

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE INGENIERIA



***DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN FILTRO
DE MALLAS MODIFICADO***

Por:

OCTAVIO AGUILAR HERNANDEZ

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México

Octubre de 2009

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISION DE INGENIERIA

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN FILTRO
DE MALLAS MODIFICADO**

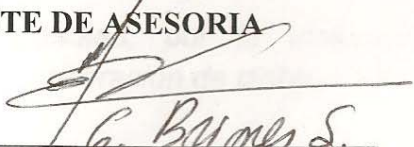
POR:

OCTAVIO AGUILAR HERNANDEZ


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

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

APROBADA POR:
COMITE DE ASESORIA


M.C. GREGORIO BRIONES SANCHEZ
ASESOR PRINCIPAL


M.Sc. IGNACIO GARCIA CASILLAS
ASESOR


M.C. TOMAS REYNA CEPEDA
ASESOR


ING. IGNACIO GARCIA ARIZPE
ASESOR


DR. RAUL RODRIGUEZ GARCIA
COORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA; MEXICO, OCTUBRE DE 2009

INDICE

INDICE.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
1.1.Objetivos.....	3
1.2.Hipótesis.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Prefiltrado.....	4
2.2. Equipo de filtración.....	5
2.3. El dimensionamiento de las unidades de filtración se definen por tres parámetros.....	5
2.4. Normas generales para cualquier equipo de filtración.....	6
2.5. Características que deben de reunir los equipos de filtración.....	6
2.6. Selección del elemento filtrante según el contaminante predominante en el agua.....	7
2.7. FILTRO DE MALLAS.....	9
2.7.1. Descripción.....	9
2.7.2. Malla del filtro.....	10
2.7.3. Elemento filtrante.....	13
2.7.4. Caudales permitidos.....	15
2.7.5. Pérdidas de carga.....	15

2.7.6. Instalación y limpieza.	16
2.7.7. Mantenimiento.	17
2.7.7.1. Control visual.	17
2.7.7.2. Tratamiento químico.	18
2.7.7.3. Engrase de roscas.	18
2.8. FILTRO DE ANILLAS	19
2.8.1. Descripción.	19
2.8.2. Clasificación de los filtros de anillas.	21
2.8.2.1. Filtros manuales.	21
2.8.2.2. Filtros automáticos.	21
2.8.3. Característica de las anillas.	22
2.8.4. Pérdidas de carga.	24
2.8.5. Operación de los filtros.	25
2.8.5.1. Filtros automáticos.	25
2.8.5.2 Filtros Manuales.	26
2.8.6. Mantenimiento.	27
2.8.6.1. Control interno.	27
2.8.6.2. Filtro de mando.	28
2.8.7. Ventajas del Sistema de Filtros de Anillas en relación al Filtro de Grava.	28
2.8.8. Ventajas del Sistema de Filtros de Anillas en relación al Filtro de mallas.	29
2.8.8.1. Exactitud en el grado de filtrado.	29
2.8.8.2. Filtrado en profundidad.	29
2.8.8.3. Seguridad.	30
2.9. FILTRO DE ARENA O GRAVA	31
2.9.1. Principios de Operación.	31
2.9.2. Caudal Requerido por metro cuadrado de filtración.	33
2.9.3. Pérdidas de Carga.	34
2.9.4. Retrolavado.	35
2.9.5. La Frecuencia de Retrolavado.	40

2.9.6. La Duración del Retrolavado.....	40
2.10. HIDROCICLONES.....	41
2.10.1. Descripción.....	41
2.10.2. Funcionamiento del Hidrociclón.....	42
2.10.3. Aplicaciones.....	43
2.10.4. Ventajas del Hidrociclón.....	43
2.10.5. Pérdidas de carga.....	44
2.10.6. Mantenimiento y Limpieza.....	47
2.11. FILTROS DE EFECTO CICLÓNICO.....	47
3. MATERIALES Y METODOS.....	51
3.1. Diseño.....	51
3.1.1. Principio de diseño.....	51
3.1.2. Herramienta de diseño.....	51
3.1.3. Diseño de las partes del filtro.....	51
3.1.3.1. Cuerpo.....	52
3.1.3.2. Entrada y salida.....	52
3.1.3.3. Elemento filtrante.....	52
3.1.3.4. Gusano.....	53
3.1.3.5. Tapa.....	54
3.1.3.6. Abrazadera.....	55
3.1.3.7. Principio de funcionamiento.....	55
3.2. Construcción.....	57
3.2.1. Cuerpo.....	57
3.2.2. Entrada y Salida.....	58
3.2.3. Elemento filtrante.....	58
3.2.4. Gusano.....	59
3.2.5. Tapa.....	60
3.3. Evaluación.....	61
3.3.1. Lugar de elaboración de pruebas.....	61

3.3.2. Material utilizado.	61
3.3.3. Pruebas y toma de datos.....	63
3.3.3.1. Filtro de mallas normal.	63
3.3.3.2. Filtro de mallas modificado.....	65
4. RESULTADOS Y DISCUSION	68
4.1. Filtro de mallas normal	68
4.2. Filtro de mallas modificado	69
5. CONCLUSIONES	72
6. BIBLIOGRAFIA	73
APENDICES.....	76
APENDICE A	77

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Filtro de Mallas.	9
Figura 2. Diferente diámetro de alambre de la malla para un mismo mesh.....	11
Figura 3. Diámetro del alambre y área efectiva.	12
Figura 4. Elemento filtrante o Cartucho.	14
Figura 5. Partes de un filtro de anillas.....	19
Figura 6. Cartucho de anillas.	22
Figura 7. Sección transversal de una anilla.	23
Figura 8. Gráfica de Pérdidas de Carga.	24
Figura 9. Esquema de filtrado automático.	25
Figura 10. Esquema de retrolavado automático.	26
Figura 11. Diferentes diseños de filtro de arena.	31
Figura 12. Modo de filtración de los filtros de arena.	32
Figura 13. Esquema de Filtrado.....	33
Figura 14. Esquema de Retrolavado.	35
Figura 15. Rango de caudales para la limpieza del lecho filtrante.	37
Figura 16. Proceso de Retrolavado.	39
Figura 17. Esquema de Instalación de Filtros de Arena en Paralelo.	39
Figura 18. Esquema de Instalación de Filtros de Arena en Bateria.	40
Figura 19. Esquema de Instalación de Filtros de Arena Lineal.....	40
Figura 20. Hidrociclón.	42
Figura 21. Esquema de Funcionamiento del Hidrociclón.....	43
Figura 22. Hidrociclones instalados en paralelo.....	45
Figura 23. Gráfica de Pérdidas de Carga de los hidrociclones.	46
Figura 24. Principales dimensiones de los Hidrociclones.	47
Figura 25. Funcionamiento de los Filtros de Efecto Ciclónico.	49
Figura 26. Funcionamiento de los diferentes Filtros de Efecto Ciclónico.....	49
Figura 27. Diferentes Aberturas de los Difusores.	51
Figura 28. Componentes de los Filtros de Efecto Ciclónico.....	51
Figura 29. Dimensiones del filtro de mallas.	52

Figura 30. Dimensiones del Elemento Filtrante.	54
Figura 31. Dimensiones del Gusano.....	55
Figura 32. Dimensiones de la tapa.	55
Figura 33. Abrazadera.	56
Figura 34. Funcionamiento del filtro modificado.....	56
Figura 35. Funcionamiento del filtro normal.....	57
Figura 36. Filtro de mallas modificado terminado.	59
Figura 37. Elemento filtrante modificado.....	60
Figura 38. Gusano.	61
Figura 39. Tapa con separador de arena.....	61
Figura 40. Estructura del sistema de pruebas, filtro modificado.....	62
Figura 41. Estructura del sistema de pruebas, filtro normal.....	63
Figura 42. Dimensiones de estructura metálica.....	64
Figura 43. Probando el filtro normal.....	66
Figura 44. Probando el filtro modificado.	68
Figura 45. Gráfica de pérdida de carga con agua limpia, filtro normal.....	69
Figura 46. Gráfica de pérdida de carga con agua y arena, filtro normal.	70
Figura 47. Gráfica de pérdida de carga con agua limpia, filtro modificado.	71
Figura 48. Gráfica de pérdida de carga con agua y arena, filtro modificado....	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Selección del elemento filtrante según el contaminante.....	7
Cuadro 2. Tabla de correspondencia de telas metálicas.	12
Cuadro 3. Caudal permitido en función de la velocidad.....	15
Cuadro 4. Identificación por colores de los diferentes tamaños de paso de las anillas.	22
Cuadro 5. Caudal en Función de la Calidad del Agua.	33
Cuadro 6. Granulometrías mas Usadas.....	34
Cuadro 7. Pérdidas de Carga en Filtros de Arena.	34
Cuadro 8. Requerimientos de Flujo de Retrolavado.	37
Cuadro 9. Datos técnicos de los Hidrociclones.....	47

RESUMEN

El presente trabajo denominado “DISEÑO, CONSTRUCCION Y EVALUACION DE UN FILTRO DE MALLAS MODIFICADO”, se realizó en la empresa “SISTEMAS PARTES Y EQUIPOS DE RIEGO”, Saltillo; Coahuila.

El objetivo del proyecto fue determinar la eficiencia del filtrado del filtro de mallas modificado en comparación con el filtro normal, tomando como base el diseño y construcción de cada filtro, desde la incorporación de nuevos elementos, forma de instalación y operación para el filtro modificado con el fin de poder obtener una mayor prolongación en el ciclo de limpieza del cartucho o elemento filtrante, mayor remoción de sólidos durante el proceso de filtrado por medio de la purga aunada a la tapa con separador de arena. Todo esto provocado por el sentido helicoidal del flujo del agua desde la entrada del filtro hasta el fondo del mismo, por medio del diseño del “gusano” el cual realiza una limpieza continua de la malla permitiendo la prolongación del tiempo de filtrado y del ciclo de limpieza del elemento filtrante.

Después de obtener resultados congruentes y satisfactorios durante la evaluación de dichos filtros, podemos señalar la importancia de poder difundir la tecnología y promover el uso de este nuevo filtro de mallas modificado, con el fin de que el sector agrícola pueda ser beneficiado al elegir un mejor sistema de filtración, según sea el tipo de sistema de riego y de cultivo que el productor utilice.

PALABRAS CLAVE: Filtro de Mallas, Perdida de carga, Filtro de Anillas, Hidrociclones, Filtro de Arenas, Retrolavado, Filtros Automáticos.

1. INTRODUCCION

En todo el mundo, el empleo del agua y su gestión han sido un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos (FAO, 2002).

El factor clave para resolver el complejo dilema de la irrigación radica en realizar un enfoque multidisciplinario. Los problemas del agua deben ser resueltos dentro de un esquema global de responsabilidad social, ambiental y económica. Es importante la adopción de tecnologías "inteligentes" de irrigación que promuevan el uso eficaz del agua, prevengan las pérdidas y aseguren un riego uniforme.

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, una de ellas ha sido la de poder aplicar el agua en el lugar y en el momento óptimo que la planta lo requiera, para realizarlo es necesario optar por el sistema de riego adecuado.

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 aspersion (Merkasi,1998).

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,1998)

La experimentación y análisis de los sistemas de filtrado habituales han dado paso a nuevas Técnicas de Filtración, con el fin de mejorar el resultado final, mediante la eficacia y eficiencia de todos los elementos. En múltiples sistemas ha pasado a combinarse técnicas, elementos y sistemas, como por ejemplo el añadir sistemas de Filtros de Bypass a los Filtros de flujo completo habituales, que permite el uso de elementos filtrantes más finos, sin reducir o impedir el flujo del fluido o líquido filtrado. También se ha mejorado en la utilización de Filtros en serie, como los que habitualmente se usan para el tratamiento y potabilización de agua, pudiendo usar en primer lugar filtración por lecho de arena, filtros de carbón activado, membranas de ósmosis inversa, y filtros en línea posteriores. El adecuado diseño del Sistema de Filtrado es básico para su efectividad y sencillez de operación y mantenimiento.

1.1. OBJETIVOS

- ✓ Incrementar la eficiencia en el uso y manejo del agua a través de la modificación.
- ✓ Determinar las graficas de pérdida de carga de los filtros de mallas modificado y normal.
- ✓ Obtener mayor remoción de sólidos en el filtro de mallas con el sistema modificado.
- ✓ Difundir la tecnología y promover el uso de filtros de mallas con mayor eficiencia al sector agrícola.
- ✓ Prolongar el ciclo de limpieza del elemento filtrante.

1.2. HIPOTESIS

- ✓ La modificación del filtro de mallas permite incrementar la eficiencia en el filtrado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. 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, reduciendo considerablemente la carga de partículas en suspensión o arrastre (Rojas W., 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.

2.2. 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., 2001).

2.3. 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).

2.4. 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.

2.5. 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.

2.6. 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 1. Selección del elemento filtrante según el contaminante.

CONTAMINANTE	HIDROCLONACIÓN	ARENA	MALLA	DISCOS	FILTROS CENTRÍFUGOS
ARENA	+	-	-	-	+
OTRAS PARTÍCULAS 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 realiza 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.

Los filtros de malla, consistentes en un entramado de hilos, han ido evolucionando 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.

2.7. FILTRO DE MALLAS

2.7.1. Descripción.

Constan de una carcasa generalmente metálica, de forma cilíndrica que aloja en su interior al elemento filtrante.

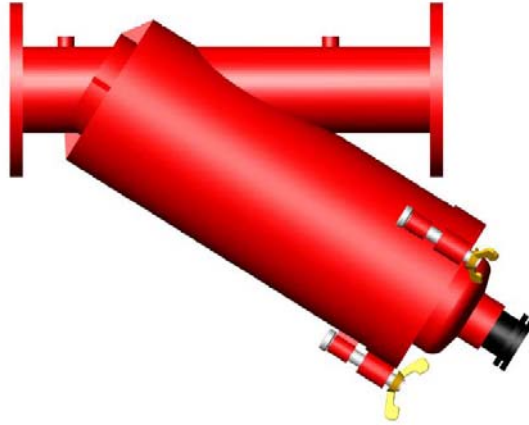


Figura 1. Filtro de Mallas.

El elemento filtrante está conformado por un soporte perforado metálico o plástico recubierto por una malla. En algunos casos el elemento filtrante es doble, empleándose como soporte dos cilindros concéntricos. La malla puede ser de nylon pero preferentemente se usa de acero inoxidable.

Los filtros de malla se utilizan principalmente para filtrar aguas con contaminantes inorgánicos como arenas de distintas clases y moderadas cantidades de contaminantes orgánicos. Se utilizan en los sistemas de riego localizado como filtros secundarios:

- Después de los filtros de arena que retienen gran cantidad de materias orgánicas en caso de aguas superficiales.
- Después de un hidrociclón que retiene las partículas más pesadas que el agua cuando el agua es subterránea.

Solamente se utilizarán como filtros únicos en caso de aguas muy limpias. Se ubicarán con posterioridad a la inyección de fertilizantes para impedir que pasen al sistema impurezas y fertilizante no disuelto.

Para riego por goteo se recomienda una malla de 140-150 mesh (110-106 micrones) y para microaspersión 100-120 mesh (150-120 micrones).

2.7.2. Malla del filtro.

Es el componente fundamental del filtro puesto que su orificio determina el tamaño máximo de la partícula que puede pasar a través del filtro y por tanto determina la calidad de filtración. Las dimensiones de las mallas metálicas, se expresan según las normas vigentes en diferentes países. En unos se emplean las medidas en milímetros o micras, en USA se designan con números y también se utiliza el MESH, que se a difundido y es la denominación mas usada internacionalmente.

El mesh se define como el número de orificios por pulgada lineal a partir del centro de un hilo. Esta definición es equivalente al número utilizado en la norma norteamericana ASTM E 11-81. El área efectiva de una malla (A_e) es el área neta de su orificio, se calcula multiplicando el área total, (A) por el porcentaje de hueco de malla. Es importante destacar que la luz de malla puede variar en dependencia del grueso del diámetro del alambre para un mismo mesh.

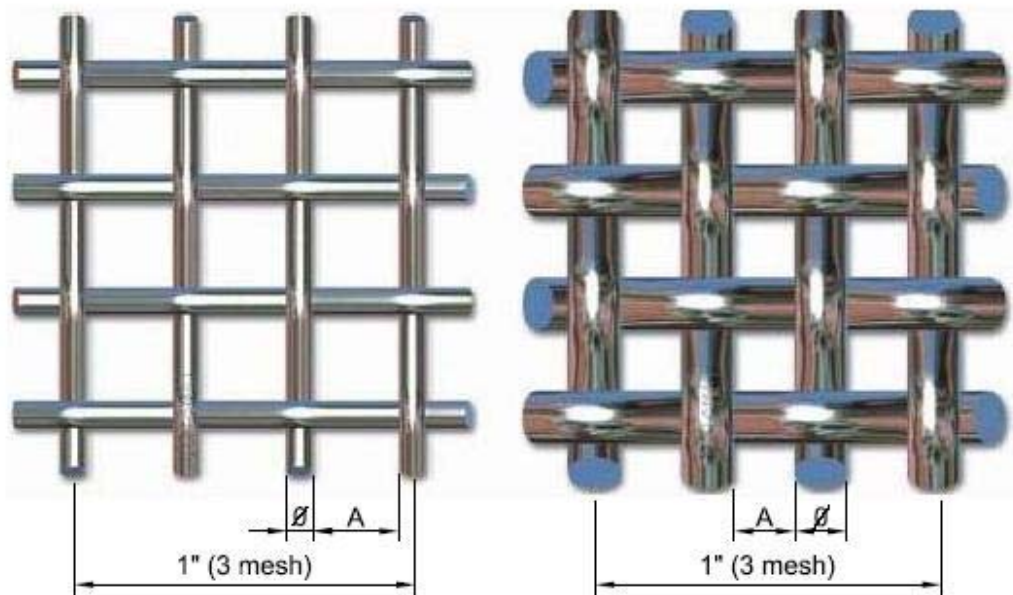


Figura 2. Diferente diámetro de alambre de la malla para un mismo mesh.

En mallas metálicas normalizadas, este porcentaje es prácticamente constante entre 50 y 200 mesh, siendo del 58% en sentido lineal y 34 % en superficie, de modo que podemos calcular el área efectiva mediante la expresión:

$$A_e = 0,34 A$$

En el caso de las mallas de nylon no hay una correspondencia pero hasta 120 mesh es similar a las metálicas. En el grafico siguiente se puede apreciar el diámetro del alambre y el $A_e = A \times A$. En la tabla DNN corresponde a A del grafico y DNA al diámetro del alambre. El % de área corresponde al % A_e con relación al área total de malla.

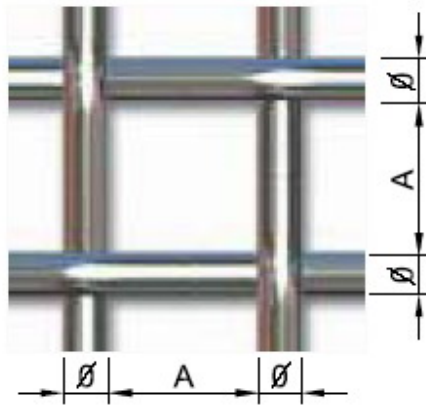


Figura 3. Diámetro del alambre y área efectiva.

Cuadro 2. Tabla de correspondencia de telas metálicas.

Tabla de correspondencia de telas metálicas						
ISO R 565	ASTM E-11-81				Serie Tyler	
DNN	Desig.	DNN	DNA	% área	Desig.	DNN
mm	Nº	mm	mm	%	Mesh	mm
5,6	31/2	5,6	1,680	59,17	31/2	5,6
4	5	4,0	1,370	55,48	5	4,0
2,8	7	2,8	1,100	51,55	7	2,8
2	10	2,0	0,900	47,56	10	2,0
1,4	14	1,4	0,725	43,40	12	1,4
1	18	1,0	0,580	40,06	16	1,0
0,710	25	0,710	0,450	37,46	24	0,710
0,500	35	0,500	0,340	35,43	32	0,500
0,355	45	0,355	0,247	34,77	42	0,355
0,250	60	0,250	0,180	33,80	60	0,250
0,180	80	0,180	0,131	33,50	80	0,180
0,125	120	0,125	0,091	33,49	115	0,125
0,090	170	0,090	0,064	34,15	170	0,090
0,063	230	0,063	0,044	34,67	250	0,063

2.7.3. Elemento filtrante.

Las mallas utilizadas en riego localizado (50-200 mesh) por si sola no pueden soportar las presiones existentes en la red de riego, sobretodo cuando comienzan a saturarse y aumenta la diferencia de presión entre aguas arriba y debajo de la malla, es por eso que se utiliza un soporte perforado para evitar roturas, al conjunto soporte – malla es lo que se conoce como elemento filtrante.



Figura 4. Elemento filtrante o Cartucho.

Este soporte mayormente cilíndrico, puede ser plástico o metálico, al estar la malla presionada sobre el por el efecto de la presión del agua, reduce el área de malla en mayor o menor grado, dependiendo del porcentaje de huecos del mismo. Si llamamos P al porcentaje de huecos del soporte, el área efectiva del filtro (A_{ef}) será:

$$A_{ef} = A_e \times P = 0,34 A \times P$$

En algunos filtros se coloca una malla de plástico ente el soporte y la malla, permitiendo que el paso del agua no sea solamente en el área de malla que coincide con los huecos del soporte, lo que aumenta sustancialmente el área efectiva de filtrado.

2.7.4. Caudales permitidos.

El caudal a tratar por un filtro de malla dependerá de la calidad del agua, el área neta del elemento filtrante y la pérdida de carga admisible. Para un filtro de malla fina (50-200 mesh) se recomienda una velocidad de filtración (velocidad de paso del agua a través del orificio de malla) de 0,4 a 0,9 m/seg. En aguas superficiales, generalmente muy cargadas de algas, no conviene sobrepasar la velocidad de 0,6 m/seg. Esta misma recomendación se hace para las mallas más finas (120 – 200 mesh) para evitar la rápida colmatación del filtro. Se podrá llegar a valores de 0,9 m/seg. En el caso de aguas muy limpias.

Cuadro 3. Caudal permitido en función de la velocidad.

Caudal permitido en función de la velocidad	
Velocidad en m/seg	Caudal por m² de Aef. en m³/h
0,4	1 440
0,6	2 160
0,9	3 240

Estos valores son validos para mallas metálicas de 50 – 200 mesh. y para las de nylon de hasta 120 mesh. Para las de 155 mesh hay que multiplicar estos valores por el factor 0.76.

2.7.5. Perdidas de carga.

El incremento de la pérdida de carga en un filtro de malla para una calidad de agua determinada, es exponencial. Cuando los filtros están limpios la pérdida de carga varía de 1 a 3 m en función de caudal y lo tupido de la malla. A efectos de proyecto la pérdida de carga que se ha de tener en cuenta es cuando los filtros están a punto de limpiarse y suele estar entre 4, 5 y 7 m. según el modelo empleado.

2.7.6. Instalación y limpieza.

El fabricante debe suministrar las características necesarias como son:

- **Caudal nominal.**
- **Diámetro de entrada y salida.**
- **Diámetro de la carcasa del filtro.**
- **Número, diámetro y longitud del cilindro.**
- **Tipo de malla y material del que esta hecho.**
- **Perdidas de carga.**

Al instalarse el filtro debe tenerse en cuenta el sentido del flujo del agua, normalmente indicado en la carcasa mediante una flecha. En ausencia de esta, debe comprobarse que el agua atraviese el filtro en el sentido malla soporte. Es más recomendable elegir un filtro que realice la filtración del interior de la carcasa hacia fuera por presentar las siguientes ventajas con relación a los que trabajan en el otro sentido.

- **Mayor protección de la malla a la rotura por golpes en el momento de la limpieza.**
- **Mayor resistencia del soporte ya que no ocurre el aplastamiento en filtros muy obstruidos.**
- **Por el área entre la carcasa y el soporte, circula agua limpia, evitando la incrustación de suciedades en la pared de la carcasa.**

Se deben instalar tantos filtros en paralelo como el caudal de la instalación lo exija, aunque el factor costo es importante, se debe analizar también el factor operacional ya que una cantidad grande de filtros de pequeño caudal hace un tanto engorrosa el trabajo de limpieza de los filtros. La limpieza del filtro ordinariamente, se realiza abriendo la válvula inferior del filtro, por donde saldrá el agua arrastrando las impurezas retenidas en la malla.

Periódicamente se requiere realizar una limpieza a fondo de estos filtros, para ello se abre la carcasa y se saca el elemento filtrante, el filtro deberá drenarse previamente por la llave de desagüe. Es recomendable que la tubería de salida del filtro, este por encima del fondo de la carcasa para evitar la contaminación de la red durante la limpieza del filtro. En caso de filtrarse agua con alto contenido de bicarbonatos, se recomienda periódicamente sumergir el cartucho filtrante en un baño de sustancia acida diluida en agua, con objeto de eliminar los restos de precipitados calcáreos acumulados en la superficie de la malla.

Se admite como norma una o dos limpiezas de los filtros diarios. Si por la mala calidad del agua los filtros se colmatan antes de terminar el riego de una unidad operacional es aconsejable instalar un filtro de limpieza automática.

2.7.7. Mantenimiento.

2.7.7.1. Control visual.

Debe comprobarse la ausencia de fisuras en el cuerpo del filtro y de pérdidas de agua. Por lo general la parte externa del cuerpo de estos filtros es de metal, de modo que si se los instala cerca del punto de inyección de fertilizantes, se recomienda lavarlos periódicamente con agua y jabón para prevenir la corrosión.

Asimismo, debe controlarse visualmente el interior del filtro, siempre asegurando, antes de abrirlo, que se haya evacuado la presión interna de la línea y que no se produzca un flujo en sentido contrario. Una vez abierto el cuerpo, se extrae la malla y se comprueba que esté entera y sin señales de roturas por efecto de la presión interna o de la contrapresión. Si apareciera alguna de estas averías se requiere cambiar la malla. Al mismo tiempo se comprueba que la malla esté limpia. Si se hubiese acumulado suciedad, se la puede limpiar con un cepillo suave (nunca de acero, que podría dañarla).

2.7.7.2. Tratamiento químico.

Una vez por año, se recomienda sumergir las mallas en un baño de ácido adecuado para quitar los sedimentos, la aportación de ácido para bajar el PH hasta 1-2 podría ser suficiente. Seguidamente lavarlas bien con agua antes de volver a colocarlas en su lugar.

2.7.7.3. Engrase de roscas.

Todas las roscas de los tornillos de estos filtros deben mantenerse protegidas por una fina película de grasa que impida la oxidación y asegure el funcionamiento cada vez que sea necesario.

2.8. FILTRO DE ANILLAS

2.8.1. Descripción.

El método de filtrado por anillas incorpora en su interior anillas (como su propio nombre indica) para realizar la función de filtrado. Estas anillas son colocadas en un cilindro o cartucho e insertadas en el interior del filtro, colocadas todas en la misma orientación y compactadas, de manera que crea un entrelazado con una luz de paso determinada por el cruce donde el agua con las partículas en suspensión pasa a través de ellas quedando así retenidas dichas partículas, obteniendo así la filtración deseada.



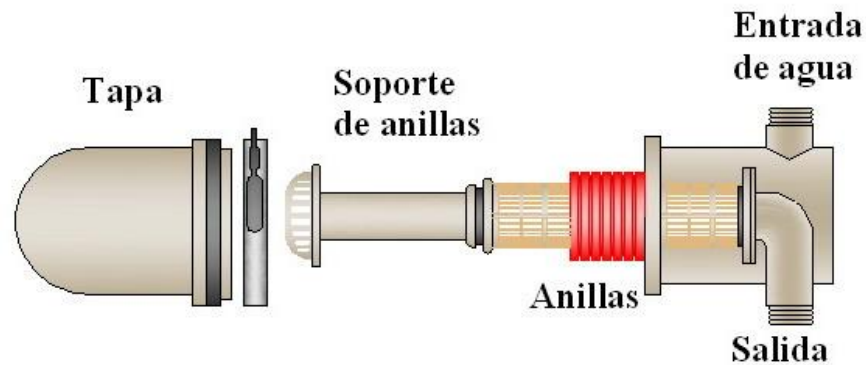


Figura 5. Partes de un filtro de anillas.

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, por lo que algunos fabricantes lo recomiendan para sustituir a estos. Sin embargo es usual que los filtros de anillas se restrinjan a ser utilizados para la retención de partículas de origen mineral, y no hacerlos funcionar como si de filtros de arena se tratase.

Estos filtros se instalan como filtros secundarios, no obstante con frecuencia los filtros de anilla se utilizan como único filtro, para caudales muy pequeños (inferiores a 5.7 m³ / hora) debido a que los filtros de arena no están disponible a precios razonables para pequeños caudales.

Los filtros de anillas son conocidos por tener problemas de operación cuando el contaminante principal es arena, debido a que la arena tiende a alojarse en los discos durante el retrolavado. Estos problemas también se pueden presentar cuando hay presencia de algas fibrosas. Es por ello que se recomienda ubicarlos después de un hidrociclón o filtro de arena si se trata de aguas subterráneas o superficiales.

2.8.2. Clasificación de los filtros de anillas.

2.8.2.1. Filtros manuales.

Consisten en un paquete de anillas comprimidas mediante un tornillo. Este paquete de anillas en el proceso de filtrado se va ensuciando y llega un momento en que hay que abrir el filtro, desmontar las anillas y limpiarlas manualmente.

2.8.2.2. Filtros automáticos.

Consisten en un cartucho de anillas comprimido mediante un pistón, electroválvula, programador de lavado, etc. A medida que filtra se va ensuciando y se crea una pérdida de carga entre la entrada y salida del filtro, esto se detecta a través de un presostato diferencial que da la señal para desencadenar el proceso de lavado automático.

La elección de equipos manuales ó automáticos depende de factores muy diversos:

- a) Cuando la cantidad de materia en suspensión del agua a filtrar es tal que se requiere limpiar el filtro antes de terminar un turno de riego se aconseja la instalación de un sistema automático.

- b) En sistemas de riego con grandes caudales donde se requiere instalar un gran número de filtros y la limpieza manual se hace muy laboriosa es recomendable la instalación de filtros automáticos.

- c) La inversión inicial es un factor a tenerse en cuenta ya que los equipos automáticos tienen un valor superior a los manuales.

2.8.3. Característica de las anillas.

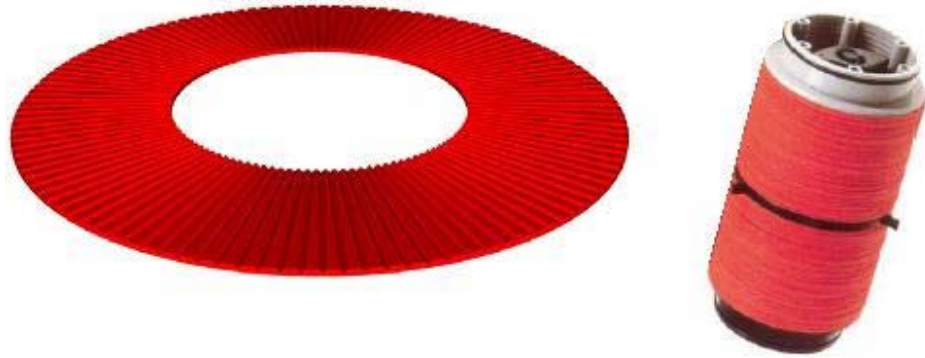


Figura 6. Cartucho de anillas.

Existen anillas con diferentes tamaños de paso identificado por colores según se ve en la tabla siguiente:

Cuadro 4. Identificación por colores de los diferentes tamaños de paso de las anillas.

	Código de colores					
Código						
Mesh	40	80	120	140	200	600
Micrón	400	200	130	100	55	20

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.

La superficie de Filtrado es en realidad el área de la sección exterior del cartucho de anillas, por lo que la superficie real de filtrado viene expresada por el número de agujeros o pasos de filtración de un tamaño o luz determinado que se forman en la superposición de dos anillas de un mismo tipo de micraje, es decir, la superficie real de filtrado, vendrá expresada por el número de luces que se formen para un micraje determinado en el área de la sección exterior del cartucho de anillas. Este número de luces tiene un fácil y rápido cálculo expresando el micraje de las anillas en micras (0,001 mm) o Mesh (número de poros existente en una pulgada lineal).

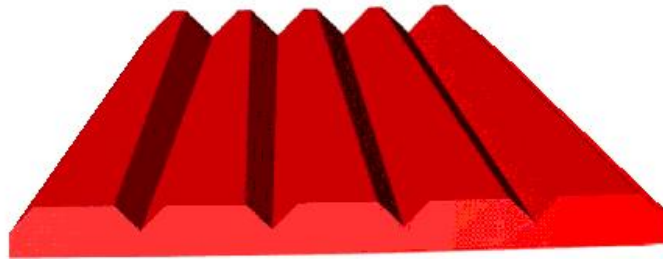


Figura 7. Sección transversal de una anilla.

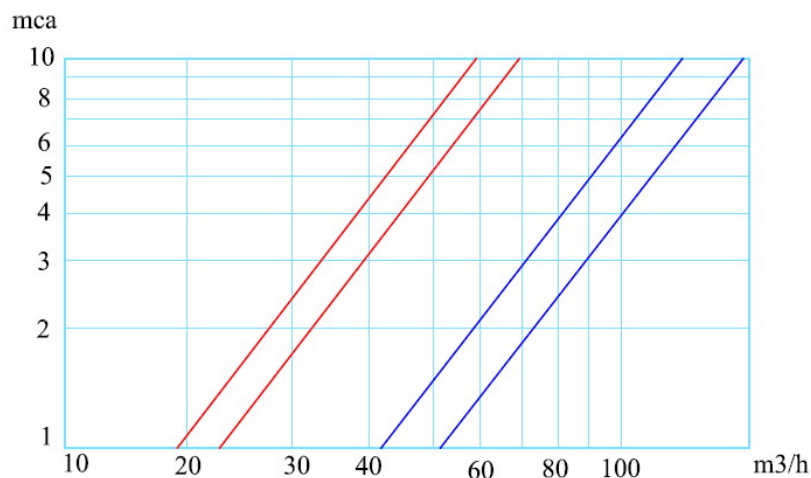
La sección trasversal de las estrías o canales que atraviesa el agua es constante en toda la longitud mientras el ancho de los lomos divisorios varía con el radio.

Es muy importante determinar el grado de filtración (mesh) de las anillas según las características de las partículas que contiene el agua, ya que si bien se pueden con posterioridad sustituir los discos por otros de menor micraje, las pérdidas de carga aumentan y es posible que se tenga que invertir en un filtro mayor o mas filtros del mismo modelo. No existen todos los grados de filtración para toda la gama de filtros manuales. En los automáticos se pueden usar todos los tipos de anillas.

2.8.4. Pérdidas 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.

La instalación de los filtros de anillas debe realizarse después del punto de inyección de fertilizantes. 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 o instalar sistemas automáticos debidamente calibrados.



PERDIDAS DE CARGA

Figura 8. Grafica de Pérdidas de Carga.

2.8.5. Operación de los filtros.

2.8.5.1. Filtros automáticos.

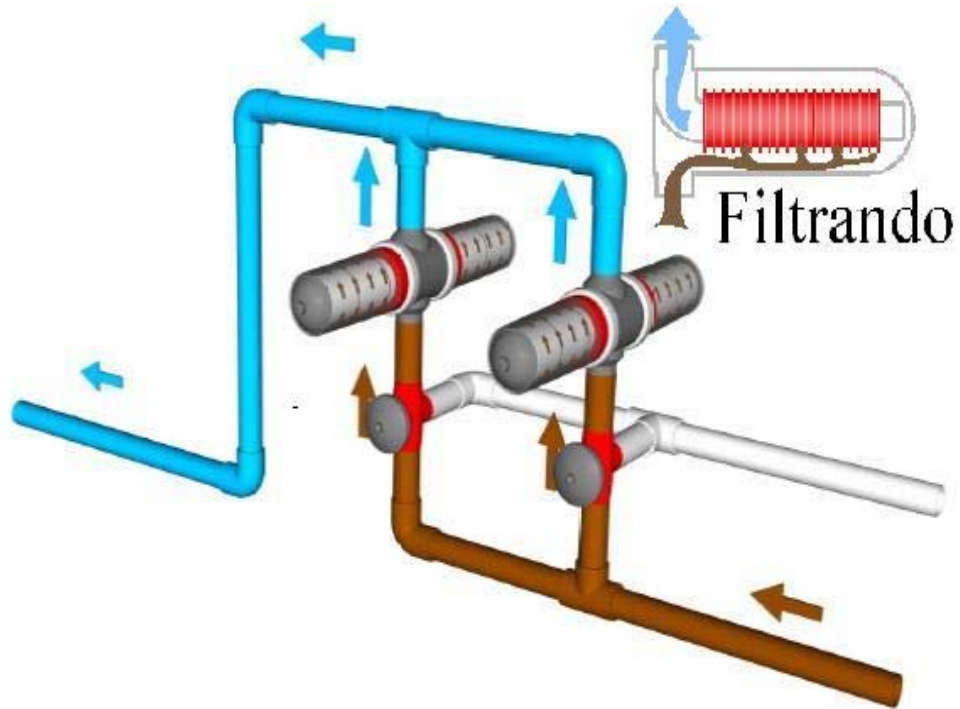


Figura 9. Esquema de filtrado automático.

Durante la operación normal en el esquema anterior, el agua contaminada penetra por la parte inferior a través de la válvula de tres vías abierta en ese sentido mientras el agua filtrada sale por la parte superior.

Cuando el filtro va colmatándose con las partículas suspendidas en el agua, la diferencia de presión, comienza a incrementarse, cuando llega a 5 m.c.a. el presostato envía una señal, se produce el cambio de posición de la válvula de tres vías comunicando el filtro con la atmósfera, con lo que la presión que hay aguas arriba es la atmosférica. El agua filtrada procedente de los demás filtros del cabezal se vincula al interior del brazo de filtración empujando el pistón hacia arriba. Entonces las anillas se descomprimen y se expulsan los sólidos

retenidos por las anillas mediante chorros de agua dirigidos desde el interior. Estos fuertes chorros de agua lanzados tangencialmente imprimen a las anillas un movimiento giratorio, expulsando los residuos hacia fuera, residuos que son conducidos hacia el drenaje. (Color negro en el grafico).

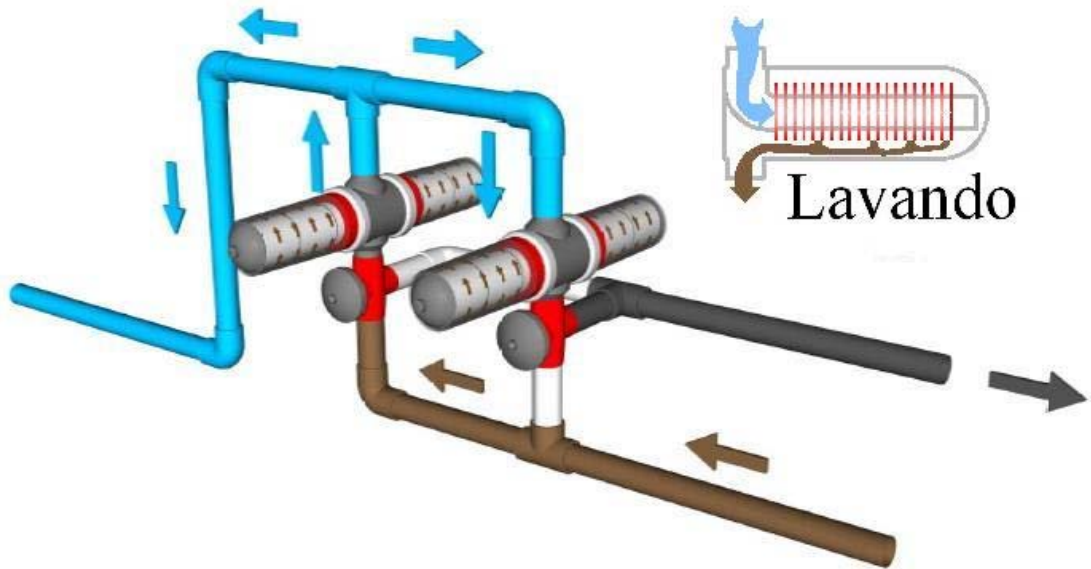


Figura 10. Esquema de retrolavado automático.

El operario debe comprobar la calidad del retrolavado (lecturas de presión diferencial, antes y después). La operación de retrolavado puede realizarse de forma manual.

2.8.5.2 Filtros Manuales.

Los equipos manuales tienen un mantenimiento superior a los automáticos debido a que las limpiezas deben realizarse en función de la colmatación del filtro cuando sea necesario. Son sencillos de instalar, no necesitan energía eléctrica y no tienen otros elementos externos (programador, solenoides,...).

En estos filtros también es posible realizar la limpieza por retrolavado, pero como las anillas permanecen comprimidas esta operación no es muy efectiva, permaneciendo suciedad entre los discos.

Periódicamente es necesario realizar la limpieza manual de las anillas, para ello después de asegurar que la presión interna de la línea ha sido evacuada y que no se producirá un flujo en sentido contrario, se abre el cuerpo y se extraen las anillas, luego se aplica un chorro de agua a presión y de manera tangencial a las anillas. El chorro imprime a los discos un giro a gran velocidad sobre el eje y así el agua penetra a la profundidad máxima de cada anilla.

2.8.6. Mantenimiento.

Para el mantenimiento adecuado de estos filtros, debe comprobarse la ausencia de pérdidas de agua. Por lo general la parte externa del cuerpo de estos filtros es de plástico y está provista de empaques o juntas para evitar fugas de agua. Cada vez que se cierran los filtros, debe verificarse que dichas empaquetaduras estén correctamente instaladas, sin torsiones, y que no se hayan resecado. Se recomienda aplicarles periódicamente un lubricante (de acuerdo con las indicaciones del fabricante). En la aplicación de lubricantes, el uso de un tipo u otro puede ser determinante, en función del material de que está compuesta la junta. El uso del lubricante inadecuado puede provocar dilataciones o deformaciones de la misma, y esta termina por no desempeñar correctamente su cometido.

2.8.6.1. Control interno.

En la parte interna de los filtros de lavado automático hay varias piezas, que son las encargadas de la operación de lavado. Debe comprobarse su integridad física y correcto funcionamiento. El mantenimiento de estas piezas se hace de acuerdo con las recomendaciones del manual del fabricante.

2.8.6.2. Filtro de mando.

En las instalaciones de filtros de lavado automático hay un pequeño filtro, cuya función es filtrar el agua del mando hidráulico que activa el retrolavado. Debe comprobarse periódicamente la limpieza del filtro de mando y el libre flujo del agua a través de él. En caso de no funcionar correctamente, las operaciones de lavado del conjunto de la estación quedarían resentidas.

2.8.7. 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).

2.8.8. Ventajas del Sistema de Filtros de Anillas en relación al Filtro de mallas (Azud, 2000).

2.8.8.1. 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. Ventajas del Sistema de Filtros de Anillas en relación al Filtro de mallas (Azud, 2000).

2.8.8.2. 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.

2.8.8.3. 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 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).

2.9. FILTRO DE ARENA O GRAVA



Figura 11. Diferentes diseños de filtro de arena.

2.9.1. Principios de Operación.

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.

La profundidad o altura mínima de la arena en la superficie filtrante debe ser de 40-50 cm. El agua no deberá incidir directamente sobre la arena, para no crear cárcavas en la misma (lo que disminuirá la profundidad filtrante) y debe repartirse uniformemente sobre la totalidad de la superficie del lecho (caso contrario se produciría una disminución de la superficie filtrante). Además debe mantenerse un espacio vacío por encima del lecho filtrante que ha de ser suficiente para permitir una expansión de la arena del 15 a 25% en el lavado.

Por otra parte, en el colector de salida debe colocarse una malla suficiente fina que garantice que no pase por ella la arena más fina colocada. Esta malla suele romperse con el tiempo, avería que se detecta por la presencia de arena en los filtros de malla.

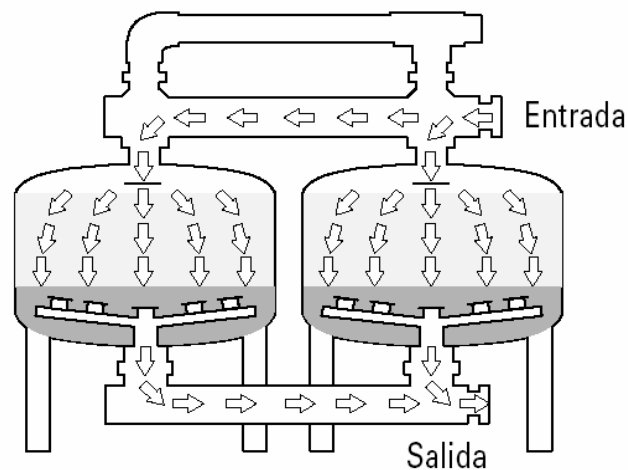


Figura 12. Modo de filtración de los filtros de arena.

En el siguiente esquema se presenta un ejemplo de la secuencia de filtración. Durante la operación normal del filtro, el agua entra por la parte superior (1), las válvulas de 3 vías permiten el paso a los filtros (A) y (B), del agua sin tratar la que atraviesa el lecho filtrante y sale por la parte inferior hacia el sistema (2). La tubería de drenaje (3) no interviene en este proceso.

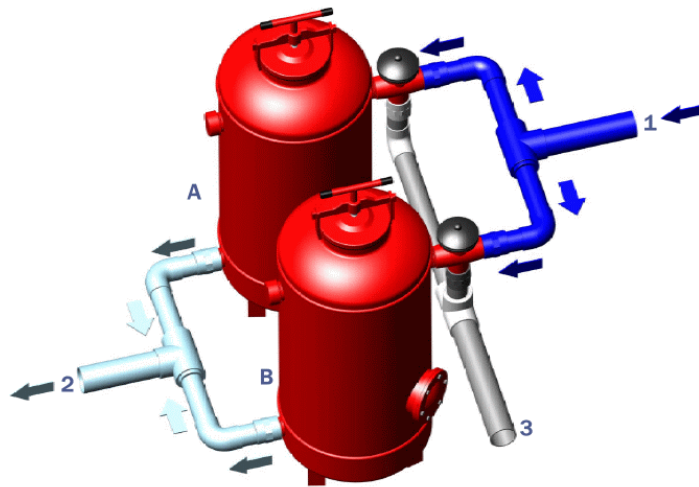


Figura 13. Esquema de Filtrado.

2.9.2. Caudal Requerido por metro cuadrado de filtración.

El tamaño de partículas mínimas que queda retenida en el filtro es función del caudal que pasa y del tamaño de los granos de arena, normalmente los caudales oscilan entre 30 y 60 m³ por hora por m² de lecho filtrante. El caudal de filtración por metro cuadrado de filtración se selecciona en función de la calidad de agua a tratar.

Cuadro 5. Caudal en Función de la Calidad del Agua.

Calidad del agua	Caudal (m ³ /h/m ²)
Limpia	60
Media	48
Sucia	40
Residuales	30

En términos generales, estos filtros, trabajando con caudales hasta de 60 m³ / h por m² de lecho filtrante, son capaces de retener partículas de 1/7 veces más pequeñas que el diámetro efectivo de la arena. Al aumentar el caudal, esta eficiencia disminuye. No se recomienda sobre pasar los 70 m³/h por m² de lecho de arena. Deberán instalarse como mínimo dos filtros o tantos filtros en paralelo como el caudal del agua a filtrar y la capacidad de cada filtro exija.

Cuadro 6. Granulometrías mas Usadas.

Granulometrías más usadas				
Materiales	Clase	Ø Efectivo mm	Ø Poro mm	Equivalente en Mesh
Granito molido	Nº 8	1,50	0,214	70
Granito molido	Nº 11	0,78	0,111	140
Arena sílice	Nº 16	0,66	0,094	170
Arena sílice	Nº 18	0,56	0,080	200
Arena sílice	Nº 20	0,46	0,066	230
Arena sílice	Nº 30	0,27	0,039	400

2.9.3. Pérdidas de Carga.

La caída de presión en un filtro con materiales de número 10, 18 o 20, cuando esta limpio, suele ser de 1 a 3 m mientras que arena de los números 30 y 50 es, aproximadamente, de 35 m.c.a. El aumento de la caída de presión tiende a ser lineal con el tiempo de filtrado, no debiendo sobrepasar los 6 m.c.a. en ningún caso. En este limite, que se determina por lectura de manómetros, debe procederse a la limpieza del filtro y cuando está debe realizarse dos o más veces al día será conveniente instalar mecanismos de limpieza automáticos.

Cuadro 7. Pérdidas de Carga en Filtros de Arena.

Pérdidas de carga en filtros de arena.

$$\Delta h = \frac{1}{2} V \left(\phi \frac{6}{d} \right)^2 \frac{(1-p)^2}{p^2} L$$

Δh = Pérdidas (m)

ϕ = Coeficiente de superficie específica (Tabla)

p = porosidad del medio (Tabla)

V = Velocidad aparente del filtro (m/s)

d = Diámetro de partículas (mm)

L = Longitud del filtro (m)

Grano	ϕ	p
Esférico	1,00	0,38
Redondeado con aristas	1,06	0,39
Triturado	1,43	0,48

2.9.4. Retrolavado.

Estos filtros se limpian invirtiendo el sentido del flujo. El caudal necesario para el lavado está relacionado con la granulometría y debe permitir una expansión de la altura del lecho filtrante del 15 al 25%.

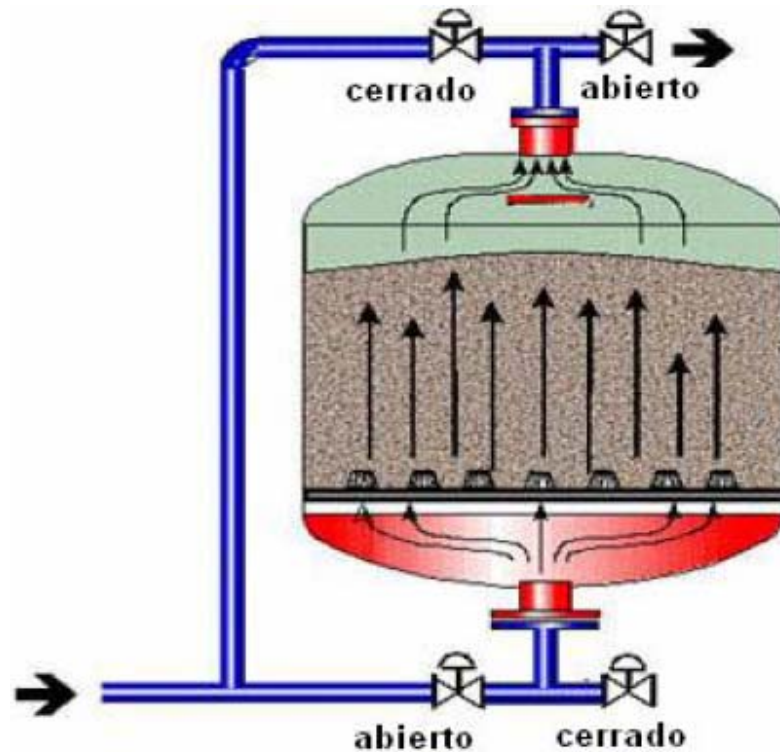


Figura 14. Esquema de Retrolavado.

Las fuerzas que actúan para retener las partículas de impurezas en la arena son de naturaleza variable y es necesario utilizar el caudal adecuado que garantice la suspensión adecuada de la arena y la separación de las partículas de suciedad. Si no se consigue esto, el lecho de arena se irá ensuciando aumentando paulatinamente la presión después de cada limpieza, hasta la total colmatación del mismo y la consiguiente creación de túneles permitiendo el paso de agua junto con las partículas que queríamos retener limitando la calidad del filtrado.

Un indicativo de que los ciclos de lavados son correctos es cuando el intervalo entre los ciclos se mantiene constante lo que además puede verificarse si la presión aguas abajo del filtro se recupera totalmente después de efectuado el retrolavado. En caso contrario se debe en primer lugar realizar una secuencia de lavados consecutivos hasta la recuperación de la presión adecuada a filtro limpio.

De persistir el problema, podría intentarse una limpieza a fondo removiendo la tapa superior del filtro, cuidando durante el retrolavado que la arena no escape. Como solución final puede acudir a la limpieza con ácido o la sustitución de la arena. Una vez solucionado el problema debe determinarse si el caudal de retrolavado o el tiempo son adecuados para evitar problemas de colmatación.

Un caudal insuficiente, no permite la adecuada expansión de la arena y por tanto la adecuada remoción de la suciedad, mientras un exceso de caudal una expansión excesiva y la fuga de las partículas más finas de arena. En la tabla siguiente se indican el rango de caudales para la limpieza recomendado por m² de lecho para diferentes y diámetros efectivos de arena.

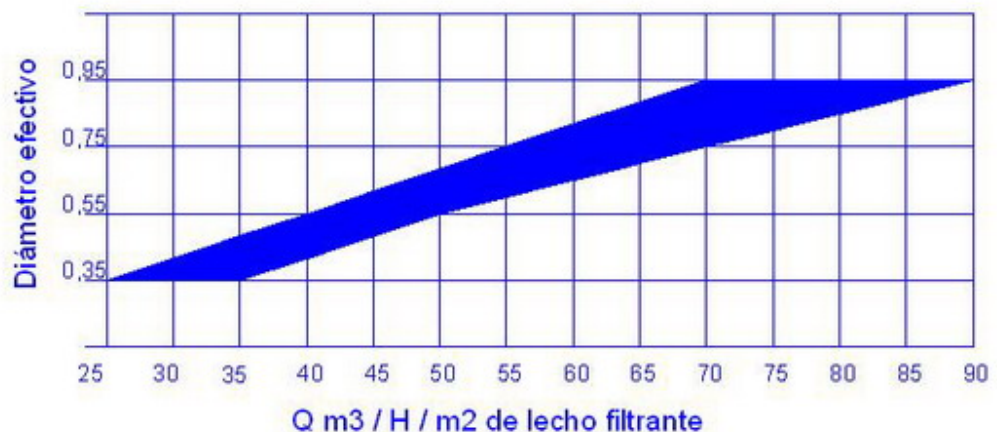


Figura 15. Rango de caudales para la limpieza del lecho filtrante.

Cuadro 8. 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

Es conveniente usar dos o más filtros, para efectuar la limpieza de cada de uno de ellos con el agua filtrada por los restantes, ya que de lo contrario, si la hacen con agua sin filtrar, es posible que se contamine la parte Inferior de la arena y cuando se vuelva al sentido normal del flujo, esta suciedad pase a los filtros de malla.

Aunque la cama de arena es de alrededor de 16" (40.6cm) de profundidad, lo más sensato 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 usted correrá el riesgo de contaminar los "elementos colectores" ubicados debajo del filtro. Para prevenir que la contaminación alcance los elementos colectores al fondo del tanque, se deberá determinar apropiadamente la frecuencia y duración del retrolavado.

A continuación se presenta un ejemplo del proceso para efectuar el retrolavado. Se opera la válvula (2) del filtro (A) cerrando la entrada de agua proveniente de (1) a la vez que conecta el filtro con la tubería de drenaje (5), mientras (B) continúa su operación normal. El filtro (A) se despresuriza al quedar abierto a la atmósfera, lo que permite la entrada del agua filtrada proveniente de (B) por la parte inferior (4), la presión del agua expande la arena hacia arriba arrastrando toda la suciedad retenida la que es expulsada por la tubería de drenaje (5). El proceso de lavado se interrumpe cuando el agua sale totalmente limpia. Esta operación se repite en el resto de los filtros que componen el sistema.

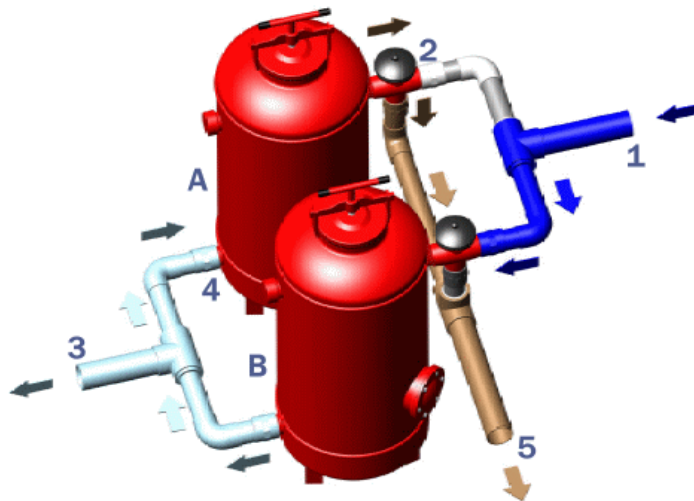


Figura 16. Proceso de Retrolavado.

Seguidamente se presentan varios esquemas de instalaciones de filtros de arena en paralelo, batería y lineal:

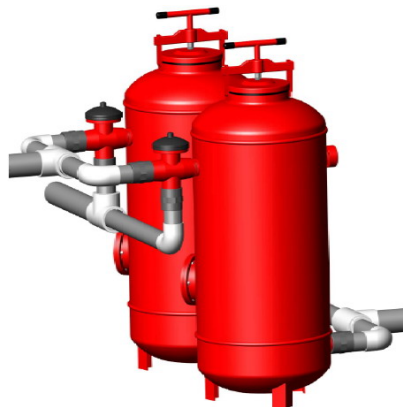


Figura 17. Esquema de Instalación de Filtros de Arena en Paralelo.



Figura 18. Esquema de Instalación de Filtros de Arena en Bateria.



Figura 19. Esquema de Instalación de Filtros de Arena Lineal.

2.9.5. 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, (típicamente 4-6 psi más que cuando los tanques están limpios), con frecuencia es más conveniente iniciar el retrolavado más pronto que esto. 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 dicho anteriormente 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.

2.9.6. La Duración del Retrolavado.

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 dicho anteriormente es importante que el regador observe periódicamente una secuencia de retrolavado y confirme que la duración del mismo 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.

2.10. HIDROCICLONES

2.10.1. Descripción.

El hidrociclón es un filtro diseñado para ser utilizado en cabezales de filtración, tanto para aplicaciones agrícolas como industriales. 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.

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 bien con un drenaje temporizado.



Figura 20. Hidrociclón.

2.10.2. Funcionamiento del Hidrociclón.

El agua contaminada entra en el hidrociclón, que debe estar situado en posición vertical, por la conducción D1, con un flujo tangencial a la sección cilíndrica, D2. El flujo rotacional origina una fuerza centrífuga. Los sólidos, al ser mas pesados que el agua, son desplazados hacia el exterior de la corriente y debido a la componente gravitacional, descienden hacia el colector de impurezas situado en la parte más baja de la unidad. El agua asciende por la parte central y sale por la parte superior (D3).

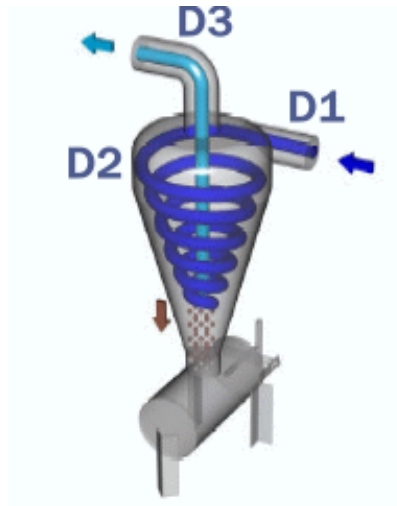


Figura 21. Esquema de Funcionamiento del Hidrociclón.

2.10.3. Aplicaciones.

- Decantación de arena y otros contaminantes sólidos del agua destinada a uso doméstico, agrícola o industrial.
- Como consecuencia de lo anterior, se consigue la protección de las bombas, válvulas y sistemas de control contra los desgastes causados por los sólidos.
- Siempre recomendado en aguas procedentes de pozo.

2.10.4. 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 así su capacidad de filtración.
- Funcionan con una pérdida de carga constante, no existiendo 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.



Figura 22. Hidrociclones instalados en paralelo.

2.10.5. Pérdidas de carga.

En el hidrociclón, la pérdida de carga se mantiene constante en el tiempo, independientemente del grado de suciedad y esta en función del caudal y de las dimensiones del dispositivo estas pérdidas 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 a la vez su pérdida de carga, un nivel aceptable de pérdida de carga para un hidrociclón es de 5 m.c.a.

Por la forma de filtrar, es muy importante que la velocidad (o caudal) del agua sea la determinada para cada modelo, para conseguir la pérdida de presión adecuada, ni más ni menos que la recomendada por el fabricante. Si el caudal se reduce demasiado, no habrá suficiente fuerza centrífuga para remover los sólidos. Se trata de un tipo de filtro en cuya selección se debe considerar un caudal máximo y un caudal mínimo. Al diseñar el sistema se tratará que el caudal sea aproximadamente igual para cada turno de riego, de lo contrario se debe prever una solución que deje fuera de servicio mediante válvulas uno o más equipos cuando otros turnos tengan caudales inferiores.

Pérdida de carga

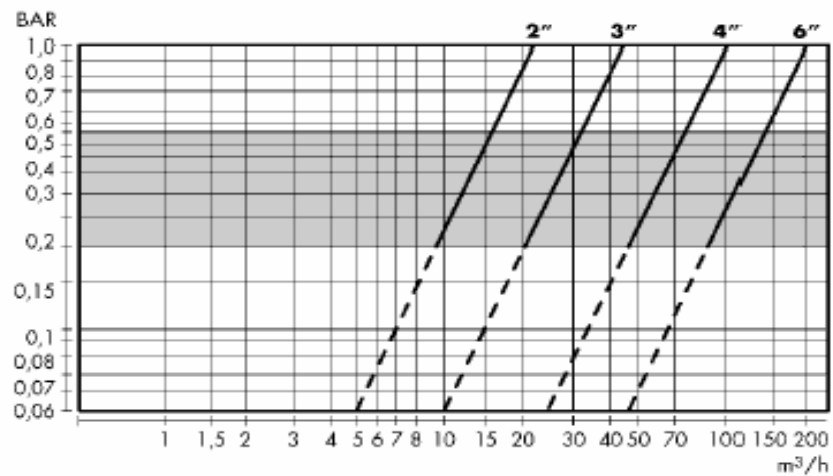


Figura 23. Grafica de Pérdidas de Carga de los hidrociclones.

Cuadro 9. 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

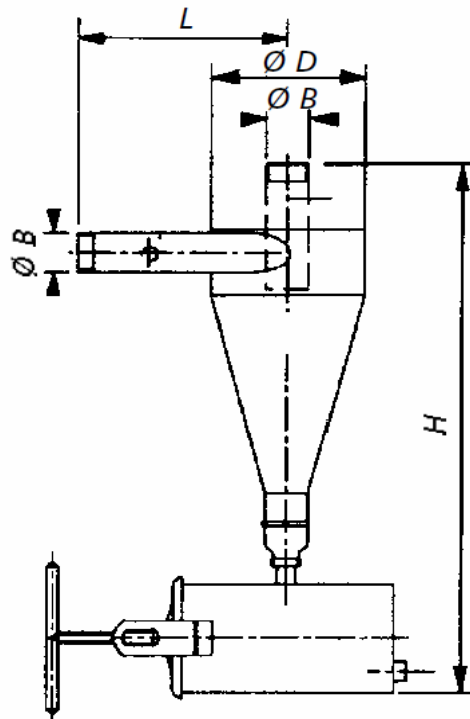


Figura 24. Principales dimensiones de los Hidrociclones.

2.10.6. Mantenimiento y Limpieza.

La única necesidad de limpieza 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.

2.11. 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 23, 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 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).

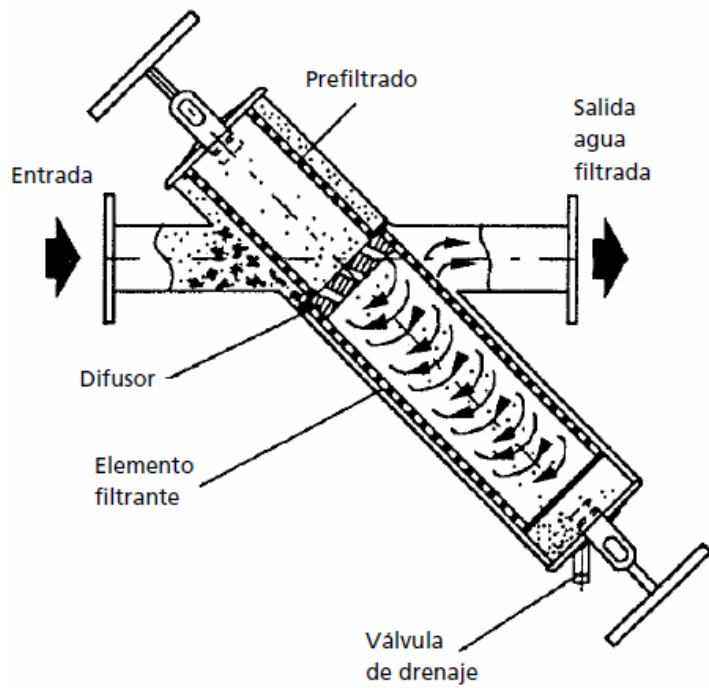


Figura 25. Funcionamiento de los Filtros de Efecto Ciclónico.

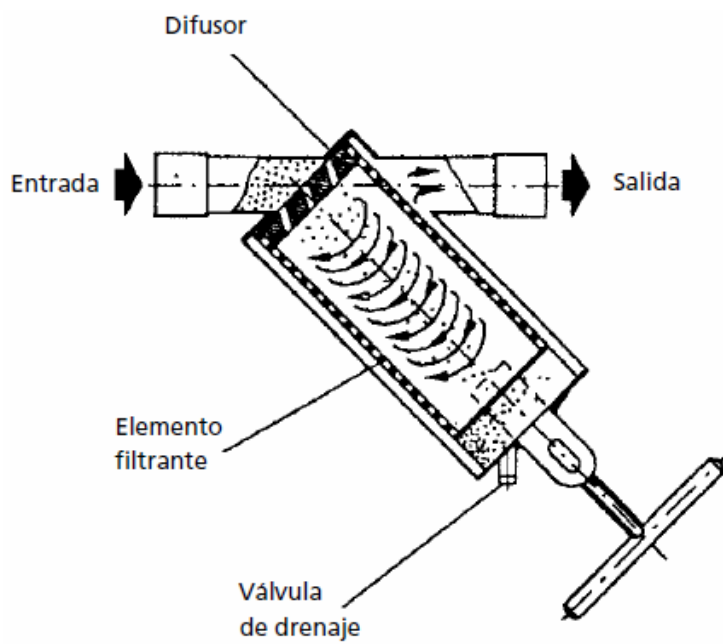


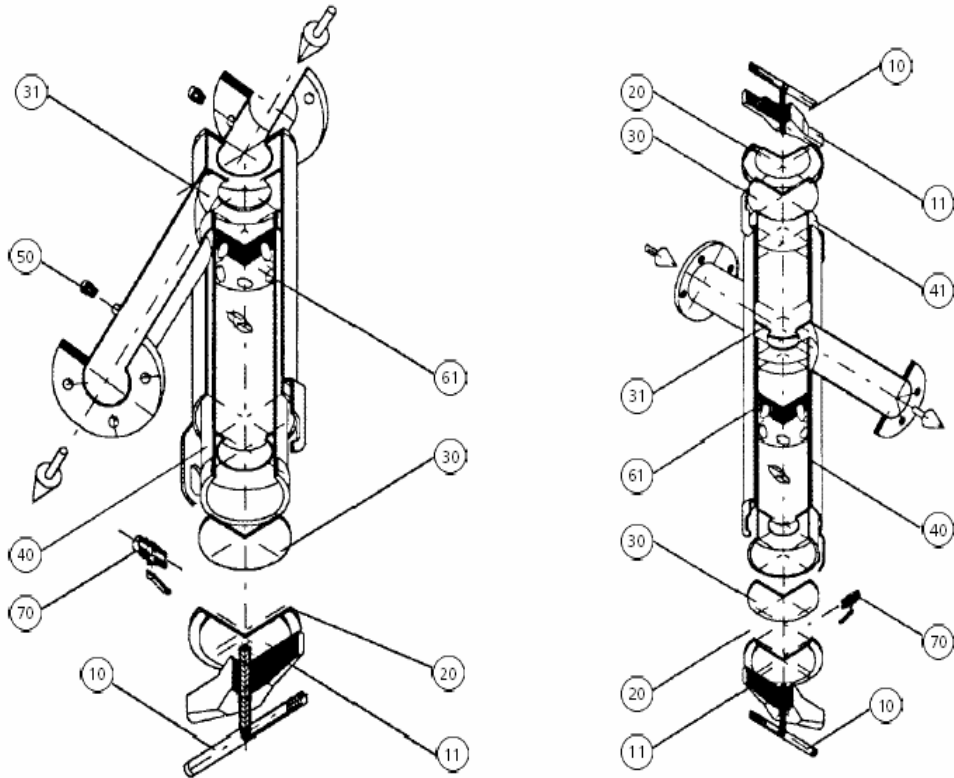
Figura 26. Funcionamiento de los diferentes Filtros de Efecto Ciclónico.

Características principales de los Filtros de Efecto Ciclónico:

- Los filtros de efecto ciclónico se suministran con cuatro tapones obturadores. Para el buen funcionamiento del filtro es básico el ajuste óptimo del mismo al caudal de agua. Esto se consigue bloqueando los agujeros del difusor con los tapones suministrados como lo indica la Figura 25.
- 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 27. Diferentes Aberturas de los Difusores.



10 Maneta	20 Tapa	31 Junta inferior	41 Pre-filtro	61 Difusor ciclón
11 Puente	30 Junta superior	40 Elemento filtrante	50 Toma de presión	70 Válvula de drenaje

Figura 28. Componentes de los Filtros de Efecto Ciclónico.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Diseño

3.1.1. Principio de diseño

Para el diseño del filtro de mallas modificado de 6", se tomo como base las dimensiones del filtro de mallas normal de 6" con el fin de poder diferenciar la modificación en su diseño, tanto como en la entrada y salida del filtro, así como también el elemento filtrante, y en la forma de desagüe de los sólidos.

3.1.2. Herramienta de diseño

Para realizar el diseño del filtro de mallas modificado, se utilizo el software Autocad 2009, ya que este nos proporciona las suficientes herramientas para elaborar las diferentes partes que constituyen el filtro. Esta herramienta también nos facilita realizar un modelado en 3D de las piezas con el objeto de obtener un diseño más estético y detallado en sus dimensiones y al final poder construirlo sin ninguna limitante.

3.1.3. Diseño de las partes del filtro

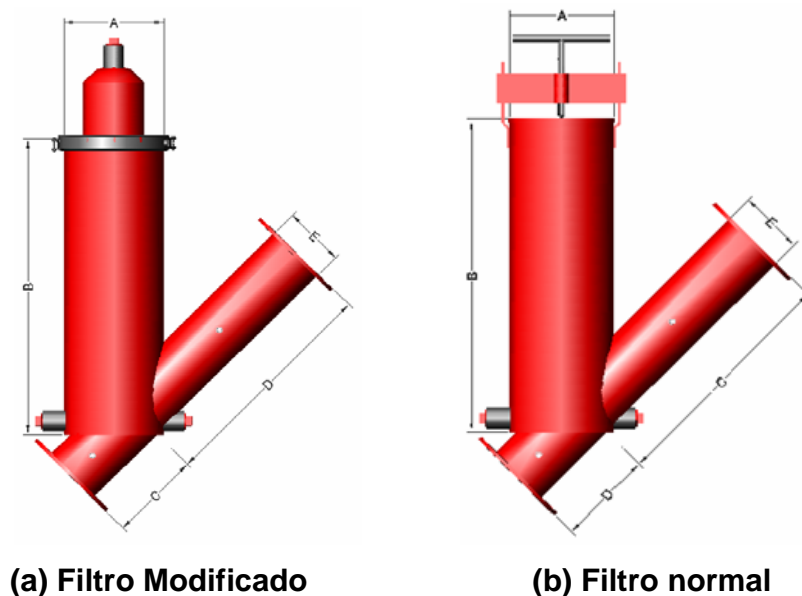


Figura 29. Dimensiones del filtro de mallas.

3.1.3.1. Cuerpo

El diseño del cuerpo del filtro de mallas modificado se realizó tomando como base las dimensiones del cuerpo del filtro normal. Según la figura 28, a y b; se tiene que “A” es el diámetro del cuerpo con una dimensión de 10 pulgadas (25.4 cm) y “B” es el largo o alto con una dimensión de 32 pulgadas (81.5 cm).

3.1.3.2. Entrada y salida

Para este caso, en la figura 28 se tiene que “C” es la entrada del flujo del filtro y “D” es la salida. Debido a la forma de filtrado del filtro modificado que es de adentro hacia afuera del elemento filtrante, el sentido del flujo está invertido; ya que para el filtro normal el filtrado es de afuera hacia dentro del elemento filtrante. Por lo tanto tenemos que “C” para el filtro modificado tiene una dimensión de 25 cm y “D” igual a 60 cm, recalcando que para el filtro normal “C” es igual a 60 cm y “D” de 25 cm.

3.1.3.3. Elemento filtrante

Para el diseño del Elemento Filtrante o también llamado comúnmente cartucho, se tiene que; para el filtro modificado la malla va por dentro del cartucho y para el filtro normal va por fuera, debido al sentido del filtrado. Las dimensiones del diseño se muestran en la figura 29, donde “a” es el diámetro del cartucho con una dimensión de 8 pulgadas (20.3 cm) y “b” es el largo o alto del cartucho y tiene una dimensión de 80 cm.

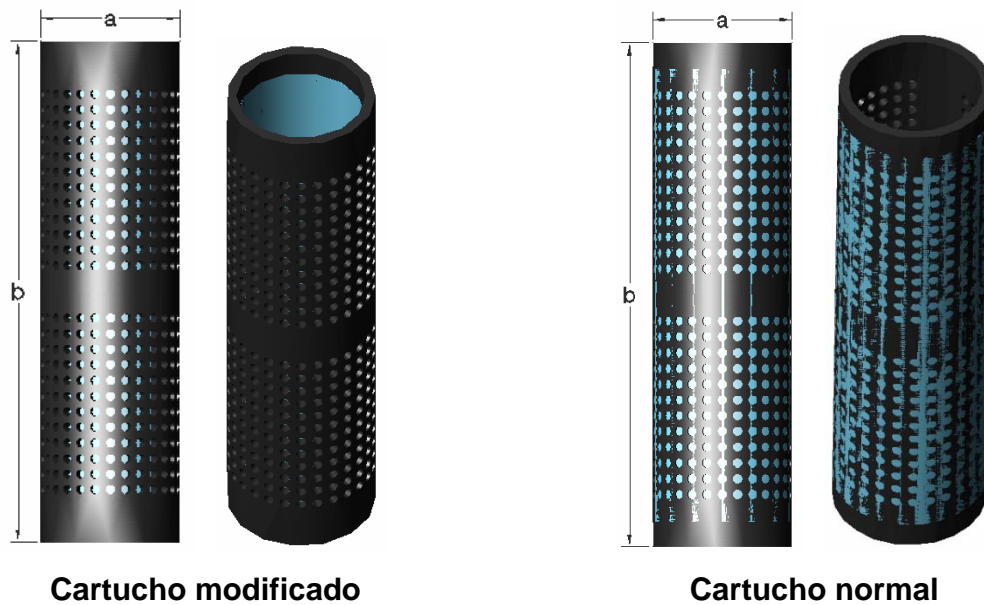


Figura 30. Dimensiones del Elemento Filtrante.

3.1.3.4. Gusano

El gusano es el principal elemento que se diseño para el filtro de mallas modificado con el propósito de provocar un sentido del flujo de forma helicoidal, y al mismo tiempo realizar la limpieza de la malla con el objetivo de prolongar el ciclo de lavado del elemento filtrante, esto se obtiene debido a la fuerza ejercida sobre las paredes del cartucho provocado por la velocidad a la cual entra el agua en el filtro. Las dimensiones establecidas para dicho diseño se muestra en la figura 30, donde “L” es el largo del gusano con una dimensión de 70 cm, “M” es el diámetro del gusano igual a 18 cm, “P” es la distancia entre cada paso de la hélice con dimensión igual a 14 cm, “K” es el largo total del tubo utilizado que mide 78.5, junto con “O” que es un sobrante para ajuste del gusano en el filtro que mide 6.5 cm y por ultimo “N” que es un pequeño cubo el cual es incrustado o ajustado junto con el gusano a la tapa del filtro y mide 4 x 4 cm por lado.

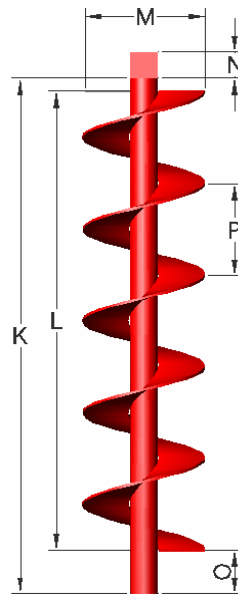


Figura 31. Dimensiones del Gusano.

3.1.3.5. Tapa

El diseño de la tapa del filtro modificado consta de una purga con un cople para una válvula bola; donde se alojarán los sólidos lavados durante el proceso de filtrado que descenderán por los pequeños orificios diseñados dentro del mismo diámetro del cartucho, con el fin de que la suciedad no permanezca incrustada en la malla y así prolongar el ciclo de lavado del elemento filtrante. En la figura 31 se muestra las dimensiones, donde “R” es el diámetro de la purga que es de 6 pulgadas (15.2 cm) , “T” es el largo de la purga de 15 cm y “S” es el diámetro que ocupa el diseño de los orificios igual a 15 cm.

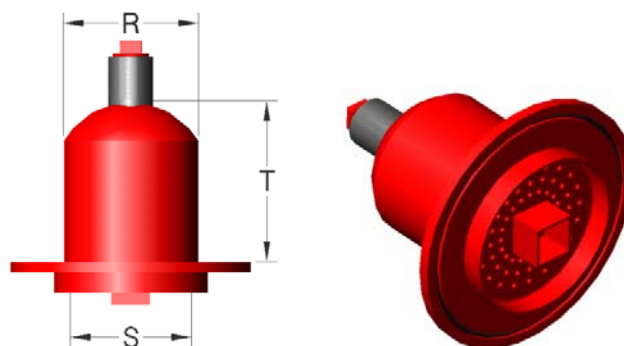


Figura 32. Dimensiones de la tapa.

3.1.3.6. Abrazadera

La abrazadera es un elemento esencial para el cerrado del filtro, tiene una dimensión de 10 pulgadas de diámetro equivalente a la dimensión del cuerpo del filtro.



Figura 33. Abrazadera.

3.1.3.7. Principio de funcionamiento

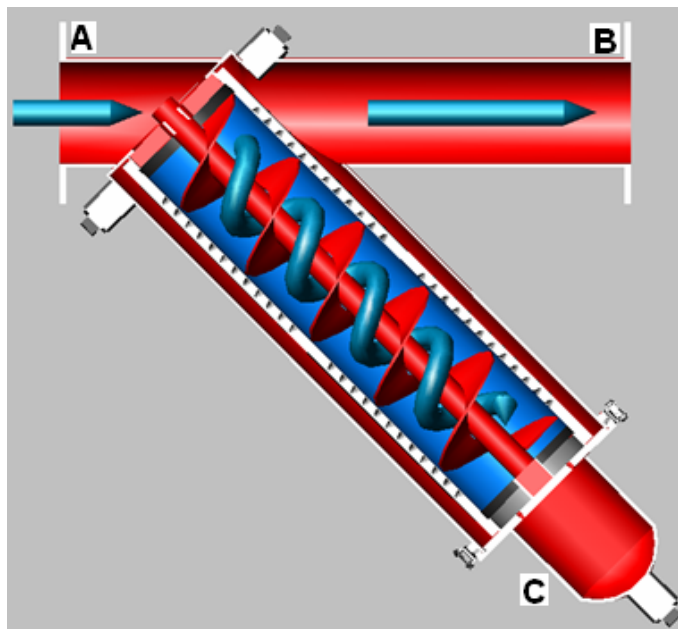


Figura 34. Funcionamiento del filtro modificado.

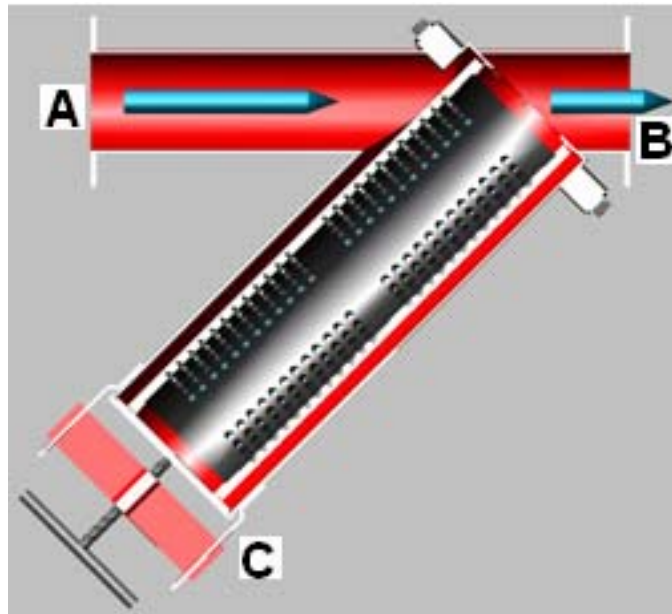


Figura 35. Funcionamiento del filtro normal.

Para el filtro de mallas modificado, en el punto "A" de la figura 33 nos indica la dirección del flujo cuando ingresa al filtro, posteriormente el agua entra al elemento filtrante y debido al diseño del gusano, el flujo toma una dirección en forma helicoidal hasta llegar al fondo del filtro donde se encuentra la tapa diseñada con los orificios. Durante el proceso de filtrado el agua va limpiando la malla y enviando la suciedad al punto "C" (purga), mientras el agua filtrada sale por el punto "B" que es la salida del filtro. Caso contrario, para el filtro normal como se muestra en la figura 34 simplemente entra el agua por el punto "A" que como antes mencionamos es la salida del filtro modificado debido a la forma de filtrado, en este caso se filtra de afuera hacia adentro del cartucho; por lo tanto mientras el agua filtrada sale por el punto "B" que es la salida del filtro, la suciedad se va acumulando en el fondo del filtro, punto "C", que posteriormente será evacuada cuando sea el momento de la limpieza del elemento filtrante.

Cabe señalar que para el diseño del gusano, se optó por distribuir uniformemente el tamaño de los pasos, considerando que el flujo realmente realice el recorrido de forma helicoidal durante el proceso de filtrado. Por lo tanto se determinó que serían 5 pasos de 14 cm espaciados en el largo del elemento filtrante, ya que antes de concluir estas medidas se había propuesto que serían 7 pasos de 10 cm, pero según la estética del diseño del elemento filtrante nos dimos cuenta que las vueltas de la hélice eran muy estrechas y esto provocaría que el flujo no alcanzara a dirigirse en forma helicoidal sino simplemente se obstruiría el paso del agua y por lo tanto evitaría que se produjera un flujo uniforme, por consiguiente produciría una mayor caída de carga, debido a que aumentaría la presión en la entrada del filtro.

3.2. Construcción

El filtro de mallas modificado, así como el filtro normal, fueron diseñados y construidos en la empresa “SISTEMAS, PARTES Y EQUIPOS DE RIEGO” del MS. Ignacio García Casillas, Saltillo; Coahuila.

3.2.1. Cuerpo

Esta parte del filtro, fue diseñado con las medidas ya antes mencionadas que son 10 pulgadas de diámetro y 81.5 cm de largo, su construcción fue con tubo de acero de 10 pulgadas, cedula 30. Finalmente pintado con pintura epoxica y fondeado blanco y terminado como lo muestra la figura 35.



Figura 36. Filtro de mallas modificado terminado.

3.2.2. Entrada y Salida

Para la elaboración de la entrada y salida del filtro con medidas de 25 cm y 60 cm respectivamente, se utilizó tubo de 6 pulgadas de acero, placa de acero de 3/8" de espesor para las bridas en la entrada y salida y 2 coples de 1/4" roscados para salida de manómetros, como se ve en la figura 35.

3.2.3. Elemento filtrante

Este elemento se puede decir que es el más esencial para el sistema de filtrado en los filtros de mallas, en este caso para su elaboración se utilizó tubo PVC de 8 pulgadas, malla de plástico para soporte y malla de acero inoxidable con mesh igual a 120. Para las perforaciones del tubo PVC se utilizó un taladro con broca de 1/2 pulgada.



Figura 37. Elemento filtrante modificado.

3.2.4. Gusano

Para la elaboración de este elemento se utilizó tubo de acero de 1 1/4 pulgadas, lamina de acero de 1/8 pulgadas para la hélice y el cubo donde se inserta la tapa.



Figura 38. Gusano.

3.2.5. Tapa

Para la construcción de la tapa de 10 pulgadas con separador de arena (purga), se utilizó placa de acero de 3/8" de espesor, un pedazo de tubo de acero de 6", boca de 6" prefabricada, una válvula bola de 1", un cople de 1", 1 niple de 1" con rosca corrida y para la perforación de los orificios un taladro con broca de 3/16 pulgada.



Figura 39. Tapa con separador de arena.

3.3. Evaluación

3.3.1. Lugar de elaboración de pruebas.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de pruebas de la empresa “SISTEMAS, PARTES Y EQUIPOS DE RIEGO”, ubicado en el rancho “LA MAROMA” Saltillo, Coahuila. Donde se cuenta con la infraestructura y equipo necesario para las actividades a realizar (Fuente de abastecimiento, conexiones, personal, etc.).

3.3.2. Material utilizado.

Para la evaluación del filtro modificado comparado con el filtro normal se utilizó el siguiente material:

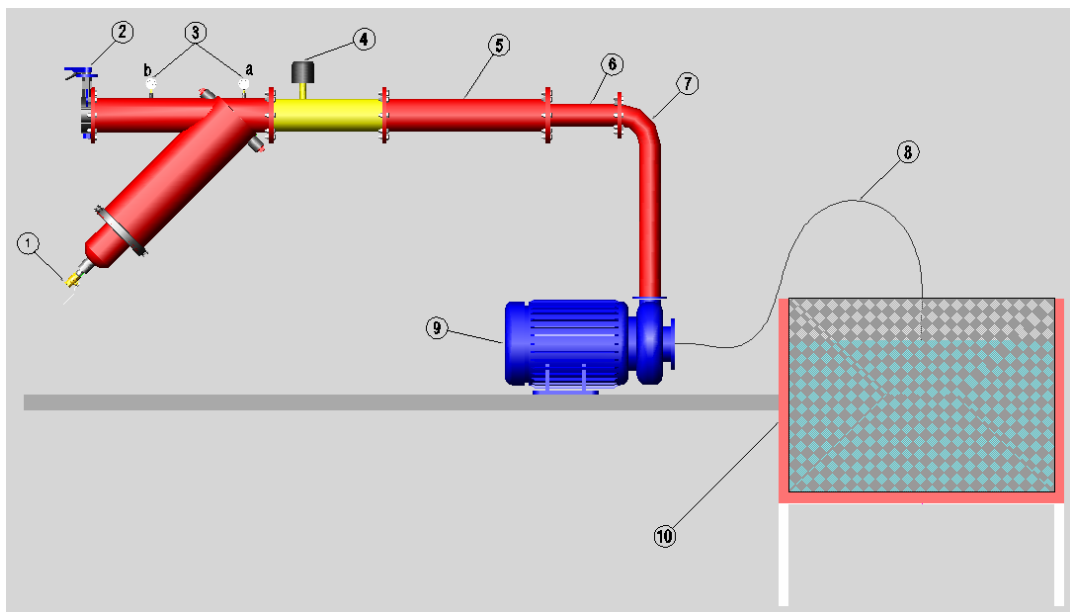


Figura 40. Estructura del sistema de pruebas, filtro modificado.

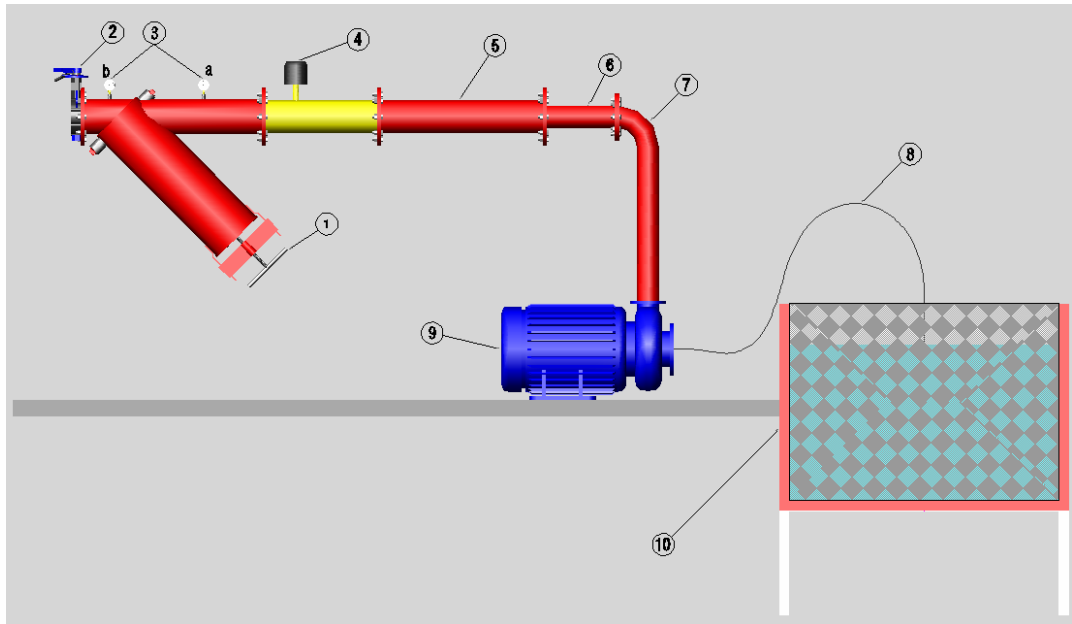


Figura 41. Estructura del sistema de pruebas, filtro normal.

- 1.- Válvula esfera de 1" para el filtro de mallas modificado (figura 40).
- 2.- Válvula de mariposa de 6".
- 3.- Filtro de mallas modificado y filtro de mallas normal (figura 41) con manómetros, a y b de 0 a 160 psi, de glicerina.
- 4.- Medidor de flujo de 6" tipo propela de 0 a 100 LPS.
- 5.- Carrete bridado de 6" X 80 cm de largo de acero, cedula 30.
- 6.- Reducción de 4" X 6" bridado de acero cedula 30, de 35 cm de largo.
- 7.- Codo bridado 90° X 4" con punta de 75 cm de largo roscada.
- 8.- Manguera corrugada de 4" X 4 metros de largo.
- 9.- Motobomba de 30 HP con succión y descarga de 4" X 4".
- 10.- Estructura metálica (Canasta).

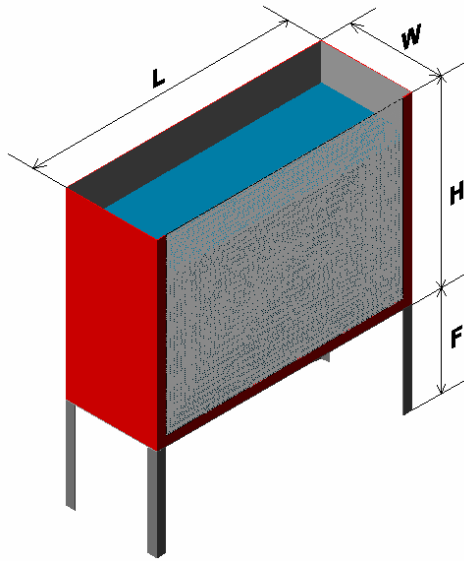


Figura 42. Dimensiones de estructura metálica.

Con el objeto de realizar las pruebas y evaluación del filtro modificado y el filtro normal, se diseñó esta estructura metálica con dimensiones mostradas en la figura 42, donde “L” es el largo de la estructura igual a 1.40 metros, “W” el ancho igual a 0.50 metros, “H” es el alto o profundidad de la estructura con una dimensión de 1.0 metro y “F” es la altura de los soportes igual a 0.50 metros. Recalcando que en el frente lleva una malla de acero inoxidable de mesh 200.

3.3.3. Pruebas y toma de datos.

3.3.3.1. Filtro de mallas normal.

Para las pruebas y toma de datos del filtro normal, se realizaron 2 pruebas, una con agua limpia de la fuente de abastecimiento y la otra con agua y aplicándole arena sílica de calibre 90/100, con el objeto de obtener las gráficas de pérdidas de carga de cada prueba y por consiguiente compararlas con las pruebas del filtro de mallas modificado.

a) Prueba con agua limpia

Para la prueba con agua limpia, primero se instaló todo el equipo antes mencionado; checamos que la motobomba tuviera el combustible necesario para la duración de la prueba, que los manómetros estuvieran instalados adecuadamente, la válvula de mariposa completamente abierta, que el filtro de mallas normal estuviera bien instalado y cerrado para evitar fugas durante la operación del sistema, que el medidor de flujo estuviera en condiciones para comenzar la prueba y que la succión de la motobomba estuviera ya sumergida en la fuente de abastecimiento.

Una vez tomadas las precauciones debidas, se procedió a prender la motobomba ajustando la potencia necesaria para un gasto uniforme, mientras una persona estaba ubicada entre los manómetros y el medidor de flujo atento a los cambios de presión y de la variación del flujo. A partir del primer gasto inicial obtenido por medio del cerrado de la válvula con sus respectivas presiones en la entrada y salida del filtro se comenzó a abrir gradualmente la válvula mariposa con el fin de obtener diferentes gastos a diferentes presiones medidas en un lapso de tiempo con un cronómetro.

b) Prueba con agua y arena

Para la segunda prueba del filtro de mallas normal con agua y arena, el procedimiento fue similar a la prueba con agua limpia, además que en este caso se instaló previamente al funcionamiento del sistema la estructura metálica (canasta) dentro de la fuente de abastecimiento, ya que en esta es donde se llevaría a cabo la succión del agua con arena, con el fin de que al suministrar la arena no sea expandida en toda la fuente de abastecimiento y solamente aprovechar el área sumergida de la estructura donde no existe ningún tipo de presión debido a que la malla de acero inoxidable de mesh 200 que tiene la estructura hace que la presión de la fuente sea la misma dentro de la estructura metálica, ya que el flujo es constante de afuera hacia adentro y deja que la arena sea succionada en su totalidad. Para realizar este procedimiento se ubicó

una persona suministrando la arena en proporciones de 1Kg continuamente hasta que las tomas manométricas marcaran una diferencia de presión, precisamente en este momento se realizó la toma de datos de las variables requeridas, las cuales son: La presión de entrada y salida del filtro así como la cantidad de arena suministrada en cierto tiempo medido con un cronometro, y así consecutivamente se fue suministrando la arena hasta que el filtro se tapara y antes haber obtenido las repeticiones necesarias para elaborar las graficas.



Figura 43. Probando el filtro normal.

3.3.3.2. Filtro de mallas modificado.

Para este filtro, igualmente que el filtro normal se realizó 2 pruebas, una con agua limpia y la otra con agua y arena.

a) Prueba con agua limpia

Para esta prueba se utilizó la misma metodología que en el filtro normal. Pero antes de comenzar la operación, se procedió a desmontar el filtro normal del sistema para colocar el filtro modificado. Previamente se colocó el gusano junto con el elemento filtrante dentro del filtro modificado para que embonara justo con la tapa y la abrazadera pudiera ajustarse y cerrarse adecuadamente.

Antes de montar el filtro modificado, se prendió la motobomba por unos minutos para limpiar el sistema y quitar las impurezas de arena que pudiesen afectar en la prueba. Se chequeó de igual manera que la válvula esfera de 1" estuviera cerrada, que la válvula mariposa estuviera abierta completamente, que la manguera de succión estuviera dentro de la fuente de abastecimiento, se colocó una persona entre las salidas manométricas y el medidor de flujo para la toma de datos.

Luego de haber chequeado y tomado las debidas precauciones se procedió a encender la motobomba con la potencia adecuada hasta alcanzar un flujo uniforme; posteriormente se fue cerrando la válvula mariposa hasta obtener un flujo inicial con una diferencia de presión entre la entrada y salida del filtro y a partir de ahí se fue abriendo la válvula gradualmente para obtener gastos con diferentes datos de presión medidos en un lapso de tiempo con un cronometro.

b) Prueba con agua y arena

Para la evaluación de esta última prueba, se instaló de nuevo la estructura metálica dentro de la fuente de abastecimiento y se colocó la manguera de succión dentro de ella. Posteriormente se abrió completamente la válvula mariposa, se prendió la motobomba y comenzó la operación del sistema; cuando el gasto se consideró constante se comenzó a suministrar la arena por

Kg en la estructura metálica, cuando el filtro comenzó a saturarse se procedió a tomar lectura en los manómetros, tomando en cuenta el tiempo transcurrido en que se suministro la cierta cantidad de arena medido con un cronometro.



Figura 44. Probando el filtro modificado.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo al seguimiento de la metodología y evaluación de los filtros de malla, normal y modificado indicada en el apartado anterior se obtuvo los siguientes resultados.

4.1. Filtro de mallas normal

a) Prueba con agua limpia

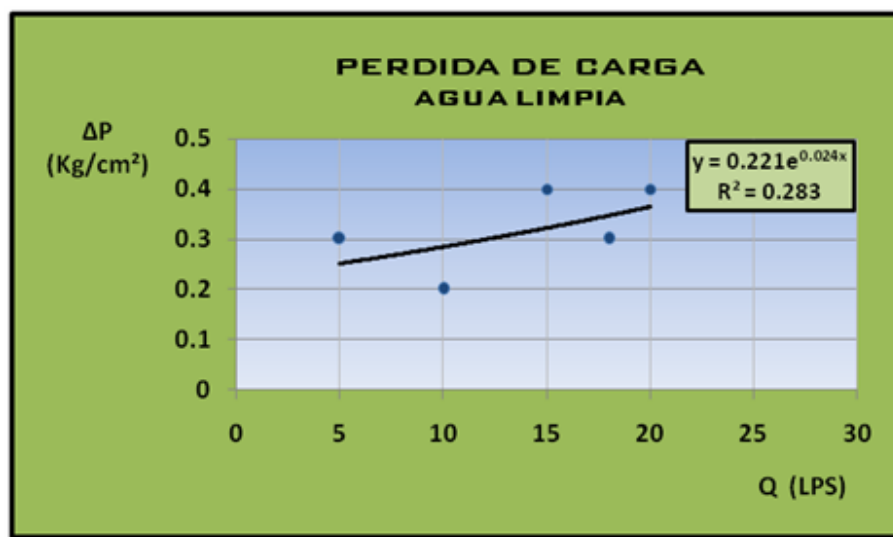


Figura 45. Gráfica de pérdida de carga con agua limpia, filtro normal.

En la figura 45 se representa la pérdida de carga del filtro de mallas normal realizada con agua limpia, esta se da en relación al caudal “Q” en LPS (litros por segundo) y la diferencia de presiones “ΔP” en Kg/cm², donde se obtuvo una ecuación de tipo exponencial $y = 0.221e^{0.024x}$; debido a que fue la más apropiada para determinar la dependencia entre las variables evaluadas.

Se obtuvo un coeficiente de determinación “ r^2 ” igual a 0.283, el cual nos indica que la correlación entre las variables es baja, esto se debe a que hubo una mayor dispersión de los datos y provocó que el coeficiente de determinación sea menor. El grado de dependencia entre las variables se puede observar ya que mientras el gasto aumenta, la caída de presión también aumenta.

b) Prueba con agua y arena

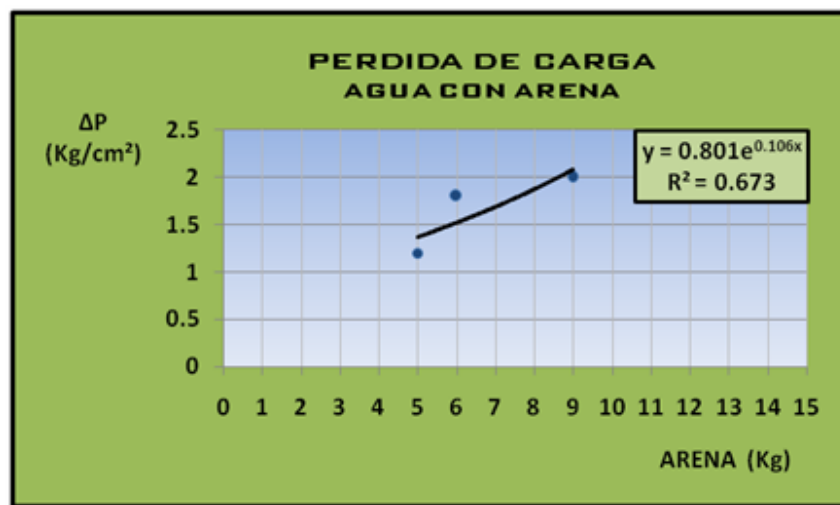


Figura 46. Gráfica de pérdida de carga con agua y arena, filtro normal.

En este caso se obtuvo la gráfica de pérdida de carga del filtro normal, tomando como variables la cantidad de arena aplicada al agua en un cierto tiempo y la diferencia de presiones “ ΔP ” en Kg/cm². En la figura 46 podemos observar el momento en que el filtro comenzó a taparse, que fue aproximadamente cuando iban 5 Kg de arena por aplicar, con una caída de presión de 1.2 Kg/cm² y a un tiempo de 6.38 minutos, a partir de aquí hasta llegar a los 9 kg de arena donde el filtro se tapó completamente, con una caída de presión de 2 Kg/cm² y un tiempo de 9 minutos. Para esta evaluación podemos notar que el coeficiente de determinación es más favorable igual a 0.673, el cual indica un mayor grado de dependencia entre las variables.

4.2. Filtro de mallas modificado

a) Prueba con agua limpia

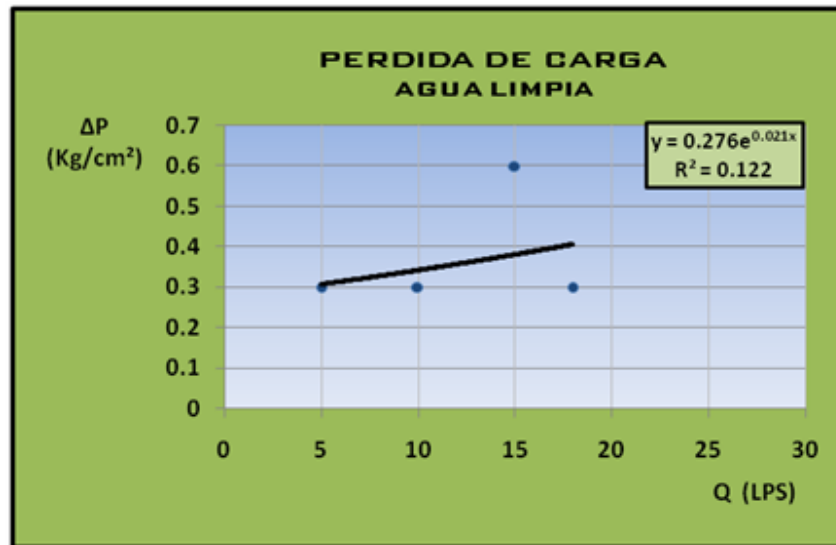


Figura 47. Gráfica de pérdida de carga con agua limpia, filtro modificado.

En la figura 47 se ilustra la pérdida de carga del filtro modificado con agua limpia, donde se observa un coeficiente de determinación bajo, “ r^2 ” igual a 0.122 más o menos como el obtenido en el filtro normal con un “ r^2 ” igual a 0.283 debido a una dispersión de los datos no muy uniforme. Pero de igual manera existe un cierto grado de dependencia entre las variables.

b) Prueba con agua y arena

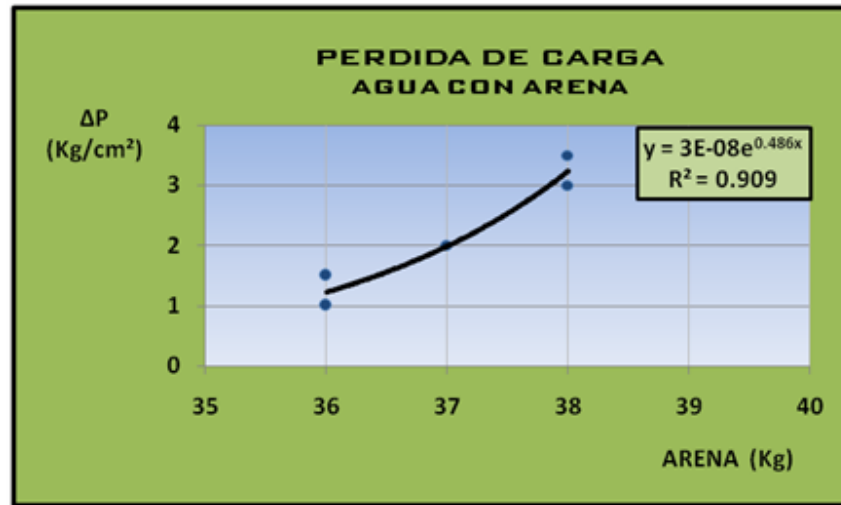


Figura 48. Grafica de pérdida de carga con agua y arena, filtro modificado.

En esta última gráfica de la figura 48 se ilustra la pérdida de carga del filtro de mallas modificado, determinada con agua y arena junto con la variable, caída de presión “ ΔP ”.

Para este caso se obtuvo un coeficiente de determinación muy favorable, “ r^2 ” igual a 0.909, el cual nos indica la estrecha relación que existe entre dichas variables y por lo tanto lo eficiente que resultó el diseño, la construcción y la evaluación de este filtro.

Podemos darnos cuenta de la eficiencia del filtro modificado, debido a que duro 45 minutos en taparse ilustrado en el registro de datos del APENDICE A, con una cantidad de 38 Kg de arena aplicada durante la evaluación. Se ve claramente que a los 36 Kg de arena aplicada presento una caída de presión de 1.0 Kg/cm², disminuyendo gradualmente en un corto tiempo de aproximadamente 2 minutos, hasta 3.5 Kg/cm², quedando el filtro completamente tapado.

5. CONCLUSIONES

Después de haber obtenido los resultados anteriores, se llegó a las siguientes conclusiones:

Con el filtro modificado, se logra obtener un mayor tiempo de prolongación del ciclo o periodo de limpieza del cartucho o elemento filtrante. Esto se debe a que la malla inoxidable mesh 120 se mantuvo en constante limpieza por un determinado tiempo debido al sentido helicoidal del flujo que fue provocado por el gusano.

El filtro modificado tardó más tiempo en taparse, debido a que el gusano realmente limpiaba la malla mientras se realizaba la succión del agua con arena, por lo tanto provocó una mayor remoción de sólidos durante el filtrado.

La hipótesis planteada se acepta ya que se determinó que es más eficiente el filtro modificado en comparación con el filtro normal, debido al diseño y construcción del gusano, así como también la implementación de la tapa con separador de arena que permitió una mayor retención de sólidos durante la filtración.

El filtro normal registró una “ ΔP ” de 0.2-0.4 Kg/cm² al filtrar de 5-20 LPS, mientras que el filtro modificado registró un “ ΔP ” de 0.3-0.6 Kg/cm² al filtrar de 5-20 LPS; pero este último amplió el ciclo de limpieza del elemento filtrante, ambos resultados fueron debido al gusano.

Después de obtener resultados congruentes y satisfactorios durante la evaluación de dichos filtros, podemos señalar la importancia de poder difundir la tecnología y promover el uso de este nuevo filtro de mallas modificado, con el fin de que el sector agrícola pueda ser beneficiado.

6. BIBLIOGRAFIA

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.

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

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

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.

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

KARMELLI 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.

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.

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).

<http://www.galeon.com/elregante/aficiones1497166.html>

http://www.dripsa.com.ar/filtros_de_malla.php

http://www.lama1.net/es_agricola_mallas.htm

http://www.uclm.es/area/ing_rural/Catalogos/HidraulicaRiegos/RegaberHidrociclones.pdf

<http://www.galeon.com/elregante/aficiones1914291.html>

http://www.toromicroirrigation.com/ProductFiles/pdf/XD_Filters_SP.pdf

<http://www.vai.com.mx/publicaciones/A40-CT-V1.pdf>

http://www.toromicroirrigation.com/ProductFiles/pdf/PlstcY_Fltrs_Sp.pdf

http://www.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/AlvaroMora/7P-AnejoIV-Riego.pdf

<http://www.hpezoa.cl/images/sist%20filtros%20modul.pdf>

<http://www.galeon.com/elregante/aficiones1485906.html>

http://www.dripsa.com.ar/filtros_a36_a22.php

http://www.uclm.es/area/ing_rural/Catalogos/HidraulicaRiegos/RegaberFiltroArena.pdf

http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Bouso-M3/AplyFun_Prac_Hidrociclones.pdf

<http://www.cps.unizar.es/~jblasco/hidrociclon.pdf>

<http://www.gunt.de/networks/gunt/sites/s1/mmcontent/produktbilder/08322500/Datenblatt/08322500%204.pdf>

<http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Nunez-M3/Transporte-pulpas-04.pdf>

http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Bouso-M3/Efic_Hidroc.pdf

http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Bouso-M3/EI_Hidrociclon%202.pdf

<http://www.cec.uchile.cl/~ehuenupi/mecanicas/guia7.pdf>

http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Bouso-M3/Nuevos_Hidrociclones.pdf

http://www.uclm.es/area/ing_rural/Catalogos/HidraulicaRiegos/RegaberHidrociclones.pdf

<http://www.minas.upm.es/catedra-anefa/Bouso-M3/Hidrociclones.pdf>

<http://www.galeon.com/elregante/aficiones1492054.html>

<http://www.lenntech.com/espanol/centrifugacion.htm>

http://www.dripsa.com.ar/filtros_hidrociclones.php

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

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/cabezal.htm> - 11k

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

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

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

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

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

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

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

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

APENDICES

APENDICE A

DATOS OBTENIDOS DURANTE LA EVALUACION DE LOS FILTROS DE MALLAS NORMAL Y MODIFICADO

Registro de datos con agua limpia, filtro normal.

Repeticiones	Pe (Kg/cm ²)	Ps (Kg/cm ²)	Gasto (LPS)	Tiempo (seg)	ΔP (Kg/cm ²)
1	1.8	1.5	5	0	0.3
2	1.6	1.4	10	23	0.2
3	1.2	0.8	15	22	0.4
4	0.8	0.5	18	28	0.3
5	0.4	0	20	40	0.4

GASTO MAXIMO = 24 LPS

Registro de datos con agua y arena, filtro normal.

Repeticiones	Pe (Kg/cm ²)	Ps (Kg/cm ²)	Gasto (LPS)	Tiempo (min)	Kg Arena	ΔP (Kg/cm ²)
1	1.4	0.2	5	6.38	5	1.2
2	1.8	0	5	7.2	6	1.8
3	2	0	2.5	9	9	2
4						
5						

GASTO MAXIMO =24 LPS

Registro de datos con agua limpia, filtro modificado.

Repeticiones	Pe (Kg/cm ²)	Ps (Kg/cm ²)	Gasto (LPS)	Tiempo (seg)	ΔP (Kg/cm ²)
1	2.5	2.2	5	0	0.3
2	1.5	1.2	10	12	0.3
3	0.9	0.3	15	12	0.6
4	0.5	0.2	18	11	0.3
5					

GASTO MAXIMO =22 LPS

Registro de datos con agua y arena, filtro modificado.

Repeticiones	Pe (Kg/cm ²)	Ps (Kg/cm ²)	Gasto (LPS)	Tiempo (min)	Kg Arena	ΔP (Kg/cm ²)
1	1	0	22	43	36	1
2	1.5	0	16	43	36	1.5
3	2	0	12	44	37	2
4	3	0	8	44	38	3
5	3.5	0	4	45	38	3.5

GASTO MAXIMO =22 LPS