios modelos de Controladores o programadores para el retrolavado	60
Cuadro 12. Componentes de la automatización.....	60
Cuadro 13. Componentes de un Sistema de Filtros de grava y arena.....	62
Cuadro 14. Accesorios de un Sistema de Filtros de Grava y Arena.....	62
Cuadro 15. Tamaños promedio de arena, coeficiente de uniformidad y equivalencia en numero Mesh	65
Cuadro 16. Equivalencia en numero Mesh de diferentes tipos de grava.....	65
Cuadro 17. Lista de Materiales.....	67
Cuadro 18. Datos técnicos de los hidrociclones.....	79
Cuadro 19. Características de separadores de arena.....	82
Cuadro 20. Esterilizadores de agua por radiación ultravioleta.....	95
Cuadro 21. Precios de los filtros por su capacidad de filtración.....	105

INDICE DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Diferentes Tipos de Obturaciones en Emisores.....	8
<i>Figura 2. Funcionamiento de un filtro de malla.....</i>	<i>20</i>
Figura 3. Filtros de malla Horizontales con soporte plástico.....	22
Figura 4. Cartuchos de malla para pequeños gastos.....	22
Figura 5. Cartucho de malla, de soporte plástico.....	22
Figura 6. Instalación de filtros de malla con soporte metálico.....	23
Figura 7. Partes de un Filtro de malla con soporte metálico.....	23
Figura 8. Filtros de malla tipo inclinados con soporte metálico.....	23
Figura 9. Cartucho de malla de acero inoxidable.....	27
Figura 10. Lavado del cartucho de malla con agua a presión.....	33
Figura 11. Funcionamiento de un filtro de Anillas.....	36
Figura 12. Filtros de Anillas Conectados en paralelo.....	37
Figura 13. Cartuchos de Filtros de anillas.....	37
Figura 14. Partes de un Filtro de Anillas.....	38
Figura 15. Diferentes tipos de anillas de Plástico.....	38
Figura 16. Filtros de Anillas en forma Horizontal.....	38
Figura 17. Filtros de Anillas en forma Vertical.....	39
Figura 18. Filtro de anillas saturado.....	40
Figura 19. Limpieza de anillas con un chorro de agua a presión.....	40
Figura 20. Instalación de Filtros de Anillas en paralelo de limpieza automática...	42
Figura 21. Sistema de filtros de arena conectados en paralelo.....	47
Figura 22. Instalación de Filtros de arena y sistema de estos Portátil.....	47
Figura 23. Tanques de filtros de arena y su funcionamiento.....	47
Figura 24. Esquema de un filtro de grava de una sola unidad.....	49
Figura 25. Modo de Filtración de los filtros de Arena y Grava.....	50
Figura 26. Distribución uniforme de Colectores para un flujo balanceado en los filtros de arena y grava	51
Figura 27. Función del Retrolavado.....	54
Figura 28. Válvulas reguladoras para el Retrolavado.....	56

Figura 29. Programador para Retrolavado.....	58
Figura 30. Esquema de Colocación de los Componentes de la automatización	60
Figura 31. Diagrama de Instalación de los Componentes de un sistema de Filtros de grava y arena(vista Frontal)	63
Figura 32. Diagrama de Instalación de los Componentes de un sistema de Filtros de grava y arena (Vista lateral)	63
Figura 33. Diagrama de una buena instalación.....	64
Figura 34. Salida de agua filtrada con refuerzos en el fondo del barril.....	68
Figura 35. Conexiones de salida del filtro de barril.....	68
Figura 36. Flautas armadas lista para instalarse dentro del barril.....	68
Figura 37. Otra vista de las flautas armadas.....	68
Figura 38. Flautas instaladas dentro del filtro de barril.....	69
Figura 39. Sierra para fabricar flautas.....	69
Figura 40. Conexión de entrada del filtro de barril.....	70
Figura 41. Refuerzo de la tapadera del filtro de barril.....	70
Figura 42. Difusor de entrada.....	71
Figura 43. Filtro de Arena ya terminado.....	71
Figura 44. Filtro de arena terminado e instalado.....	71
Figura 45. Pasos para el retrolavado del filtro de barril.....	72
Figura 46. Hidrociclones instalados en paralelo y unidad sola de hidrociclón.....	75
Figura 47. Diferentes tipos de hidrociclones para caudales grandes.....	75
Figura 48. Principio de Funcionamiento del Hidrociclón.....	78
Figura 49. Grafica de pérdidas de Carga de un hidrociclón.....	80
Figura 50. Separador de arena con inclinación de 22.5°	82
Figura 51. Funcionamiento de los Filtros de efecto ciclónico.....	84
Figura 52. Funcionamiento de los diferentes Filtros de efecto Ciclónico.....	84
Figura 53. Número de aberturas.....	86
Figura 54. Componentes de los filtros de efecto ciclónico.....	86
Figura 55. Pequeños Filtros de Seguridad.....	87
Figura 56. Filtro Automático.....	90

Figura 57. Montaje de Filtros SATI.....	90
Figura 58. Diferentes Tipos de Filtros automáticos de mallas.....	91
Figura 59. Filtros Automatizados de mallas.....	91
Figura 60. Montaje de filtro automático de 3”.....	91
Figura 61. Instalación de filtros automáticos.....	92
Figura 62. Montaje de una estructura de filtros automáticos de malla.....	92
Figura 63. Filtros de Anillas automáticos (Azud).....	93
Figura 64. Filtros de anillas semiautomáticos con capacidad de limpieza máximo de 160 m ³ /h.....	94
Figura 65. Filtros Thompson.....	96
Figura 66. Modo de Operación de Filtros Thompson.....	97
Figura 67. Modo de eliminación de los sedimentos.....	97
Figura 68. Esquema de un desarenador.....	99
Figura 69. Corte transversal de un desarenador.....	100
Figura 70. Nomograma para el Diseño de un desarenador.....	101
Figura 71. Desarenador con un diseño inapropiado.....	102
Figura 72. Canastillo.....	103
Figura 73. Trampa horizontal de basura.....	104
Figura 74. Relación de precios de filtros según su capacidad de filtración.....	106

INTRODUCCIÓN

La importancia que tiene la agricultura en la actualidad y/o la escasez actual de los recursos hídricos han propiciado que el uso agrícola de aguas sea de muy diversa procedencia, que para el riego tradicional no requieren filtrado previo, sin embargo en los riegos localizados el filtrado previo si es necesario.

El mayor interés que está adquiriendo el ahorro y la optimización de los recursos hídricos, han llevado a utilizar en el campo las diferentes técnicas de riego, la primera técnica ha sido la de poder aplicar el agua en el lugar y momento óptimo, según el cultivo, se escoge entre los sistemas de riego que existen el mas adecuado, ya sea goteo o microaspersión.

Estos sistemas de riego generalmente funcionan con la alteración de la velocidad del flujo del agua en el interior de los conductos de los diferentes emisores, estas vías son de tal dimensión que provocan que el agua pierda un amplio margen de la presión que lleva y se produzca el goteo, o en otros casos, la aspersión, las vías para los emisores como serpentines, o laberintos, que usualmente tienen secciones menores que el milímetro, son muy sensibles a la obstrucción producida por las partículas arrastradas por el agua (MerkasiS.L.,1998).

Las obstrucciones disminuyen el diámetro del emisor y en ocasiones, cierran totalmente el paso al agua, esta disminución de diámetro repercute en el rendimiento del cultivo ya que habrá plantas que no reciban toda el agua necesaria para su buen desarrollo por consiguiente, no todos los emisores presentan el mismo grado de obstrucción, por lo que la uniformidad de aplicación del agua de riego también es afectada (Gob. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).

Estos tipos de problemas se han intentado eliminar realizando diferentes prácticas en el riego, como son las labores de mantenimiento que se basan principalmente en el lavado posterior a utilizar de las instalaciones, o en evitar la mezcla de determinados productos en el riego, este tipo de acciones no son más que el complemento necesario a una adecuada instalación de filtración, que es un requisito necesario en cualquier sistema de riego localizado, la filtración no es más que un tratamiento físico del agua, pues no destruye las partículas que el agua transporta, sino que solamente las detiene, la función de la filtración es la de impedir que los sólidos en suspensión pasen a los dispositivos de los emisores y provoquen obstrucciones (Azud, 2000).

El escaso o en ocasiones nulo mantenimiento que los agricultores realizan a los equipos de riego tecnificado, ocasiona un sin número de inconvenientes que provocan una reducción de la vida útil de los equipos, dependiendo de la procedencia del agua de riego y del proceso de transporte y almacenamiento del agua antes de ser utilizada, podemos tener una idea del tipo de elementos en suspensión, y en función de éstos elegir el tipo de filtrado necesario, resultará por tanto imprescindible disponer de un análisis de agua cualitativo y cuantitativo de los sólidos en suspensión (Farell, 1989).

El análisis de los elementos en suspensión por tipo y concentración, así como el conocimiento de sus variaciones y el tamaño de orificio de los emisores por proteger de obturaciones, Estos son los datos básicos para seleccionar las unidades de filtración. Generalmente se requiere dos o tres tipos de filtros instalados en serie para eliminar las partículas en suspensión y prevenir el taponamiento, y para tratar todo el caudal de un proyecto se puede requerir varias unidades instaladas en paralelo y conectadas a una tubería distribuidora (Merkasi S.L.,1998)

ANTECEDENTES

Para solucionar el problema de obturaciones en los emisores surgieron diferentes sistemas de filtración, realizando una clasificación por el tipo de elemento filtrante del que disponen, se encuentran principalmente los discos, la malla, la arena, la fuerza centrífuga, que gran parte de estos consisten en una serie de canales que dificultan el paso de las partículas que contiene el agua.

Es importante tener en cuenta, que las propiedades físicas de las partículas a retener, la calidad del agua a tratar, y la calidad del elemento filtrante son las que nos llevan a que seleccionemos un tipo de sistema de filtración adecuado en cada proyecto, ya que cada uno de estos sistemas, emplea mecanismos de trabajo basados en diferentes propiedades físicas como la decantación, la floculación, o la interposición de una barrera física (Pippenger, 1979 y Netafim, 1988).

Los Tipos de partículas sólidas en suspensión según su naturaleza pueden ser

- Orgánica: algas, bacterias, materiales abióticos, etc.
- Inorgánica: arenas, limos y arcillas.

Para las partículas orgánicas requieren un filtrado de arena y para las inorgánicas se requiere filtrado de mallas o anillas; en caso muy especial han de realizarse prefiltrados, cuando los contenidos de sólidos en suspensión sean orgánicos o inorgánicos y existen en cantidades elevadas, se utilizarán los hidrociclones para la eliminación de las arenas, y los filtros Yack o Australiano para tratamiento de aguas residuales con alto contenido en materiales orgánicos (Martínez B. L., 2000).

En el filtrado del agua, generalmente es necesario el uso de filtros de arena y de mallas o anillas colocados en este orden, de manera que el agua pasa primero por el filtro de arena, encontrándose a continuación el punto de entrada o inyección de los fertilizantes y productos químicos a la red, este queda situado entre ambos filtros de forma que cualquier impureza del fertilizante o precipitado que se forme al reaccionar con el agua queden retenidos por los siguientes filtros de malla o anillas. (Pizarro, 1990).

PREFILTRADO

El Prefiltrado tiene por objetivo eliminar impurezas en el agua de riego antes de su ingreso al sistema de filtraje, su principal función es la de retener los sólidos de mayor tamaño que arrastra o se encuentran suspendidos en el agua de riego, los equipos de limpieza previa, por lo general corresponden a sencillas obras de arte ubicadas estratégicamente, se instalan de acuerdo con la procedencia del agua, entre estas estructuras destacan decantadores, desarenadores, trampas de maleza, y obras de aducción y succión, de esta forma se previene el problema antes del ingreso al sistema de riego localizado, reduciendo considerablemente la carga de partículas en suspensión o arrastre (Rojas W., Leris L., 2001).

En los equipos de prefiltrado se pueden incluir dos sistemas de eliminación de las partículas más gruesas, estos son:

- Depósitos de decantación

Estos depósitos eliminan las partículas en suspensión por sedimentación, en el fondo de un depósito se deja el agua durante cierto tiempo, este sistema es útil para aguas con gran cantidad de materia inorgánica suspendida (arenas, arcillas...) o para aguas muy ricas en hierro (sobre todo subterráneas) ya que el hierro se oxida al airearse al agua durante su entrada en el depósito.

- Dispositivos de desbaste

Estos dispositivos se utilizan en aguas con muchas partículas gruesas, consisten en unas mallas que se colocan perpendicularmente al flujo del agua, de forma que los elementos de mayor tamaño quedan retenidos en ellas, en el mercado existen dispositivos de este tipo con distinto grado de sofisticación (Gob. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).

EQUIPO DE FILTRACIÓN

Este consiste en un conjunto de mecanismos situados en el centro de control del sistema de riego, que separan el agua de las partículas físicas contaminantes, que mayormente podrían obstruir el flujo normal de agua en los emisores, ya que constantemente el agua circula en los goteros por conductos de escaso diámetro, por lo que las obstrucciones serían muy frecuentes de no contar en la instalación con un equipo de filtrado correctamente dimensionado. La diferencia de presión de los manómetros incorporados en el sistema de filtraje, indicará el grado de saturación, procediendo a la eliminación de las partículas, de forma que las partículas retenidas no puedan ingresar al sistema con la presión a la cual están siendo sometidas durante el lavado (Rojas W., Leris L., 2001).

EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES DE FILTRACIÓN SE DEFINEN POR TRES PARÁMETROS.

- Intensidad de filtrado.
- Caudal
- Velocidad

La intensidad del filtrado está determinada por el tipo de emisor, el segundo parámetro como es el caudal está en función del volumen de agua demandado por la instalación, la velocidad del agua a través de los filtros influye directamente tanto en las pérdidas de carga, como en la frecuencia de limpieza de los mismos (Azud, 2000).

NORMAS GENERALES PARA CUALQUIER EQUIPO DE FILTRACIÓN (Rodríguez, 1982).

- Material adecuado, resistente a la oxidación y a las presiones normales de trabajo.
- Pérdidas de carga mínimas al paso del agua a través del filtro, para evitar consumo de energía innecesaria, y no repercuta en el aspecto económico.
- Fácil manejo del equipo de limpieza, ya que los elementos retenidos por el filtro van obturándolo progresivamente, exigiendo su limpieza periódica.
- Resistencia de los materiales a los distintos productos químicos disueltos en el agua de riego que puedan destruir la estructura interna de los filtros.
- Fácil automatización de los dispositivos de limpieza, lo que mejora rendimiento de la instalación.
- El cabezal de la instalación necesita de manómetros, colocados a la entrada y a la salida de cada bloque de elementos de filtrado, de forma que las diferencias de presión nos indican el estado de obturación de los filtros y el momento oportuno de realizar la limpieza, así como qué elementos son los que necesitan ser limpiados.

CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN DE REUNIR LOS EQUIPOS DE FILTRACIÓN (Rodríguez, 1982).

- Alta seguridad en el grado de filtrado.
- Capacidad de filtrar cantidades relativamente grandes de agua, requeridas por las demandas de una buena irrigación.
- Eliminar del agua las partículas sólidas en suspensión.
- Costo relativamente bajo en lo que respecta a instalaciones y mantenimiento.
- Bajo porcentaje de pérdidas de carga.
- Que no sea tan complicado y costoso su mantenimiento y que los intervalos entre cada mantenimiento sean lo mas largo posible, disminuir al máximo el mantenimiento.
- Durabilidad del equipo, largo periodo de vida útil.
- Posibilidad de diseñar e incorporar un sistema semi-automático sin aporte adicional de energía.

TIPOS DE OBTURACIONES EN LOS EMISORES DE RIEGO LOCALIZADO (Rojas W., Leris L. 2001)

Las obturaciones pueden ser de distintos tipos como se muestra en la Figura 1.

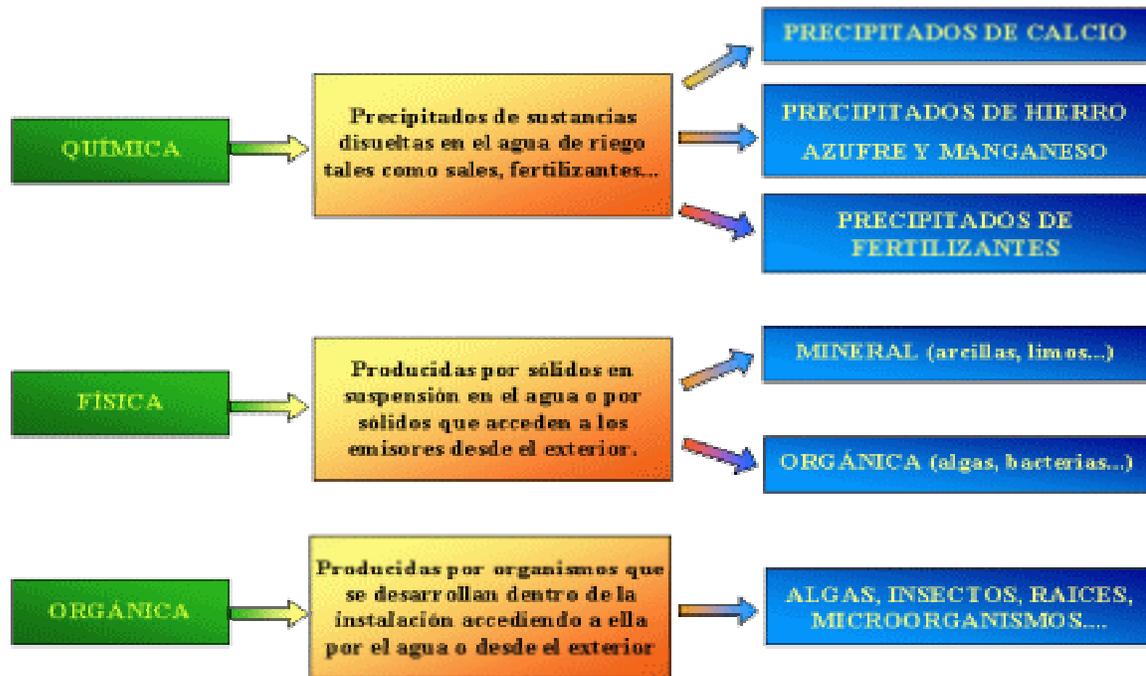


Figura 1. Diferentes Tipos de Obturaciones en Emisores.

OBTURACIONES QUÍMICAS

Los precipitados químicos se producen cuando se modifican las características del agua de riego como es la temperatura, presión, pH y cuando se evapora el agua del interior de los emisores una vez concluido el riego.

- Precipitados de calcio.

Los precipitados de calcio se producen con de la acidez del agua de riego. Cuando el agua es poco ácida, el calcio se precipita en los emisores provocando la disminución del diámetro de salida del agua de riego, la forma de prevenir y tratar este tipo de obturaciones es aplicando al agua de riego cierta dosis de ácido, normalmente ácido nítrico, que hará aumentar el valor de acidez del agua, de esta forma el calcio del agua de riego se disolverá y no se presentarán problemas y si ya existen obturaciones de calcio, estas se disolverán.

En el Cuadro1. se presentan las distintas dosis de ácido nítrico a aplicar para cada caso, el tipo de tratamiento para el que están indicadas y la frecuencia con que ha de realizarse dicho tratamiento, estas dosis es aplicar para un metro cúbico de agua, para saber la dosis total, hay que multiplicar los valores de la tabla por los metros cúbicos de agua que se van a suministrar, para tratamientos preventivos puede verse que hay dos opciones. Una de ellas consiste en aplicar ácido nítrico todos los días y la otra es aplicarlo cada 15 o 20 días pero con una dosis mayor (www.elriego.com).

Cuadro1. Dosis de Ácido Nítrico por cada m³ para diferentes Tratamientos.

TRATAMIENTOS CON ÁCIDO NÍTRICO DOSIS POR CADA m ³ DE AGUA DE RIEGO			
TRATAMIENTO	FRECUENCIA	DOSIS AC. NITRICO	TIEMPO TRATAMIENTO
PREVENCIÓN 1	DIARIO	100 - 300 cm ³	10 - 15 min
PREVENCIÓN 2	15-20 días	0.5 - 1 litros	30 min
OBSTRUCCIONES LEVES	Al detectarse	1 -2 litros	12 horas
OBSTRUCCIONES GRAVES	Al detectarse	Baño en ácido	El necesario
SIN CULTIVOS	Fin de campaña	3 - 5 litros	12 horas

Con respecto a los tratamientos con más dosis de ácido para obstrucciones leves y sin cultivo, hay que tener en cuenta que una vez que se ha terminado de aplicar el ácido, es necesario limpiar las tuberías haciendo funcionar el sistema con agua limpia a presión máxima abriendo los extremos de los ramales portagoteros para que salgan los restos de precipitados que no se han disuelto.

Cuando se presentan obstrucciones graves se recomienda el tratamiento de baño en ácido de los goteros, antes de realizar esta operación hay que estudiar la posibilidad de sustituir los goteros obturados por otros nuevos, ya que esta última opción puede ser más rentable económicamente y en mano de obra que el baño en ácido.

- **Precipitados de hierro, azufre y manganeso.**

Los precipitados de hierro, azufre y manganeso se forman en los emisores al ponerse en contacto estos elementos con la atmósfera, ya que se precipitan al oxidarse, para evitar los problemas de obturaciones debido a la oxidación, puede airearse el agua de riego mediante agitadores o inyectores de aire antes de que entre en el depósito de decantación o en el embalse de regulación si es que se cuenta con ellos.

De esta forma, los precipitados se forman antes de que el agua pase por el filtro de arena y se quedarán retenidos en él, también se pueden emplear elementos oxidantes que provoquen la precipitación tales como cloro, permanganato o distintos acidificantes (www.elriego.com).

- **Precipitados de fertilizantes.**

Los precipitados de fertilizantes pueden producirse por la reacción entre los elementos de distintas formulaciones como la incompatibilidad de estos al mezclarse o por reacciones con los elementos que contiene el agua de riego.

Para evitar estas reacciones es necesario comprobar en primer lugar la solubilidad del fertilizante en el agua de riego que se va a utilizar, la mezcla debe

ser rápida, homogénea y no generarse espumas ni reacciones de ningún tipo, antes de aplicar varios productos en el agua de riego también habrá que cerciorarse antes de que no reaccionarán entre ellos, comprobando su composición y compatibilidad (Gob. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).

OBTURACIONES FÍSICAS

Estas obturaciones son producto de las partículas sólidas en suspensión en el agua, principalmente corresponden a partículas de arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño de las partículas y las características del equipo de filtraje, en ocasiones pasan a través de los filtros, depositándose lenta y progresivamente al interior del sistema de riego, para posteriormente acumularse en los emisores, provocando la obstrucción, que afecta la distribución y aplicación del agua por parte del emisor.

Otro tipo de taponamiento común en instalaciones nuevas corresponde a los residuos que se generan al cortar y lijar PVC de las tuberías de conducción, también es frecuente encontrar restos de tierra y piedras que han ingresado a la tubería al momento de efectuar las uniones respectivas.

Las obturaciones físicas se producen por la sedimentación de partículas, tanto minerales como orgánicas, que se encuentran en suspensión en el agua de riego, también se consideran obturaciones físicas las producidas por partículas que acceden al emisor desde el exterior.

La prevención de este tipo de obturaciones tiene que ver con la instalación de un buen sistema de filtrado en el cabezal de riego, y mantenerlo en buen estado con un adecuado mantenimiento, para la eliminación de las partículas minerales, son más comunes si el agua de riego proviene de una acequia, lo más recomendable es un hidrociclón.

Para combatir las obturaciones físicas producidas por organismos que proviene de agua de embalses, lo más conveniente es la instalación de un filtro de arena, los equipos de filtrado deben ser los adecuados para el tipo y tamaño de

partículas que se encuentran en suspensión. si el agua de riego transporta una gran cantidad de sólidos en suspensión será necesaria la existencia de un equipo de prefiltrado que elimine las partículas más gruesas, de esta forma no se sobrecargará el equipo de filtrado y se disminuirán los gastos de mantenimiento de este equipo (www.elriego.com).

El ingreso a los emisores de partículas sólidas del exterior puede ser controlado evitando el contacto de los orificios de salida con el suelo colocando la salida del agua hacia arriba o instalando la tubería porta emisores a una cierta altura, si los emisores se encuentran enterrados, se deberá instalar un sistema antisucción que inyecte aire a presión en la red de riego cuando finalice la aplicación de agua, de forma que no entren en el emisor partículas del suelo.

Una vez que se han producido las obturaciones físicas la solución más adecuada es el aplicar agua a una presión mayor que la de riego, siempre y cuando sea posible, si esto no es posible se habrá de realizar una limpieza de los emisores o sustituirlos por otros nuevos (Gob. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).

OBTURACIONES ORGÁNICAS

Las obturaciones por elementos biológicos se producen por el crecimiento de éstos al alimentarse de restos de diversa índole que contienen las aguas de riego, causando problemas de obturaciones dentro de los emisores o en los filtros, estas obturaciones se detectan en los emisores por su aspecto grasiento de color oscuro.

Las obturaciones orgánicas por elementos biológicos están debidas entre otras a dos causas principales

- Al crecimiento de algas en balsas o recintos donde se acumula el agua al aire libre, las algas producen la colmatación rápida de los filtros y ocasionan restos que después serán medio de cultivo para el desarrollo de bacterias.
- Desarrollo de microorganismos dentro de las conducciones como bacterias principalmente.

Para solucionar estos dos problemas de obturaciones orgánicas o elementos biológicos, que en algún momento pueden ser graves, se recomienda

- En el caso de obturaciones por algas, un tratamiento eficaz es la aplicación de sulfato de cobre con dosis de 0.05 a 2 miligramos por litro de agua a tratar, colocando sacos sujetos a flotadores anclados en el fondo de la balsa, no se debe aplicarse con conducciones de aluminio, otra posibilidad complementaria a la anterior es colocar las tomas cuando es posible a profundidades mayores de dos metros pues las algas tienden a desarrollarse en la superficie.

- Para controlar las obturaciones debidas a bacterias se recomienda la utilización de hipoclorito sódico de forma que en el emisor más desfavorecido tenga durante un tiempo superior a 45 minutos una solución de cloro libre de 0.5 a 1 miligramos por litro de agua, un sistema de medida de la cantidad de cloro libre que sale por el gotero menos favorable sería el que utiliza la DPD

(N-dietil-p-fenil-diamina) ya que el resto de sistemas lo que miden es contenido de cloro total, para conseguir lo anterior en el cabezal de riego tendremos que aplicar entre 3 y 10 miligramos por litro de agua de cloro total dependiendo del sistema de riego y del pH del agua ,a mayores valores del pH, mayor cantidad, de forma que a pH mayores de 7.5 el contenido de cloro libre al final de los ramales más alejados debe ser de 2 a 3 miligramos por litro (Gov. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).

En el momento de la aplicación de los productos químicos se deben tener las siguientes precauciones

1. Concentraciones mayores de las recomendadas, no aumentan la eficacia y pueden dañar las raíces de las plantas.
2. Después de la aplicación se debe seguir regando como mínimo una hora.
3. La aplicación de cloro, se puede realizar por medio de una bomba inyectora, Venturi, goteo junto a la aspiración de las bombas, dosificadores para usos urbanos, etc. esta aplicación tiene que realizarse siempre antes de los filtros y si a estos se les ha realizado una limpieza antes mejor, ya que de esa manera las necesidades de cloro serán menores.

Cuadro 2. Probabilidad de ocurrencia de obstrucciones según contenido de partículas y sustancias disueltas en el agua (Bucks y Nakayama, 1987).

Tipo de obstrucción	Baja	Media	Alta
Físicas			
Material en	50	50-100	> 100

suspensión (ppm)			
Químicas			
pH	7	7-8	> 8
Hierro	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Manganeso	0,1 mg/l	0,1-1,5 mg/l	> 1,5 mg/l
Calcio	10 mg/l	10-50 mg/l	> 50 mg/l
Carbonatos	100 mg/l	100-200 mg/l	> 200 mg/l
Biológicas			
Bacteria por cm ³	10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

CONSIDERACIONES GENERALES HA LLEVAR ACABO PARA LA PREVENCIÓN DE OBTURACIONES

- Cuando se pone en marcha una nueva instalación o después de reparar una avería se deben abrir los finales de las líneas antes de abrir el paso a el agua, para proceder al lavado de materiales extraños.

- Realizar lavados periódicos, abriendo los finales de las líneas.
- Llevar a cabo revisiones y limpieza periódicas de los filtros de mallas y de anillas o del sistema de filtración con que se cuente, si se observan obturaciones por carbonatos introducir éstas en una solución de ácido nítrico al 3% durante 30 minutos.
- Asegurar que no quede residuos de fertilizantes en las tuberías al finalizar el riego.
- El color de las obstrucciones difiere según sea su origen: blanco cuando son originadas por carbonatos; negro grasiento con textura gelatinosa cuando son originadas por microorganismos; ocre rojizo cuando son originadas por precipitados de hierro.

SELECCIÓN DEL ELEMENTO FILTRANTE SEGÚN EL CONTAMINANTE PREDOMINANTE EN EL AGUA

Es importante recalcar, que son las propiedades físicas de las partículas a retener, la calidad del agua a tratar, y las del elemento filtrante las que llevan a que se seleccione uno u otro tipo de filtro en cada proyecto, ya que cada uno de estos, emplea mecanismos de trabajo basados en diferentes propiedades físicas como la decantación, la floculación, o la interposición de una barrera física (Azud, 2000).

Cuadro 3. Selección del elemento filtrante según el contaminante.

CONTAMINANTE	HIDROCICLÓN	ARENA	MALLA	DISCOS	FILTROS CENTRÍFUGOS
ARENA	+	-	-	-	+
OTRAS PARTICULAS INORGÁNICAS	+	+	+	+	+
SUSTANCIAS ORGÁNICAS	-	+	+	+	+
LIMOS Y ARCILLAS	PROCESOS DE DECANTACIÓN O FLOCULACIÓN				

Algunos filtros combinan diferentes mecanismos, otros emplean uno solo. Por ejemplo, los filtros de arena, basan su operatividad en la retención de partículas a lo largo de toda la altura de lecho, comúnmente los filtros de arena, se han ubicado en los comienzos de los cabezales con el fin de que por su gran capacidad de retención, se realizar un primer filtrado, que siempre debe ir seguido de otro tipo de filtro de seguridad, tanto por la arena que puede ser arrastrada por el caudal de agua, así como por el problema del desgaste que se va formando en los canales interconstruidos por la arena o grava (MunueraM.T.,2000).

Los filtros de malla, consistentes en un entramado de hilos, han ido evolucionado a un nuevo sistema de filtrado por discos, mientras que la filtración por tamiz supone una pantalla con la profundidad de un hilo, a través de sus aberturas van a pasar las partículas, los discos consisten en una barrera con un espesor del que carece la malla, los discos ranurados poseen en ambas caras, canales trapezoides que disminuyen su sección con la longitud, con lo que las partículas se van reteniendo no sólo en un punto, sino a lo largo de todo un túnel que va cerrándose, por lo que generalmente producen más pérdidas de carga

para el mismo grado de filtrado que los de malla, que tienen menos superficie de retención (Munuera M.T.,2000).

TIPOS DE FILTROS Y ORDEN DE COLOCACIÓN SEGÚN LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN.

Cuadro 4. Orden de Colocación de Filtros según los contaminantes (www.merkasi.com).

SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	TIPOS DE FILTROS Y ORDEN DE COLOCACIÓN
Algas y materiales abióticos	Yack o Australiano + arena + malla
Arenas	Malla o hidrociclón + malla
Algas + arenas	Arena + malla
Impurezas de los fertilizantes, arena, etc	Filtros de seguridad (A la salida de la cuba o del tanque)

FILTROS DE MALLAS

DESCRIPCIÓN.

Los filtros de malla están constituidos por un cuerpo cilíndrico que aloja en su interior un cartucho de malla, que puede tener diferentes tamaños de orificios, a través del cual circula el agua que se pretende filtrar (Munguia, 1997).El soporte puede ser metálico o de plástico y la malla suele ser de acero inoxidable o también de nylon (Amiad, 2000).

Los filtros de malla están formados por un cartucho en cuyo interior va uno o mas cilindros concéntricos de mallas que pueden ser metálicos o plásticos, en el caso de varios cilindros, las mallas de cada uno de ellos son de distinto espesor de forma que la separación de partículas se hace en varias fases, normalmente el agua atraviesa las mallas mas gruesas y posteriormente las más finas, cuanto mas densas sean las mallas, menor será el tamaño de las partículas que dejen pasar, pero su costo es mas elevado por la mayor dificultad de fabricación (Medina, 1979).

PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El agua penetra el mismo y pasa a la cámara interior del cartucho, al atravesar la pared del cartucho, las partículas cuyo tamaño es mayor que el de los orificios de la malla, quedan retenidas, acumulándose en el interior, la colmatación del filtro de mallas se produce de forma gradual, dejando cada vez un menor superficie para el paso del agua y aumentando por lo tanto las pérdidas de carga que produce (www.merkasi.com). Figura 2.

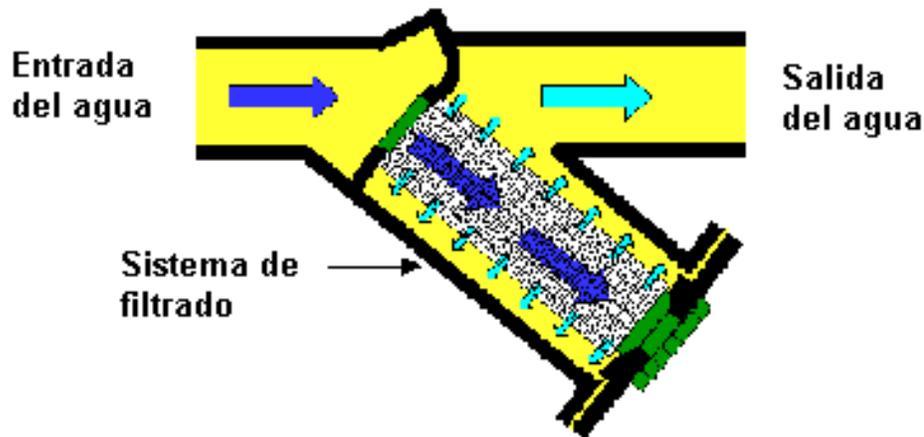


Figura 2. Funcionamiento de un filtro de malla.

Los filtros de malla realizan un tamizado superficial del agua, reteniendo aquellas partículas de tamaño superior al de los orificios de malla, esto hace que su colmatación sea mucho mas rápida que la de los filtros de arena, por esta razón se suelen utilizar con aguas no muy sucias que contengan partículas de tipo inorgánico, o como filtros de seguridad después de hidrociclones, filtros de arena o equipos de fertirrigación, cuando el agua contienen algas el uso del filtro de mallas no esta indicado, por que se colmatan rápidamente y dejan pasar las impurezas. Existe una clasificación que distingue entre cartuchos y filtros de malla propiamente dicho, la diferencia entre ambos no es demasiado importante y se refiere exclusivamente al tamaño. Los cartuchos son filtros pequeños para caudales de menos de 10 m³/h (Arkal, 1990).

USOS Y LIMITACIONES

Los filtros de malla están especialmente indicados para la retención de partículas de origen mineral, ya que la materia orgánica con estructura fibrosa, suele colarse con facilidad a través de los orificios de la malla, estos filtros deben ser capaces de retener partículas cuyo tamaño sea superior a 1/8 del diámetro de mínimo de paso del emisor que se piensa instalar (Farell, 1989).

En cualquier instalación de riego localizado se debe colocar al menos un filtro de mallas o anillas de riego localizado, para retener las partículas de origen mineral que puedan llevar el agua en suspensión, todos los filtros de mallas y de tipo pantalla son inefectivos para detener la materia orgánica muy fina, los microorganismos y las partículas de dimensiones coloidales muy pequeñas (Karmelli, 1975).

LOS FILTROS DE MALLA PUEDEN CLASIFICARSE EN TRES TIPOS SEGÚN SU POSICIÓN DE INSTALACIÓN.

VERTICALES Con orificio de entrada y salida a 90°, las tomas roscadas de 2" y 3", cartuchos de PVC con la malla por el exterior para facilitar su limpieza manual, pudiéndose lavar sin desmontar.

INCLINADOS Fabricados en Y, desde 2" y 3" con malla exterior y desde 4" a 10" con malla interior, inclinación a 30° y 45°, según modelo.

HORIZONTALES Tipos en L para grandes caudales, con malla estándar para goteo, tipo para pivot con malla estándar de 1,5 de luz y automáticos en U con proceso de autolavado automático, desde 3" a 12", con presostato diferencial y mecanismo interno con boquillas aspiradoras (www.elriego.com).

FIGURAS DE FILTROS DE MALLAS CON SOPORTE PLÁSTICOS

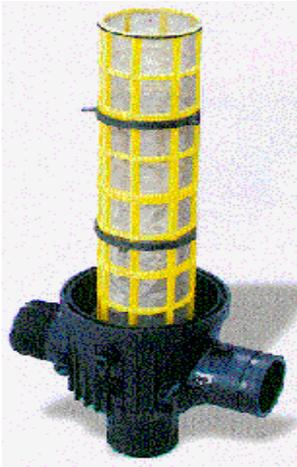


Figura 3. Filtros de malla Horizontales con soporte plástico.

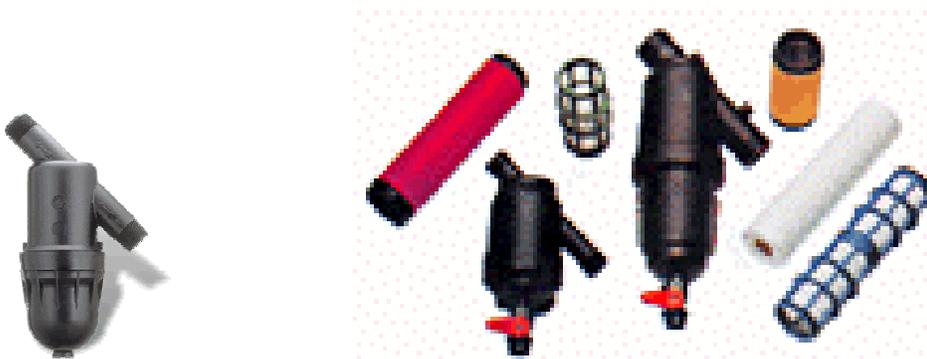


Figura 4. Cartuchos de malla para pequeños gastos.



Figura 5. Cartucho de malla, de soporte plástico.

FIGURAS DE FILTROS DE MALLAS CON SOPORTE METALICOS



Figura 6. Instalación de filtros de malla con soporte metálico.

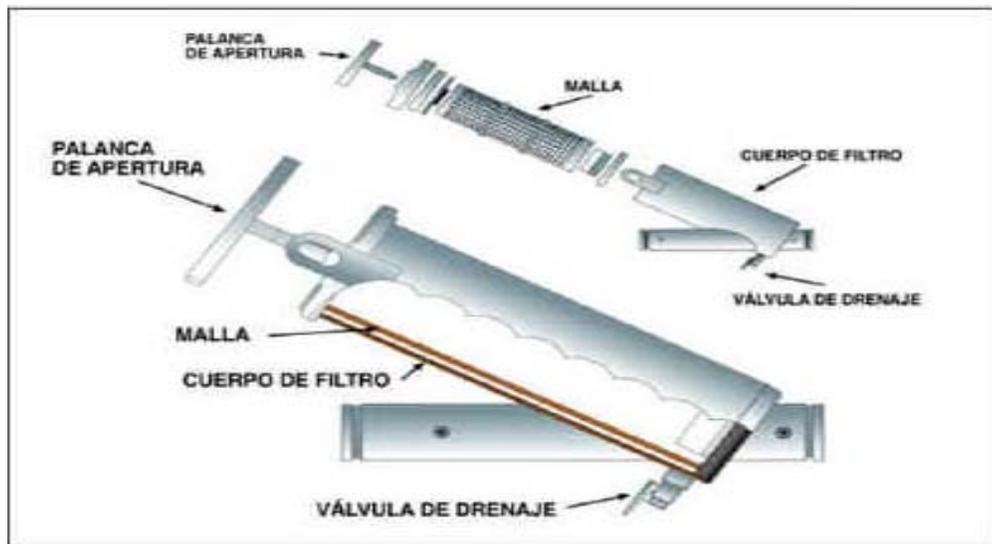


Figura 7. Partes de un Filtro de malla con soporte metálico.



Figura 8. Filtros de malla tipo inclinados con soporte metálico.

PRINCIPIOS DE DISEÑO

En la elección de un filtro de malla hay que determinar el número de mesh de la malla, es decir la superficie de la malla y el tamaño de los orificios, Para esto un criterio usado comúnmente es que el tamaño del orificio sea aproximadamente 1/7 del menor diámetro de paso del emisor, este valor se puede elevar a un 1/5 en el caso de microaspersión, esto es debido, a la posible entrada de una partícula de dimensión menor, que puede aglutinar partículas una vez que hayan superado el paso a través de las mallas.

El empleo de mallas más finas no es recomendable porque aumenta la frecuencia de las limpiezas y los problemas potenciales que acompañan a la colmatación de las mallas, en el Cuadro 5. se muestran las mallas de acero recomendadas según criterio 1/7 (Pizarro, 1990).

Cuadro 5. Número de mesh para mallas de acero (criterio 1/7)

MALLAS DE ACERO RECOMENDADAS (CRITERIO 1/7)		
	MALLA	
DIÁMETRO DEL GOTERO (mm).	ORIFICIO MENOR QUE (micras)	Nº DE MESH
1.50	214	65
1.25	178	80
1.00	143	115
0.9	128	115
0.80	114	150
0.70	100	170
0.60	86	200
0.50	71	250

La superficie de malla se calcula en función del caudal (Q), incrementado un 20% por concepto de margen de seguridad, y en función de los valores aceptables

de la velocidad real siendo la velocidad a través de los orificios, que se indica en el Cuadro 6 (López J.R. ,1992).

Cuadro 6. Velocidad recomendada según el tamaño de orificio y clase de agua.

VELOCIDAD RECOMENDADA EN FILTROS DE MALLA		
TAMAÑO DEL ORIFICIO (micras)	CLASE DE AGUA	V (m/s)
300-125	Limpia	0.4-0.9
300-125	Con algas	0.4-0.6
125-75	Cualquiera	0.4-0.6

Estos límites de velocidad equivalen a un caudal por área neta y por área efectiva de malla que se indican en el Cuadro 7 (López J.R. , 1992).

Cuadro 7. Caudales en los Filtros de malla.

CAUDAL EN LOS FILTROS DE MALLA		
V (m/s)	m ³ /h por m ² de área neta	m ³ /h por m ² de área total*
0.4	1440	446
0.6	2160	670
0.9	3240	1004

* Valido solo para filtros de malla metálica: calculada según $A_n = 0.9 \cdot 0.34 \cdot A_t$

Ejemplo: Dimensionar un filtro de malla para un caudal de $Q = 62688$ l/h y goteros de diámetro mínimo de 0.8 mm.

Tipo de malla: Se seleccionan en el cuadro 5. "Mallas de acero recomendadas (criterio 1/7)", para un diámetro del gotero de 0.8 mm, se elige una malla de acero de 150 mesh con un tamaño de orificio menor que 114 micras.

Superficie del filtro: El caudal incrementado un 20% es de $Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$, se selecciona en el Cuadro 6. (Velocidad real recomendada en filtros de malla), para un tamaño de 114 micras, la velocidad del agua debe estar comprendida entre 0.4 y 0.6 m/s. Aceptando 0.4 m/s, se selecciona en el Cuadro 7. (Caudal en los filtros de malla), se encuentra que el caudal debe ser de $446 \text{ m}^3/\text{h}$ por m^2 de área total de filtro (A_t), por tanto el filtro de malla deberá tener una superficie.

$$S = 75/446 = 0.17 \text{ m}^2$$

Se elige por tanto un filtro de $\varnothing 4"$, en el que el cilindro filtrante, tiene un diámetro de 0.15 m y una longitud de 0.50 m, con una $S = 0.24 \text{ m}^2$.

En la instalación de un filtro de mallas se debe prever la colocación de manómetros o de tomas de presión, tanto aguas arriba como aguas abajo del mismo, con el fin de poder establecer el grado de colmatación del mismo y el momento de su limpieza.

Existen modelos de filtro en el mercado que están dotados de electroválvulas y de presostatos diferenciales, que realizan la limpieza del filtro de forma automática, en el resto de los modelos, la limpieza se realiza de forma manual, aunque se puede instalar los elementos necesarios para realizarla de manera automática.

Las mallas que se colocan en el interior del filtro pueden ser de materiales y características diferentes como acero inoxidable o de plástico como poliéster, nylon, etc., el parámetro que comúnmente se utiliza para evaluar la capacidad de

retención del filtro es el número de mesh, que se define como el número de orificios por pulgada lineal, contados a partir del centro de un hilo, así se dice una malla de 120 mesh o 120 orificios (www.elriego.com).



Figura 9. Cartucho de malla de acero inoxidable.

En la definición del número de mesh se puede observar que no se refiere en ningún caso al tamaño, sino al número de orificios, dos cartuchos con el mismo número de mesh pueden presentar tamaños de orificio diferentes, según la malla este construida en uno u otro material, esta en función del grosor de los hilos que lo constituyen, los hilos de acero son más finos que los de plástico, por lo que a igualdad de mesh, los orificios de malla de acero son mayores que los de plástico (Medina, 1979).

El número de mesh puede ser por lo tanto, un dato orientativo sobre la capacidad de filtrado de una malla, según nuestro punto de vista resultaría más recomendable la adopción de la luz de la malla (es el tamaño del orificio expresada en mm.) como parámetro para definir la capacidad de retención del filtro, evitándose las posibles confusiones que pueda dar lugar el empleo del número de mesh.

Para mallas de acero inoxidable se puede dar el siguiente cuadro 8., que relaciona el tamaño de los orificios con el número de mesh, las mallas estándar son las comprendidas entre 100 y 200 mesh (Pizarro, 1990).

Cuadro 8. Relación de número de Mesh con el tamaño de orificio para mallas de acero.

Nº DE MESH	ORIFICIO ($\mu\mu$)	Nº DE MESH	ORIFICIO ($\mu\mu$)
3,5	5600	32	500
4	4750	35	425
5	4000	42	355
6	3350	48	300
7	2800	60	250
8	2360	65	212
9	2000	80	180
10	1700	100	150
12	1400	115	125
14	1180	150	106
16	1000	170	90
20	850	200	75
24	710	250	63
28	600		

Para mallas fabricadas en otros materiales se debe consultar a los fabricantes de los cartuchos acerca de la luz de paso de la malla, en las mallas fabricadas en otros materiales, por ejemplo nylon, no se pueden citar valores exactos, pues el porcentaje de huecos depende del grosor del nylon utilizado por cada fabricante,

no obstante se ha comprobado que hasta 120 mesh con material de nylon tiene aproximadamente las mismas características que las metálicas (Martínez, L. 2001).

PERDIDAS DE CARGA

La elección del modelo de filtro, así como la determinación del momento para la limpieza, se hace en función de las pérdidas de carga que produce, un filtro de malla limpio debe presentar, para su caudal de funcionamiento, una pérdidas de carga alrededor de 2 m.c.a. y se debe proceder a la limpieza del mismo cuando las pérdidas de carga que se produzcan en el equipo sean de unos 4-6 m.c.a. si en algún momento se permiten mayores pérdidas de carga el filtro pierde eficacia y se puede llegar a romper la malla. Esta cifra de 4-6 m.c.a. es la que hay que tener en cuenta en el cálculo de la instalación del equipo de bombeo (Medina, 1979).

CAUDAL DE DISEÑO Y PÉRDIDA DE CARGA NOMINAL.

El filtro, por ser un dispositivo que dificulta el paso del agua, requiere de una presión mínima para que circule el caudal deseado a través de él, esta presión mínima se conoce como pérdida de carga nominal del filtro y no debe ser superior a 3.5 m.c.a, 0.35 bar o 5.0 psi.

Una pérdida de carga nominal mas allá de este valor afectará la potencia requerida para hacer funcionar el sistema, un consumo extra de 1 HP por exceso de pérdida de carga en el sistema de filtro, puede significar varios kilowatts al año, lo que aumenta el consumo de potencia eléctrica originando mayores costos de operación (Rainbird, 1990).

La pérdida de carga del sistema de filtros no debe ser superior a 3.5 m.c.a. cuando está completamente limpio. A medida que comienza a retener partículas, esta aumenta, el momento de limpiar los filtros llega cuando la pérdida de carga de todo el sistema de filtración es de 6 m.c.a.

Permitir que el sistema de filtros pierda más de 6 m.c.a. por acumulación de residuos, afecta la presión de funcionamiento de las laterales, por lo tanto, el caudal de cada emisor puede disminuir afectando la intensidad de aplicación de agua.

El efecto que se tiene con los filtros sucios puede provocar una disminución total de agua aplicada en la temporada hasta de un 15%, cuando se utilizan goteros no autocompensados. En sistemas con emisores autocompensados, aquellas áreas que funcionan con la mínima presión recomendada por el fabricante pueden sufrir una reducción en el volumen total del agua aplicada en la temporada.

Para minimizar el efecto negativo en la presión producida por filtros sucios, hay que lavarlos cuando la diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro sea de 6 m.c.a., 0.6 bar o en el rango de 7 a 8 psi (Rainbird, 1990).

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.

Los filtros deben estar preparados y diseñados para acarrear las descargas necesarias, siendo esta cantidad razonable para los sistemas comunes, estas descargas normales no deben requerir excesivos trabajos de limpieza, lo

conveniente es que se limpien una vez luego de cierto periodo de aplicación regular, en ocasiones las dificultades comienzan a surgir con el problema de mantenimiento debido a los cambios de la calidad de agronómica del agua (a los cambios rápidos de impurezas), aumentando la mano de obra requerida y problematizando el funcionamiento, especialmente en las épocas en que deben aumentarse las horas riego ya sea por el ciclo de cultivo o por el grado de evapotranspiración (Matta C. R. 1998).

Los métodos mas comunes de limpieza para los tamices o cartuchos de malla son:

Limpieza manual la limpieza del filtro se realiza abriendo la válvula de la parte inferior del filtro, por donde saldrá el agua arrastrando las impurezas retenidas. se puede realizar una limpieza mas a fondo del mismo desmontándolo y limpiando el cartucho con agua a presión o con un cepillo, existen otros modelos donde la limpieza puede ser diferente.

El sistema de filtrado debe ser limpiado, cada vez que la presión por suciedad en los filtros aumente en exceso, esto puede verificarse en la lectura de los manómetros, cuando la diferencia de presión entre los manómetros ubicados antes y después del filtro sea de un 10% entre 0.3 a 0.5 bares o 3 a 4 m.c.a., se debe lavar el filtro (Karmelli, 1975).

Limpieza automática el cual se realiza hidráulica o eléctricamente durante la operación del filtro ya sea continuamente en base aun calendario de tiempo/ Volumen preestablecido o cuando la caída de presión a través del filtro alcanza un limite permisible.

La limpieza automática se realiza mediante válvulas eléctricas que sustituyen a las válvulas de compuerta que existen en los modelos manuales.

Los filtros operados hidráulicamente no requieren energía externa, operan por medio de la presión del agua y los filtros operados eléctricamente son para servicio pesado y se usan para la filtración de primer etapa (Filtración Gruesa) (Amiad,2000).

Algunos mecanismo de auto limpieza se establecen por medio de sensores calibrados para detectar las diferencias de presiones entre la superficie exterior de los elementos de filtrado y la superficie del interior del mismo, la fuerza de extracción que activa este mecanismo puede ser eléctrica o hidráulica.

El trabajo de limpieza de filtros se realiza por medio de un frotamiento característico, o por una rotación de los elementos de filtrado o algún otro implemento de limpieza, incluyendo un retorno de lavado y aperturas simultaneas de válvulas de drenaje (Karmelli, 1975).

El movimiento del agua a velocidades de 6 m/s a través de la rejilla, ayuda a la limpieza en mallas de acero o nylon.

Cuando ni la inversión de flujo manual ni la automática sean suficientes para limpiar las mallas, deberán sacarse estas y limpiarlas con un cepillo y un chorro de agua a presión (Medina, 1979)



Figura 10. Lavado del cartucho de malla con agua a presión.

Limpieza por enjuague continuo por ejemplo retrolavando el tamiz a contracorriente, desviando un chorro de agua limpia sin desmantelar el filtro (Karmelli, 1975).

FILTROS DE ANILLAS

DESCRIPCIÓN

Los filtros de anillas tienen el mismo campo de aplicación que los filtros de malla, aunque los principios de funcionamiento son diferentes, se pueden utilizar indistintamente uno u otro (Martínez L., 2001).

Estos sistemas de filtrado son de forma cilíndrica y contiene un soporte cilíndrico central perforado, sobre el que se colocan anillas con ranuras impresas, el agua se filtra al pasar por los pequeños conductos formados entre dos anillas consecutivas, el filtro de anillas puede retener, igual que el de mallas, una gran cantidad de partículas. La pérdida de carga que genera este sistema oscila entre 0.1 y 0.3 Kg/cm² (Amiad, 2000).

Los filtros de anillas están disponibles en versiones manuales o automáticas y se proveen en unidades simples o combinadas formando baterías, vienen en medidas de ¾" a 4".(Rain Bird, 1985)

El material de fabricación de las anillas es plástico, polietileno de alta resistencia o también puede ser otro material sintético resistente a la corrosión, debido a las características del material que se utiliza en su fabricación, este es altamente resistente a la corrosión tanto de los productos utilizados en fertirrigación como en el mantenimiento del sistema al aplicar ácidos, hipoclorito de sodio, etc. (Rain Bird, 1985).

USOS Y LIMITACIONES

Los filtros de anillas son ideales como filtración primaria o secundaria al igual que los filtros de mallas, estos filtros de anillas al igual que el de mallas, son el elemento mínimo imprescindible de un sistema de riego, deben colocarse siempre en el cabezal o en otra parte de la red, si además se va a instalar cualquier otro elemento de filtrado como filtros de arena y grava, deben situarse después de estos, y también después del punto de inyección si lo hubiera, para retener cualquier partícula proveniente de los fertilizantes (Martínez B.L., 2000).

Sin embargo en nuestra opinión los filtros de anillas debe utilizarse solamente para la retención de partículas de origen mineral, empleándolo solamente para la retención de partículas de origen orgánico, los filtros de arena, cuya eficacia esta suficientemente demostrada (Farell, 1989).

PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y DISEÑO

En el filtro de anillas, el elemento filtrante esta constituido por un cartucho de anillas ranuradas, que se aprietan unas con otras, dejando pasar el agua y reteniendo aquellas partículas cuyo tamaño sea mayor al de paso de las ranuras, en algunos modelos de anillas, el recorrido del agua a través de las ranuras es bastante sinuoso, lo que según sus fabricantes le da al filtrado ciertas características de profundidad, similares a las de los filtros de arena (www.elriego.com). Figura 11.

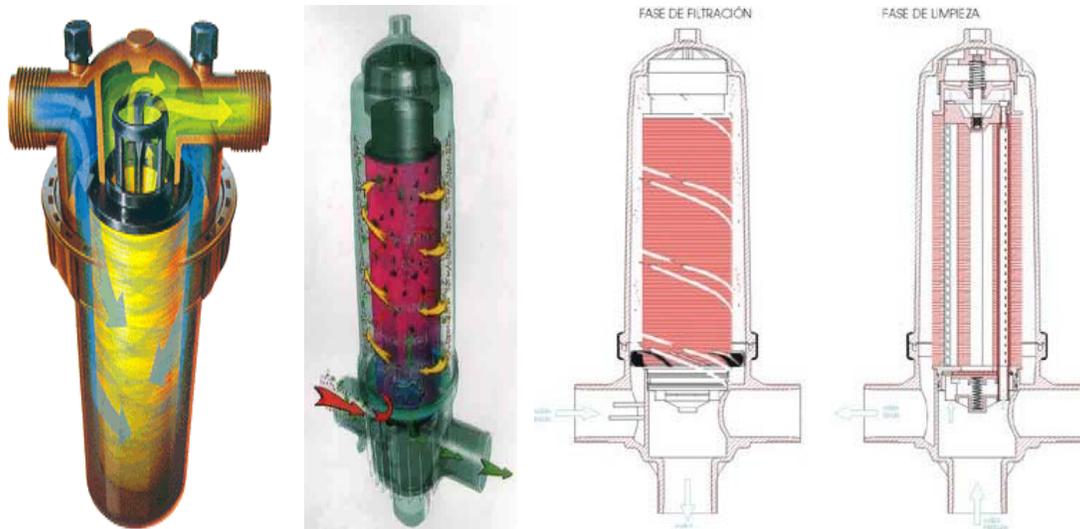


Figura 11. Funcionamiento de un filtro de Anillas.

Al igual que en los filtros de malla, el tamaño de las partículas que es capaz de retener un filtro de anillas se suele dar por medio del número de mesh, en este caso el número de mesh para un filtro de anillas se establece por comparación, asignándole al filtro el número de mesh correspondiente al filtro de malla que retiene partículas del mismo tamaño (Arkal, 1990).

Como ya hemos expuesto en el caso de los filtros de malla, la utilización del número de mesh puede dar lugar a ciertas confusiones que se podrían evitar si se adoptase el criterio de utilizar la luz libre de paso como parámetro para determinar la capacidad de retención del filtro (Pizarro, 1990)

Dependiendo del número de ranuras de cada disco es la calidad del filtrado. Hay filtros de anillas equivalentes a mallas de 40, 80, 120, 140, 200 y 600 mesh. La forma de las ranuras no es uniforme, por lo tanto, los pequeños ductos que se forman tienen diferentes secciones y tamaños, estos filtros tienen un efecto de filtrado tanto en superficie como en profundidad al igual como sucede con los filtros de gravas, la profundidad esta dada por el radio de los discos o anillas (Haman, y F. Zazueta., 1994.).

La instalación de los filtros de anillas debe realizarse después del punto de inyección de fertilizantes y antes de los contadores, al igual que la instalación de otros tipos de filtros, habrá que colocar manómetros o tomas manométricas antes y después de los filtros para poder determinar el momento oportuno para su limpieza.

Cuando el caudal de diseño excede la capacidad de filtración de un filtro individual, con dos o mas unidades en paralelo podemos hacerlo, por ejemplo un caudal de 100 m³/h puede filtrarse con cuatro unidades de 25 m³/h cada uno, varias unidades en paralelo pueden conformar filtros de gran capacidad (Phillips, K.P., 1995).



Figura 12. Filtros de Anillas Conectados en paralelo.



Figura 13. Cartuchos de Filtros de anillas.

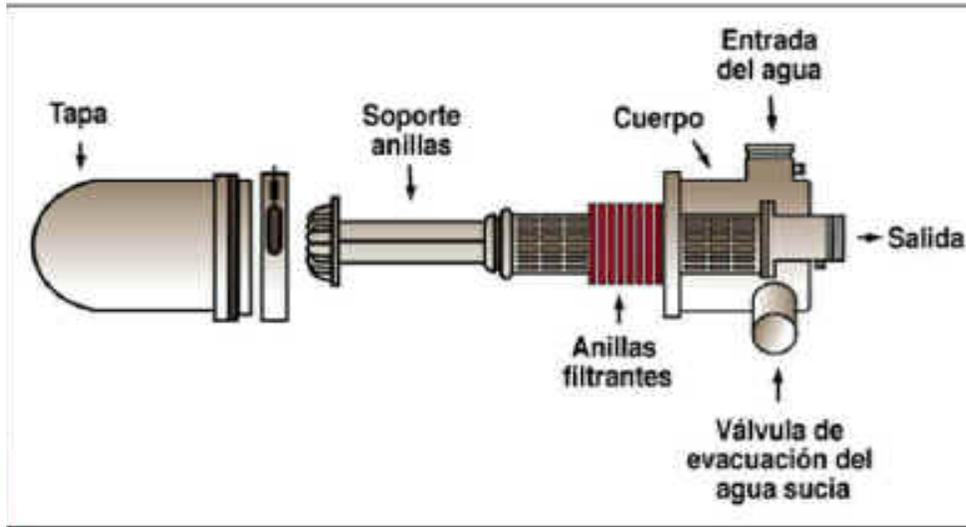


Figura 14. Partes de un Filtro de Anillas.



Figura 15. Diferentes tipos de anillos de Plástico.



Figura 16. Filtros de Anillas en forma Horizontal.



Figura 17. Filtros de Anillas en forma Vertical.

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA DE LOS FILTROS

La limpieza de los filtros de anillas se realiza desmontando el cartucho, separando las anillas y sometiéndolas a la acción de un chorro de agua a presión, que arrastre las partículas retenidas Figura 19.

Existen en el mercado modelos, de limpieza semiautomática en los que esta se realiza por contralavado , simplemente desplazando el filtro sobre la tubería en la que va instalado, también existen modelos de limpieza totalmente automática en los que por medio de un conjunto de electroválvulas y un presostato diferencial, se consigue invertir el sentido de flujo del agua, no obstante el procedimiento de limpieza que ofrece mayores garantías para este tipo de filtros es el anteriormente descrito de limpieza manual con agua a presión (Martínez, L.,2001).



Figura 18. Filtro de anillas saturado.



Figura 19. Limpieza de anillas con un chorro a presión.

En cada instalación se debe crear soluciones para poder limpiar los filtros, aunque sea de una forma manual, sin tener que desarmarlos, ideándose así un sistema de llaves o válvulas, que con diferentes maniobras modificar los flujos del agua en un filtro, haciéndole pasar agua procedente de otra estación.

En el sistema manual se evita desmontar en algunas operaciones los filtros, pero el rendimiento no es del cien por ciento, en las empresas se diseñan piezas especiales que aplicadas con el resto de elementos convencionales puedan conseguir la prolongación del periodo entre limpiezas, como son los efectos helicoidales, o diferentes diseños de discos (Rodríguez, 1982).

AUTOMATIZACIÓN DE LA LIMPIEZA

Surgen entonces con el motivo de optimizar los sistemas, los equipos autolimpiantes, que conseguían que el filtro no se tuviera que desmontar, y con ello que la instalación continuara trabajando, el conjunto de los sistemas de limpieza de filtros, se basan en boquillas que succionan la suciedad adherida al elemento filtrante, escobillas que limpian al mismo, u otros sistema similares. La automatización total se consigue además con una serie de accesorios tipo electroválvulas, programadores o presostatos, que con todo esto se consigue la activación programada (Amiad,2000).

Las nuevas tendencias del mercado se dirige a la realización de equipos automáticos que producen la limpieza con agua procedente de otro filtro, produciéndose simultáneamente la separación de los discos, por lo que se consigue una mayor efectividad del agua proyectada para el lavado de los canales de retención, y con ello un mayor rendimiento en la limpieza, al desprenderse las partículas más fácilmente (Netafim, 1998).

La automatización total lleva a aplicar en el riego programadores con versiones que incorpora opciones de activación de limpiezas por tiempo, diferencia de presión, concordancia con otros elementos de la instalación, sin ningún tipo de interferencia entre sí, y además provocando una serie de historias acumuladas de limpiezas realizadas o de alarmas ocurridas, que tienden a hacerse visibles en pantallas cada vez más agradables al usuario (Amiad, 2000).



Figura 20. Instalación de Filtros de Anillas en paralelo de limpieza automática.

Filtros de limpieza totalmente automática, con dispositivos hidráulicos que consiguen una perfecta sincronización de cada unas de las maniobras de limpieza de las anillas Figura 20., la limpieza se realiza en contra flujo con separación de las anillas entre si y giro a alta velocidad de las mismas produciendo el desprendimiento de los rectos de suciedad por centrifugación(Rain Bird, 1990).

El proceso de autolimpieza se puede activar mediante el automatismo de riego, por diferencia de presión de entrada y salida mediante un diferencial de presión, por volumen, por tiempo, o bien activarlo manualmente (López, J.R., J.M. Hernández, A. Pérez, y J.F. González. 1992).

PERDIDAS DE CARGA

Los filtros de anillas, al igual que el resto de los elementos de filtrado, no deben provocar pérdidas de carga excesivas en la red, las pérdidas de carga con un filtro limpio, para su caudal de funcionamiento, deben ser del orden de 2 m.c.a. y se debe proceder a su limpieza cuando dicho valor alcance los 5 m.c.a. Los fabricantes han de suministrar los datos de pérdida de carga que producen los filtros en función del caudal, para cada uno de los modelos (Medina, 1979).

VENTAJAS DEL SISTEMA DE FILTROS DE ANILLAS EN RELACIÓN AL FILTRO DE GRAVA

- Menor tamaño. Para una misma capacidad de filtrado, el tamaño de un sistema de anillas es menor que dos o tres unidades de grava. Esto reduce significativamente el tamaño de la sala destinada a centro de control.
- Poco volumen para el retrolavado, los filtros de anillas requieren para retrolavado entre un 10 a 15 % del volumen requerido por un sistema de gravas.
- No requiere de filtro de malla, los filtros de grava deben ir acompañados de filtros de mallas debido a que no es fácil determinar el número de mesh de la grava, el número de mesh es función del tipo de grava y esto puede variar entre sistemas.
- Fácil mantención. Para mantener en buenas condiciones de funcionamiento el sistema de anillas requiere menos trabajo que uno de grava y, su construcción es en base a materiales sintéticos que sufren muy poco deterioro con el tiempo.
- La pérdida de presión del sistema durante el proceso de retrolavado es mínimo.

En la actualidad un sistema de filtros de anillas es de mayor costo que uno de grava debido a que estos últimos son fabricados en el país por pequeños talleres. Los filtros pequeños presentan valores competitivos respecto a filtros de malla. En

sistemas de inyección de fertilizantes, es preferible utilizar filtros de anillas debido a su mayor capacidad para retener impurezas y menor riesgo de rotura de la malla, este último aspecto es muy importante debido a lo difícil que es encontrar mallas de repuesto en lugares apartados (Azud, 2000).

VENTAJAS DEL SISTEMA DE FILTROS DE ANILLAS EN RELACIÓN AL FILTRO DE MALLA SON (AZUD, 2000)

Exactitud en el grado de filtrado. Los filtros de malla consisten de un entramado de hilos, mientras que la filtración por tamiz supone una pantalla con la profundidad de un hilo, a través de cuyas aberturas pasan las partículas, los discos consisten en una barrera con un espesor del que adolece la malla. Esto les proporciona una mayor resistencia a la diferencia de presión ocasionada por el trabajo intrínseco del filtro, derivando en una mayor seguridad del grado de filtrado obtenido.

Filtrado en profundidad. El filtro de discos realiza un filtrado tridimensional, es decir los discos ranurados poseen, en ambas caras, canales trapezoides que disminuyen su sección con la longitud, las partículas se ven retenidas no sólo en un punto, como sucede en la malla, sino a lo largo de todo un túnel que va cerrándose, por lo que se obtiene mayor superficie de retención. A su vez, en el filtrado con discos, otras partículas menores quedan retenidas debido a las fuerzas de adhesión y cohesión que se da entre ellas y las paredes de los canales, aumentando el rendimiento del sistema.

Seguridad. Las posibles consecuencias de un ineficiente manejo de una instalación o de una baja frecuencia de lavado de los discos son:

- a) Un filtro de malla sucio puede llegar a romperse y provocar obstrucción de emisores, deterioro de la instalación y, finalmente, el cambio del cartucho por uno nuevo.
- b) Un filtro de discos no se rompe por estar sucio.

Por tanto, características como exactitud en el grado de filtrado, resistencia a la diferencia a la diferencia de presión, filtración en profundidad y seguridad en la instalación son las que determinan la evolución de los filtros de malla hacia los de discos.

Basado en lo anterior la conclusión no debe ser que siempre se use el sistema de filtración por discos, sino que es importante recalcar que son las propiedades físicas de las partículas a retener, la calidad del agua a tratar, y características particulares que nos que llevan a seleccionar uno u otro tipo de filtro en cada proyecto, ya que cada uno emplea mecanismos de trabajo basados en diferentes propiedades (Azud, 2000).

FILTROS DE GRAVA Y ARENA

DESCRIPCIÓN

Este tipo de filtro está compuesto por un depósito generalmente metálico, y así mismo existen de plástico reforzado también, lleno de arena o grava de un determinado tamaño, estos son los mas utilizados debido a su versatilidad, la capacidad y grado de filtración dependen del tamaño de las arenas filtrantes que deberá procurarse la mayor uniformidad (Farell, 1989).

Estos filtros tienen la ventaja de que retienen una gran cantidad de partículas antes de ser limpiados, al igual que el resto de los componentes del centro de control, estos filtros deberán mantenerse limpios; sin depósitos ni puntos de oxidación. La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante, velocidad de filtración, etc (Amiad,2000; Netafim, 1988 y Rain Bird, 1985).

Estos filtros de arena se pueden fabricar con resinas de poliéster y fibra de vidrio, muy utilizados para filtración de aguas de río y de mar por su total resistencia a la corrosión, también en inox y en acero al carbono para los casos en las que se requiere una mayor resistencia a la presión.

Los filtros de arena son el método mas útil de filtrado, bajo un amplio rango de condiciones, estos remueven sólidos tanto orgánicos como inorgánicos de aguas con mas altos niveles de contaminación y aun así proporcionan un filtrado adecuado para los requerimientos de gastos de los grandes sistemas de riego de bajo volumen (Arkal,1990).

Los filtros de grava consisten generalmente de dos o más tanques conectados en paralelo con una entrada y salida de agua común, en el modo de filtración

todos los estanques trabajan en paralelo (figuras 21, 22,23), el agua ingresa al tanque por arriba, pasa a través de la grava que actúa como medio filtrante y esta agua limpia es colectada en el fondo (Gov. de Aragón Depto. De Agricultura, 2000).



Figura 21. Sistema de filtros de arena conectados en paralelo.



Figura 22. Instalación de Filtros de arena y sistema de estos Portátil.

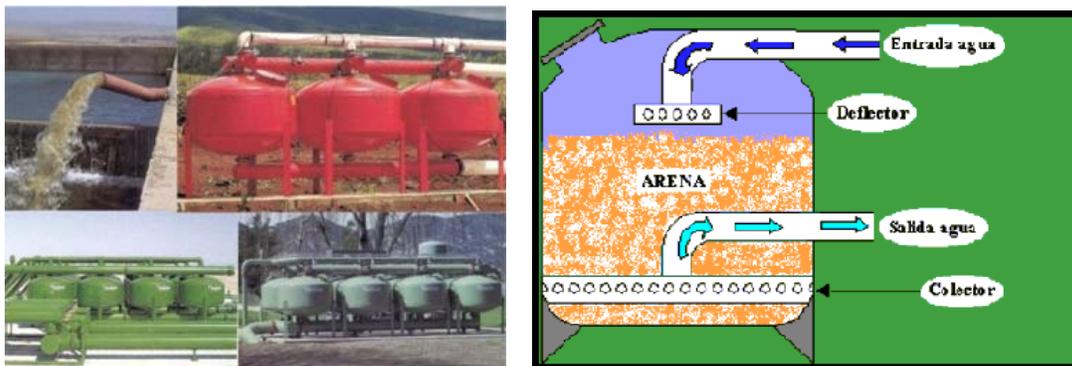


Figura 23. Tanques de filtros de arena y su funcionamiento.

USOS Y LIMITACIONES

Los filtros de arena son especialmente efectivos para la eliminación de las partículas orgánicas (algas, bacterias...) que se encuentran en el agua de riego, estos son los elementos más utilizados para filtración de aguas, con cargas bajas o medianas de contaminantes y que requieren una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño, las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través del lecho de arena (Odis,1998).

La principal desventaja del drenaje por placas perforadas es la más indeseable para la distribución del agua en el tanque especialmente durante el retrolavado, el drenaje a través de placas porosas es más uniforme pero su vida útil es relativamente corta debido a la degradación de sus componentes, taponamiento potencial y susceptibilidad de ruptura durante el manejo y el mantenimiento.

Un filtro de arena remueve arena, limo y material orgánico como algas, hierbas, semillas y formaciones de mucosidad bacteriana pero no bacterias individuales. La mayoría de los filtros de arena no remueven toda la arcilla del agua de riego, se supone que el agua de riego está capacitado para manejar las partículas muy finas que quedan después del filtrado. Una recomendación general para un filtro de arena es que remueve todas las partículas mayores de 1/16 del tamaño del paso más pequeño de agua del sistema de riego, que se encuentra en el emisor o gotero(Flow-Guard,2000).

Un caso especial de filtro de grava es aquel conformado por una sola unidad, este modelo es utilizado preferentemente en pequeños sistemas de riego ya que su costo es relativamente bajo, en comparación con los filtros en paralelo, un esquema de este tipo de filtro aparece en la Figura 24.

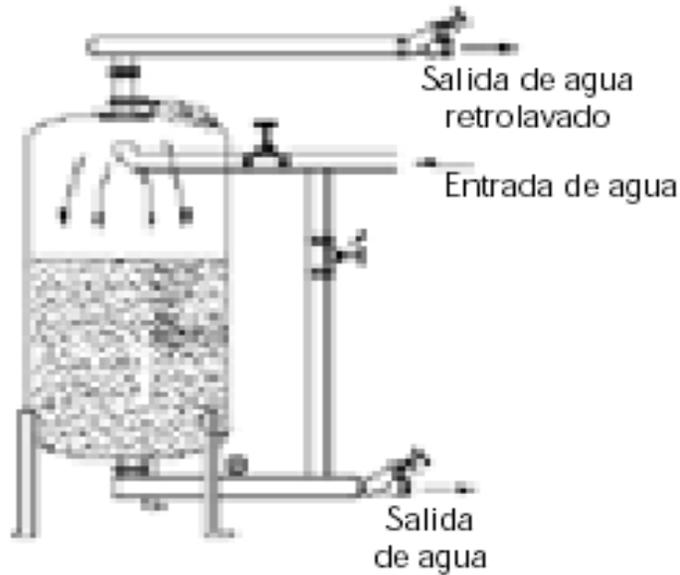


Figura 24. Esquema de un filtro de grava de una sola unidad

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

El principio de la filtración usando una cama de arena filtradora es muy simple, el agua de la fuente de riego es presurizada e introducida en la parte superior de la cama de arena de los tanques. Un plato difusor en la garganta superior del tanque sirve para reducir la velocidad del agua y distribuir uniformemente el agua a través de la parte superior de la cama filtrante. La cama de arena es una capa de arena silica triturada de tamaño graduado de aproximadamente 16" de profundidad, los contaminantes en el agua son capturados en la cama de arena y el agua filtrada pasa dentro del colector de descarga, ubicado en el fondo de los tanques Figura 25. (Flow-Guard, 2000).

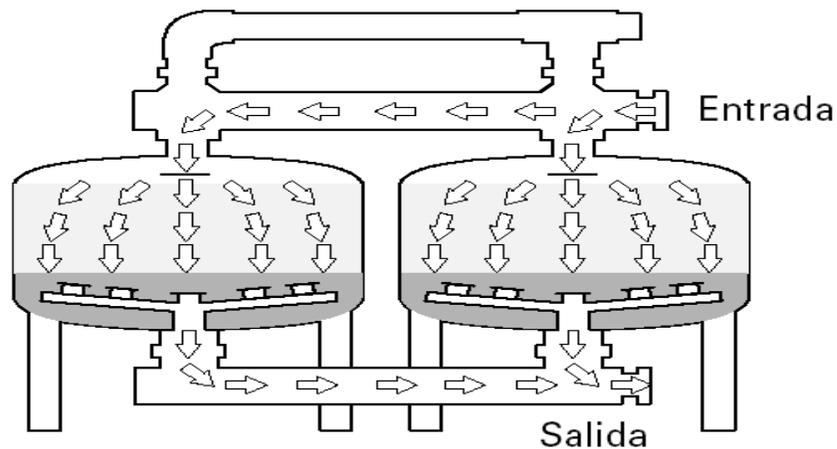


Figura 25. Modo de Filtración de los filtros de Arena y Grava.

Los filtros de arena son efectivos para filtrar tanto contaminantes orgánicos, como inorgánicos, el tamaño mayor y la naturaleza tridimensional de la cama de arena proveen más área de filtrado y tienen una mayor capacidad de retención que muchos otros tipos de filtros y para determinar la capacidad del filtro y entender la función de retrolavado de su sistema son entre otros los aspectos más importantes de una filtración exitosa.

La clave para una filtración superior con filtros de grava y arena es la efectiva remoción de los contaminantes capturados por la cama de arena, comúnmente denominado como retrolavado. En el fondo de cada Filtro de Arena existe un sistema de colección de pasos de agua altamente elaborado y diseñados para cumplir dos funciones. Primero no debe permitir que ninguna partícula de arena pase a través del filtro y se introduzca dentro del sistema de riego, segundo, durante la operación de retrolavado debe permitir que el agua del lavado sea distribuida en forma uniforme en toda la cama de arena, sin dejar espacios ni puntos muertos, esto asegura que la arena sea levantada y lavada uniformemente para liberarla de contaminantes de una forma mas eficiente (Claude Laval, 1988).

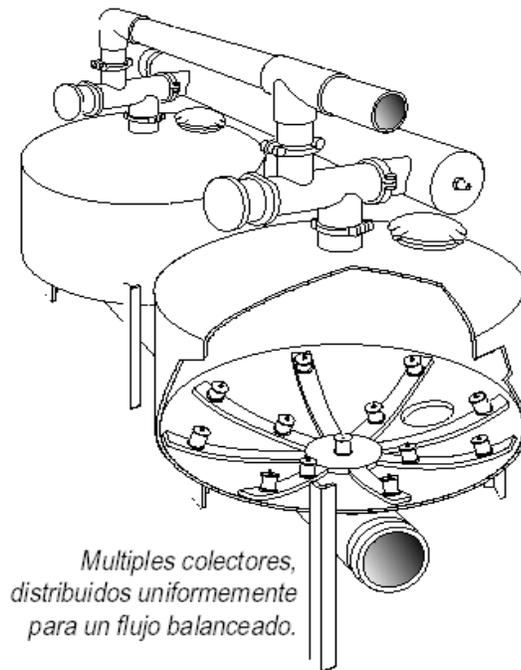


Figura 26. Distribución uniforme de Colectores para un flujo balanceado en los filtros de arena y grava.

El sistema colector del filtro debe estar compuesto de una serie de “elementos colectores” en forma de cuña, de acero inoxidable, unidos a un sistema de tubos de acero inoxidable que cubren el fondo entero del tanque. La amplia cobertura del sistema radial permite una mejor distribución del agua de retrolavado a los elementos colectores individuales. El montaje en cuña prevé que la arena entre en el sistema de riego y por su diseño permita la obstrucción por arena, el propósito de la grava es reducir la alta velocidad del agua de retrolavado y crear un flujo muy uniforme, capaz de elevar suavemente la arena en la forma más eficiente posible. El retrolavado eficiente resulta en una cama de arena más limpia y ciclos de retrolavado más cortos (Martínez, L. 2000).

PRINCIPIOS DE DISEÑO

La capacidad de flujo de un filtro de grava está determinada por el diámetro y la tasa de filtrado expresado en unidades de longitud y caudal/área respectivamente, el diámetro de los filtros se expresa en pulgadas y la tasa de filtración en galones por minuto/pie² (gpm/pie²) o metros cúbicos por hora y por m² (m³/hora/m²). Los diámetros de cilindro (d) pueden ser: 18, 24, 30, 36 y 48 pulgadas y las tasas de filtración más utilizadas son 15, 20, 25 y 30 gpm/pie².

El Cuadro 9. muestra la equivalencia entre unidades inglesas y sistema métrico decimal (Nakayama, F.S. y D. Bucks, 1985).

Cuadro 9. Equivalencias entre unidades inglesas y sistema métrico decimal par el diámetro y la tasa de filtración.

DIÁMETRO		TASA DE FILTRACIÓN	
(pulgadas)	(metros)	(gpm/pie ²)	m ³ /hora/m ²
18	0,46	15	36,67
24	0,61	20	48,89
30	0,76	25	61,11
36	0,91	30	73,34
48	1,22		

Diámetros inferiores a los técnicamente recomendados pueden producir los siguientes problemas:

- Aumento de la pérdida de carga nominal del filtro a niveles superiores del máximo permitido, la presión de trabajo en las laterales disminuye, reduciendo la descarga de los emisores, especialmente en aquellos goteros de tipo no-autocompensado.
- Necesidad de limpieza frecuente de los filtros.(se saturan más rápido).
- La calidad del filtrado no es buena ya que no se logra retener todas las partículas.

Un diámetro mayor que el sugerido implica una disminución de la tasa de filtración, esto reduce la pérdida de carga nominal, disminuye la frecuencia de limpieza y aumenta el costo de implementación del sistema de filtros y por lo tanto se requiere instalar filtros más grandes (Smajstrla y F. Zazueta, 1994).

En aquellos sistemas donde la fuente de presión es gravitacional y la presión disponible para el filtrado es una limitante, se recomienda sobredimensionar utilizando tasas de filtrado menores a las recomendadas, en 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 unidades mesh (Medina, 1979).

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

Se recomienda que una vez al mes o con mayor frecuencia si las condiciones de agua así lo determinan; se debe destapar el filtro, remover la grava depositada al interior e inyectar agua con una manguera o tubería, provocando que el rebalse que se produce por la misma abertura, arrastre las partículas depositadas en el interior, este lavado se prolonga hasta que el agua salga limpia y la grava se vea blanca, así mismo la remoción debe hacerse hasta el fondo del filtro, de manera que todo el volumen ocupado por la grava sea removido.

Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contracorriente, los filtros de arena están dotados de sistemas de retrolavado, manual o automático, que invierten el flujo del agua dentro del filtro (Flow-Guard, 2000).

FUNCIONAMIENTO DEL RETROLAVADO

La operación de retrolavado se realiza lavando secuencialmente cada tanque en una serie de dos o más filtros, para retrolavar un tanque, la pequeña válvula de control de tres vías en la válvula de retrolavado es puesta en la posición ON (accionada), ya sea de forma automática o manual. Esto permite que el agua presurizada desde el sistema de comando hidráulico llene el diafragma actuador y empuje el pistón dentro de la válvula de retrolavado, conectado a este pistón una válvula émbolo de dos lados. En la posición de no accionada, la válvula cargada por resorte está asentada entre la entrada del tanque y el colector de descarga de retrolavado, esto previene que el agua escape dentro del sistema de retrolavado durante el modo de filtración.

Cuando está accionada, el pistón y el sello de la válvula se mueven a través de la toma de entrada del tanque y se asienta contra el colector interno, este simple movimiento previene la entrada al tanque de agua sin filtrar y permite la entrada del agua filtrada al sistema de riego, así mismo evita que vuelva por el retrolavado a través del tanque y fuera del colector de retrolavado, por otra parte debido a que el flujo de retrolavado es dependiente de una fuente de agua filtrada desde el sistema de riego, todos los sistemas de arena filtrante requieren al menos de dos tanques, uno para proveer agua filtrada al otro tanque que esta siendo lavado (Flow-Guard, 2000).

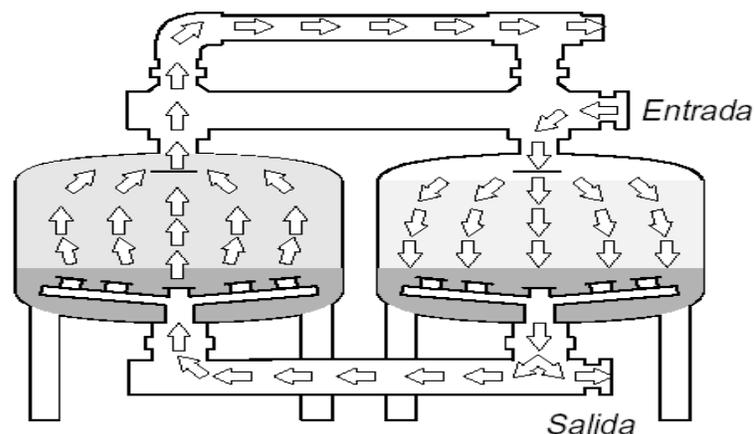


Figura 27. Función del Retrolavado.

La válvula reguladora de flujo del retrolavado está ubicada sobre el colector de descarga de retrolavado para controlar el volumen de agua que puede escapar durante el retrolavado, la obtención de la adecuada velocidad de flujo del agua de retrolavado es esencial para un lavado efectivo, una velocidad de flujo demasiado alto, sacará toda la arena fuera del tanque. Figura 27.

Una velocidad de flujo muy lenta no permite que la cama de arena se afloje suavemente y los contaminantes puedan mezclarse con agua, y posteriormente sean retirados del tanque, la forma más común de ajustar la válvula reguladora de flujo del retrolavado es poner manualmente el filtro en retrolavado con la válvula reguladora de flujo totalmente cerrada, abrir lentamente la válvula de regulación hasta que una pequeña cantidad de arena aparezca en la descarga de retrolavado. Es más conveniente colocar una bolsa de nylon o una rejilla de malla fina sobre la tubería de descarga para revisar la presencia de arena, si esto no es posible, puede usarse como alternativa un tubo de observación(Flow-Guard, 2000).

Cuadro 10. Requerimientos de Flujo de Retrolavado.

Requerimientos de Flujo de Retrolavado	
Tamaño de Tanque	Flujo/LPS
15"	1.3
18"	1.6
24"	3.1
30"	5.2
36"	6.6
45"	11.8
48"	12.6

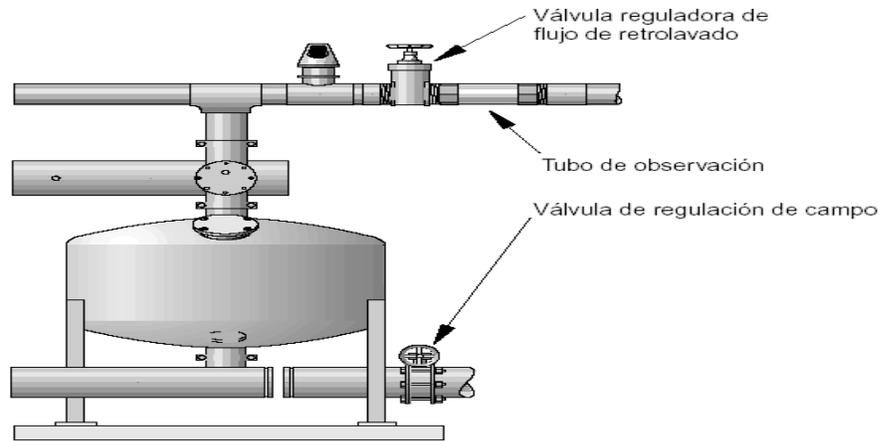


Figura 28. Válvulas reguladoras para el Retrolavado.

Aunque la cama de arena es de alrededor de 16" (40.6cm) de profundidad, lo más ideal es mantener la contaminación en el primer par de pulgadas superiores, esto le permite lavar rápidamente la arena durante una secuencia de retrolavado. Si la capa profunda inferior de la cama de arena llegara a contaminarse, tomará mucho más tiempo lavar la arena y se correrá el riesgo de contaminar los "elementos colectores" ubicados debajo del filtro. Para prevenir que la contaminación alcance los elementos colectores del fondo del tanque, se debe determinar apropiadamente la frecuencia y duración del retrolavado.

Es necesario lavar los filtros en forma frecuente sin esperar que la pérdida de presión provocada por las impurezas alcanza su valor máximo ya que no mejora la calidad del proceso, solo aumentará el volumen de agua utilizado en el retrolavado.

Otro aspecto a considerar es el consumo de potencia durante el retrolavado en sistemas que utilizan bombas como fuente de presión, la presión de funcionamiento del sistema baja a niveles cercanos a la presión atmosférica o presión manométrica cercana a cero, ya que el agua utiliza el camino de menor resistencia para moverse modificándose el punto de trabajo de la bomba (Yardney, 1999).

AUTOMATIZACION DEL RETROLAVADO

Cuando la calidad del agua provoca que el retrolavado se efectúe mas de dos veces por día, es necesario automatizar el proceso, para ello existen dos formas básicas de procedimiento que son:

- Por tiempo. En este caso se estima que los filtros deben ser lavados cada determinado numero de horas, para ello se utiliza un programador de riego y válvulas eléctricas para la operación.
- Por diferencia de presión. Este consiste en utilizar sensores de presión instalados a la entrada y salida del filtro, cuando la diferencia de presión alcanza el valor máximo permitido, el sistema de retrolavado se activa.

El tiempo que transcurre entre dos ciclos de retrolavado para un sistema de filtros en particular depende de la calidad del agua, en general, esta no cambia en forma abrupta con el tiempo, por lo tanto, la frecuencia de lavado tampoco cambia en condiciones normales de operación (Flow-Guard,2000).

Una forma de determinar la frecuencia de retrolavado es medir el tiempo que transcurre entre el término de un retrolavado y la saturación del sistema, se sugiere hacer esta prueba 3 veces, el tiempo promedio de las tres observaciones es el que debe utilizarse como período para el retrolavado. Este procedimiento se recomienda para sistemas de operación manual y automatización por tiempo (Van Niekerk, A.S. 1995).

La frecuencia de retrolavado es dependiente de las características de los contaminantes presentes en la fuente de agua, aunque el controlador

automatizado de retrolavado está equipado con un circuito lógico para iniciar el retrolavado cuando la presión diferencial a través de los filtros alcance un nivel dado, con frecuencia es más conveniente iniciar el retrolavado más pronto. Unos sedimentos muy finos, por ejemplo, son capaces de migrar profundamente en la cama de arena, antes de alcanzar una presión diferencial apreciable, y ellas se hacen difíciles de remover.

Las algas y otras materias orgánicas tienden con el tiempo a endurecerse, cementando la cama de arena si esta no es lavada diariamente, por lo tanto es una buena idea fijar el reloj del controlador o lavar manualmente los filtros una vez por día, como mínimo. Para cargas más pesadas de contaminantes, quizás cada dos a cuatro horas, en algunas instalaciones la calidad del agua cambia durante la temporada de riego, y el regador debe ser prudente en ajustar la frecuencia del retrolavado a las condiciones del momento (Reche M.,J. 1994).

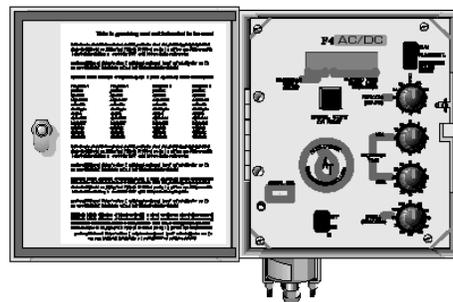


Figura 29. Programador para Retrolavado.

LA DURACIÓN DEL RETROLAVADO

El tiempo que debe durar el retrolavado depende del grado de suciedad de los filtros desde que se inicia el proceso hasta que el agua sale limpia transcurre entre dos y tres minutos aproximadamente. El volumen total de agua que se utiliza por ciclo es función del número de filtros, del diámetro de los cilindros y del tiempo del proceso. Sin embargo el tiempo depende de las características de los contaminantes y la frecuencia del retrolavado, un lavado de 90 segundos de duración debería ser adecuado si los contaminantes capturados son partículas grandes como desprendimiento de oxido, semillas de malezas y hojas que se depositarán en la superficie de la cama de arena.

Si los contaminantes son sedimentos muy finos que migran a la cama de arena, la duración del retrolavado depende de la profundidad a la que han migrado, lo que está directamente relacionado a la frecuencia con que se lavan los filtros. Por lo tanto es importante que el regador observe periódicamente una secuencia de retrolavado y confirme que la duración es suficiente para remover todos los contaminantes, el agua de retrolavado debe salir transparente por 15-20 segundos antes de que la válvula sea comandada para cerrarse(Flow-Guard,2000).



Figura 30. Programador para Retrolavado.

COMPONENTES DE LA AUTOMATIZACIÓN

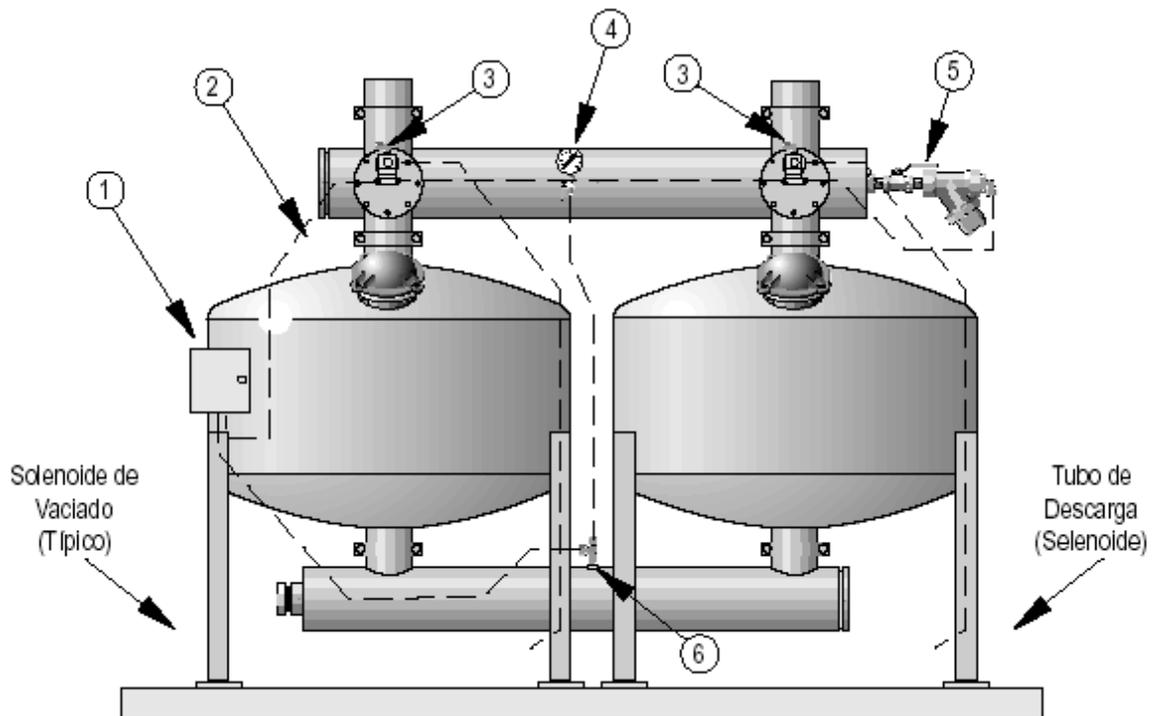


Figura 30. Esquema de Colocación de los Componentes de la automatización.

Cuadro 12. Componentes de la automatización.

1. Ensamble del Controlador del retrolavado	4. Ensamble del medidor de presión
2. Tubería de 3/8"	5. Ensamble de alimentación hidráulica
3. Ensamble de válvula solenoide	6. Ensamble de alimentación hidráulica a baja presión

El ajuste del tiempo de espera entre lavado de tanques en el controlador automático le permite seleccionar la cantidad de tiempo que el controlador espera para cerrar una válvula, antes de señalar a la próxima válvula para su apertura,

esto le permite ajustar para válvulas de acción lenta o permitir al sistema de riego restituir sus presiones entre lavados, si la presión del sistema cae en un punto en el cual afecta la capacidad del retrolavado de filtración, puede ser necesario colocar una válvula sostenedora de presión en la descarga de la estación de filtrado (Kay, M.G., S.F. Tyrrel, P. Howsam. 1989).

IMPORTANCIA DE INSPECCIONAR PERIÓDICAMENTE LA ARENA.

Es importante empezar por drenar los filtros abriendo las tapas de llenado, la arena debe estar a su nivel y hasta la línea de llenado, revise a través de la arena, buscando acumulamiento de arcilla o bolitas de lodo que indiquen la falla de retrolavado. Si existe alguna evidencia que los contaminantes alcanzaron la parte baja de la cama de arena, es necesario ajustar la frecuencia del retrolavado y/o su duración. En casos de contaminación severa, es necesario remover toda la grava y arena y reemplazarlo por material nuevo. Con sistemas nuevos, es aconsejable verificar la arena mensualmente durante la primer temporada de riego, y después, una o dos veces por temporada, antes de colocar las tapas de los tanques recuerde de rellenar con arena los tanques a los niveles indicados (Reche M.,J. 1994).

COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL SISTEMA.

Una forma de conocer el sistema es con un diagrama de los componentes y accesorios de un sistema de filtrado marca flow-Guard para darnos una idea de cómo están estructurados estos sistemas.

Cuadro 13. Componentes de un Sistema de Filtros de grava y arena.

1. *Tanque filtro para grava y arena*
2. *Colector de salida*
3. *Válvula de retrolavado*
4. *Colector de entrada*
5. *Tapa de llenado e inspección*
6. *Toma de drenaje*
7. *Toma de agua limpia*
8. *Toma de acceso de 1/2"*
9. *Acople Vitaulico*
10. *Adaptador Vitaulico de PVC*
11. *Ensamble para alimentacion hidraulica del retrolavado*
12. *Soporte de colector de entrada (solamente los modelos de 48")*
13. *Toma de acceso de 1/4"*

Cuadro 14. Accesorios de un Sistema de Filtros de Grava y Arena.

- | | |
|--|---|
| A. <i>Adaptador hembra de PVC</i> | G. <i>Codo 90° de PVC</i> |
| B. <i>Tubo de observación</i> | H. <i>Válvula alivio de aire y vacio</i> |
| C. <i>Válvula reguladora de flujo de retrolavado</i> | I. <i>Sistema de tuberías de suministro</i> |
| D. <i>Adaptador macho de PVC</i> | J. <i>Válvula alivio de aire y vacio de acción continua</i> |
| E. <i>Te de PVC</i> | K. <i>Válvula de alivio de presión</i> |
| F. <i>Tubería de PVC (CED-40)</i> | L. <i>Soporte</i> |
| | M. <i>Válvula ON/OFF</i> |

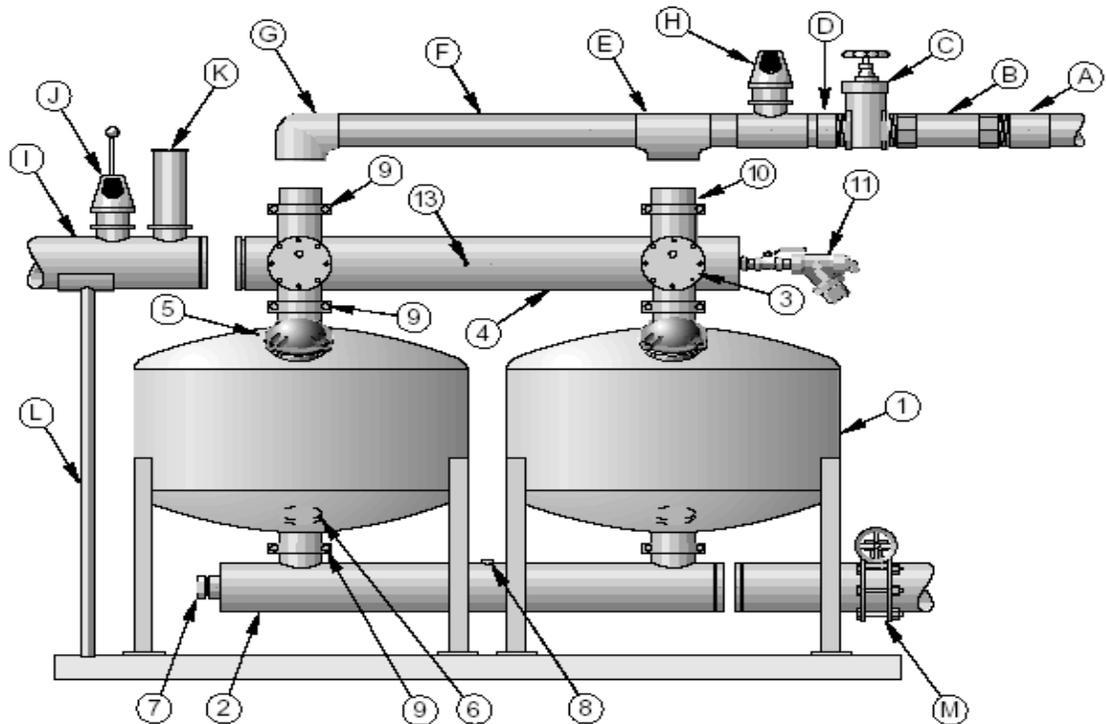


Figura 31. Diagrama de Instalación de los Componentes de un sistema de Filtros de grava y arena(vista Frontal).

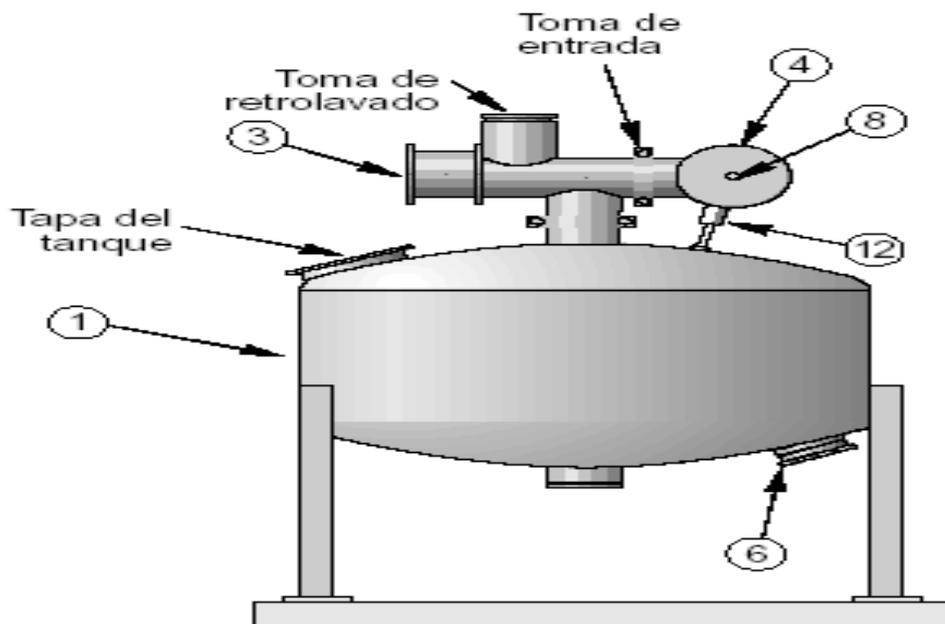


Figura 32. Diagrama de Instalación de los Componentes de un sistema de Filtros de grava y arena (Vista lateral).

Instalación del sistema de filtros de grava y arena

Seleccione un lugar fácilmente accesible para la instalación y servicio del filtro, algunos factores a considerar son: localización de la fuente de alimentación eléctrica para el control de automatización, provisión para desechar el agua de retrolavado, y la seguridad, protección del equipo y los operadores.

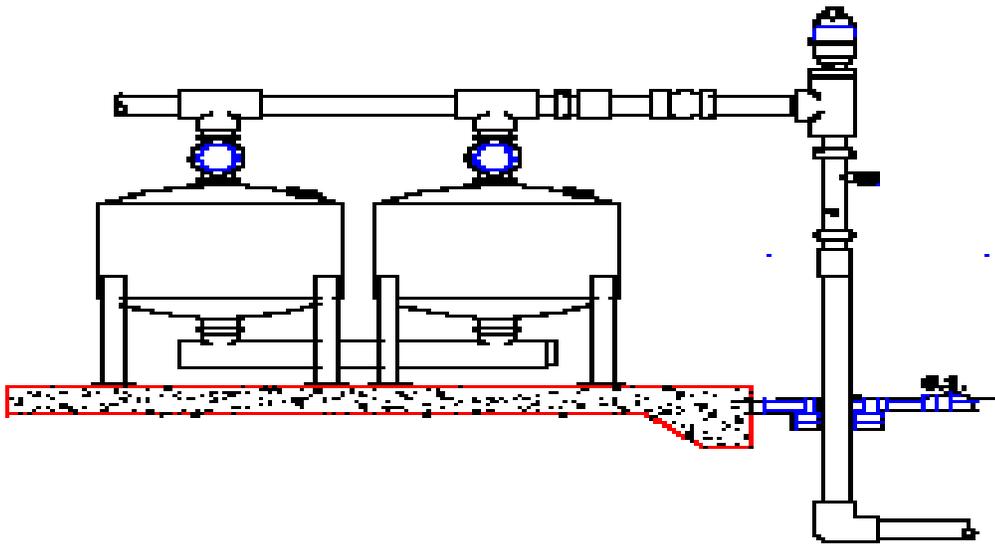


Figura 33. Diagrama de una buena instalación.

TIPOS DE ARENA Y GRAVA

La calidad de la arena para los filtros es una de las partes más importantes ya que es determinante para el buen funcionamiento, si es demasiado fina o gruesa influye de forma negativa en su rendimiento. Por lo tanto, una característica que debe tener la arena es que sea homogénea en relación a su tamaño (Odis,1998).

La grava o arena se clasifica en «clases» de acuerdo a la granulometría del material y del tamaño de los poros. El cuadro 15. proporciona información

relacionada del diámetro de poros y la equivalencia con filtros de mallas, el diámetro de los poros incide en el tamaño mínimo de partículas que son retenidas, mientras que la tasa de filtrado es una función del caudal de trabajo, el diámetro de los filtros y del número de unidades (Martínez B.,L. 2000).

Cuadro 15. Tamaños promedio de arena, coeficiente de uniformidad y equivalencia en número Mesh (Boswell, M., 1990).

Tipo de Arena y No.	Tamaño Promedio de la arena (mm)	Coefficiente de Uniformidad de la arena	Equivalencia en Mesh
#20 Crushed Silica	0.48	1.50	190-250*
#16 Crushed Silica	0.68	1.50	130-180*
#12 Crushed Silica	1.05	1.50	90-130*

Cuadro 16. Equivalencia en número Mesh de diferentes tipos de grava.

		Ø EFECTIVO		Ø POROS		
MATERIAL	Clase	(mm)	Micrones	(mm)	Micrones	Mesh
Granito molido	Nº 8	1,50	1.500	0,214	214	70
Granito molido	Nº 11	0,78	780	0,111	111	140
Arena de Sílice	Nº 16	0,66	660	0,094	94	170
Arena de Sílice	Nº 20	0,46	460	0,066	66	230
Arena de Sílice	Nº 30	0,27	270	0,039	39	400

PERDIDAS DE CARGA

Cuando los filtros de arena están limpios provocan una pérdida de carga del orden de 1 a 2 mca., dependiendo del tipo de arena y de la velocidad media del agua, a medida que se va colmatando la pérdida de carga aumenta y cuando alcanza un valor de 4 a 6 mca., se debe proceder a su limpieza, el diseño de la instalación debe hacerse para el caso más desfavorable, es decir, para una pérdida de 6 mca (Pizarro, 1990).

CONSTRUCCIÓN DE UN FILTRO DE ARENA

Un filtro de arena es sencillo, no tiene partes móviles, es más fácil de construir, y consiste de las siguientes partes: (CDA Fintrac, 2001).

- las flautas cuya función es dejar pasar el agua pero no la arena.
- La arena que es el medio de filtrado o lo que filtra el agua.

En el cuadro 17. se enlista de los accesorios necesarios para la construcción de un filtro de arena de barril (CDA Fintrac, 2001).

CUADRO 17. LISTA DE MATERIALES.

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO EN PULGADAS	PVC O HG
-----------------	--------------------	-------------------------------	-----------------

		PULGADAS	
3	Válvula de compuerta	2	Bronce
2	Válvula de compuerta	1 1/2	Bronce
1	Niple	1 1/4x6	HG
1	Tapón copa	4	HG
1	Tapón copa	4	HG
1	Codo	2	HG
2	Uniones universales	2	HG
1	Barril con tapa de aro 200 lts	-	Metal
1	Adaptación hembra	3/4	PVC
1	Reductor	2 x 3/4	PVC
3	Reductor	2 x 1 1/2	PVC
1	Adaptación macho	4	PVC
1	Tapón copa	4	PVC
5	Tee	2	PVC
3	Codo	2	PVC
9	Adaptación macho	2	PVC
1	Lanser de SDR 26	2	PVC
1	Tapón Copa	2	PVC
4	Adaptación Macho	1 1/2	PVC
6	Adaptación Macho	1 1/4	PVC
1	Metro tubo SRD 26	1 1/4	PVC
6	Tapón copa	1 1/4	PVC
10	Teflón	Rollos	-
1	Válvula de aire	3/4	-
1	Silicón		-
400	Lbs de grava N° 20		-

Las Figuras 34 y 35 son del reductor de copa de 4" a 2", en este reductor están enroscadas las flautas por dentro, y el fondo tiene un refuerzo de lámina de $\frac{1}{4}$ de hierro para evitar que el barril se deforme (CDA, Fintrac, 2001).



**Figura 34. Salida de agua filtrada
Con refuerzos en el fondo del barril.**



**Figura 35. Conexiones de salida
del filtro de barril.**

Las Figuras 36 y 37, muestran las flautas de tubería de $1\frac{1}{4}$ están enroscadas en un adaptador de 4" macho con un tapón de copa.



**Figura 36. Flautas armadas lista
Para instalarse dentro del barril.**



**Figura 37. Otra vista de las
flautas armadas.**

La Figura 38, nos muestra como deben verse las flautas instaladas en el fondo del barril.



Figura 38. Flautas instaladas dentro del filtro de barril.

En la Figura 39, podemos ver la hoja de sierra para hacer las ranuras de la flauta, la sierra se montó con un tornillo y dos tuercas para poder agarrarla con un taladro de mano, la sierra debe ser delgada para que las ranuras dejen pasar el agua y no la arena (CDA Fintrac, 2001).



Figura 39. Sierra para fabricar flautas.

En la Figura 40, se puede ver la conexión de entrada para nuestro filtro y podemos apreciar la lámina de refuerzo en las dos tapaderas del barril, en la Figura 41, se le agregaron ángulos para darle más resistencia a la tapadera del filtro, en la Figura 41, se aprecia la unión universal el cual nos sirve para poder quitar la tapa sin tener que cortar nada, en una versión nueva de cómo fabricar el filtro a la tapadera del barril le soldamos un niple de 2" pasado por los dos lados.

Esto permite ahorrarnos la camisa de HG y el adaptador rosca macho de pvc, en un lado del niple enroscamos la unión universal y en el lado interno un tapón de copa de pvc con rosca que sirva de difusor, esto simplifica la fabricación y abarata el filtro (CDA Fintrac, 2001).



Figura 40. Conexión de entrada Del filtro de barril.



Figura 41. Refuerzo de la tapadera del filtro de barril.

En la Figura 41, se muestra la parte interior de la tapadera del filtro y el difusor de la entrada del agua, esto es para que el agua no golpee la arena directamente y abra un hoyo hasta las flautas, con esta explicación se da una idea de como construir un filtro de barril de muy bajo costo y el cual trabaja igual que un filtro de arena de alta calidad, la capacidad de este filtro es de un flujo mínimo de 30 gpm, un flujo promedio de 45 gpm, y un flujo máximo de 60 gpm.

El filtro requiere de un flujo mínimo para funcionar bien y la calidad de agua que estamos usando para regar es la que nos dice la capacidad máxima de flujo, la presión de trabajo no debe exceder las 30 psi y ser de 20 psi de preferencia (CDA Fintrac, 2001).



Figura 42. Difusor de entrada.

En las Figuras 43 y 44, podemos ver las imágenes en donde aparece el filtro de arena ya terminado e instalado



Figura 43. Filtro de Arena ya terminado.



Figura 44. Filtro de arena terminado e instalado.

PASOS PARA REALIZAR EL RETROLAVADO

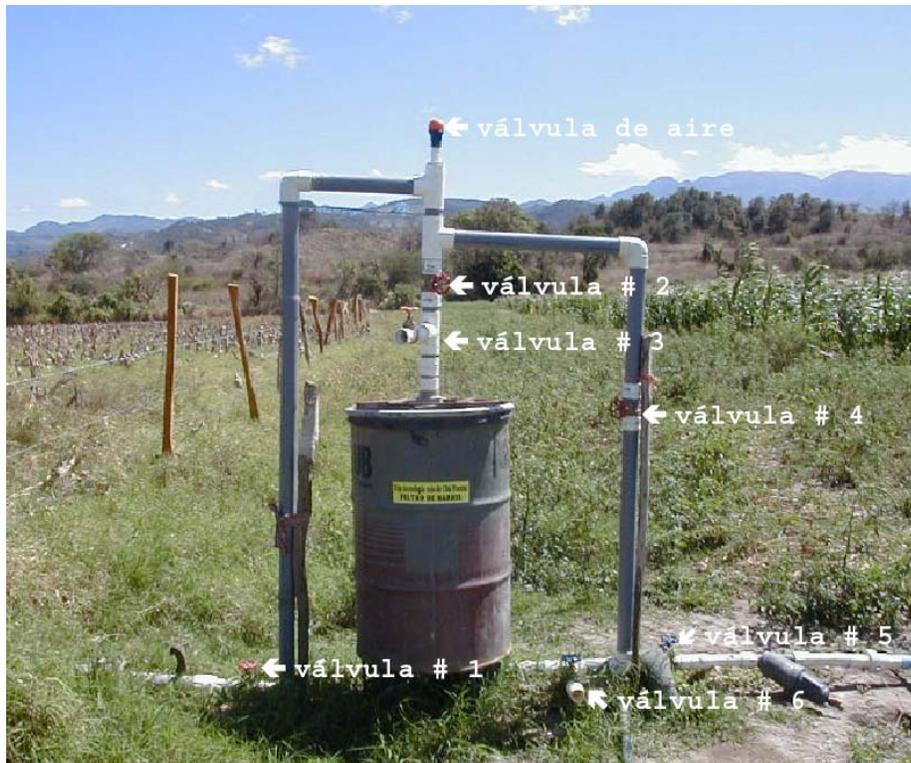


Figura 45. Pasos para el retrolavado del filtro de barril.

Los principales pasos que se realizan para el retrolavado con un solo filtro son: (CDA, Fintrac, 2001).

1. **Abrir la válvula # 3.** Esta es la que descarga el agua sucia de retro lavado cuando el agua entre por bajo del filtro.

2. **Cerrar la válvula # 5.** Se utiliza para no dejar pasar agua al lote, uno para que no pase agua sucia y dos para que haya suficiente presión para realizar el retro lavado.

3. **Abrir la válvula # 4.** Esta válvula permite que el agua que viene de la bomba entre al revés en el filtro, por eso se llama retro lavado por que lavar la arena del filtro metiendo el agua al revés para que levante los sedimentos que ha recogido la arena y este vuelva a quedar limpia, para ello necesitamos buena presión para que la arena se mueva y suelte los sedimentos, pero no demasiada presión para que botemos la arena por la válvula # 3.

4. **Cerrar la válvula # 2.** Al accionar esta válvula se evita que el agua entre por encima del filtro logrando así que el agua empiece a entrar al revés iniciando el retro lavado, el retro lavado debe de durar 2 minutos mas después de que empiece a salir clara el agua que sale por la válvula # 3 después de haber cerrado la válvula 2. Una vez terminado el retrolavado se deja el filtro funcionando normalmente. Para esto debemos seguir otra secuencia para y no a introducir sedimentos a la tubería de distribución y a la cinta, y continuar con los pasos siguientes:

1. **Abrir válvula # 6.** Con esto se empieza a descargar agua que viene de la bomba y ello se saca los sedimentos que se introducen por bajo del filtro, tenemos que recordar que no usamos agua filtrada para realizar el retrolavado. Normalmente en un sistema de filtrado tenemos 2 o mas filtros y lo que se hace es utilizar el agua filtrada que sale de un filtro para retro lavar el otro.

2. **Abrir válvula # 2.** Para que el agua vuelva a entrar por arriba del filtro.

3. **Cerrar válvula # 3.**

4. **Cerrar válvula # 4.** Al cerrar estas dos válvulas el filtro ya esta trabajando filtrando el agua de riego. Pero como se dijo tenemos que eliminar el sedimento que metimos por abajo al filtro, utilizando el mismo tiempo como cuando sacamos el sedimento por arriba.

5. **Abrir válvula # 5.** Ya con el filtro limpio por encima y por abajo dejamos que el agua empiece a fluir hacia el lote de riego.

6. **Cerrar válvula # 6.** Al realizar esto volvemos a tener el sistema de riego trabajando normalmente.

FILTROS CENTRÍFUGOS

HIDROCICLONES

DESCRIPCIÓN

Los hidrociclones se utilizan principalmente para remover arenas y otras partículas sólidas del agua, la operación y mantenimiento son muy simples dado que no hay partes móviles o mallas. estos filtros se recomiendan para agua de pozo que contenga arena (Gob.deAragón,Depto.De Agricultura, 2000).

Una forma de prolongar el período de limpieza es utilizar un Hidrociclón previo a los filtros de grava cuya finalidad es eliminar gran parte de los sólidos en suspensión, el hidrociclón trabaja bien reteniendo partículas de sólidos hasta el tamaño de arena fina (100 micras),el hidrociclón es un aparato si elementos móviles, que permite eliminar las partículas de densidad superior a 1.5 y tamaños mayores de 74 micras (equivalente a 200 mesh) (www.regaber.com).

El hidrociclón esta compuesto de una sección cilíndrica con entrada tangencial, un deposito cónico donde ocurre la separación de las partículas con gravedad especifica mayor de 1.8 y en su parte inferior un deposito colector.

El equipo es necesario cuando el agua lleva partículas gruesas más densas que el agua, y que no sean limos ni arcillas, como la separación de arena de agua de pozos artesianos y cieno del agua fluvial. Su fundamento es un dispositivo de acero en forma troncocónica donde se produce un movimiento giratorio del agua a gran velocidad, mantiene una pérdida de presión muy reducida, y una eficacia estimada en un 90% o mayor. Los sólidos decantados son reunidos en un tanque de sedimentación, que puede ser drenado en forma constante o periódica, en este último caso si la acumulación de sólidos se produce en una forma intensiva (Martínez B.,L. 2000).



Figura 46. Hidrociclones instalados en paralelo y unidad sola de hidrociclón.

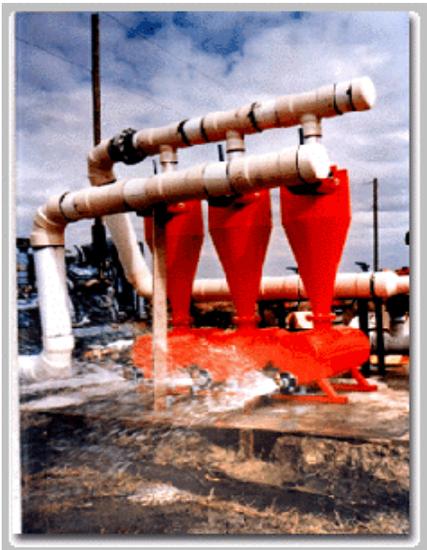


Figura 47. Diferentes tipos de hidrociclones para caudales grandes.

USOS Y LIMITACIONES

El hidrociclón es un filtro diseñado para ser utilizado en cabezales de filtración, tanto para aplicaciones agrícolas como industriales, el hidrociclón es un sistema de filtrado para la eliminación de las partículas minerales (arenas, limos...) que se encuentran en el agua circulante, este consiste en un cuerpo cilíndrico que recibe el agua por un lateral y le imprime un movimiento de giro. El agua continúa girando mientras desciende por el cuerpo troncocónico del hidrociclón, las partículas en suspensión, al ser más pesadas que el agua, son proyectadas contra las paredes del filtro y caen en un depósito inferior, posteriormente el agua asciende por la parte central y sale por la parte superior (Netafim,1988).

Los separadores ciclónicos son usados como unidades de pre-tamizado donde la fuerza centrífuga pueda remover y expulsar del agua toda partícula de alta densidad consecuentemente no son capaces de remover partículas orgánicas. Los hidrociclones rechazan eficientemente grandes cantidades de arenilla y puede reducir la inversión inicial, el costo de la operación y el costo de operación de los equipos si se instalan antes de la filtración a través de tamices y mallas.

Este equipo es necesario cuando el agua lleva partículas gruesas mas densas que el agua, y que no sean limos ni arcillas, como la separación de arena de agua de pozos artesianos y cieno de agua fluvial, el hidrociclón no sirve para eliminar partículas de naturaleza orgánica como bacterias, algas y materia orgánica dispersa ya que presentan una densidad específica menor a los sólidos en suspensión. Estas partículas logran pasar el dispositivo siendo necesario su eliminación en un filtro de grava, anillas o malla (Goldderg,1976).

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

Su principio de funcionamiento es hacer girar el agua en forma de un remolino, el punto de menor presión es el centro del remolino donde tienden a emigrar las partículas sólidas en suspensión, su función es la de separar la arena y otras partículas compactas más pesadas que el agua, por lo que es ideal como filtro previo en instalaciones que captan agua de pozo. La separación se produce gracias a la velocidad de rotación que se genera al ser inyectada el agua de forma tangencial en el interior del cuerpo del hidrociclón (Odis, 1998)

Como consecuencia de la fuerza centrífuga, las partículas sólidas se desplazan hacia la pared del cono de hidrociclón, donde prosiguen una trayectoria espiral descendente debido a la fuerza de gravedad, de esta forma, las partículas sólidas son arrastradas a la parte inferior del hidrociclón donde se almacenan en un depósito colector, el agua limpia sale del hidrociclón a través del tubo situado en la parte superior. Las partículas sólidas acumuladas en el depósito colector deben ser eliminadas periódicamente, esta limpieza puede realizarse con una purga continua con un drenaje temporizado (www.regaber.com).

El agua tratada incluyendo los sólidos entran al hidrociclón en forma tangencial y adyacente a la sección cilíndrica, el flujo inicialmente turbulento gira en espiral como un torbellino y por la fuerza centrífuga los sólidos más pesados con el agua son lanzados hacia la pared cónica y por efecto gravitacional las partículas descienden sobre el cono hasta del depósito colector. El torbellino de entrada se denomina vórtice principal y cerca del depósito colector se forma un vórtice secundario de giro ascendente que conduce el agua limpia hacia la salida del separador (Vican, 1996).

El hidrociclón no tiene partes móviles que se desgasten o elementos filtrantes que remover, limpiar o reemplazar, y ningún retrolavado es requerido, cuando el depósito de sedimentación se encuentra lleno se abre manualmente con una válvula, y se eliminan los sedimentos, como se indica en la Figura 48.

Por su parte el agua que, a descendido con el torbellino principal, al eliminarse al vértice del cono forma un torbellino principal ascendente que se denomina secundario y que gira en el mismo sentido que el primario, elevando el agua libre de partículas sólidas, que salen por el tubo superior (Lama 2003).

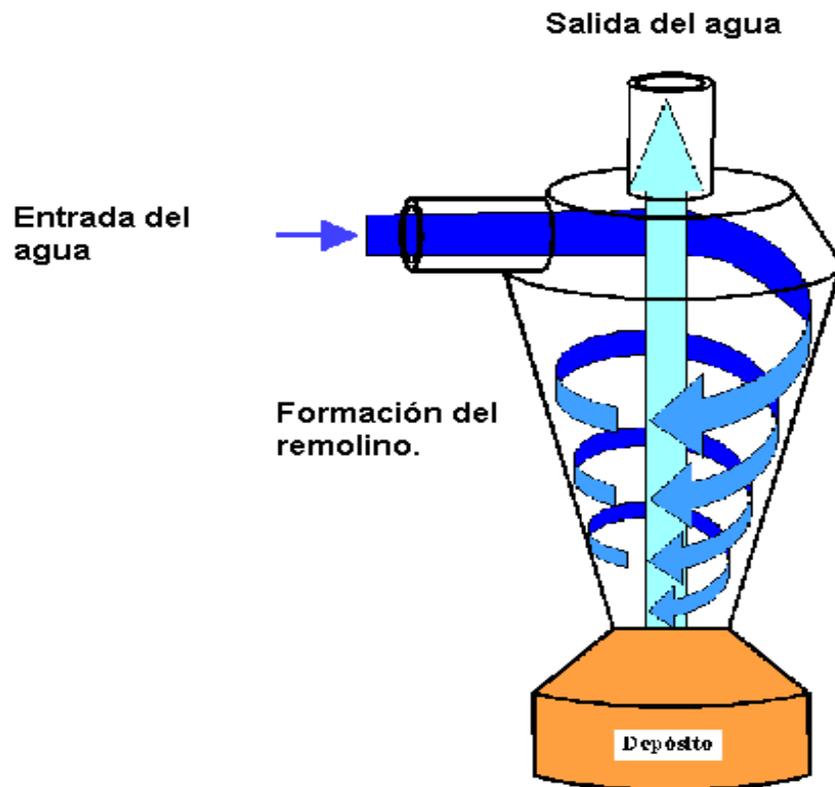


Figura 48. Principio de Funcionamiento del Hidrociclón.

Cuadro 18. Datos técnicos de los hidrociclones.

B pulgadas	D mm	H mm	L mm	Peso kg	Volumen m ³	Caudal recomendado m ³ /h	Presión máx. de trabajo kg/cm ²	Conexiones
2"	8"	792	300	20	0,063	11-17	8	2" RM
3"	8"	910	300	26	0,133	18-34	8	3" brida o victaulic
4"	16"	1630	600	105	1,100	52-82	8	4" brida o victaulic
6"	20"	2195	600	230	1,350	98-160	8	6" brida o victaulic

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

La única necesidad de limpiado es el purgado periódico de la cámara colectora de sólidos y para equipos instalados en paralelo la purga automática individual o colectiva es mas recomendable, las partículas o sólidos que se acumulan en un pequeño receptáculo ubicado en la parte inferior debe ser limpiado en forma regular para evitar la colmatación de la unidad (Martínez.B.,L.2000).

PERDIDAS DE CARGA

En el hidrociclón, la pérdida de carga se mantiene constante en el tiempo, independientemente del grado de suciedad y es función del caudal y de las dimensiones del dispositivo estas perdidas van de un rango de 3 a 7 m.c.a., a diferencia de otros filtros en los que las partículas aumentan a medida que se acumulan los sedimentos y aumenta su misma vez su pérdida de carga, un nivel aceptable de pérdida de carga para un hidrociclón es de 5 m.c.a. (Pizarro,1990).

Pérdida de carga

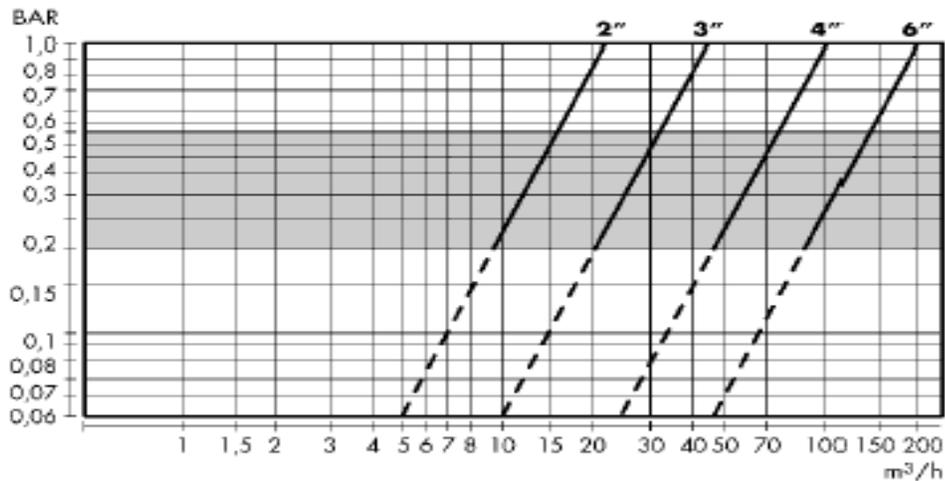


Figura 49. Grafica de pérdidas de Carga de un hidrociclón.

Principales ventajas del hidrociclón

- Debido a su especial diseño, el hidrociclón funciona con una mínima pérdida de carga.
- Construcción robusta recubierta en poliéster.
- Los hidrociclones pueden colocarse en paralelo para aumentar su capacidad de filtración.
- Funcionan con una pérdida de carga constante, no existe la posibilidad de obturación.
- Se trata de un dispositivo simple, de fácil operación y mantenimiento que no dispone de partes móviles ni cedazos o tamices.
- Provoca un descenso constante de presión para una capacidad dada, no es afectado por caídas bruscas de presión y no puede ser obturado por los sólidos que son separados, necesita una superficie mínima de suelo y de espacio libre reducido hacia arriba para que se realice una separación constante.
- La inversión inicial es reducida, además de que los costos de mantenimiento y operación son mínimos. Es importante destacar,

que el hidrociclón propiamente dicho y el depósito colector tienen la misma presión y, por tanto, no necesitan bombas o depósitos adicionales, ya que el descenso de presión es mínimo, y pueden ser introducidos con facilidad en sistemas ya existentes.

- Los sólidos son purgados del depósito colector con una descarga mínima de líquido, en los filtros convencionales nos encontramos con una descarga mayor de agua para su limpieza, además de que se obturan con los elementos filtrados, por lo que su eficiencia se va reduciendo.

UTILIZACIÓN DEL HIDROCICLÓN

Este equipo es utilizado para protección de bombas, válvulas, etc., ya que evitan daños y el desgaste causado por materias sólidas en exceso, sobre todo en aguas procedentes de pozo, antes de que sea filtrada mediante otros métodos como la arena, los discos o mallas, ya que puede reducir la inversión inicial y el costo de operación de los equipos.

Los datos técnicos correspondientes a los límites de funcionamiento, eficiencia de separación y capacidad en relación con la caída de presión, deben ser aportados por la casa suministradora del material y con esto se dará idea de la conveniencia de incorporar o no este tipo de elementos a nuestro cabezal de riego (Lama,2003).

SEPARADORES DE ARENA

Existen en el mercado otro tipo de separador de arena basados en el mismo principio de hidrociclón pero su instalación es inclinada en ángulo de 22.5° , este equipo comercialmente reciben el nombre de separadores de arena (Boswell, M.J. 1990). Figura 50.



Figura 50. Separador de arena con inclinación de 22.5°

Cuadro 19. Características de separadores de arena.

DIÁMETRO (pulgadas)	CAUDAL (m^3/h)	LONGITUD (cm)	PESO (kg)
1/2"	0,9 - 2,3	51	6
3/4"	2,3 - 4,6	51	7
1"	4,0 - 8,7	77	12
1 1/4"	6,0 - 12,0	77	12
1 1/2"	8,7 - 18,0	77	12
2"	14,5 - 27,6	92	20
2 1/2"	23,0 - 41,4	112	25
3"	28,8 - 59,8	122	34
4"	43,7 - 79,4	132	54

Fuente: Rain Bird Clean-flo data sheet 4221.

FILTROS DE EFECTO CICLÓNICO

Los filtros de efecto ciclónico suponen una innovación y mejora de los filtros de malla prolongando considerable el ciclo de limpieza de la malla, estos combinan por un lado la filtración con malla de pequeño diámetro de paso, y por otra la decantación centrífuga del efecto ciclónico. Figura 51, el agua atraviesa la malla filtrante del interior hacia el exterior.

El acceso del agua al filtro se realiza a través de unos difusores especiales que infieren al agua un movimiento centrífugo, provocando un arrastre y limpieza de la malla, posteriormente la precipitación de las partículas en suspensión, las cuales se acumulan en el depósito inferior, este dispone de una salida de $\frac{3}{4}$ " con una válvula de bola que permite la expulsión de los residuos y la suciedad acumulada, esta purga puede automatizarse para que se realice cada cierto tiempo.

Los filtros de efecto ciclónico están especialmente diseñados para pequeñas, medianas y grandes instalaciones y son utilizados en los sectores de la industria, agricultura, construcción y uso doméstico, las posibilidades de montaje en batería y sus características de funcionamiento hacen del filtro de efecto ciclónico uno de los más sencillos, eficaces y económicos del mercado, siendo de muy fácil instalación (www.regaber.com).

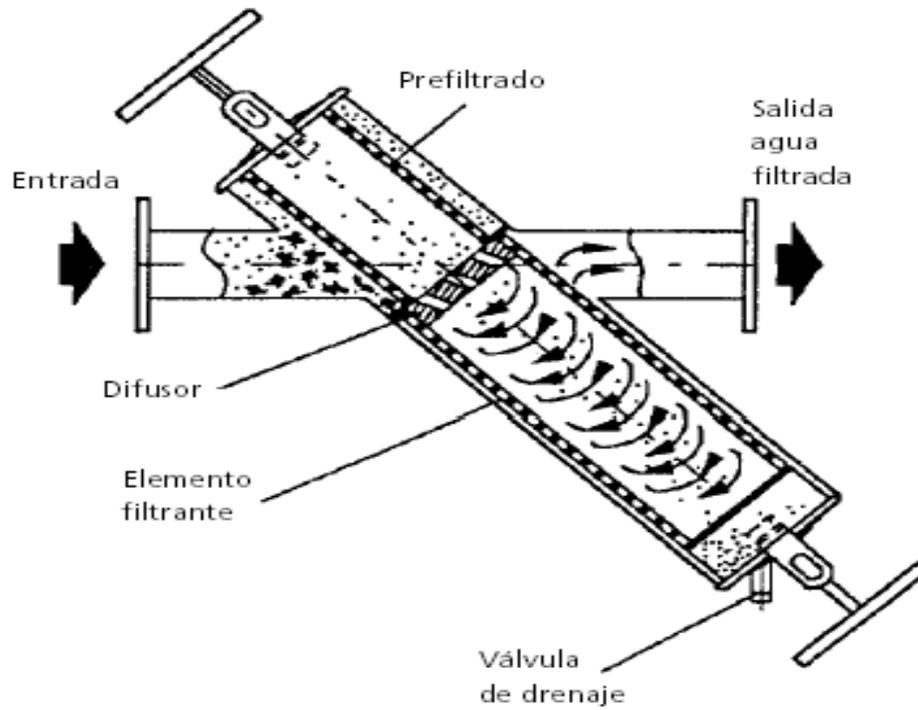


Figura 51. Funcionamiento de los Filtros de efecto ciclónico.

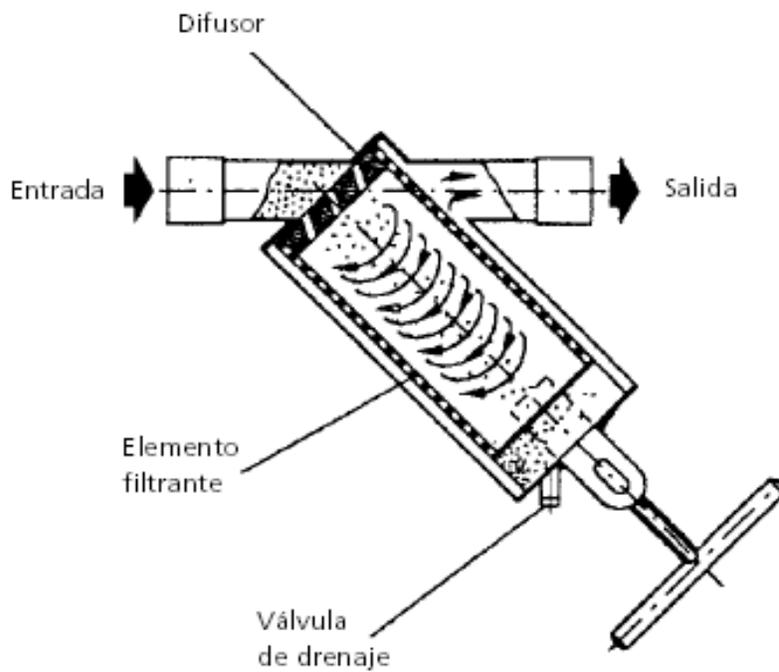


Figura 52. Funcionamiento de los diferentes Filtros de efecto Ciclónico.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS FILTROS DE EFECTO CICLONICO.

- Los filtros de efecto ciclónico se suministran con cuatro tapones obturados, para el buen funcionamiento del filtro es básico el ajuste óptimo al caudal del agua, esto se consigue bloqueando los agujeros del difusor con los tapones suministrados como lo indica la Figura 54.
- Malla interior de acero inoxidable con refuerzo de PVC, de gran superficie filtrante y gran capacidad de retención de sólidos.
- Efecto ciclónico con precipitación y acumulación de partículas sólidas, con posibilidad de automatización de las purgas.
- Fácil y rápido acceso al interior del filtro sin necesidad de herramientas.
- El modelo de 6" tiene la opción de un prefiltro para la eliminación de las partículas de mayor tamaño que podrían dañar los elementos filtrantes.
- Adecuado como filtro de control a continuación de filtros de arena o de cabecera en instalaciones de caudal constante.
- Posibilidad de automatización de la purga para la eliminación de residuos, sin interrupción del proceso de filtración.
- Equipados con dos tomas de presión y válvula de purga manual.
- El cuerpo del filtro se fabrica con chapa de acero y en el proceso se aplican siete capas distintas, incluyendo la fosfatación, el acabado consiste en una capa de poliéster 100% de 130 micras, depositadas electroestáticamente que asegura una larga vida al filtro.
- Mallas de filtración disponibles en diversos mesh: 80, 120, 140 y 200 mesh.
- Es muy importante no inclinar el filtro más de 45° de su eje vertical, de lo contrario se reduce el efecto centrífugo, la eficacia de la filtración y la durabilidad de la malla (www.regaber.com).



Figura 53. Numero de aberturas.

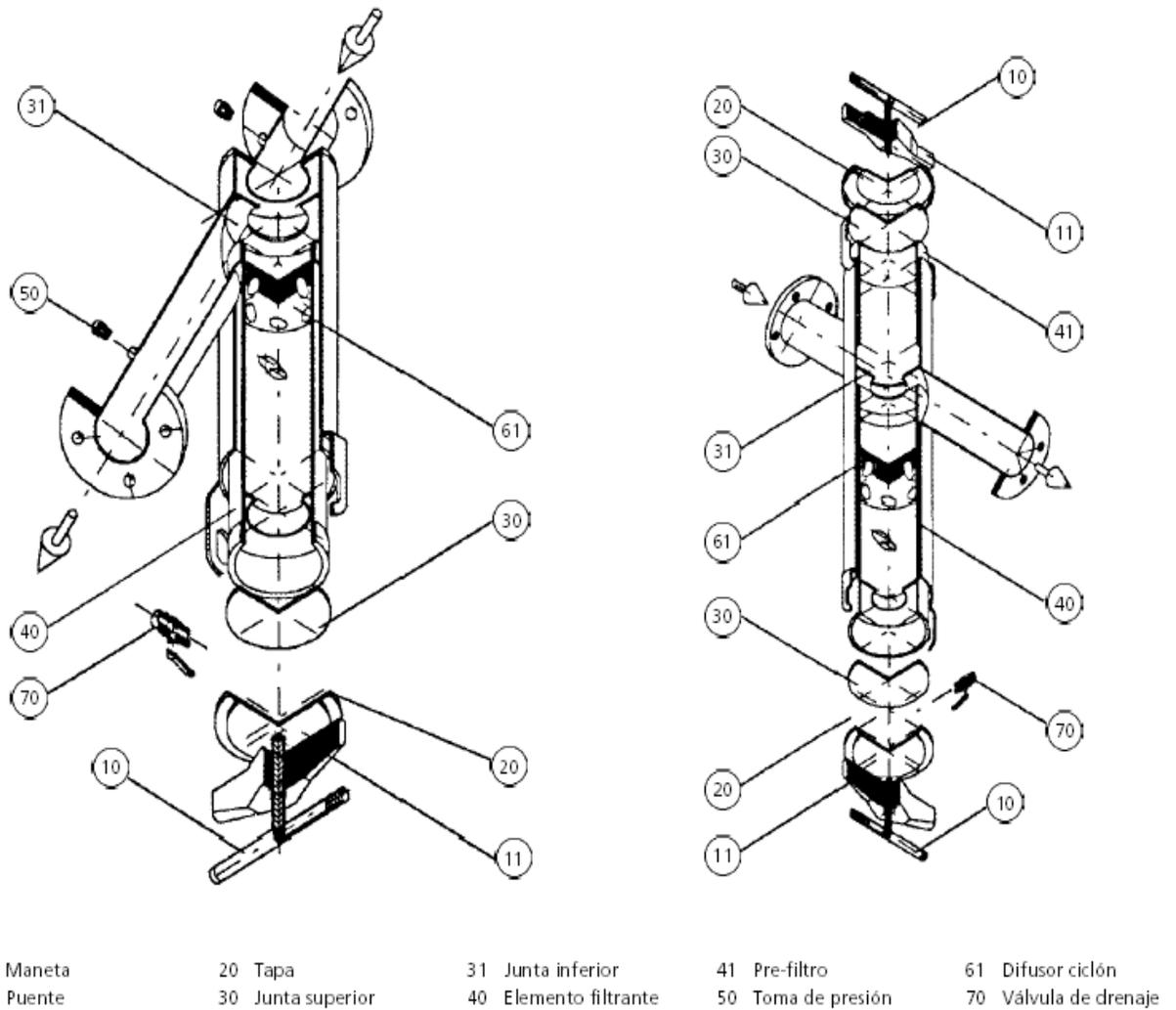


Figura 54. Componentes de los filtros de efecto ciclónico.

EXISTEN OTROS EQUIPOS Y METODOS EMPLEADOS EN LA FILTRACIÓN DEL AGUA ESTOS SON:

FILTROS DE SEGURIDAD

Estos equipos suelen ser pequeños filtros universales de material plástico o metálico con diámetros 3/4" a 2", que se utilizan sobre todo en la cabeza de las subunidades de riego para evitar entrada de suciedad a los ramales portagoteros por roturas o reparaciones de la red principal, a excepción de los filtros de disco, todos ellos han sido diseñados tal y forma que la dirección del flujo corre a lo largo del eje longitudinal del cilindro, causando una pérdida mínima de presión.

Este principio de flujo directo logra que las partículas filtradas se acumulen en el extremo del cilindro, de donde pueden ser fácilmente eliminadas por la limpieza a chorro realizada por medio de una válvula de descarga, provista para cumplir esta función, este tipo de filtro también debe ser utilizado a la salida de la cuba de fertilizantes, con el fin de eliminar las impurezas que puedan llevar éstos consigo (Munguia,1997).



Figura 55. Pequeños Filtros de Seguridad.

FILTROS AUTOMÁTICOS (HIDRÁULICOS O ELÉCTRICOS)

AUTOMÁTICOS DE MALLAS

El uso de filtros de malla automáticos es altamente recomendable cuando los sitios en los que se emplean presentan problemas de acceso o en las instancias donde la limpieza de los mismos puede ser problemática, se presentan en medidas de 2" a 14" , operados hidráulicamente y otros mediante electricidad, los filtros automáticos mas comunes son de mallas y anillas. La limpieza se basa en la actuación de un sensor de presión, que determina el comienzo de la limpieza cuando la diferencia de presión alcanza un valor determinado, esta operación incluye la apertura de una válvula hidráulica de limpieza, es cuestión de segundos y no interfiere con el riego (ServiRainS.L.,2001)

La característica principal del filtro automático es su sistema de aspiración automático para efectuar la limpieza de la malla, dicho sistema funciona mediante la presión de la red, sin interrumpir el proceso de filtración, ahorrando tiempo y agua de una forma eficaz, estos filtros están disponibles en una amplia gama de modelos para cubrir casi todas las necesidades de filtración automática.

FUNCIONAMIENTO

El agua sucia entra en el filtro por una rejilla gruesa, posteriormente se filtra a través de una malla fina de acero inoxidable, las partículas de suciedad se van acumulando progresivamente en la parte interna de la malla de filtración, lo que provoca un ligero aumento en la presión diferencial. Al alcanzar una presión diferencial predeterminada se activa un ciclo automático para efectuar la limpieza de la malla, abriéndose una válvula hidráulica conectada al desagüe (Odis, 1998).

Al iniciar el desagüe a presión atmosférica, la presión en la cámara del motor hidráulico decae igualándose a la del tubo colector provocando una corriente que

aspira la suciedad de la superficie de la malla, el agua del lavado, al ser expulsada por los dos orificios del motor hidráulico provoca un movimiento rotativo del colector.

Las boquillas en rotación retiran los residuos de toda la superficie de la malla, simultáneamente el pistón mueve las boquillas a lo largo de la malla abarcando toda la superficie. La duración de un ciclo completo de lavado automático es de pocos segundos y no provoca interrupción alguna en el proceso de filtración, al finalizar el ciclo de lavado la válvula de desagüe se cierra y el filtro asume de nuevo su función de filtración, quedando la malla limpia en su totalidad.

Filtro de limpieza automática, montado en acero inox, la limpieza se realiza por diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro, mediante un manómetro diferencial, es decir cuando se detecta una diferencia de presión de 0'5 bar. se activa automáticamente la limpieza. La limpieza se realiza hidráulicamente, cierra las electroválvulas de salida y hace que se active el eje giratorio, que a su vez lleva incorporados unos cepillos Figura 56.

Finalmente el agua procedente de la limpieza es evacuada por la válvula de drenaje, que la lleva incorporada en la parte inferior, el proceso de autolimpieza se puede activar mediante el automatismo de riego, por volumen, por tiempo, o bien activarlo manualmente (Servi Rain S.L., 2001).



Figura 56. Filtro Automático.

Montaje de filtros SATI, estos son colectores de acero inoxidable, totalmente automático, con una capacidad de filtrado máxima de 300 m³/h. Figura 58.



Figura 57. Montaje de Filtros SATI.



Figura 58. Diferentes Tipos de Filtros automáticos de mallas.



Figura 59. Filtros Automatizados de mallas.

Montaje de un filtro de 3" en la tubería general de riego, controlado mediante el automatismo de riego con funcionamiento totalmente hidráulico, capacidad de filtrado máxima de 100 m³/h. Figura 60.



Figura 60. Montaje de filtro automático de 3".

Montaje de una estructura de filtros, directamente a la red principal de riego, totalmente automático, con una capacidad de filtrado máxima de 300 m³/h.



Figura 61. Instalación de filtros automáticos.



Figura 62. Montaje de una estructura de filtros automáticos de malla.

AUTOMÁTICOS DE ANILLAS

Filtros de limpieza automática, con dispositivos hidráulicos consiguen una perfecta sincronización de cada unas de las maniobras de limpieza de las anillas, la limpieza se realiza a contra flujo con separación de las anillas entre si y giro a alta velocidad produciendo el desprendimiento de los restos de suciedad por centrifugación.

El proceso de auto limpieza se puede activar mediante el automatismo de riego, por diferencia de presión de entrada y salida, por volumen, por tiempo, o bien activarlo manualmente (www.elriego.com).



Figura 63. Filtros de Anillas automáticos (Azud).

El sistema de filtrado semiautomático, con filtros de anillas de 3", son montados en la red principal de riego, con dispositivo de limpieza activado mediante el automatismo de riego.



Figura 64. Filtros de anillas semiautomáticos con capacidad de limpieza máximo de 160 m³/h

VENTAJAS DE LOS FILTROS AUTOMÁTICOS

- **Autónomo.** La limpieza por aspiración funciona con la presión de la red, sin energía eléctrica (Amiad,2000; Rain Bird, 1990).
- **Funcionamiento constante.** El ciclo automático de limpieza no supone interrupción en el proceso de filtración.
- **Economía.** Trabaja con una pérdida de carga constante y reducida.
- **Eficacia.** Trabaja eficazmente desde caudales bajos hasta los máximos previstos.
- **Calidad.** Filtración de alta calidad.
- **Caudales altos.** Hasta 1.100 m³ /h por unidad de filtro.
- **Instalación sencilla.** Puede instalarse en posición vertical u horizontal, ocupando menos espacio que los sistemas tradicionales.

FILTROS ESTERILIZADORES DE AGUA POR RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La desinfección de agua por radiación ultravioleta (UV) es un procedimiento físico, que no altera su composición química ni aporta sabores u olores extraños, la irradiación de los gérmenes presentes en el agua con rayos UV (254 nm), provoca una serie de alteraciones y daños en la estructura de su ADN que impiden la división celular y causan su muerte.

La seguridad de la desinfección mediante radiación UV está probada científicamente y constituye una alternativa segura, eficaz y económica a otros métodos de desinfección como el cloro y el ozono, estos equipos se fabrican en acero inoxidable o en polietileno de alta densidad para adaptarse a cualquier aplicación, están dimensionados para tratar una gama de caudales entre 80 litros/hora y 1000 m³/hora, en configuraciones estándar (Sefiltra,2001).

Cuadro 20. Esterilizadores de agua por radiación ultravioleta.

<p>Línea en Plástico</p> <ol style="list-style-type: none">1. Mantenimiento sencillo2. Costo económico bajo3. Garantía aproximada de 1 años según proveedor.4. Diseño de equipos a la medida.5. Cámara de irradiación en polietileno de alta densidad.6. Instalación vertical u horizontal.7. Bajo coste de mantenimiento.	 The image shows two different models of UV water sterilizers. On the left is a vertical stainless steel unit with a cylindrical body and a top cap. On the right is a horizontal black plastic unit with a similar cylindrical body and a top cap. Both units have various ports and valves for water flow.
---	---

FILTROS THOMPSON

El filtro Thompson es un filtro de pantalla patentado del acero inoxidable que se diseña para el retiro de la arena y del sedimento del agua y es utilizado para la industria y la irrigación, este tipo de filtro único ha crecido popularmente debido a su diseño, bajo requerimiento de mantenimiento, construcción del acero inoxidable, perfil del ahorro del espacio y pérdida de la presión excepcionalmente baja.

Todos los modelos del filtro de Thompson funcionan con una pérdida de la presión menor de 1 PSI en el flujo máximo cuando están limpios, esta eficacia proporciona ahorros verdaderos de la energía cuando se compara con otros equipos de filtración (Miller Leaman, 2000).



Figura 65. Filtros Thompson.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN Y DISEÑO

Mientras que el agua fluye hacia arriba a través de la cubierta del filtro posteriormente se desvía los sedimentos por la superficie de la pantalla de filtro de forma cónica, el sedimento entonces se eliminan fácilmente a través del puerto rasante o purga. La separación eficaz del agua y del sedimento se alcanza mientras que reduce al mínimo el contacto de las ruinas con la pantalla.

Con las unidades disponibles a partir de la 2" hasta el 10" de tamaño y los caudales hasta 2,000 GPM y caudales más altos son alcanzados por los filtros múltiples conectados en paralelo, el filtro de Thompson es hecho en los E.E.U.U. (Miller-Leaman's-Leaman's, 2000).

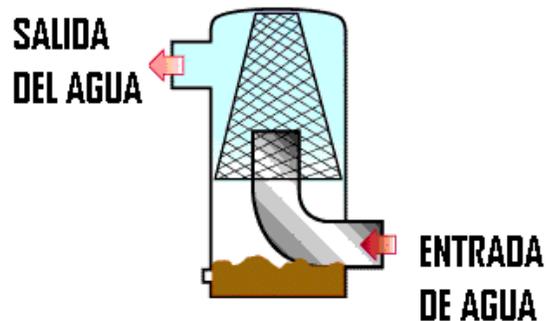


Figura 66. Modo de Operación de Filtros Thompson.

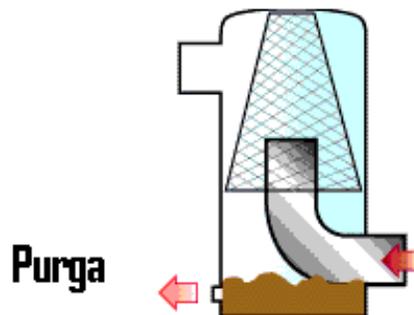


Figura 67. Modo de eliminación de los sedimentos

DESARENADOR

Una alternativa para reducir el contenido de partículas en suspensión es la construcción de un desarenador previo a la cámara de succión de la bomba, esta estructura puede instalarse previo a la entrada de agua al estanque acumulador, el desarenador es una estructura muy simple y consiste en un ensanchamiento del canal alimentador y una disminución de la altura del agua dentro de él con la finalidad de disminuir el recorrido de una partícula desde el nivel donde se encuentra hasta el fondo (Pitts, D.J., D.Z. Hamany A.G.Smajstrla. 1990).

EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Esta estructura trata de disminuir la velocidad del agua para permitir la decantación de las partículas más pesadas, las partículas de naturaleza orgánica como algas, bacterias y virus continúan arrastradas por el agua.

La entrada del agua al desarenador debe ser uniforme por lo tanto se debe diseñar una estructura intermedia con esta finalidad. La salida del agua debe ser a través de un vertedero de pared delgada de todo el ancho de la estructura, esto permite que el agua experimente una baja aceleración en los tramos finales reduciendo la turbulencia y por consiguiente, el levantamiento de partículas desde el fondo (Claude Laval, 1988).

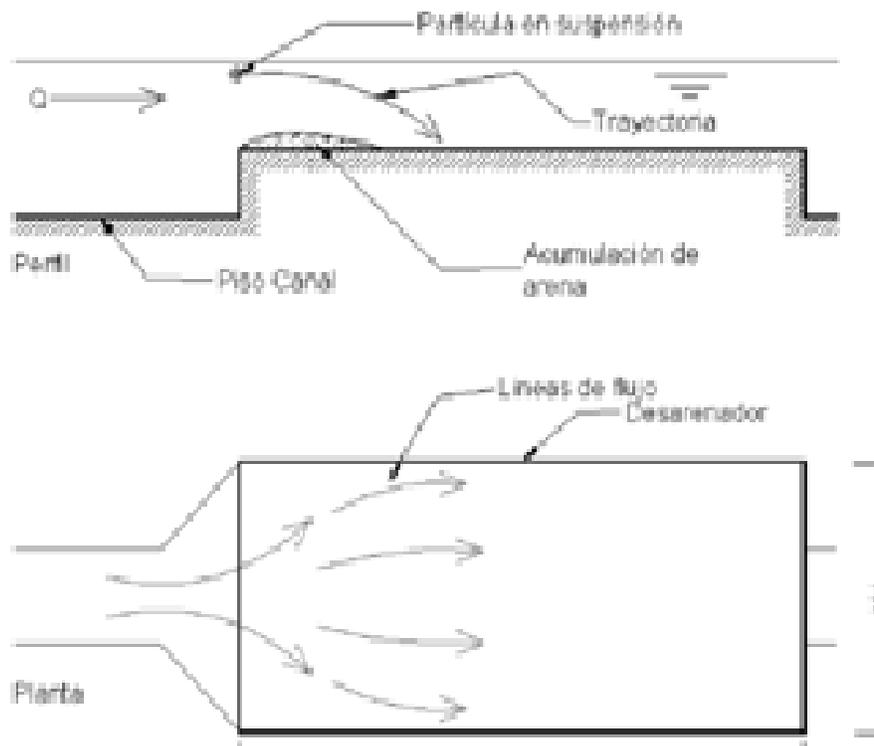


Figura 68. Esquema de un desarenador.

MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

El desarenador debe ser limpiado en forma periódica para evitar su colmatación, la arena depositada en el fondo puede ser removida con pala o aprovechar el movimiento del agua para eliminarla. En este caso el piso del desarenador debe tener pendiente hacia el centro de la estructura y hacia la salida de desagüe, el ángulo recomendado es 10° equivalente a una pendiente de 17,5% como se muestra en la Figura 69. Aquellas estructuras ubicadas cerca del cabezal de riego o una tubería matriz pueden ser limpiadas con ayuda de la fuerza del chorro de agua, para ello se necesita de un hidratante en las proximidades de la estructura con una manguera y un pitón.

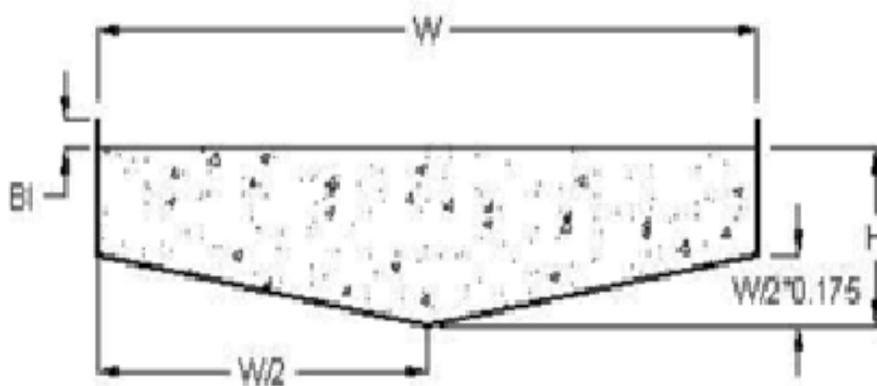


Figura 69. Corte transversal de un desarenador.

El agua con el sedimento acumulado debe ser conducida hacia un lugar que no cause problemas, es necesario evitar que esta agua se conduzca hacia un canal de riego ya que esto sólo aumentará el trabajo de limpieza del canal.

DISEÑO DE UN DESARENADOR

El monograma de la Figura 70, permite calcular el ancho y el largo de un desarenador en función del caudal y la altura de agua promedio dentro de la estructura para tamaños de partículas hasta $50 \mu\text{m}$, para ello seleccionar el caudal de trabajo en el eje [Q],

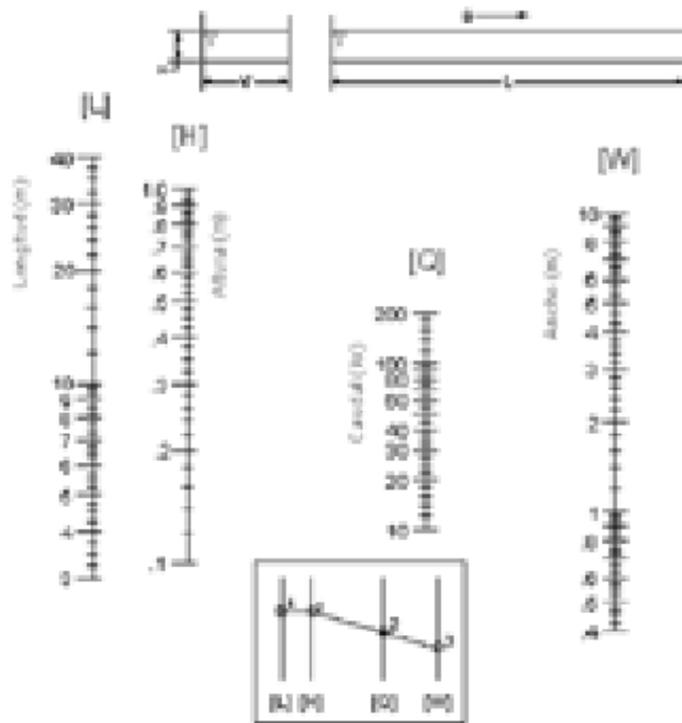


Figura 70. Nomograma para el Diseño de un desarenador.

Para ejemplificar la utilización del nomograma para el desarenador consideramos que se dispone de un canal que conduce 100 lps, la altura de agua dentro del desarenador es 0.25 m. se tendrá:

RESULTADO

Al unir con la línea horizontal el punto 0.25 en la escala (H) con la escala (L), se obtiene que el largo aproximado de la estructura es de 8.2 m, al unir con una línea el punto 0.25 en la escala (H) con el punto 100 en la escala (Q), la prolongación de esta línea hasta la escala (W) da como resultado un ancho de la estructura debe ser aproximadamente 4.2 m. Para disminuir el ancho (W), se debe aumentar la profundidad (H), y si la profundidad del agua en el desarenador es 0.35 m, el largo y ancho debe ser 12 y 3 metros respectivamente.

El objetivo de diseñar una estructura con poca profundidad es el lograr la decantación de las partículas en suspensión en poco tiempo, por lo tanto, la profundidad sugerida para esta estructuras se encuentra en el rango de 0.2 a 0.4 metros, bajas velocidades del agua permiten que el flujo tienda a ser del tipo laminar para no producir turbulencias que levanten las partículas desde el fondo. La Figura 71, muestra un desarenador diseñado en forma inapropiada y que no cumple con el objetivo propuesto de reducir la velocidad de flujo en el rango de 0.2 a 0.3 m/s y lograr la precipitación de las partículas sólidas equivalentes a granos de arena fina a muy fina.



Figura 71. Desarenador con un diseño inapropiado.

CANASTILLO

El canastillo es una malla que se coloca en el extremo del tubo de succión para evitar el paso de partículas orgánicas mayores dentro del sistema, esto comprende peces, restos de hojas, ramillas, etc., una foto de un canastillo la podemos ver en la Figura 72 (Walker, W.R. 1979).

El canastillo debe ser revisado periódicamente ya que una obstrucción causada por plástico o papel puede reducir significativamente el caudal de la bomba, ocasionando problemas en la operación del equipo y eventualmente cavitación.

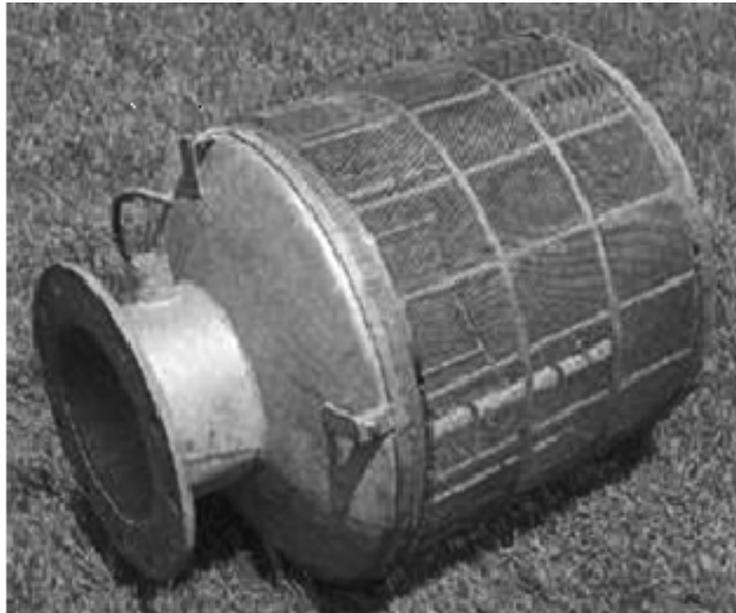


Figura 72. Canastillo.

TRAMPA DE BASURAS

Este tipo de dispositivos son recomendados en la instalación para retener basuras del pozo de succión o en la entrada del agua al estanque acumulador para evitar la obstrucción del canastillo.

Las trampas verticales producen mucha pérdida de carga a medida que se acumula basura, la pérdida de carga se traduce en un aumento del nivel de aguas arriba de la estructura y puede causar un desborde del canal. Las trampas horizontales causan menos pérdida de carga y pueden tener mayor superficie de filtración, basándose en lo anterior lo ideal es instalar una trampa horizontal a la entrada del acumulador, las mallas debe ser de acero con aberturas de 3 ó 4 cm. Un esquema de una trampa vertical aparece en la Figura 73, (Van Niekerk, A.S. 1995).

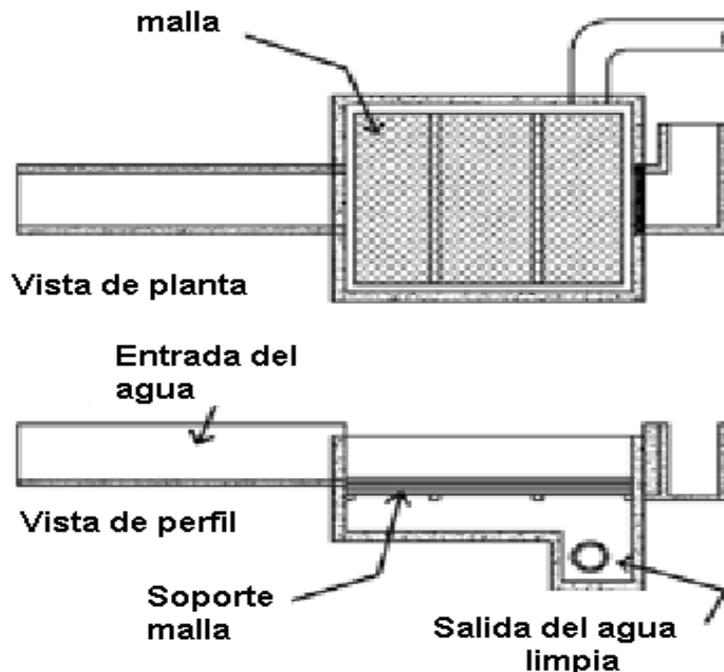


Figura 73. Trampa horizontal de basura.

PRECIO DE LAS UNIDADES DE FILTRACIÓN EN RELACION A SU CAPACIDAD DE FILTRADO.

Cuadro 21. Precio de los filtros por su capacidad de filtración.

TIPO DE FILTRO	DIAMETRO (pulgadas)	FLUJO MAXIMO (m ³ /h)	PRECIO (DlIs.)
MALLA	2	18	136
MALLA	3	32.4	334.09
MALLA	2	25.08	428.22
MALLA	3	57.6	620.88
MALLA	4	75.24	935.22
MALLA	6	159.6	1715.22
MALLA	8	273.6	2503.8
MALLA	10	501.6	5559.84
MALLA	12	684	8188.44
MALLA	14	1026	11180.52
DISCOS	2	30	203.7
DISCOS	3	50	260
DISCOS	3(3)	105	820.62
DISCOS	3(4)	160	1500
HIDROCICLON	2	18	260
HIDROCICLON	3	32.4	333.8
HIDROCICLON	4	57.6	400
SEPARADOR CENTRIFUGO DE 22.5°	1/2.	136.8	160
SEPARADOR CENTRIFUGO DE 22.5°	3/4.	273.6	165
SEPARADOR CENTRIFUGO DE 22.5°	1	435.6	175
SEPARADOR CENTRIFUGO DE 22.5°	1 1/4.	655.2	190
SEPARADOR CENTRIFUGO DE 22.5°	1 1/2.	954	205
GRAVA Y ARENA	2	18	288.7
GRAVA Y ARENA	3	32.4	792.9
GRAVA Y ARENA	4	57.6	1048

Los precios de lista que se muestran son del mes de febrero del 2004 y son de diferentes fabricantes.

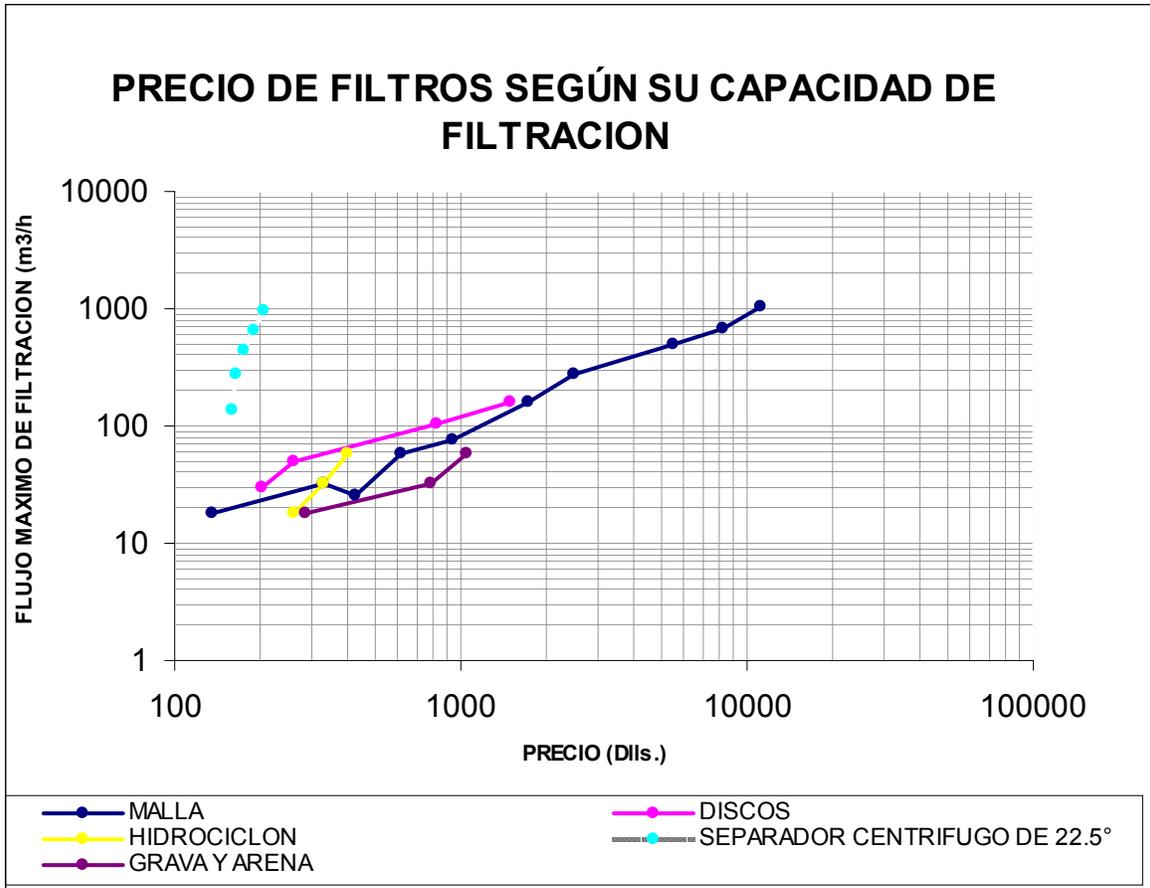


Figura 74. Relación de precios de filtros según su capacidad de filtración

En la Figura 74. observamos los cambios que tienen los precios de los filtros con relación a su capacidad de filtración, con estos datos podemos comparar y seleccionar el tipo de filtro que más nos convenga en cuanto a precio y flujo de filtración.

CONCLUSIONES

La filtración del agua es una actividad indispensable que se tiene que hacer para la utilización de nuevos sistemas de riegos localizados, ya que sin ello tendríamos muchos problemas como obturaciones en los emisores y bajas eficiencias de aplicación que reducirían los rendimientos y calidad de los cultivos. Por lo que con este trabajo se pretende dar una panorámica general de los diferentes principios y equipos de filtración para que sea utilizado por las personas interesadas en conocer mas acerca de este tema.

Existen diferentes métodos de prefiltrado, como los son los desarenadores, trampas de basura, decantadores y obras de aducción y succión que previenen los problemas antes del ingreso al sistema de riego localizado; difieren según la procedencia del agua.

También existen diferentes equipos de filtración, cada uno de ellos cuenta con un principio, como la filtración por mallas que no es que la interposición de una barrera que impide el paso de partículas de mayor tamaño a los orificios de la malla. En el caso de los filtros de anillas, grava y arena, consiste el paso del agua a través de conductos pequeños que solamente deja pasar el agua y atrapa las partículas en suspensión; el hidrociclón utiliza la fuerza centrífuga y la fuerza de gravedad para separar las partículas del agua.

Cabe señalar que es de gran importancia el análisis de los elementos en suspensión por tipo y concentración así como el conocimiento de sus variaciones y el tamaño de los orificios de los emisores por proteger, para poder seleccionar adecuadamente el equipo de filtración y tenga un buen funcionamiento el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

AMIAD FILTRATION and FERTIGATION SYSTEMS. 2000. Plastic filters, steel filters, automatic filters and fertigation equipment. P.O.B. "A" Reseda CA 91335 USA. Pp 6-22.

BAUMANN, E.R. 1968. Filtration equipment. Conference Proceeding second Water Quality Improvement Seminar. Publised by ASEA St. Joseph Michigan 49 085 USA. Pp. 5-13,26.

BOSWELL, M.J. 1990. Micro-Irrigation Design Manual. James Hardie Irrigation Co., El Cajon, CA.

BUKS, D.A.; F.S. NAKAYAMA; and R.G. GILBERT. 1980. Trickle emitter Problem solved. Us Water Conservation Laboratory in Phoenix, Arizona. Irrigation age May/June. Vol. 14 No. 8 Pp 50.

BURT, C.M. Y S.W. STYLES. 1994. Drip and Microirrigation for trees, vines, and row crops. Irrigation Training and Research Center (ITRC). California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California.

BRIONES SANCHEZ, GREGORIO. 1990. Filtros para sistemas de microirrigación. Ponencia del IV Ciclo de Conferencias División de Ingeniería, UAAAN.

CLARK, G.A. Y A.G. SMAJSTRLA. 1992. Treating irrigation systems with chlorine. Circular1039. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida.

CLAUDE LAVAL CORPORATION. 1988. Filters for irrigation Systems. Irrigation Journal Sept. & October. P.O. BOX 8420 Van Nuys, CA 91 4994083. Pp. 8-15.

CURTIS,L.M. 1998. Acid injection for system maintenance. Micro-Irrigation Handbook ANR-652. Alabama Cooperative Extension System. The University of Alabama.

FARREL, M.D. 1989. Filtration: The key to Successful microirrigation System. Irrigation Journal November/ December. PO Box 8420 Van Nuys, CA 914994083. Pp. 5-15.

FERREIRA E., R y PERALTA A., J. 1998. Efecto de la aplicación de ácido sobre algunas características químicas de un suelo calcáreo. Chile. Agricultura Técnica, pág. 163-170.

FILTOMAT, 1989. Automatic Sefl-cleaning Filter. Manual. Serial Number 89.8.96.

FINKEL, H.J. CRC HANDBOOK OF IRRIGATION TECHNOLOGY. 1982. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.

FLOW-GUARD, 2000. Manual de Instalación y operación, filtros de arena y grava verticales Fresno Valves & Castings, Inc.

GOLDBERG, D., B. GORNAT Y D. RIMON. 1976. Drip Irrigation. Principles, design and agricultural practices. Drip Irrigation Scientific Publications. Kfar Shmaryahu. Israel.

GARCIA, C.I. y BRIONES S.G. 1986. Diseño y Evaluación de sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de ingeniería. Depto. De Riego y Drenaje. Buenavista, Saltillo, Coah. 8.7. Filtración y Fertilización. Pp. 306 –309.

HAMAN, D.Z, A.G. SMAJSTRLA Y F. ZAZUETA. 1989. Screen filters in trickle irrigation systems. AE-61 Agricultural Engineering Fact Sheet. University of Florida. Gainesville, Florida.

HAMAN, D.Z, A.G. SMAJSTRLA Y F. ZAZUETA. 1994. Media filters for trickle irrigation in Florida. AE-57 Agricultural Engineering Fact Sheet. University of Florida. Gainesville, Florida.

HAMAN, D.Z, F. IZUNO Y F. ZAZUETA. 1989. Valves in Irrigation Systems. Circular 824. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida.

IRYDA. (1985). Normas para proyectos de riego por aspersión. IRYDA. Madrid.

JENSEN, M.E. 1980. Design and operation of farm irrigation systems. The American Society of Agricultural Engineers. USA. Pp. 447-556.

KARPELLI D. and J. KELLER. 1975. Trickler Mfg. Con, Glendora, CA. USA. Pp. 100-103.

KAY, M.G., S.F. TYRREL, P. HOWSAM. 1989. Biofouling in drip/trickle irrigation systems. Irrigation, theory and practice. Proceedings of the International Conference. University of Southampton. Pentech Press, London. pp 652-659.

KOVACH, S.P., L.M. CURTIS Y J.E. HAIRSTON. 1998. Chlorination to prevent clogging. Micro-Irrigation Handbook ANR-651. Alabama Cooperative Extension System. The University of Alabama.

LÓPEZ, J.R., J.M. HERNÁNDEZ, A. PÉREZ, Y J.F. GONZÁLEZ. 1992. Riego Localizado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

MARTINEZ B.,L. 2000. Operación y mantención de equipos de riego para pequeños agricultores. Instituto de Desarrollo Agropecuario. Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena). Boletín INIA N° 24, 28p.

MATTA C., R. 1998. Instalación, manejo y mantención de sistemas de riego presurizado. Comisión Nacional de Riego. Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería Agrícola, Departamento de Riego y Drenaje, Campus Chillán. Publicaciones de Riego y Drenaje 24p.

MEDINA SAN JUAN, JOSÉ A. 1979. Riego por Goteo. Mundi-prensa. Madrid España. Pp 25-30.

MEYER, J.L. 1985. Cleaning drip irrigation systems. ASAE Pub 10-85, Drip/Trickle Irrigation in Action. Proceedings of the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress. American Society of Agricultural Engineers., St. Joseph MI.

MIYAMOTO., S. 1986. Uso de ácidos y acidulantes en aguas y suelos alcalinos. USA Universidad de Texas, El Paso 217-252.

MIYAMOTO., S. 1975. Sulfuric acid for treatment of ammoniated irrigation water. J. Reducing ammonia volatilization. Soil Sci. Amer. Proc. 39. 544-548.

NAKAYAMA, F.S., Y D.A. BUCKS. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. Design, Operation and Management. Developments in Agricultural Engineering. Elsevier.

PIPPENGER, J. And T. HICKS. 1979. Industrial Hydraulics. 8. Filtration of Hydraulics Fluids. Mc Graw- Hill Kogakusha. Ltd. Third edition. Tokyo, Japan Pp. 209-227.

PIZARRO CABELLO, FERNANDO. 1990. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, Exudación. Segunda edición. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. Pp273-283.

PHILLIPS,K.P. 1995. Long-term operation of microirrigation filtration systems; successes, failures and operational solutions. Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando. Florida. Pp 579-585.

PITTS, D.J., D.Z. HAMAN Y A.G. SMAJSTRLA. 1990. Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems. Bulletin 258. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida.

RAVINA, I., E. PAZ, G. SAGI, A. SCHISCHA, A. MARCU, Z. YECHIELY, Z. SOFER Y Y. LEV. 1995. Performance evaluation of filters and emitters with secondary effluent. Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando. Florida. Pp 244-249.

RAIN BIRD. 1990. Manual de mantenimiento para Sistemas de Riego de Bajo Volumen. Pp.14-17.

RAIN BIRD AGRI-PRODUCTS DIVISIÓN. 1985. Agriculture Irrigation Equipment Filters and Separators. 145 North Grand Avenue, Glendora, CA. USA. (818) 963-9311.4010-4210. Catalog.

RECHE M.,J. 1994. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones de riego por goteo. Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario. Dirección General de Infraestructura y Cooperación. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas Divulgadoras N° 8-9/93 HD, 63p.

RODRÍGUEZ SUPPO, FLORENCIO. 1982. Riego por Goteo. 1ª. Edición. A.G.T. editor, S.A. México. Pp 107 –110.

ROJAS W., LERIS L. 2001. Prevención y control de obstrucciones en equipos de riego tecnificado Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile). Centro Regional de Investigación Intihuasi (La Serena), Oficina Técnica Limarí (Ovalle).

SAGI. G., E. PAZ, I. RAVINA, A. SCHISCHA, A. MARCU Y Z. YECHIELY. 1995. Clogging of drip irrigation systems by colonial protozoa and sulfur bacteria. Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando. Florida. Pp 250-253.

SCHWAB, G.O., D.D. FANGMEIER, W.J. ELLIOT Y R.K. FREVERT. 1993. Soil and water conservation engineering. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc.

SMAJSTRLA, A.G., B.J. BOMAN, D.Z. HAMAN, D.J. PITTS Y F. ZAZUETA. 1990. Field evaluation of microirrigation water application uniformity. Bulletin 265. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida.

SMAJSTRLA, A.G. Y B.J. BOMAN. 1999. Flushing procedures for microirrigation systems. Bulletin 333. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville, Florida.

TARJUELO MARTIN-BENITO, J.M. (1995). El riego por aspersión y su tecnología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

TOLLEFSON, S. 1985. The Arizona System: Drip irrigation design for cotton. ASAE Pub 10- 85, Drip/Trickle Irrigation in Action. Proceedings of the Third International Drip/Trickle Irrigation Congress. American Society of Agricultural Engineers.

VAN NIEKERK, A.S. 1995. Measuring the dirtiness of irrigation water for microirrigation filters. Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando. Florida. Pp 586-591.

WALKER, W.R. 1979. Sprinkler and Trickle Irrigation. Department of Agricultural and Chemical Engineering. Colorado State University. Fort Collins, Colorado.

<http://www.merkasi.com/docuagro/riego4-1.htm>

<http://www.web.eead.csic.es/oficinaregante/riego/a4/riego4.html>

<http://www.lni.unipi.it/stevia/Supplemento/PAG005.HTM> - 6k

<http://www.copersa.com/riego.html> - 8k

http://www.infoagro.com/riegos/tecnologias_riego.asp - 27k

http://www.elriego.com/dom/shop/cat/Catalogo/Toro_micro.htm - 41k

<http://www.servirain.com/cabecal.htm> - 11k

http://www.azud.com/_spanish/riego/consejos/cons1.htm - 16k

<http://www.gatfertilizados.com/08/08cont.html>

http://www.elriego.com/dom/informa_te/riego_agricola/riego_localizado/componentes_instalacion/utilidad_filtrado.htm

http://www.horticom.com/tem_aut/riego/filtrado.html

<http://www.edis.ifas.ufl.edu/WI009.html>

<http://www.hort.ifas.ufl.edu/people/yeagerpubs.html>

<http://www.amiadusa.com>

<http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-filtros.htm>

<http://www.animalls.net/ARTIC76.HTML>

http://www.acsmedioambiente.com/equipos/filtros_multimedia.htm

<http://www.sefiltra.com/arena.htm>

http://www.lakos.com/cooling_towers/drawings_pdfs_rev1/Spanish/Gen_HT_Sls-580a.pdf

<http://www.plastro.com.ec/riego.htm>

<http://www.metpor.com.ar/castellano/PYS/Fal/Fal.htm>

http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-011.htm

http://www.hondurasag.org/fintrac-cda/pubs/Prod_16_Esp.pdf

<http://www.cabestisrl.com.ar/filtracion.htm>

http://www.chileriego.cl/nuevas_publicaciones/manual_equipos_presurizado.pdf