

LA MÁQUINA PULVERIZADORA DE BOTALÓN.

1. Introducción – generalidades.

Las pulverizadoras agrícolas de botalón para cultivos extensivos pueden ser de tres tipos diferentes:

- Autopropulsadas.
- De arrastre.
- Montadas (o de tres puntos).

Estas últimas, es decir las de sistema de tres puntos, ocupan un segmento más acotado, principalmente en producciones hortícolas y florícolas, en el mercado nacional y se trata, en todos los casos, de máquinas de poca capacidad de trabajo. Esto es así ya que el tanque muy difícilmente pueda superar los mil litros, dado que el equipo “cuelga” de la parte trasera del tractor que aporta la parte motora. En algunos casos pueden colocarse tanques auxiliares, en el frente del tractor ó a los costados, para equilibrar el peso y otorgarle al equipo una mayor autonomía.

Como puede observarse en el gráfico Nº 1, de los otros dos sistemas, siempre se ha vendido mayor cantidad de equipos de arrastre que autopropulsados en nuestro país, aunque puede observarse que la tendencia pareciera comenzar a revertirse a partir del año 2003. De todas maneras, dada la gran capacidad de trabajo de las máquinas autopropulsadas, cada vez es mayor la superficie tratada con este tipo de equipos, pudiendo afirmarse que la misma supera ampliamente la de las otras variantes. Esta tendencia pareciera continuar a paso firme y muy probablemente esté ligada a un notable incremento en el número de empresas que brindan el servicio de pulverización.

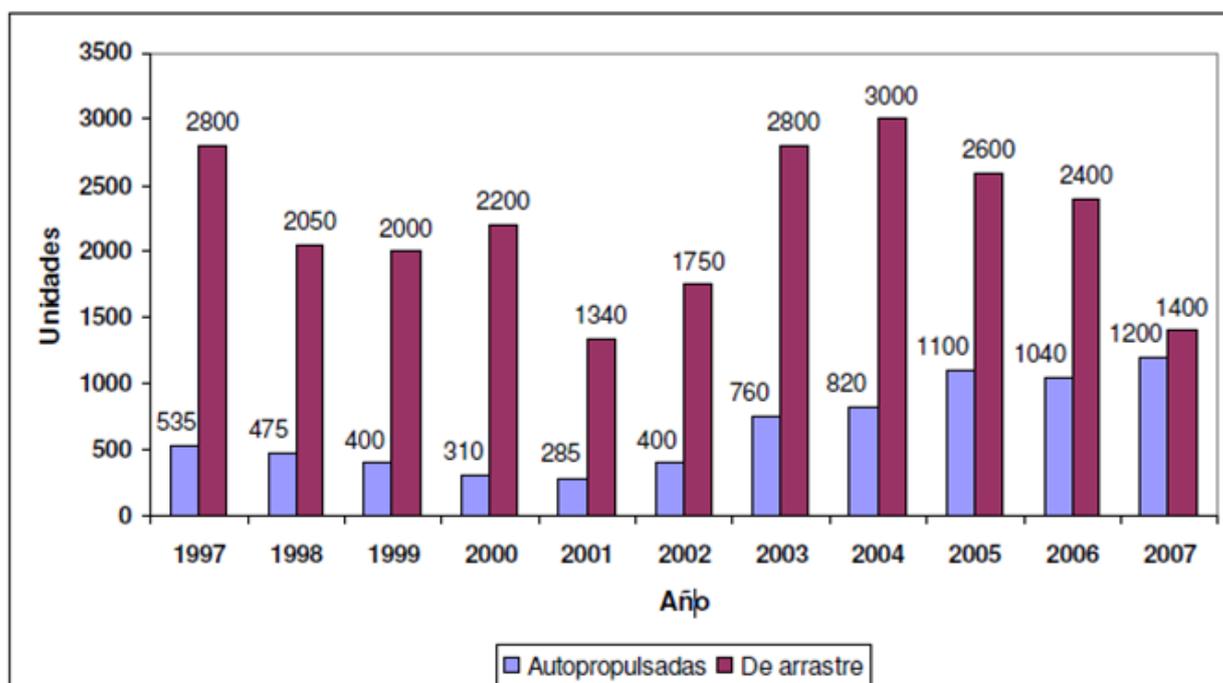


Gráfico 1: Evolución del Mercado de Pulverizadoras. Fuente: Bragachini y col. 2008

Independientemente de ello, en todos los casos, los mecanismos y principios de funcionamiento son los mismos. Se utiliza el mismo circuito hidráulico y los mismos componentes, más allá de que en los equipos autopropulsados hay mayor uso de la tecnología disponible (sistema de comando electrónico, banderillero satelital, etc.). Otra diferencia existente entre ambos sistemas es que a medida que los equipos tienen mayor capacidad de trabajo (autopropulsados) suelen utilizarse en mayor proporción las bombas centrífugas en detrimento de las de desplazamiento positivo.

2. El circuito Hidráulico.

En la figura Nº 1 se muestra lo que podríamos definir como un circuito hidráulico básico, para un equipo que utiliza bomba centrífuga. Normalmente, dado que éstas generan altos caudales a presiones relativamente bajas, con los retornos y las válvulas reguladoras que muestra el esquema, suele ser suficiente para la mantener la integridad del sistema. No obstante ello, no puede dejar de tenerse en cuenta que, de año en año, con la modernización existente en el diseño de estas bombas, y el consiguiente aumento en las presiones y caudales obtenidos, puede ser preciso disponer de mayores mecanismos de seguridad.

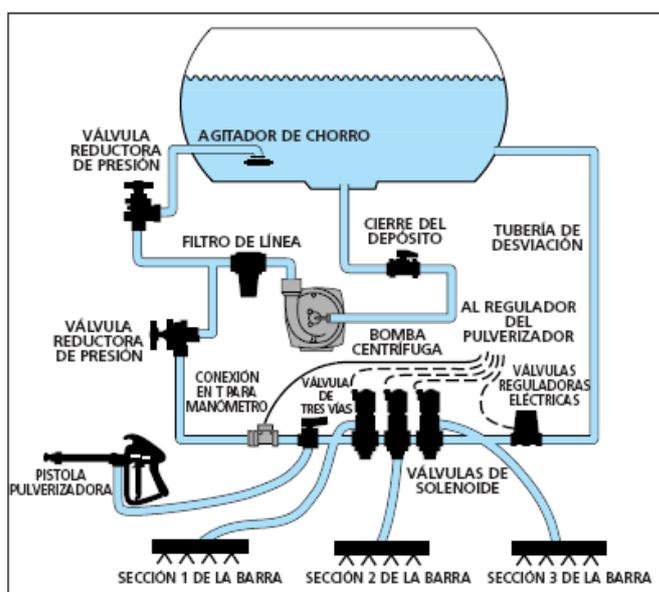


Figura 1: Fuente: Catálogo TeeJet 50A-E. Diagrama de circuito de dos vías usando bomba centrífuga.

La figura 2 corresponde a un circuito de dos vías, en el que se utiliza una bomba de desplazamiento positivo (ó de pistones) que, como veremos más adelante, tienen la particularidad de generar presiones sensiblemente mayores, aunque con menores caudales que las bombas centrífugas. En este caso, dado que la presión puede producir roturas en distintos componentes (filtros, válvulas, cuerpos, etc.), se hace necesario añadir, al menos, una válvula de alivio de presión, de características particulares, generando, además, un nuevo circuito de retorno. Esto es así ya que, en caso de fallar la válvula reguladora de presión, la misma se incrementará solamente hasta el nivel determinado por la válvula aliviadora de presión, permitiendo preservar la integridad del sistema.

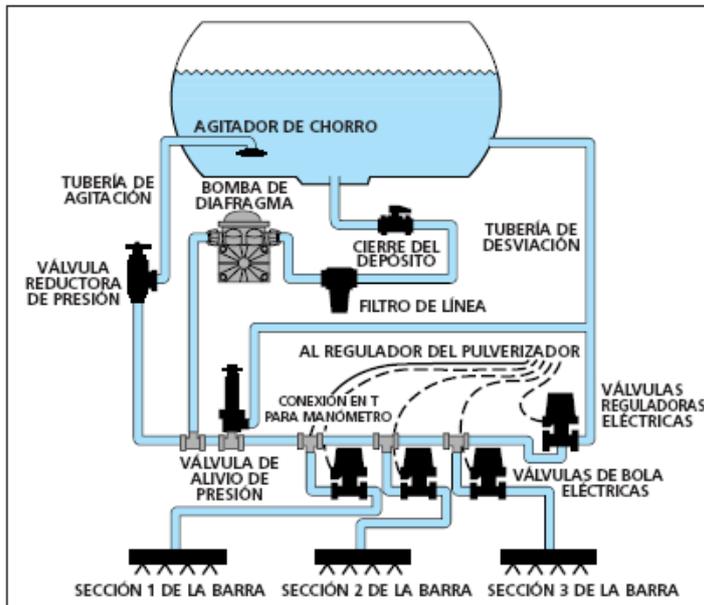


Figura 2: Fuente: Catálogo TeeJet 50A-E Diagrama de circuito de dos vías con bomba de desplazamiento positivo.

La figura Nº3 corresponde a un circuito hidráulico que, dadas las presiones generadas, requiere de mayores mecanismos de seguridad, es decir, retornos y válvulas aliviadoras de presión. Obsérvese, la ubicación de estas válvulas a la salida de la bomba.

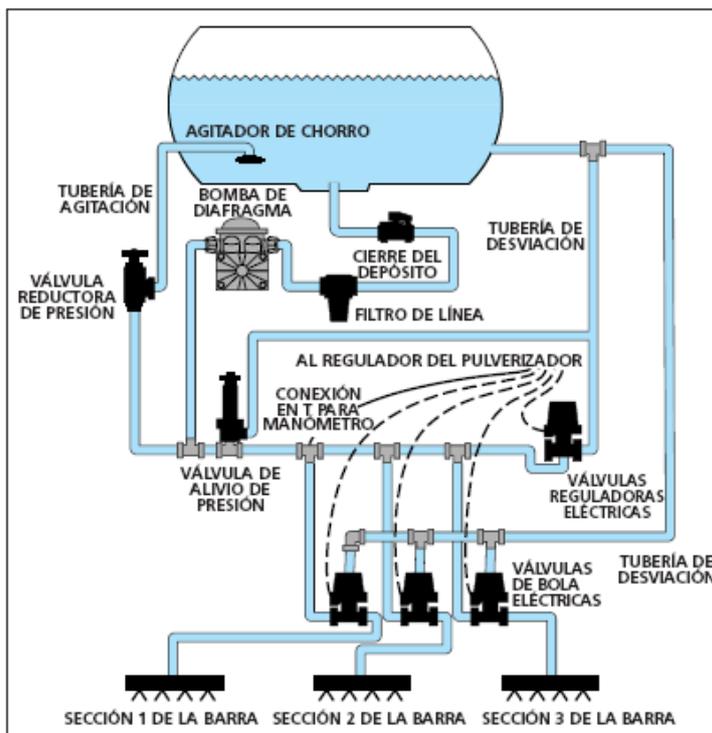


Figura 3: Fuente: Catálogo TeeJet 49ª-E. Diagrama de circuito de tres vías con bomba de desplazamiento positivo.

Estos circuitos tienden a ser más complejos en la medida en que se agregan nuevos componentes: sistemas laterales de carga de producto, sistemas de limpieza, motobombas para carga de agua al tanque, etc.

El siguiente circuito corresponde a una pulverizadora autopropulsada John Deere 4700 (figura 4). En primera instancia puede parecer sumamente complicado, pero al separar en diferentes colores sus distintos componentes, veremos que no lo es tanto.

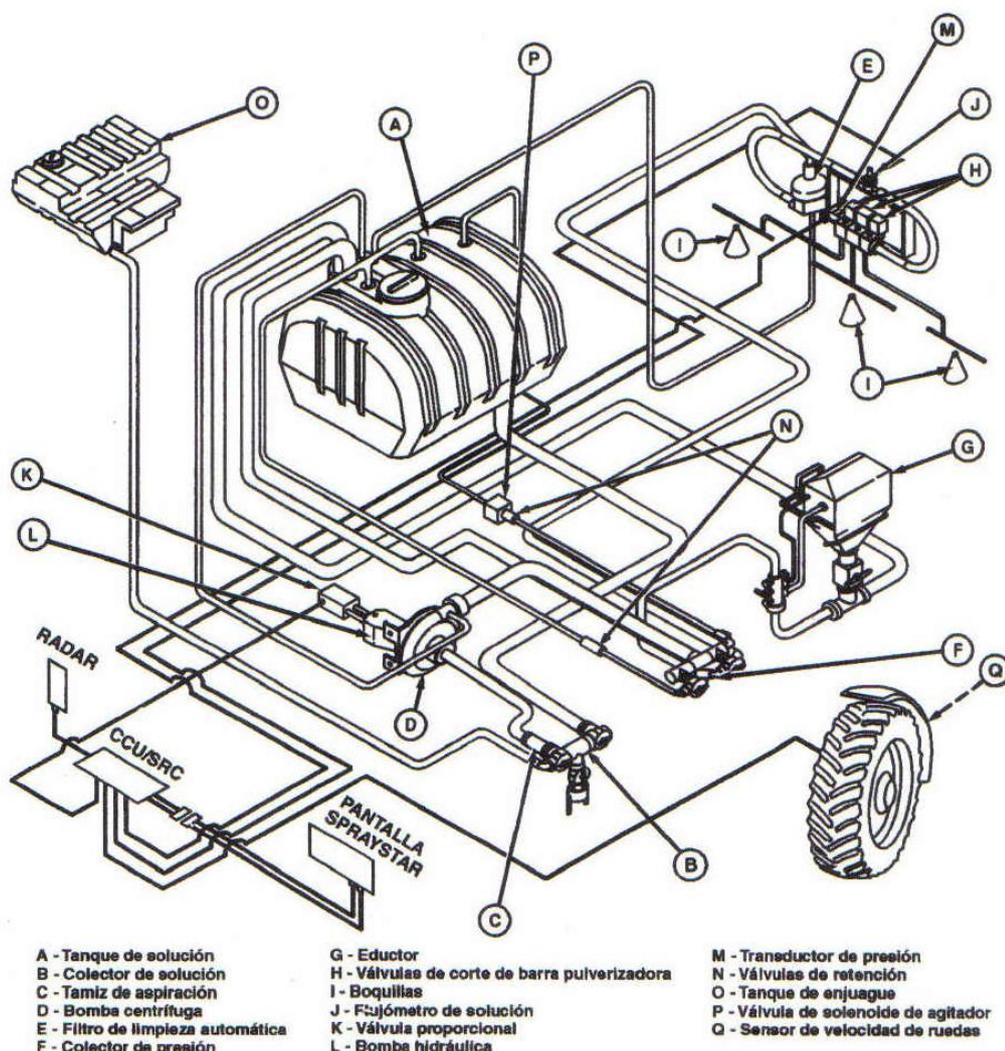


Figura 4: Fuente: Manual del Operador – Pulverizadora autopropulsada 4700 – John Deere – Des Moine Works.

En la figura N° 5 puede verse, en color rojo, exclusivamente el circuito de pulverización, con el primer retorno coloreado en celeste. Sígase la tubería desde su salida del tanque de producto, pasando por el punto B (colector de solución – punto de una eventual interrupción) hasta la bomba, con un filtro previo a la misma (punto C). Desde allí el líquido es llevado hasta el punto F (sitio de otra eventual derivación) y desde allí directamente al botalón.

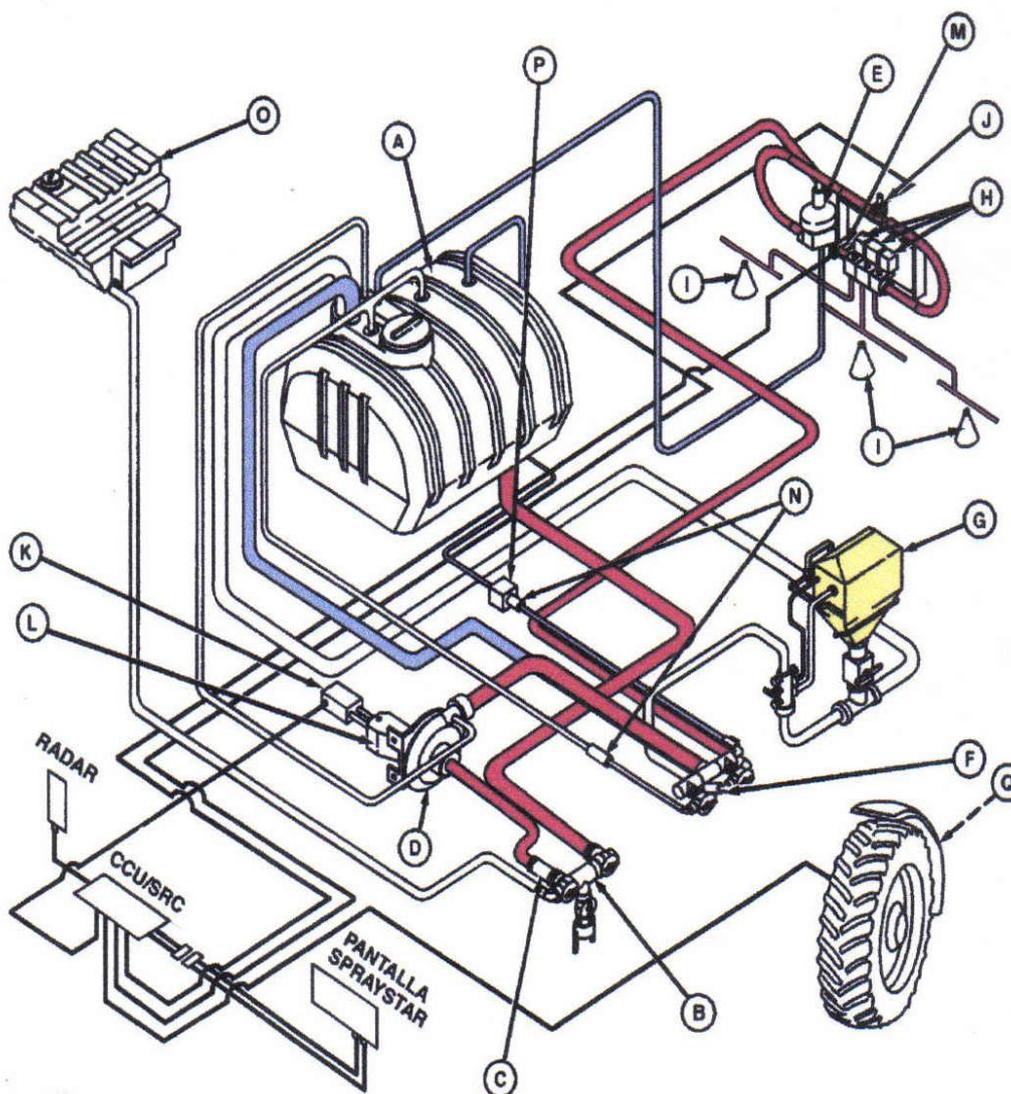


Figura 5: Circuito de aplicación John Deere 4700

En la figura N° 6 se ha coloreado en celeste el sistema de carga del agroquímico, incluyendo al cargador lateral que posee un sistema para limpieza de los envases. Obsérvese que el circuito es exactamente igual al anterior hasta el punto "F". Allí, en lugar de derivar el líquido hacia el botalón, mediante una válvula, se lo hace hacia el sistema de carga (G). Desde allí, mediante un conducto, la mezcla obtenida es llevada al tanque de la pulverizadora.

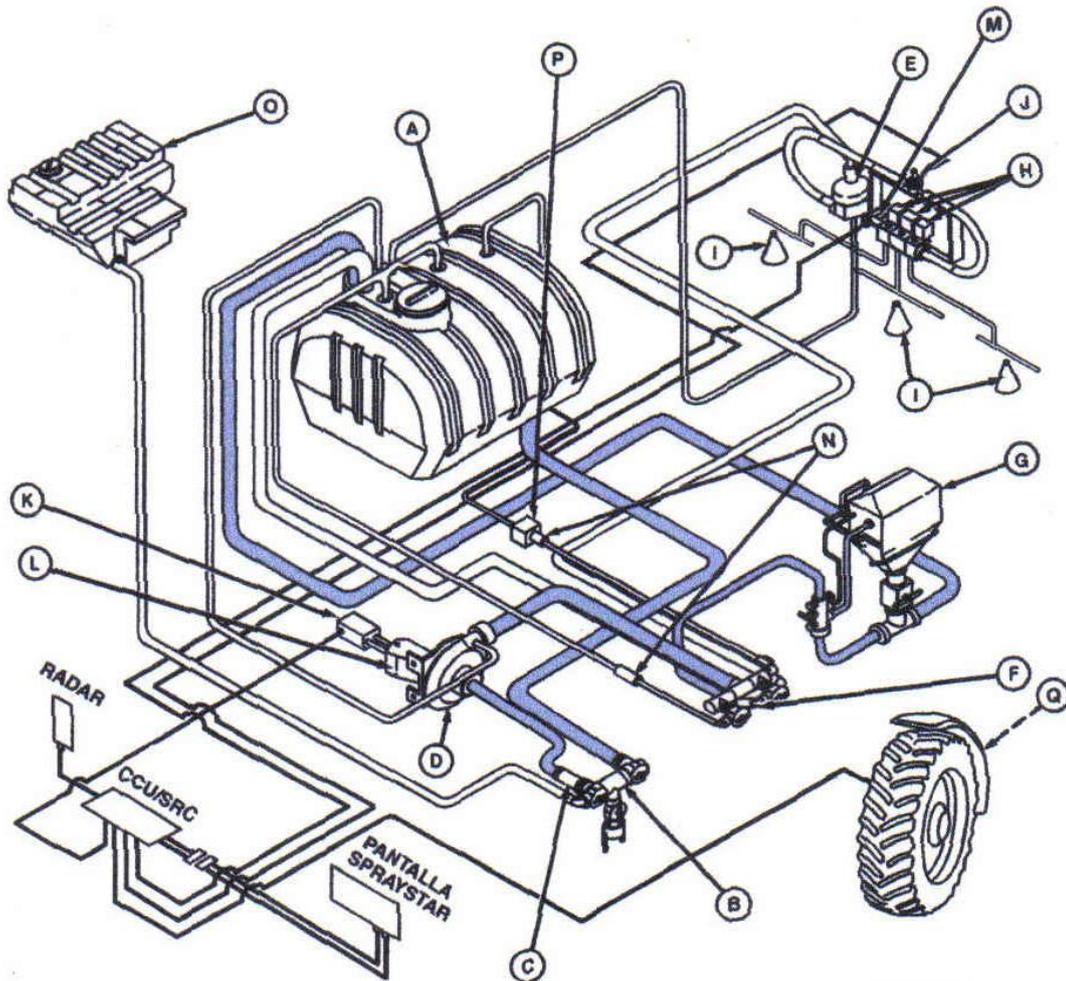


Figura 6. Circuito de carga John Deere 4700.

En el último circuito que estamos analizando (figura N° 7), el de limpieza, también coloreado en celeste, partimos desde el tanque de agua limpia (punto O del esquema). De aquí llegamos al punto B. Recuérdese que aquí hay una válvula que define si el agua que llega a la bomba viene desde el tanque grande de caldo de pulverización, o desde el chico. De allí el agua limpia llega a la bomba y es conducida por la fuerza que la misma ejerce hasta el punto F. En este punto puedo derivar el agua hacia el botellón para limpieza del mismo y, fundamentalmente de las pastillas (2º esquema) o bien hacia el sistema de carga de producto tal como se viera en el esquema anterior.

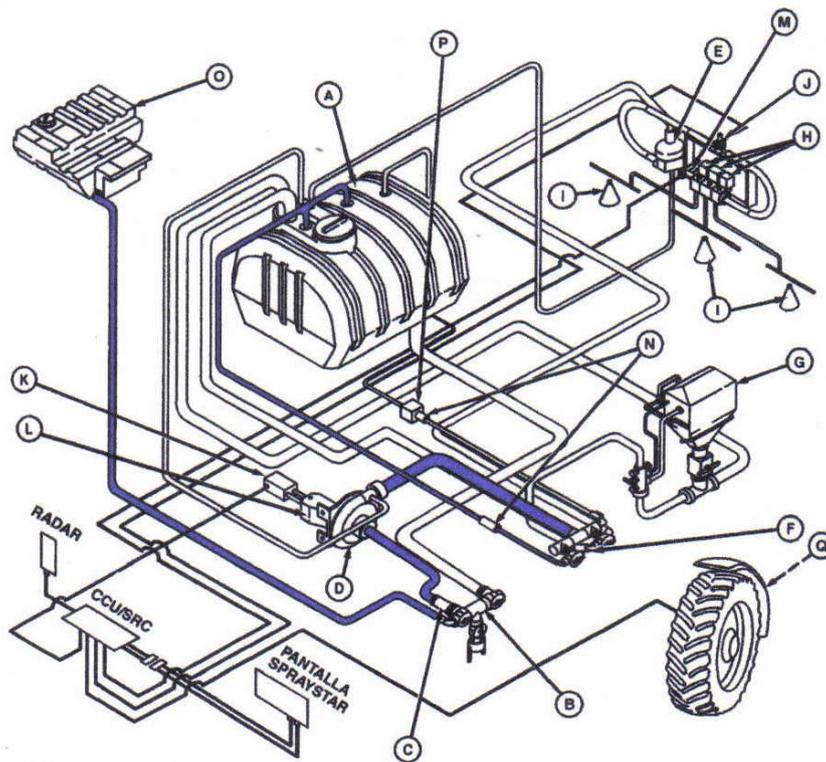


Figura 7: Circuito de limpieza John Deere 4700.

Puede apreciarse que el circuito, que parecía sumamente complejo, ya no lo es tanto.

3. Diferentes componentes del circuito hidráulico.

3.1. El tanque.

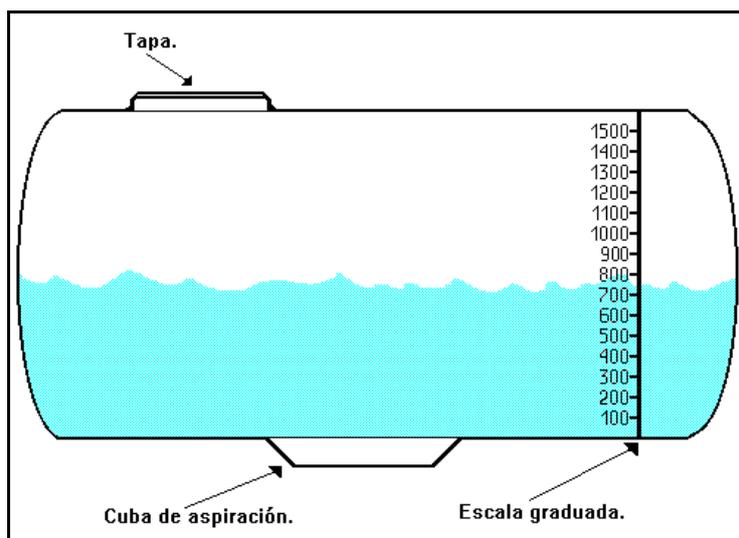


Figura 8. Tanque rotomoldeado.

Un buen tanque debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Ser resistente a la corrosión.
- b) No reaccionar químicamente con los productos fitoterápicos o con los fertilizantes.
- c) Poseer una escala graduada indicando la cantidad de litros remanentes en el mismo. También es conveniente que posea un indicador electrónico de nivel.
- d) Tener una cuba de desagüe en la parte más baja del tanque, con una válvula de apertura de buen caudal. Aunque parezca mentira se han observado equipos en los cuales la cuba no se encontraba en la parte más baja del tanque. Al vaciarse el tanque no deben quedar remanentes de líquido.
- e) Debe tener en la parte superior una amplia tapa para carga de producto, de acceso fácil y seguro. Esta tapa debe estar presente aún en los casos en que el equipo tiene sistema de carga lateral. La tapa debe tener, además, un pequeño respiradero a fin de evitar que se produzca vacío dentro del equipo a medida que el líquido se va consumiendo. Algunos equipos tienen ubicado el respiradero en algún otro lugar (fuera de la tapa). De acuerdo con normas DIN, debe permitir el acceso de una persona.



Figura 9. Tapa de tanque normalizada. (entrada hombre DIN). Fuente Catálogo ARAG

- f) Levantando la tapa debe haber un filtro, denominado “filtro canasta” por su forma característica. Debe ser lo suficientemente profundo como para operar cómodamente y sin que se produzcan salpicaduras al cargar el producto agroquímico.
- g) Los ángulos y esquinas deben ser redondeados, a fin de evitar puntos ciegos en donde el sistema de agitación pierde eficiencia.
- h) A fin de facilitar la limpieza, evitando la acumulación de sedimentos de agroquímicos. los interiores del tanque deben ser lo más lisos que sea posible.

Sin ninguna duda, en nuestro país, el material más usado para construir tanques, dado su gran versatilidad de moldeo, es el plástico reforzado en fibra de vidrio (PRFV). Sin embargo, presenta el gran inconveniente de ser áspero en su cara interior. Los tanques rotomoldeados solucionan este inconveniente, pero su construcción es sensiblemente más compleja. Finalmente, la tendencia en grandes pulverizadoras europeas y estadounidenses, es el uso de tanques de acero inoxidable, cuya mayor limitante es el costo.

Muchos tanques, sobre todo los de mayor tamaño, poseen una serie de tabiques transversales que actúan como “rompeolas” ante los movimientos que las irregularidades del terreno producen en el líquido. Debe observarse que los mismos no interfieran en la calidad de los mecanismos de agitación del caldo de pulverización.

También es conveniente que el tanque cuente con un mecanismo de limpieza automatizado. Para ello existen boquillas especiales para enjuague de tanques, con cabezales rociadores rotativos, que brindan una cobertura de 360° dentro del tanque. El agua para la limpieza debe provenir del tanque auxiliar de agua limpia. De no ser así, nunca se logrará una limpieza adecuada.

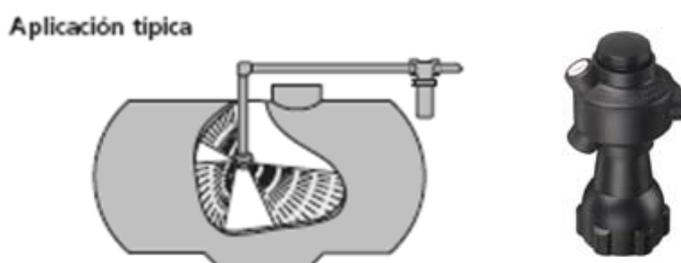


Figura 10. Boquilla giratoria para limpieza. Fuente: Catálogo TeeJet

3.2. Sistemas de agitación.

Los mismos se ubican en la parte inferior del tanque y su objetivo es mantener lo más homogéneo que sea posible el caldo de pulverización, ya que de no existir los mismos algunos productos sedimentarían. Existen dos sistemas de agitación: mecánicos e hidráulicos:

- a) Mecánicos: pueden ser hélices o paletas dotadas de un movimiento giratorio leve. Presentan el inconveniente de que, si son muy enérgicos, pueden generar espuma en el interior del tanque, con los consecuentes inconvenientes en el proceso de aplicación. Este inconveniente se acentúa cuando, al bajar el nivel del líquido, el sistema queda semidescubierto. En este caso la incorporación de burbujas de aire es sensiblemente mayor.
- b) Hidráulicos: parte del líquido impelido por la bomba es derivado al tanque para producir la agitación. Existe una pauta indicativa que dice que el caudal para agitación de productos líquidos debe ser del orden del 5% y del 12,5% para polvos mojables, en relación al volumen total del tanque. Dado que muchas veces ello implica una gran exigencia de caudal para la bomba, han sido desarrolladas las denominadas “boquillas eductororas” que permiten disminuir los requerimientos de caudal al hacer recircular en forma permanente el líquido en el interior del tanque.

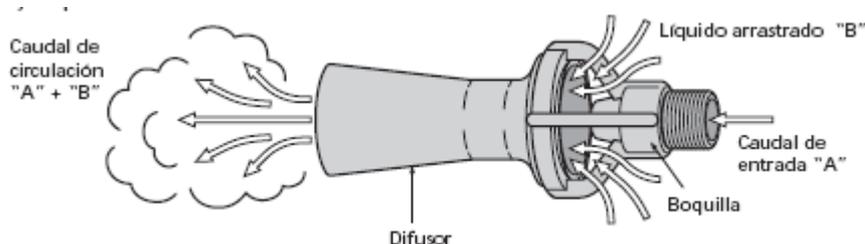


Figura 11. Agitación hidráulica por boquilla de educación. Fuente Catálogo TeeJet

En este caso debe ser tenido en cuenta, como caudal de agitación, no solamente el caudal de entrada (A), sino también el líquido arrastrado (B). (Ver cuadro N° 1)

RENDIMIENTO APROXIMADO DE CAUDAL	NÚMERO DE MODELO	PRESIÓN DE ENTRADA DE LÍQUIDO						
		0.7 bar	1 bar	1.5 bar	2 bar	2.5 bar	3 bar	3.5 bar
Caudal de entrada "A" (l/min)	Y33180-PP	34	41	50	58	65	71	77
	Y9270-PP	51	62	75	87	97	107	115
Líquido arrastrado "B" (l/min)	Y33180-PP	138	164	201	232	259	284	307
	Y9270-PP	206	246	301	348	389	426	460
Caudal de circulación "A" + "B" (l/min)	Y33180-PP	172	205	251	290	324	355	384
	Y9270-PP	257	308	376	435	486	533	575

Cuadro Nº 1: Distintas boquillas eductoras para agitación. Fuente: Catálogo TeeJet 49ª-E

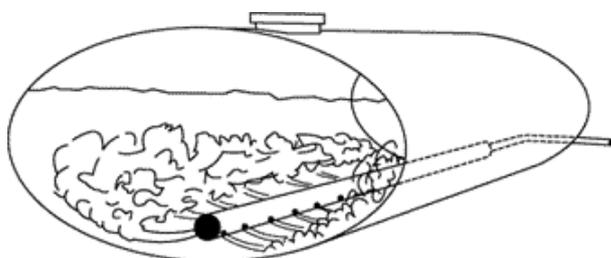


Figura 12. Sistema de agitación hidráulico sin educación.

En la figura 12 se puede ver el esquema de otro sistema de agitación hidráulico consistente en un tubo perforado a lo largo de la parte inferior del tanque. Este mecanismo, sin dudas mucho más primitivo, suele encontrarse en algunas máquinas antiguas.

3.3. La bomba.

Podemos definir a la bomba como “el corazón” del circuito hidráulico. Por lo tanto, debemos ser sumamente rigurosos en su elección. Muy difícilmente exista una bomba que cumpla con absolutamente todos los requisitos o expectativas en función de los diversos trabajos a realizar, teniendo en cuenta el mecanismo de generación de potencia para la bomba y las distintas demandas de caudal y de presión.

Las bombas, en general, pueden clasificarse en dos grandes grupos: **de desplazamiento positivo y centrífugas**. En las primeras, el caudal es directamente proporcional a las revoluciones de la bomba, casi independientemente de la presión de trabajo. Es por este motivo que, en circuitos hidráulicos con este tipo de bomba, necesariamente debe ser incluida una válvula aliviadora de presión y un retorno en bye-pass antes de las válvulas de apertura y cierre del botalón (tal como viéramos en el circuito hidráulico, a fin de evitar roturas o accidentes por exceso de presión). Dentro de este tipo se debe incluir a las bombas de pistón, de pistón membrana (o diafragma) y a las de rodillos. Una característica de las bombas de pistón y de pistón-membrana es que, al entregar el caudal en forma pulsante (por cada golpe o embolada), necesitan de una cámara o pulmón con el fin de estabilizar y uniformizar la salida del líquido.

Como una generalización, se puede afirmar que las bombas de desplazamiento positivo permiten generar caudales bajos, pero con presiones superiores a las centrífugas.

En las bombas centrífugas, en cambio, la fuerza es generada por un impulsor rotativo de alta velocidad que alimenta al sistema. Es decir que no hay un proceso de “captura y descarga” por cada revolución, sino que es un proceso continuo. No hace muchos años se decía que en este caso no era preciso contar con una válvula aliviadora de presión, ya que a partir de cierto nivel de presión, al no poder superar a la misma, el líquido giraba en el interior de la bomba sin generar caudal y sin producir daños. Como veremos más adelante, esto ya no es tan así, ya que las modernas bombas centrífugas son capaces de generar presiones de 10 a 12 bares con caudales considerables. En estos casos, también se hace necesario contar con una válvula aliviadora. Estas bombas permiten generar altos caudales pero a presiones sensiblemente más bajas que las de desplazamiento positivo.

3.3.1. Bombas de desplazamiento positivo.

Este grupo está conformado por las bombas de pistón, de rodillos y de diafragma (pistón-membrana). Tienen como característica que, a igual régimen, el caudal se mantiene relativamente constante y prácticamente independiente de la presión. (Gráfico 2). Es decir que todo el líquido que ingresa a la bomba debe, obligatoriamente, salir de ella. Mecánicamente presentan un volumen ascendente en la fase de aspiración, con presión inferior a la atmosférica y un volumen decreciente en la fase de presión, durante la cual alcanza la existente en el sistema. El régimen de normal funcionamiento de este grupo es compatible con la toma de potencia del tractor (540 v/min).

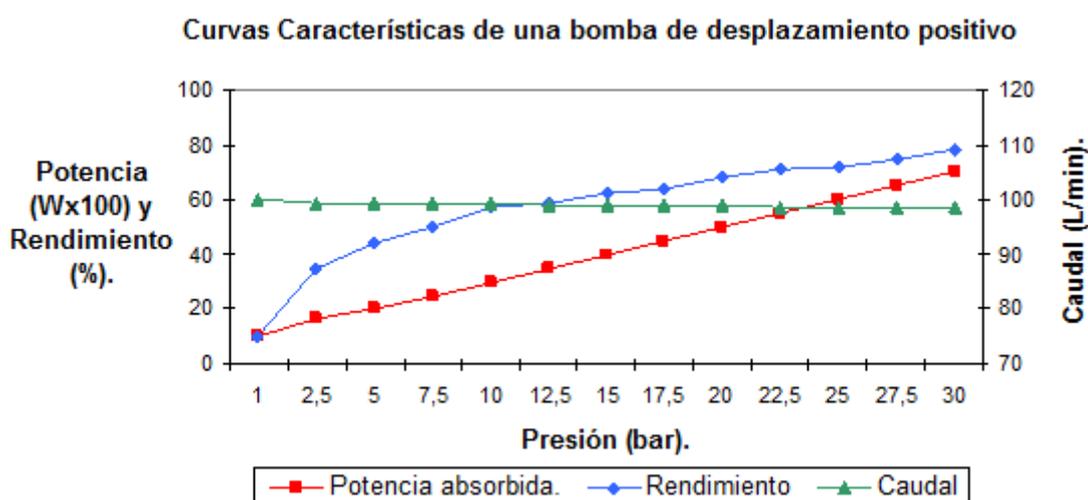


Gráfico Nº 2. Curvas características de una bomba de desplazamiento positivo.

3.3.1.1. Bombas de pistones.

El mecanismo de funcionamiento puede apreciarse en el esquema inferior. Al producirse el descenso del pistón (etapa de succión), se abre la válvula de admisión, en tanto que la válvula de escape permanece cerrada, por lo que el cilindro se llena de líquido. En la siguiente etapa (de impulsión) el cilindro sube y empuja hacia afuera el líquido que había ingresado. Para ello se abre la válvula de escape.

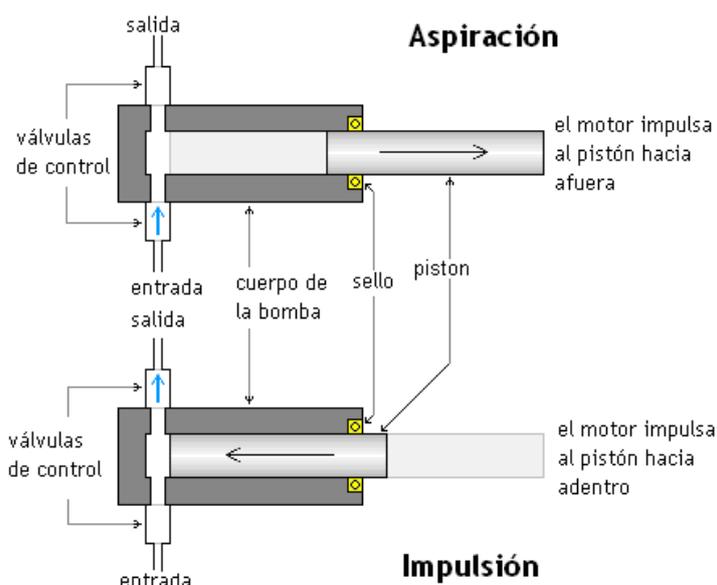


Figura 13: Esquema de funcionamiento de una bomba de pistón

Las bombas de pistón (ver figura 14) pueden ser simples, dobles o múltiples. Es decir, con un pistón, dos o más.



Figura 14: Bomba múltiple de pistones. Catálogo Udor

-Descripción: Han sido usadas extensivamente en equipos pulverizadores para obtener altas presiones y mover volúmenes cercanos a los 100 lts/min o algo mayores. Generalmente constan de una carcasa de fundición en donde se alojan los siguientes elementos:

-Cigüeñal-biela: Este conjunto es el encargado de transformar un movimiento circular en uno rectilíneo alternativo.

-Pistón-sello: Su función es aspirar al líquido e impulsarlo con una presión determinada.

-Camisa: Forma la cámara en la cual se desliza el pistón con su sello.

-Válvulas: Llevan dos por cilindro y permiten la entrada y salida del líquido.

-Acumulador: Atenúa los picos que se producen en la expulsión, a fin de mantener un caudal constante.

El caudal de la bomba varía con la sección del cilindro, el número de pistones, la carrera del pistón y el régimen de rotación. El fluido erogado por la bomba es intermitente debido a las sucesivas fases de succión y bombeo, que puede reducirse si se usan varios pistones, sincronizados apropiadamente. Sin embargo se requiere una cámara de aire, también llamado pulmón ó acumulador, ubicado en la línea de descarga y es presurizado por el aire que está siendo comprimido por la presión del líquido. Esto suaviza las pulsaciones y permite producir presiones altas y constantes.

-Funcionamiento: Se pueden distinguir dos fases:

-Fase de aspiración: Durante el descenso del pistón el cilindro se llena de líquido. La bomba depende del sello entre el pistón y el cilindro, para producir una presión negativa la cual permite vencer la resistencia que ofrece el resorte de la válvula de entrada y producir el llenado de cámara.

-Fase de impulsión: Durante el ascenso del pistón el líquido es presionado y expulsado hacia el circuito pasando por la válvula de salida, que es semejante a la de entrada, pero colocada en sentido inverso. Teóricamente la descarga debería ser igual al desplazamiento total de los pistones, pero existen pérdidas de eficiencia, como por ejemplo que las válvulas no cierren inmediatamente.

La carcasa sirve como depósito del lubricante, ya que las piezas mecánicas (cigüeñal, biela, pistón rodamientos, etc.) trabajan en baño de aceite, el cual requiere una revisión periódica de su nivel y capacidad de lubricación reemplazándolo cuando fuera necesario a fin de mantener la integridad de las piezas comprometidas. Se debe prestar especial atención al estado de los sellos, ya que si estos están desgastados o rotos, aparte de no obtener el caudal deseado, el agua se mezclará con el lubricante produciéndose daños irreversibles.

Al finalizar la campaña o el día de trabajo durante el invierno es conveniente vaciar la bomba a fin de evitar que el líquido se congele, el cual aumentando su volumen, puede producir rajaduras en el cuerpo de la bomba.

Anteriormente se mencionaba la disminución del caudal de la bomba por fallas en los sellos, sin embargo la causa mas frecuente de este problema se encuentra en las válvulas que se atascan, debido a un filtrado defectuoso o rotura por corrosión y / o desgaste de los resortes que las mantienen cerradas.

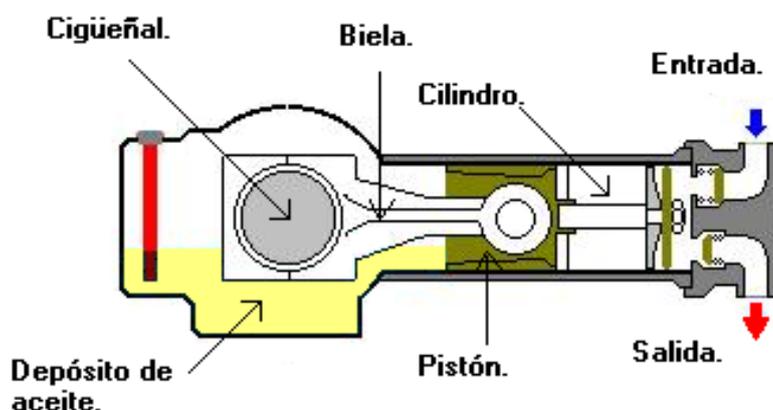


Figura Nº 15. Vista en corte de una bomba de pistón.

3.3.1.2. Bombas de cilindros (o rodillos).

Como puede apreciarse en la figura 16, este tipo de bombas posee una carcasa ligeramente excéntrica en relación con el eje y un rotor circular que tiene una serie de rodillos en su borde externo. Estos últimos, por fuerza centrífuga, son presionados sobre el borde de la carcasa y expulsan el líquido ingresado. En la figura se puede apreciar el corte, dejando a la vista el rotor y los rodillos.

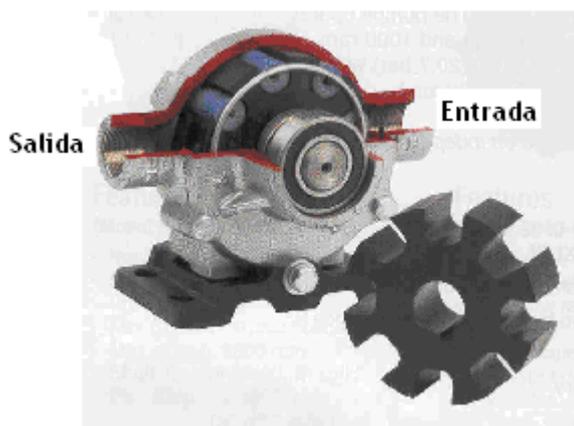


Figura 16: Corte de una bomba de rodillos. Fuente Hypro

-Descripción: Usualmente cuentan con un rotor único, con un número determinado de ranuras, montado sobre un eje excéntrico dentro de una carcasa. Dentro de cada una de las ranuras se ubica un rodillo de forma cilíndrica o troncocónica, que puede rotar libremente y moverse hacia la periferia de la carcasa o cámara.

La entrada es de menor sección que la salida para prevenir que ocurra cavitación (fenómeno físico en el cual se forman burbujas en el seno de un líquido por la acción de un cuerpo que se mueve dentro de él a gran velocidad) en el lado de succión de la bomba y la consecuente caída de caudal.

La bomba siempre debe trabajar llena, es decir con líquido en su interior, ya que de ocurrir lo contrario, el calor friccional aumentará rápidamente y la abrasión producirá el desgaste acelerado de los rodillos. Estos, por lo general, eran fabricados con materiales metálicos endurecidos. En la actualidad han comenzado a utilizarse recubrimientos de polipropileno, que presenta buena resistencia a la abrasión y al ataque de productos químicos.

Esta categoría de bombas entrega un caudal constante de líquido sin pulsación, dependiendo esto del régimen de giro, la longitud de los rodillos y la excentricidad. Por lo general pueden operar hasta los 8 o 9 bar de presión.

Debido a su bajo costo relativo, poco mantenimiento y su facilidad de montaje directamente al árbol de la toma de potencia del tractor, fueron muy utilizadas para aplicaciones de diferentes tipos de herbicidas que requerían ser incorporados al suelo.

-Funcionamiento: Al girar el rotor excéntrico, los rodillos adquieren fuerza centrífuga, la cual hace que se desplacen hasta hacer contacto con la carcasa, que permanece fija. La excentricidad posibilita que aumente el volumen de la cavidad, provocando el ingreso del líquido.

Luego, cuando la distancia que hay entre el rotor y los rodillos (cavidad) se hace menor, el líquido queda atrapado entre estos, y se produce el aumento de presión y finalmente es impulsado hacia el orificio de salida.

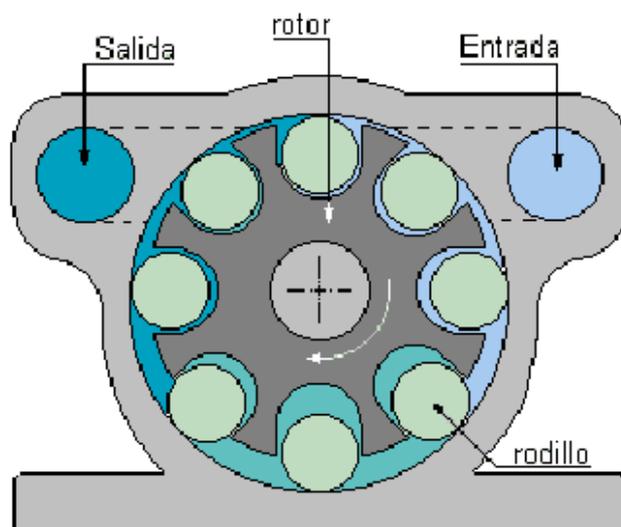


Figura Nº 17. Vista en corte de una bomba de rodillos. Fuente Onorato - Tesouro

3.3.1.3. Bombas de pistón membrana o de diafragma.

Su funcionamiento es, conceptualmente, muy similar al del las bombas de pistón, pero, en este caso, cada cilindro está cerrado en su parte superior por un diafragma flexible e impermeable, por lo que el líquido no entra en contacto con el pistón y el cilindro. Requiere, también, de válvulas de admisión y de escape. Con la bajada del pistón se produce la etapa de succión y al subir el mismo se produce la expulsión.



Figura 18: Bomba múltiple de pistón-membrana. Catálogo UDOR.

En este caso se trata de una bomba de cinco pistones. Obsérvese el pulmón estabilizador en la parte superior.

-Descripción: Presenta la misma serie de piezas, en donde la mayor diferencia observable radica en la presencia de una membrana elástica (diafragma) fijada por un lado a la cabeza del pistón (parte móvil) y por otro lado al borde superior de la camisa del cilindro (parte fija). (Figura Nº 19).

La cámara de compresión está ubicada en la parte superior de la bomba (semejante a la tapa de cilindros de un motor).

La carrera del pistón es mucho más reducida, con un desplazamiento que por lo general no supera los 10 mm y su sección es más amplia. Los cilindros se disponen en forma radial con un número variable de dos hasta un máximo de seis, para aumentar la descarga y reducir las pulsaciones del caudal.

La presencia del acumulador es necesaria y en varios modelos se observa una cámara de aire en la línea de descarga, la cual puede ser llenada con aire en presiones que varían entre 0.8 y 1 bar, en forma independiente por medio de una válvula tipo Schraeder, semejante a la válvula de una cámara de neumático.

El uso de un diafragma flexible permite separar al pistón de la formulación líquida, lo cual reduce la abrasión y el riesgo de corrosión en las superficies internas de la bomba. Sin embargo algunos formulados comerciales suelen atacar los materiales típicos que forman los diafragmas, aunque en los modelos más recientes el problema ha sido superado con materiales resistentes a este tipo de ataque, como por ejemplo el vitón.

-Funcionamiento: Es similar al descrito para bombas de pistón, aunque se ajusta al tipo semivolúmetrico permitiendo un rango de presiones de trabajo del orden de 15 a 30 bar.

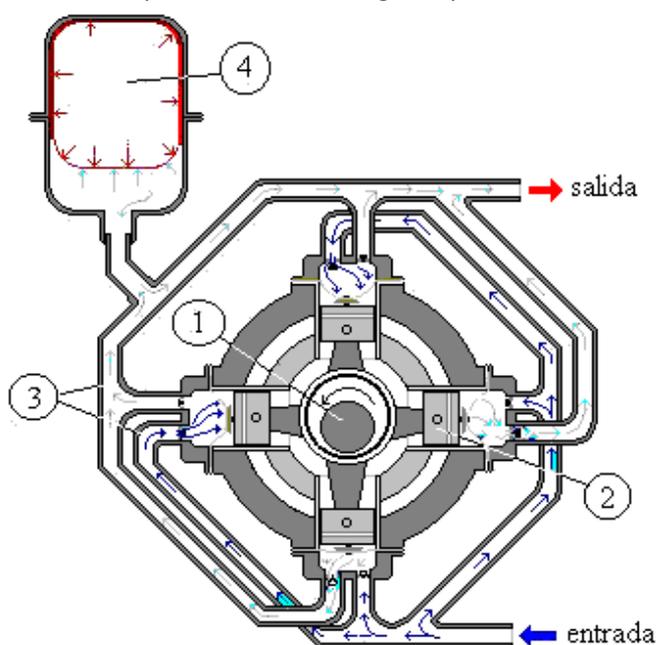


Figura Nº 19. Vista en corte de una bomba de diafragma. Referencias. 1) Cigüeñal. 2) Pistón. 3) Salida. 4) Acumulador (pulmón). Fuente Onorato - Tesouro

3.3.2. Bombas centrífugas.

Son bombas rotodinámicas que convierten la energía mecánica en energía hidráulica al ejercer fuerza centrífuga sobre el líquido. Constan, básicamente, de un impulsor rotativo que incrementa la velocidad del líquido. La carcasa contiene a la dispersión del mismo y en este proceso se incrementa la presión, la que será mayor cuanto mayor sea el número de revoluciones del impulsor y la eficiencia de su diseño. El líquido ingresa por el centro del impulsor y es despedido hacia la periferia del mismo.

Normalmente la toma de fuerza del tractor no genera suficiente velocidad como para que la bomba funcione eficientemente, por lo que en caso de que tenga que ser usado de esta forma, necesariamente habrá que instalar algún tipo de dispositivo multiplicador.

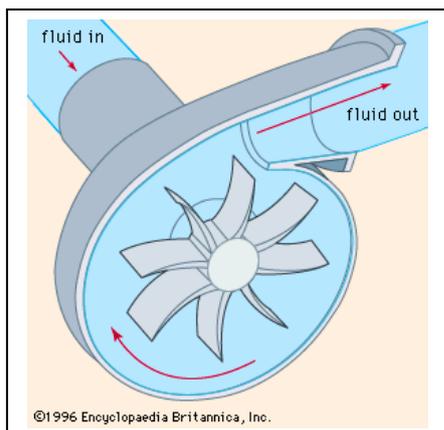


Figura 20: Bomba Centrífuga con motor hidráulico. Catálogo ACE.

Descripción: Las mismas constan de una carcasa, generalmente de fundición, aunque también se utilizan otros materiales como por ejemplo, polímeros o acero inoxidable. En ella se alojan las partes móviles, como el impulsor, el eje de trasmisión y el sello mecánico o retén, cuya función es otorgarle hermeticidad al conjunto. (Figura 21)

Funcionamiento: En estas bombas la entrada de agua se produce por el centro de la carcasa y del impulsor, en donde la velocidad tangencial es mínima, mientras que la salida se produce en la periferia, coincidente con el punto de máxima velocidad, es entonces que, la energía del árbol de trasmisión pasa al agua, por la presión de las paletas del impulsor el cual acelera de modo progresivo la masa del fluido contenido, hasta comunicarle una velocidad tangencial idéntica a la que posee la rueda.

La bomba centrífuga necesita cebado, ya que no genera una succión adecuada para permitir la carga del sistema, de manera que usualmente se sitúa debajo del tanque para lograr su llenado por gravedad. Como opera a baja presión, el control se puede realizar por una simple válvula en derivación, aunque siempre es recomendable el empleo de una válvula de alivio.

Estas bombas normalmente requieren la mayor velocidad disponible en el eje de trasmisión y son frecuentemente accionados por motores hidráulicos impulsados desde el sistema del tractor o a través de una caja de engranajes (multiplicador), de modo que la bomba alcance 5000 a 6000 vueltas / minuto.

La bomba centrífuga puede operar continuamente con gran caudal procurando que el suministro en la succión sea adecuado en la entrada. Estas bombas no deben operar en seco, ya que aumentaría la temperatura por fricción entre el impulsor y el sello ocasionando el deterioro de este último. Ellas también son usadas frecuentemente para transferir el químico desde tanques de alimentación cuando se emplean tanques gemelos u otros sistemas. La máxima presión de descarga por lo general no supera los 5-6 bar y, en las bombas de última generación, dependiendo del modelo la presión puede llegar a los 8-9 bar, arrojando un caudal de hasta 500-600 l/ min. (Gráfico N° 4).

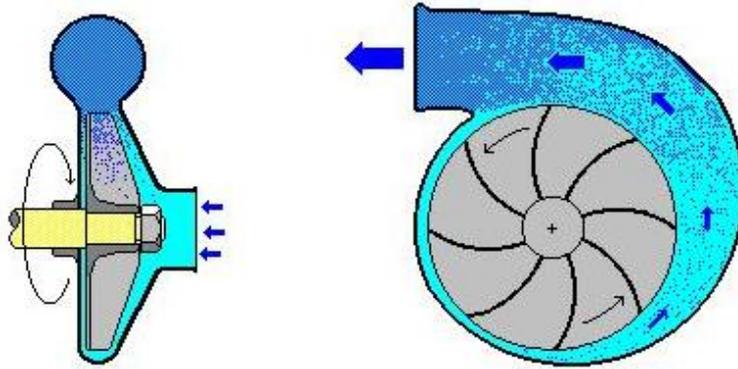


Figura Nº 21: Vista de una bomba centrífuga. Fuente: Onorato – Tesouro

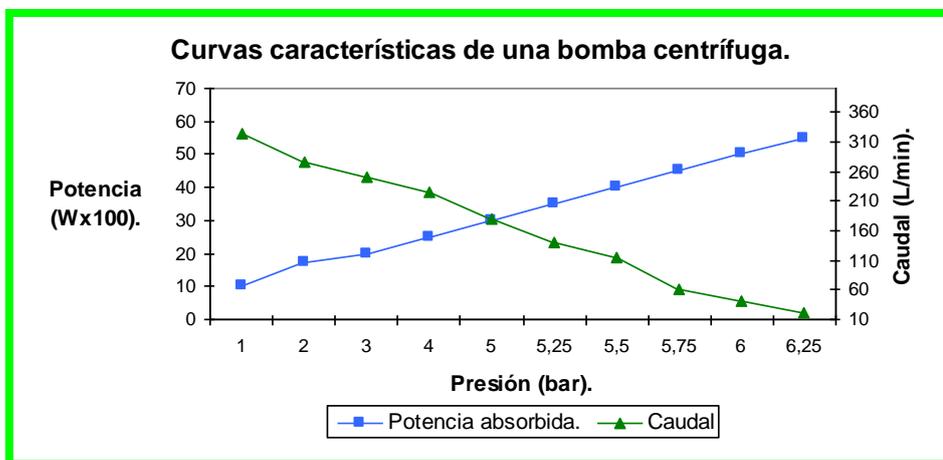


Gráfico Nº 4. Curvas características de una bomba centrífuga.

3.3.3. Curvas características comparativas

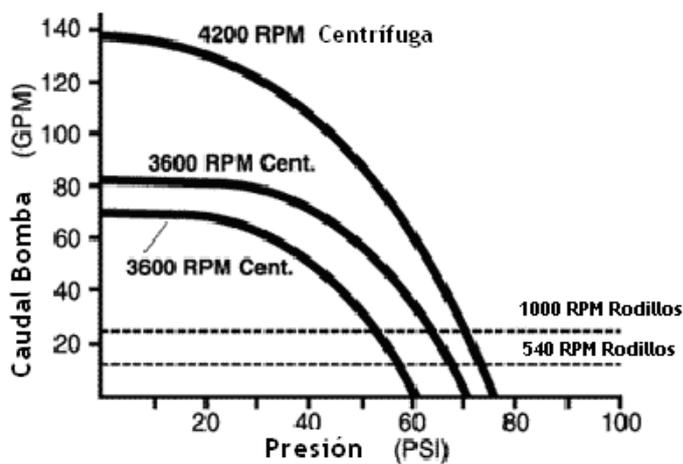


Gráfico Nº 5: Curvas características de bombas centrífugas y de desplazamiento positivo.

El gráfico N° 5 muestra como las bombas centrífugas permiten lograr altos caudales dentro de límites de presión relativamente bajos. Las bombas de desplazamiento positivo permiten, por el contrario, lograr altas presiones pero con bajo caudal. Además, en este caso, el caudal es casi independiente de la presión.

No obstante ello, no puede dejar de mencionarse que las bombas centrífugas de última generación, han mejorado notablemente sus caudales a presiones medias (5 a 9 bares)

3.3.4. Criterios para la selección de la bomba.

Para la elección de la bomba adecuada deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos: el caudal, la presión de trabajo, la fuente de energía para la bomba y su resistencia o no al uso de productos abrasivos (fertilizantes líquidos).

- Para el **caudal** de la bomba se debe considerar el máximo requerimiento del botalón para las velocidades usuales de trabajo, a lo que se deberán sumar los requerimientos de agitación para el tanque, en el caso de agitadores hidráulicos. Recuérdese que éstos fueron determinados en el 5% de la capacidad del tanque para productos líquidos y del 12,5% para polvos mojables. También se debe tener en cuenta que las boquillas eductoras de agitación reducen sensiblemente estos requerimientos. Es conveniente, además, que la bomba no trabaje nunca en su máxima capacidad, sino, al menos, con un margen del 20%, máxime si tenemos en cuenta que con el desgaste producido por el uso la misma necesariamente decaerá. Si el máximo caudal en el botalón se utiliza solamente en forma muy ocasional, habrá que evaluar la conveniencia de trabajar a menor velocidad a fin de disminuir el caudal requerido, pudiendo optar por una bomba más pequeña.
- La presión está determinada por las pastillas que mayor demanda tienen en este sentido que son las de cono hueco. Se puede afirmar que para pulverizadoras de tipo extensivo muy difícilmente sea necesario superar presiones de 7 bares. Es importante considerar las caídas de presión que se producen en los distintos componentes del circuito hidráulico.

3.4. Filtros. Características generales.

Como concepto general queda muy claro que el objetivo de los filtros es eliminar las impurezas sólidas contenidas en el agua de pulverización. Estas impurezas pueden generar inconvenientes como sedimentos en el tanque, mayor desgaste de la bomba y de otros componentes y, fundamentalmente, la obturación de las boquillas aspersoras (pastillas).

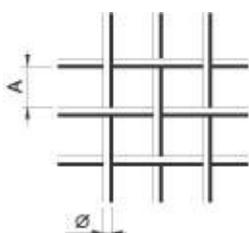


Figura N° 22: Vista ampliada de la trama de los filtros. Catálogo ARAG

Normalmente el principal dato que se analiza al evaluar un filtro es la malla (mesh), que indica el número de alambres existentes en una pulgada lineal (2,54 cm). Así, a mayor cantidad de alambres existentes por pulgada lineal, mayor será la capacidad filtrante. Otros datos a tener en cuenta son el diámetro del alambre (Φ) y el espacio libre para el paso de líquido entre dos alambres (A). En el cuadro N° 3, copiado de un catálogo comercial, se indican estos valores

para diferentes filtros de esa marca, así como también el valor “S” que corresponde al porcentaje de la superficie del filtro que queda libre para el paso de agua (espacio abierto). Como puede apreciarse observando el cuadro N° 4, no necesariamente disminuye el valor S a medida que aumentan los mesh, ya que este parámetro también está influenciado por el diámetro del alambre. Finalmente, si bien el hábito hace que normalmente mencionemos al “alambre”, cada vez es más difundido, por una cuestión de costos, el uso de mallas de polipropileno, especialmente para los filtros de menores dimensiones.

COLOR	MESH	A (microns)	Ø (microns)	S * (%)	Material
■	16	980	490	44.5	Polypropylene
■	16	1320	220	73.3	Inox / S.S.
■	32	500	320	37.1	Polypropylene
■	32	594	200	55.3	Inox / S.S.
■	50	365	140	50.8	Inox / S.S.
■	80	229	80	55.7	Inox / S.S.
■	100	173	80	46.4	Inox / S.S.
■	120	134	70	43	Poliamide
■	120	144	70	45.4	Inox / S.S.
■	150	96	65	35	Poliamide
■	150	114	60	42.4	Inox / S.S.
■	200	80	50	37	Poliamide
■	200	76	50	36.2	Inox / S.S.

COLOR	MESH	A (micron)	Ø (micron)	S * (%)	Material
■	16	980	490	44.5	Polipropileno
■	16	1320	220	73.3	Inoxidable
■	32	500	320	37.1	Polipropileno
■	32	594	200	55.3	Inoxidable
■	50	365	140	50.8	Inoxidable
■	80	229	80	55.7	Inoxidable
■	100	173	80	46.4	Inoxidable
■	120	134	70	43	Poliamida
■	120	144	70	45.4	Inoxidable
■	150	96	65	35	Poliamida
■	150	114	60	42.4	Inoxidable
■	200	80	50	37	Poliamida
■	200	76	50	36.2	Inoxidable

Cuadro N° 3: Características de las mallas. Catálogo ARAG

Finalmente, es importante mencionar que la capacidad de filtrado normalmente debe aumentar a medida que nos vamos alejando de la zona de carga y llenado del tanque hacia el otro extremo del circuito, es decir el botalón y las pastillas.

3.4.1. Filtros de carga.

Son filtros que se ubican entre el punto de carga y la bomba de carga, que puede ser la misma bomba utilizada, para el circuito de pulverización, o bien otra bomba, como en el caso de las motobombas de carga con motor naftero. El objetivo del filtro de carga es preservar dicha bomba y que al tanque llegue la menor cantidad posible de impurezas. A este grupo pertenecen los filtros semisumergidos, cuyo esquema de funcionamiento se muestra en la figura N° 23 y que responde al criterio de que la mayoría de las impurezas en una fuente de agua se encuentran en la superficie o en la parte inferior de la misma.

Los valores más frecuentes de mesh para filtros de carga oscilan entre 20 y 50.

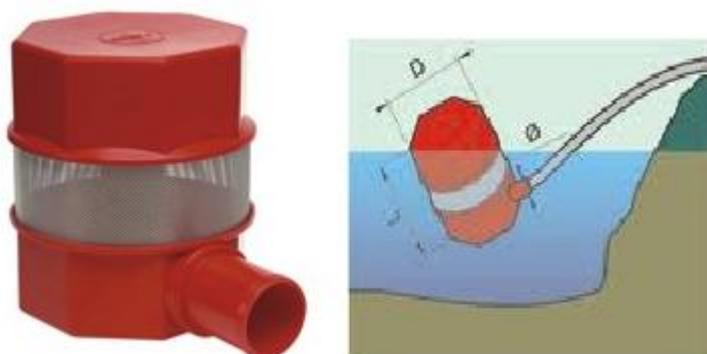


Figura N°23: Filtro de carga semisumergido. Fuente Catálogo ARAG

3.4.2. Filtros canasta.

Son filtros que se ubican en la parte superior del tanque de la pulverizadora, inmediatamente debajo de la tapa del mismo y, normalmente formando parte del propio conjunto de piezas. Generalmente son de 20 a 50 mesh. De ser posible se debe elegir una canasta profunda, a fin de evitar las salpicaduras al cargar el producto.

3.4.3. Filtros de succión o de aspiración.

Son filtros muy semejantes a los filtros de línea, que veremos en el punto siguiente, pero que se ubican en el circuito entre la salida del tanque y la entrada a la bomba. Por ese motivo tienen este nombre, ya que en ese punto el líquido tiene movimiento por succión de la bomba, a diferencia de los filtros de línea donde el líquido ya es impulsado por la bomba.

Son filtros más grandes que los filtros de línea ya que deben tener capacidad para filtrar todo el líquido del circuito (botalón más retornos) en tanto que los filtros de línea solamente actúan sobre un sector del botalón.



Figura 24: Filtro de Aspiración – Fuente Catálogo ARAG

En muchos casos, como puede verse en la figura N° 24 tienen una descarga inferior para eliminar las impurezas. Poseen, normalmente, de 20 a 50 mesh

3.4.4. Filtros de línea.

Se denominan así a los filtros ubicados entre la bomba y los filtros individuales de cada pastilla. Generalmente hay un filtro de línea para cada sector del botalón, ubicado inmediatamente después de la válvula de apertura-cierre del mismo, pero en las pulverizadoras con válvulas eléctricas tipo manifold, es muy frecuente encontrar otro filtro de este tipo antes de llegar a dichas válvulas a fin de prolongar su vida útil. Normalmente son de 30 a 100 mesh.

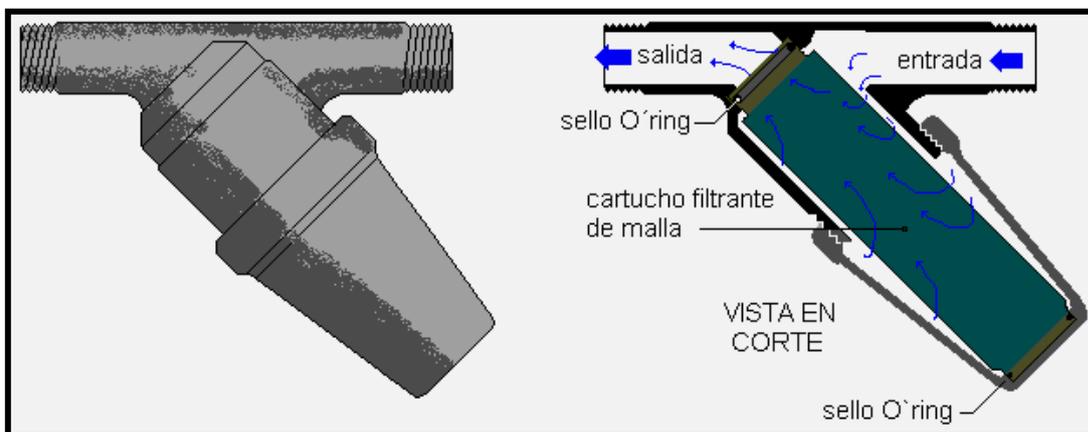


Figura Nº 25: Filtro de línea y su corte. Fuente: Onorato - Tesouro

3.4.5 .Filtros individuales (comunes y antigoteo).

Son unos pequeños filtros que van colocados en el interior de cada cuerpo porta pastilla, en forma previa a la entrada del líquido en la misma, y con el objetivo de evitar obturaciones. Cada pastilla, dependiendo del tipo y caudal, requiere de filtros de diferentes mesh, siendo los más comunes 50, 80 y 100 mesh.



Figura Nº 26: Filtros individuales. Compaginado en base a Catálogo TeeJet

Un tipo particular de filtro individual es el que se encuentra en la figura Nº 27, con un sistema antigoteo. Para poder pasar por el filtro, la presión del líquido debe vencer la resistencia que le opone un resorte. Dicho resorte lleva una esferita en su parte superior que

es la que obtura el paso en ausencia de presión, evitando, de esta manera el goteo de las pastillas cuando la bomba está apagada o el paso a ese sector del botallon cerrado. Este sistema prácticamente ha caído en desuso reemplazado por los cuerpos con sistema antigoteo que veremos más adelante.

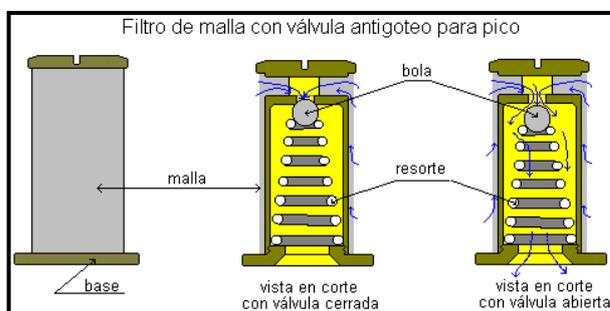


Figura 27: Filtro individual con antigoteo. Fuente: Onorato - Tesouro

3.5. Las válvulas.

Las válvulas son elementos que permiten abrir o cerrar el paso del líquido, ya sea en forma total o parcial, dentro del circuito hidráulico de la pulverizadora. Las válvulas pueden ser manuales o eléctricas. También pueden clasificarse como “de paso”, es decir que abren o cierran determinados sectores del circuito, y como aliviadoras-reguladoras de presión.

3.5.1. Válvulas manuales de paso.

Dentro de las válvulas de paso manuales usualmente utilizadas en pulverizadoras encontramos a las denominadas “de vástago” y “de esfera” (o “de bola”). En las primeras, el vástago se levanta o baja, dejando, o no, pasar al líquido mediante el movimiento de una palanca ubicada en la parte superior de la válvula. En este tipo de válvula, la salida del líquido siempre se encuentra en la parte inferior de la misma. Las válvulas de vástago son siempre de “dos vías”; es decir una vía de entrada y una de salida (que puede estar abierta o cerrada).



Figura 28: Válvula de corte de vástago. Catálogo TeeJet

En el otro tipo de válvula de paso manual mencionado, el de esfera, el paso se produce a través de un conducto ubicado en la bola. Al girar la misma, el paso de líquido queda abierto o cerrado.



Figura 29: Válvula de bola de 2 vías (de corte). Catálogo ARAG

En la figura N° 29 vemos una válvula esférica de dos vías, es decir una de entrada y una de salida, mediante un conducto recto. Pero este sistema permite la existencia de válvulas de tres, cuatro y hasta cinco vías, mediante un conducto acodado ubicado dentro de la esfera. En este último caso, la vía de entrada se produce por la parte inferior de la válvula y las cuatro vías de salida se ubican una a cada lado de la misma.



Figura 30: Válvula de 5 vías de bola. Catálogo ARAG

3.5.2. Válvulas eléctricas de paso.

El concepto es exactamente el mismo que en el caso anterior, pero la apertura o cierre de las válvulas se produce mediante un motor eléctrico, lo cual permite los comandos a distancia. Dentro de este tipo de válvulas podemos mencionar a las "tipo solenoide" y nuevamente a las de bola o esfera. Las primeras cada vez tienen menos difusión, de manera tal que el mercado está ampliamente dominado por las válvulas esféricas, que en este caso pueden ser de dos o de tres vías.

Están diseñadas para trabajar a 12 Volts (batería), con muy buen tiempo de respuesta (0,5 - 0,8 seg), absolutamente selladas y con mecanismos para impedir la condensación de agua en su interior, lo que necesariamente afectaría su vida útil. Se puede ver en la figura N° 21, una válvula eléctrica de bola de tres vías.



Figura 31: Válvula eléctrica de bola de 3 vías. Catálogo TeeJet

3.5.3. Válvulas manuales reguladoras-aliviadoras de presión.

Cumplen la función de evitar que la presión del circuito se mantenga a determinada presión de trabajo, o, en caso de actuar como mecanismo de seguridad, de evitar que la presión supere a determinado límite. Funcionan derivando mayor o menor cantidad del líquido sometido a presión, como efecto del accionar de la bomba, nuevamente hacia el tanque mediante una vía comúnmente conocida como “retorno”. (Ver su ubicación en los circuitos hidráulicos).

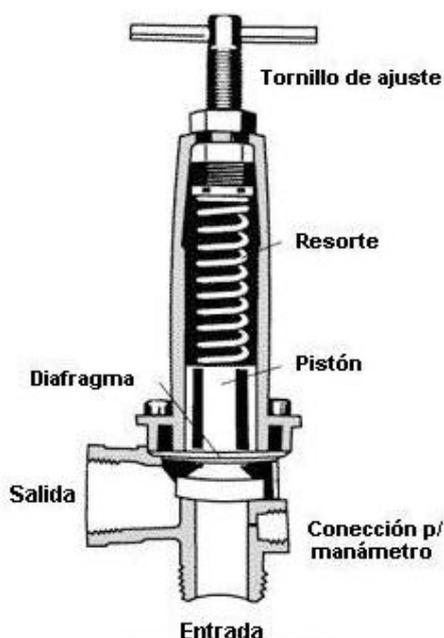


Figura nº 32: Vista en corte de válvula reguladora de presión manual. Fuente : Teejet

En el modelo de la figura Nº 32, el líquido ingresa por la parte inferior de la válvula y, para poder seguir su camino debe vencer la resistencia generada por un resorte sobre un diafragma de cierre. La presión es regulada mediante un tornillo que aumenta o disminuye la fuerza que ejerce el resorte sobre el diafragma.

Otro tipo de válvula de este tipo puede verse en la figura Nº 33.



Figura N° 33: Válvula manual reguladora de presión. Fuente: Catálogo TeeJet.

Consta, simplemente, de una “canilla” que posee un vástago con el extremo inferior (de cierre) de forma cónica. Al subir o bajar el vástago permite el paso de mayor o menor cantidad de líquido. Este sistema puede usarse en los casos en que no se trabaja con presiones elevadas. De ser así, como es el caso de las bombas de desplazamiento positivo, deberá preferirse el modelo anterior a resorte.

3.5.4. Válvulas eléctricas reguladoras/aliviadoras de presión.

Son válvulas de bola cuyo aspecto exterior es muy semejante a una válvula eléctrica de dos vías. La diferencia estriba en que puede manejar no solamente posiciones de apertura y cierre, sino infinitas situaciones intermedias. Al modificar el caudal de paso en mayor o menor medida también modifican la presión del sistema. Su uso corresponde a los sistemas eléctricos y electrónicos de comando que veremos más adelante.

3.5.5. Conjuntos de válvulas manuales o eléctricas para comando.

Estos conjuntos, muchas veces denominados “manifolds”, no son más que grupos de válvulas, con diferentes funciones que se entregan desde fábrica de esta manera con el objetivo de facilitar el armado del circuito hidráulico. En la figura N° 24 se puede apreciar un conjunto de tres válvulas eléctricas de apertura y cierre para una pulverizadora con tres sectores de botalón.



Figura 34: “Manifold” de 3 válvulas eléctricas de paso. ARAG.

Estos conjuntos se pueden hacer más complejos. En la figura N° 35 se ve un sistema preparado con tres llaves manuales de vástago (tres sectores de botalón), una llave general de

corte, ubicada en el extremo derecho, una llave reguladora de presión, la “canilla” amarilla y, finalmente una válvula aliviadora de presión, la “canilla” verde que se regula ligeramente por arriba de la presión de trabajo a fin de evitar roturas por exceso de presión ante la aparición de algún inconveniente (estrangulamientos, filtros tapados, etc.) En este caso las válvulas de apertura y cierre son de las denominadas de “**retornos proporcionales**”. Este sistema permite que no haya variación en el resto del botalón al cerrar una o más válvulas de paso. Para ello el sistema debe ser regulado de la siguiente manera:

- Abrir la llave Master y todas las secciones. Observar la presión.
- Cerrar una válvula de paso.
- Ajustar el comando proporcional hasta la presión inicial observada.
- Abrir la válvula y constatar que la presión permanezca estable.
- Repetir el proceso para cada una de las válvulas.



Figura 35 “Manifold” manual, con retornos proporcionales, cierre general, válvula reguladora de presión y válvula aliviadora de presión (“canilla” verde). ARAG.

En la figura Nº 36 se observa exactamente el mismo esquema. Pero en este caso las llaves de paso son eléctricas a bola. También lo es la válvula reguladora de presión ubicada en el extremo izquierdo y la llave Master del extremo derecho. Solamente la válvula aliviadora (“canilla” verde) es manual. Obsérvense, además los retornos proporcionales. Este esquema de “manifolds” puede ser preparado para tantos sectores de botalón como sea necesario.



Figura Nº 36: “Manifold” eléctrico, con retornos proporcionales, cierre general, válvula reguladora de presión y válvula aliviadora de presión manual (“canilla” verde). ARAG

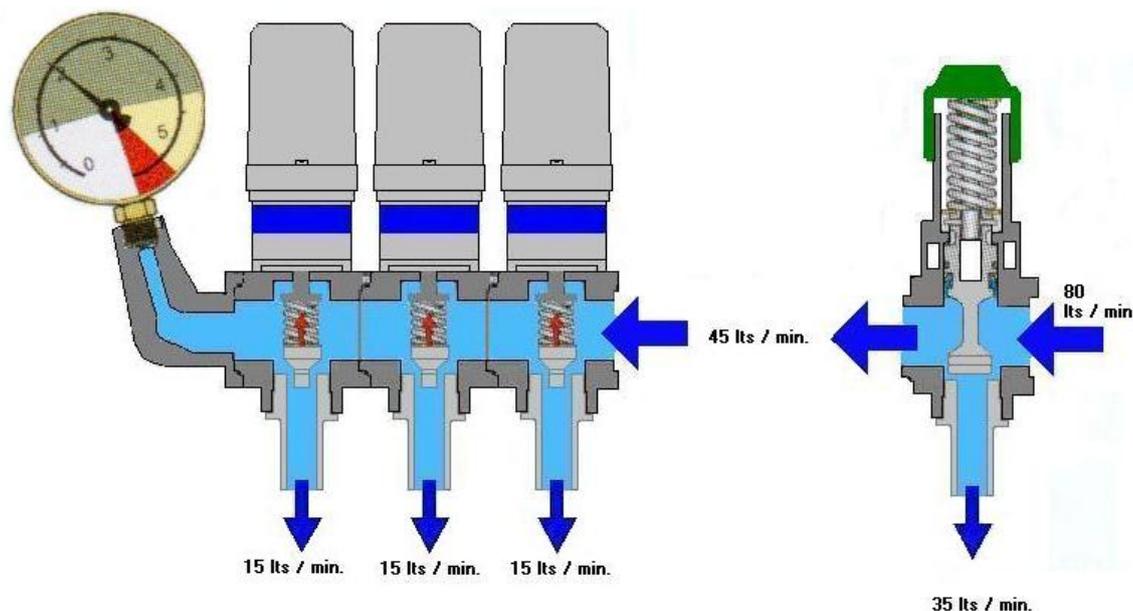


Figura N° 37: Corte del manifold y la válvula aliviadora de presión.

3.6. Sistema lateral de carga o "Mixer".

Al analizar el circuito hidráulico de la pulverizadora John Deere 4700, habíamos visto que disponía de un circuito de carga lateral, habitualmente llamado mixer. Este sistema permite al operario cargar cómodamente y sin riesgos el producto fitoterapéutico. Además, el sistema posee una boquilla para lavado de envases que, adecuadamente llevado a cabo, permite reemplazar al "sistema de triple lavado".

El proceso apropiado sería el siguiente:

- Cargar el tanque de la pulverizadora hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.
- Derivar la salida de líquido desde el tanque hacia el mixer, e ir agregando el producto hasta su vaciado.
- Desde el tanque de agua limpia derivar hacia el mixer limpiando adecuadamente los envases utilizados, utilizando la boquilla provista a tal fin.
- Completar el llenado del tanque.

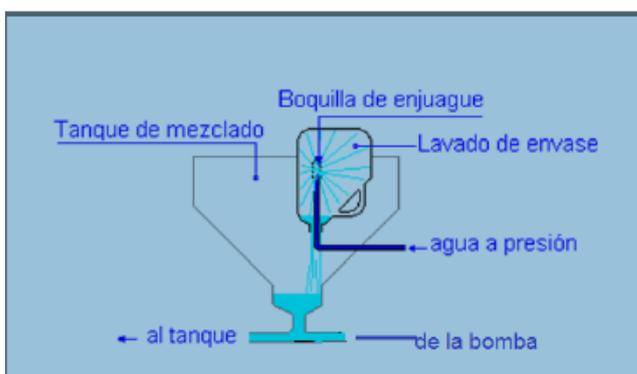


Figura N° 38: Cargador de producto o "Mixer". Fuente Onorato - Tesouro

3.7. Manómetros.

El manómetro es el instrumento utilizado para medir la presión del sistema hidráulico. Deberán constatarse las siguientes características:

- Que la escala del mismo sea adecuada para observar pequeñas variaciones de presión dentro de nuestro rango de trabajo (ej. 0 a 10 bares)
- Que sea de los denominados “en baño de glicerina” ya que este sistema tiende a disminuir las oscilaciones de la aguja.
- Que la presión se encuentre preferentemente medida en bares, ya que todos los catálogos de pastillas se encuentran referidos a esa escala.

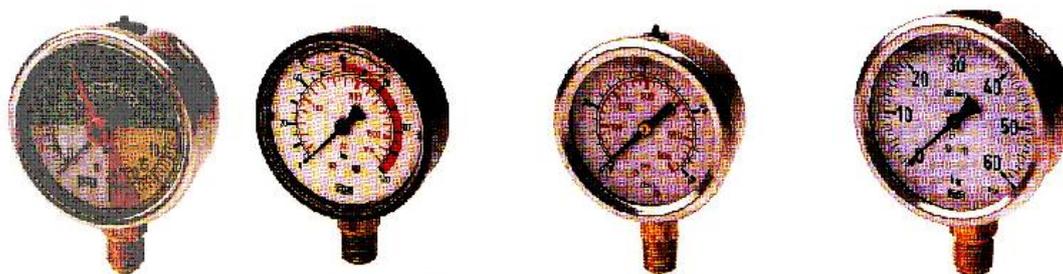


Figura Nº 39: Diferentes tipos de manómetros.

Los manómetros construidos específicamente para pulverizadoras, suelen tener una zona coloreada en blanco, por debajo de las presiones habituales de trabajo (hasta 1 bar), una zona verde que se ubica dentro de las presiones habituales de trabajo (1 a 5 bares), una zona amarilla, con la presión ligeramente excedida (5 a 10 ó 12 bares) y una zona roja para presiones por arriba de esos valores.

Los sistemas de comando electrónicos miden directamente la presión mediante un sensor en el circuito y transmiten la información en forma digital a través de la pantalla de comando.

3.8. Cuerpos porta pastillas.

Existe una cierta confusión en cuanto a la terminología utilizada para designar a los diferentes componentes que forman el conjunto cuerpo-sistema antigoteo-filtro individual-pastilla. Muchos denominan a este conjunto “pico” o “boquilla”. Otros entienden que boquilla es sinónimo de pastilla.

En este trabajo utilizaremos el término cuerpo como sinónimo de pico, englobando a todo el conjunto menos el filtro individual y la pastilla. La función de los cuerpos es ubicar a las pastillas en distribución uniforme sobre el botalón, asegurando la adecuada llegada del caldo de pulverización a las mismas. Los cuerpos pueden ser simples o múltiples (triples, cuádruples o quintuples).

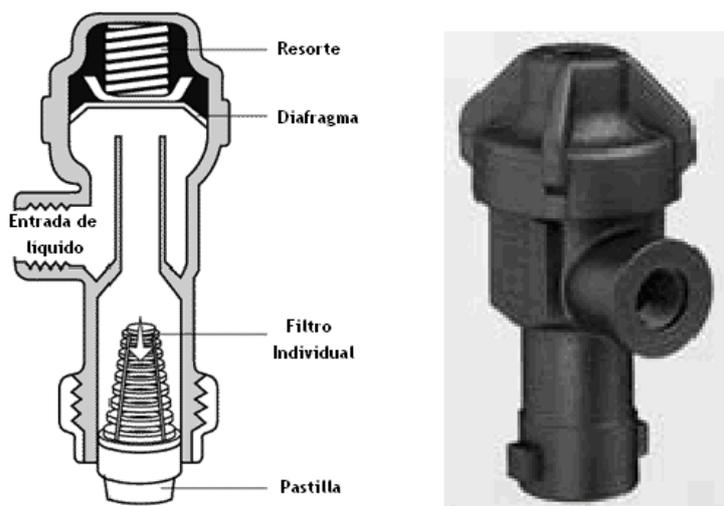


Figura N° 40: Pico simple con antigoteo. TeeJet

En la figura N° 40 se puede observar el corte de un cuerpo simple **con sistema antigoteo**. En este caso el líquido ingresa de manera lateral y para poder llegar hasta la pastilla debe superar la resistencia que ejerce un diafragma de goma sobre el cual presiona un resorte calibrado. Normalmente la presión necesaria para abrir el paso es de 0,7 bares. Obsérvese la posición del filtro individual y de la pastilla.



Figura 41: Cuerpo triple, cuádruple y quintuple de "botalón húmedo". TeeJet

En la figura N° 41 se ven cuerpos múltiples, triples, cuádruples y quintuples, con sistema antigoteo. En este caso se trata de los llamados **"de botalón húmedo"**, ya que los cuerpos se montan abrazando directamente la cañería de alimentación del líquido hacia las pastillas. Este es el sistema que se ha impuesto en todas las máquinas nacionales de calidad.

Como contrapartida, en la figura N° 42 se muestran cuerpos similares pero, en este caso, **"de botalón seco"**. La llegada del líquido es, en este caso, a través de mangueras con sus correspondientes conectores.



Figura N° 42: Cuerpos triple, cuádruple y quintuple “de botalón seco”. TeeJet

En el caso de los cuerpos de botalón seco, los mismos son aferrados al botalón mediante abrazaderas de diferentes tipos, o mediante sistemas de rosca-tuerca.



Figura 43: Cuerpos para botalón seco y húmedo. TeeJet

Finalmente, en la figura N° 43 se puede ver al mismo conjunto de pastillas, pero armado sobre un cuerpo para botalón seco, a la izquierda, y sobre un cuerpo para botalón húmedo, a la derecha.

3. 9. El botalón.

Es la estructura metálica sobre la cual están montados los cuerpos porta pastillas. Evidentemente, su ancho define el ancho de trabajo, por lo cual la tendencia es que las grandes máquinas pulverizadoras lo tengan cada vez más ancho. Sin embargo, no es esta una tarea fácil, ya que, cuanto más ancho sea el botalón, más susceptible será a las vibraciones que se originan con las irregularidades del terreno y se incrementan en forma sensible al aumentar la velocidad de trabajo.

El desafío consiste, por lo tanto, en lograr un botalón que sea ancho, para conseguir mayor capacidad de trabajo, pero, a la vez lo más estable posible, es decir con la menor cantidad de vibraciones.

El método más utilizado en nuestro país para lograr la estabilidad es el denominado “sistema basculante autonivelado con amortiguación central”. En este caso el botalón

funciona como una unidad, pivotando por su propio peso sobre dos puntos, ubicados cerca del centro de la máquina. A su vez, las vibraciones son disminuidas mediante una serie de amortiguadores hidráulicos o neumáticos, por resortes, y por un cuadro central que aprisiona con mayor o menor fuerza (esto es regulable) la parte central del botalón.

En la figura N° 44 se puede observar una pulverizadora con botalón trasero con sistema basculante autonivelado con amortiguación central.

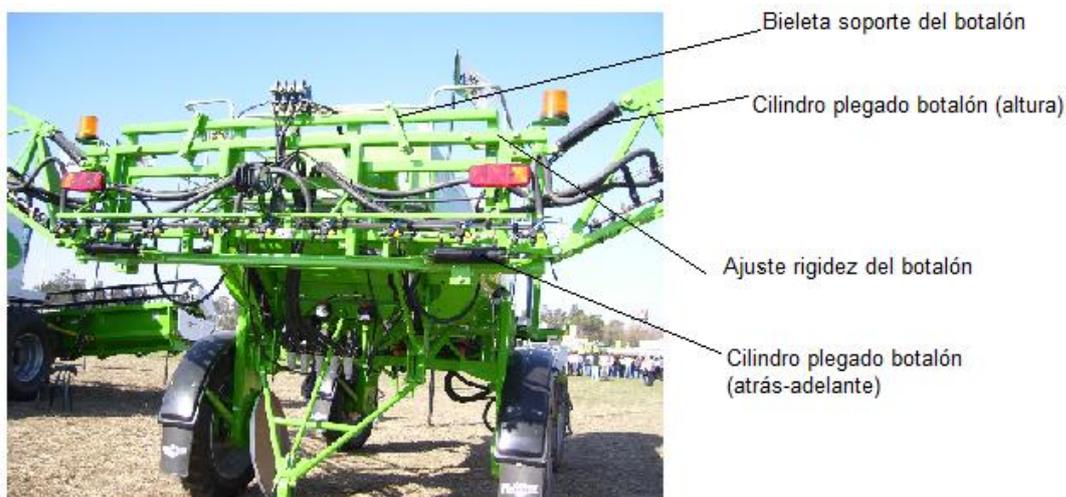


Figura 44: Botalón basculante autonivelado con amortiguación central

En otros equipos la estabilización del botalón se hace sobre tres sectores: el central que es fijo, y cada uno de los dos laterales que “cuelgan” hacia cada lado sobre un pivote que posee un tope en el punto exacto en el que cada brazo del botalón llega a la posición horizontal. Así, las vibraciones verticales deben vencer al peso del botalón, que, a su vez, posee amortiguadores y resortes que disminuyen el impacto de estos movimientos. Así, cada sector tiene “independencia” en los movimientos en relación con los otros sectores del botalón. En la figura N° 45 se puede ver este sistema.



Figura 45: Botalón de una pulverizadora Jacto

En el esquema de la figura N° 46 se ve más claramente el mecanismo. Corresponde a un equipo con sensores ultrasónicos de altura. Las referencias corresponden a:

- 1: Sensor ultrasónico de altura.
- 2: Transductor de desplazamiento lineal.
- 3: Cilindro hidráulico.
- 4: Amortiguador hidráulico telescópico.
- 5: Resorte a la compresión.
- 6: Estructura del botalón.

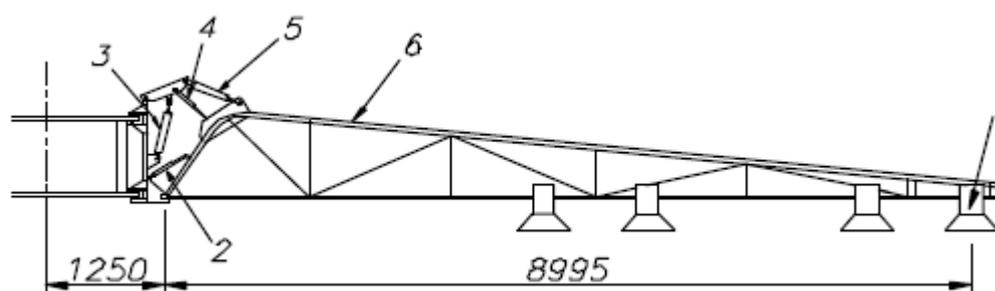


Figura N° 46: Componentes de un botalón.

Los sensores ultrasónicos de altura, de manera constante van emitiendo y recibiendo el rebote de una señal, y haciendo un promedio de las mediciones de cada uno de los sensores para mantener la altura del botalón absolutamente constante. Esto es particularmente útil en terrenos con pendiente, permitiendo que el botalón “copie” con mayor precisión las características del relieve tal como puede observarse en la figura N° 47.



Figura N° 47: Botalón “copiando” un terreno con pendiente variable

Esta copia del terreno es más dificultosa mediante un botalón con sistema basculante autonivelado, ya que, al actuar todo el botalón como una única pieza, el elevarlo en un extremo necesariamente implica bajarlo en el otro y viceversa.

El botalón debe contar, además, con un sistema que le permita regular cómodamente la altura de trabajo, lo que se consigue mediante cilindros hidráulicos manejados desde la cabina. Normalmente el rango de nivelación en altura varía entre los 50 – 60 cm como límite inferior hasta 1,80 – 2,00 m como límite superior. Sin embargo existen equipos especiales diseñados para cultivos altos que logran elevar más el botalón así como también lograr altos despejes.

Existen pulverizadoras con botalón delantero y con botalón trasero. El primer sistema tiene la ventaja que presenta una mejor visibilidad para el operario, pero, como contrapartida, tiene dos grandes desventajas:

- El equipo se “ensucia” en mucha mayor medida con la acumulación de líquido y de polvo que se adhiere al mismo. Se debe tener en cuenta que algunos agroquímicos y, especialmente los fertilizantes líquidos, son corrosivos, con lo que ésto atenta contra la duración del equipo, obligando a limpiezas mucho más frecuentes.
- Es mayor el riesgo que corre el operario de exponerse a la acción tóxica de los productos utilizados, especialmente en cabinas que no se encuentran perfectamente aisladas (o con los filtros vencidos).

Finalmente, los botalones deben tener un mecanismo de plegado para el traslado del equipo. En equipos chicos, de arrastre o con sistema de tres puntos, este sistema puede ser manual. Pero en pulverizadoras autopropulsadas de gran tamaño, este mecanismo siempre está automatizado mediante cilindros hidráulicos. En la figura N° 48 se puede ver una pulverizadora con el botalón totalmente plegado.



Figura 47: Pulverizadora con el botalón plegado

3.10. Sistemas de demarcación.

Son sistemas que permiten definir el ancho de cada una de las pasadas, de manera tal que no existan superposiciones ni zonas sin tratar, es decir los comúnmente llamados “chanchos”.

3. 10.1. Marcador de espuma.

Es un sistema que produce desprendimientos de copos de espuma en el extremo del botalón a fin de que el operario pueda visualizar la línea que define la pasada anterior.



Figura N° 49: Componentes de un marcador de espuma. ARAG

El sistema consta de los siguientes elementos: un compresor de aire, un tanque para el agente espumante, 2 cámaras generadoras de espuma, boquillas de salida de la espuma, una llave selectora para cada lado de los marcadores (izquierda- central apagado- derecha) , mangueritas para conducir el aire a presión y el agente espumante y las correspondientes conexiones eléctricas. La cámara generadora de espuma puede estar integrada a la boquilla (lo más común) o ser una pieza independiente separada de la misma. A su vez, las boquillas son de goma flexible, inclusive con sistema de fuelles, porque están bastante expuestas a los golpes.

Con el sistema en funcionamiento, el compresor genera aire a presión, el cual es derivado por mangueritas en dos vías:

- a) hacia el tanque de agente espumante.
- b) hacia la cámara generadora de espuma elegida (izquierda- derecha)

A su vez, la presión que se genera en el tanque de agente espumante, permite que el mismo circule hacia la cámara generadora de espuma. Allí se produce la mezcla del aire con el agente espumante y se forma la espuma que es derivada hacia la boquilla por la misma presión del sistema. El copo de espuma va creciendo en la boquilla y llega un momento en el que cae por su propio peso. La sucesión de copos caídos demarca la línea de trabajo. Es importante mencionar que existen espumas fluorescentes que permiten el trabajo nocturno. Presenta el inconveniente de que el viento puede desplazar a los copos de espuma durante su caída, generándose zonas sin tratar o de doble aplicación.

3.10.2. El banderillero satelital.

El sistema ha tomado este nombre particular en base al viejo procedimiento de banderilleros, que en cada pasada de la máquina, contaban los pasos que correspondían al ancho de labor, mostrando la bandera en el nuevo punto de referencia, y, en segunda instancia, debido a que se utiliza el sistema GPS con señalización satelital.

En su concepción más básica, el banderillero satelital sirve para definir líneas paralelas virtuales que tienen exactamente el ancho de labor de la pulverizadora y sirven como guía para el trabajo. Para ello, desde el lugar en donde se va a comenzar el mismo, en una de las cabeceras, se marca en el sistema un punto "A". Luego se recorre en línea recta hasta llegar a la otra cabecera, donde se marca el punto "B". El sistema define toda una serie de líneas

paralelas del exacto ancho de labor de la pulverizadora, dato éste que también deberá ser ingresado.

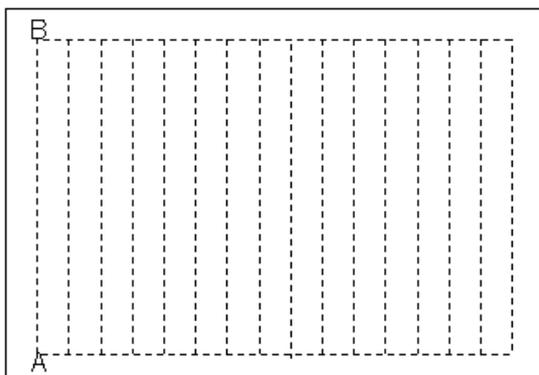


Figura Nº 50: Líneas paralelas definidas por un banderillero satelital. Fuente: Méndez, Bragachini, Scaramuzza.

A esta función básica, que era la única que tenían los primeros banderilleros satelitales se le fueron agregando otras a medida que fueron evolucionando los equipos:

- Posibilidad de trabajar en líneas curvas (por ej. curvas de nivel).
- Memorias de recorrido efectuado y de la superficie tratada.
- Memoria de puntos de interés.
- Indicación de zonas sin tratar (obstáculos y corrección de la trayectoria)
- Función de retorno al punto de interrupción de trabajo.
- Bloqueo de sectores del botalón cuando se produce superposición de pasadas.

Es común que, en este caso, el botalón sea dividido en un mayor número de secciones a los efectos de optimizar la cantidad de agroquímico aplicado.

Finalmente se puede destacar que los sistemas más avanzados ya incluyen la posibilidad de conectarse con la consola de comando de pulverización, complementando perfectamente el sistema a fin de poder trabajar en Agricultura de Precisión, mediante la aplicación de dosis variables. Sin embargo, este tipo de aplicaciones de agroquímicos, presenta situaciones más complejas que serán analizadas oportunamente en el Capítulo: Aplicaciones de Agroquímicos en Agricultura de Precisión.



Figura Nº 51: dos diferentes marcas de banderilleros satelitales.

En la figura N° 51 se pueden ver dos tipos de pantalla de banderillero satelital. En el de la izquierda se ve demarcado cada paso o camino y el tránsito del equipo sobre el mismo. En el de la derecha el camino correcto se marca con el encendido de luces indicadoras; al producirse desviaciones hacia derecha o izquierda, se encienden luces rojas que indican el desvío correspondiente. Otros equipos poseen los dos mecanismos en forma conjunta.

3.11. El túnel de viento.

El concepto del túnel de viento es generar una corriente de aire, con dirección prácticamente vertical, que “atrape” e impulse a las gotas del proceso de pulverización, aislándolas del efecto del viento, con lo que se anula o, al menos se disminuye sensiblemente el proceso de deriva. Un segundo efecto que se consigue es remover y abrir el follaje del cultivo que se está tratando con lo que se consigue una mayor penetración. Este segundo efecto se puede observar en la Figura N° 52, donde se está haciendo una aplicación de fungicidas sobre un cultivo de soja.



Figura N° 52: Apertura del follaje mediante túnel de viento (mejor penetración).

El efecto de control de deriva se puede comparar en las dos fotos inferiores, con la misma máquina y en las mismas condiciones de trabajo, sin túnel y con túnel de viento.





Figura 53: Control de deriva con el túnel de viento. Fuente Jacto

Para que el sistema funcione adecuadamente, el viento debe salir del túnel con una velocidad cercana a los 100 km/hora. También es ideal que se pueda regular los ángulos de incidencia de líquido pulverizado y salida de aire. La corriente de aire es generada por uno o dos ventiladores de tipo axial ubicados en el centro de la máquina o del botalón (ver imágenes). En tanto que la conducción se hace a través de una manga de lona impermeable. El conjunto debe estar diseñado en forma tal que la velocidad de salida del aire sea homogénea a lo largo de todo el botalón.

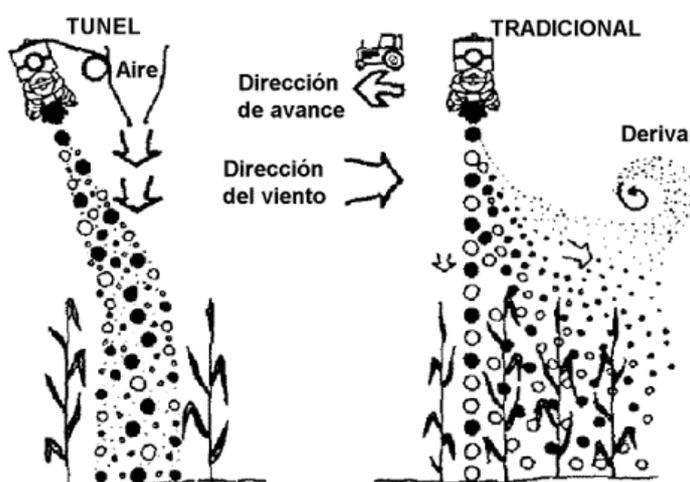


Figura 54: Acción del túnel de viento

3. 12. Sistemas de comando.

Se denomina así al conjunto de elementos de los que dispone el operador para definir los parámetros del trabajo de pulverización. Así, se puede disponer de la apertura y cierre total del sistema, o de cada uno de los sectores del botalón y la presión de trabajo. Debe entenderse que el caudal de aplicación por hectárea queda definido por la presión de trabajo, la pastilla elegida, el distanciamiento de las mismas en el botalón y la velocidad. Pero esta última es un factor ajeno al circuito hidráulico y el distanciamiento entre pastillas es un parámetro fijo (aunque ocasionalmente se pueda optar por trabajar con pastillas “de por medio”).

Los sistemas de comando pueden ser manuales, eléctricos o electrónicos, estos últimos comúnmente denominados “computadoras de pulverización”.

3.12.1. Sistemas de comando manuales.

En este caso la presión es regulada por una válvula reguladora manual que envía mayor o menor cantidad de líquido por el retorno hacia el tanque. A su vez, las válvulas de apertura y

cierre son también de tipo manual, siendo las más comunes en este caso las “de vástago”. Es indispensable, además, contar con un manómetro ubicado en un punto bien visible para el operador. Indudablemente es el sistema de comando más económico. Es también el que se usa más frecuentemente en pequeñas máquinas pulverizadoras de arrastre o con sistema de tres puntos. Pero presenta los siguientes inconvenientes:

- Dado que el margen de variación de presión es muy limitado (no se puede ir regulando permanentemente la válvula correspondiente), ello obliga a ser muy constante en la velocidad de trabajo, lo que es una limitante ante los obstáculos del terreno.
- Es más riesgoso para el operador, ya que permanentemente opera con válvulas en las que está circulando líquido de aplicación. Existe riesgo, por lo tanto, de salpicaduras por rotura de mangueras o abrazaderas flojas. Este peligro se incrementa al trabajar en cabinas cerradas.

3.12.2. Sistemas de comando eléctricos

En esta segunda alternativa, tanto las válvulas de apertura y cierre, como la reguladora de presión son de funcionamiento eléctrico. Ello permite que el operador se maneje con comandos a distancia, lo que brinda mayor seguridad, especialmente en cabinas cerradas. La presión, en este caso, se ajusta con una simple tecla, lo que facilita esta tarea.



Figura 55: Sistema de comando eléctrico para botalón de 3 secciones: Fuente: TeeJet

En la imagen de la figura N° 55 se puede observar la llave Master, de corte general, las teclas correspondientes a apertura-cierre para tres sectores del botalón y la llave para aumentar-disminuir la presión.

3.12.3. Sistemas de comando electrónicos (computadoras).

Quizás sería adecuado hablar de controladoras de pulverización, ya que el sistema funciona “controlando”, la velocidad, el caudal y la presión de trabajo.

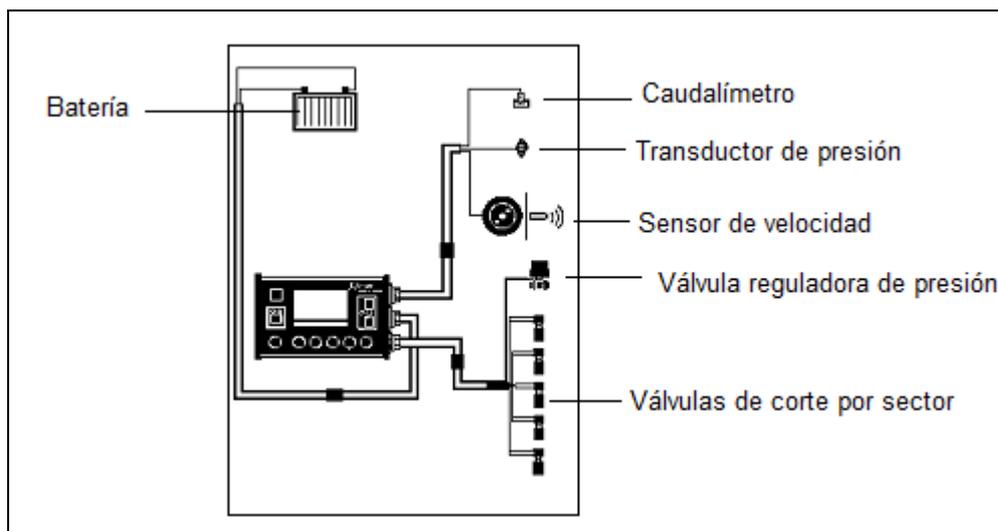


Figura Nº 56: Esquema de los componentes de una controladora electrónica. Fuente TeeJet

La figura Nº 56 muestra como está compuesto el sistema. La batería alimenta a la computadora y a los diferentes componentes electrónicos. Los mismos son: sensor de velocidad, caudalímetro (o flujómetro), transductor de presión, y las válvulas de apertura y cierre (general y para cada sector del botalón) y reguladora de presión.



Figura Nº 57. Diferentes componentes: caudalímetro, transductor de presión, sensor de velocidad por radar, sensor magnético de velocidad. Fuente: Compaginado sobre Catálogo TeeJet 49A-E.

El sistema funciona de la siguiente manera: ante una disminución de la velocidad, detectada por el sensor correspondiente e informada al controlador, el mismo hace disminuir la presión mediante la válvula reguladora, con lo que se disminuye el flujo de líquido (caudalímetro), hasta lograr el caudal por hectárea programado. De igual manera, ante un aumento de la velocidad, con la consiguiente demanda de mayor flujo, se aumenta la presión hasta el punto de equilibrio.

Este proceso de ajuste es constante, ya que la emisión de impulsos o señales desde los sensores es permanente, mientras duren las tareas de aplicación.

El controlador, para poder funcionar, necesita dos fases de suministro de información:

- Fase de programación.
- Fase de usuario.

En la primera de ella se le deben incorporar los siguientes datos: sistema de unidades a utilizar (sistema internacional, sistema americano, etc.), tipo y pulsos para cada uno de los sensores, distancia entre pastillas, número de pastillas para cada sector del botalón, capacidad

del tanque, modo de funcionamiento (en base a caudalímetro o en base a flujómetro) y capacidad del tanque.

La segunda debe incluir la siguiente información: litros por hectárea y caudal de las pastillas a utilizar. La controladora regulará automáticamente la presión en función de la velocidad.

Bibliografía:

- ACE Pumps. Catálogo.
<http://www.acepumps.com/en/index.php?/site/products/C4/Hydraulic/>
- ARAG. Spraying and Irrigation Catálogo 101ª
- Bragachini M y col: 2008 – Crecimiento sostenido de la Maquinaria Agrícola Argentina. Mercado Interno y Exportaciones. EEA INTA Manfredi – Proyecto Nacional de Cosecha y Postcosecha de Granos y Oleaginosas. Proyecto de Agricultura de Precisión y Máquinas
- Mendez A., Bragachini M., Scaramuzza F.: 2004 Banderillero satelital. Información de Prensa N° 5/04 – ISSN 1666-6135
- Onorato A., Tesouro O.: 2006 . Pulverizaciones Agrícolas Terrestres. Ediciones INTA.
- TeeJet: Catálogo 50A-E
- UDOR S.R.L. Catálogo 03/99