

Capítulo **V**

# Componentes de un sistema de riego por goteo



## COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

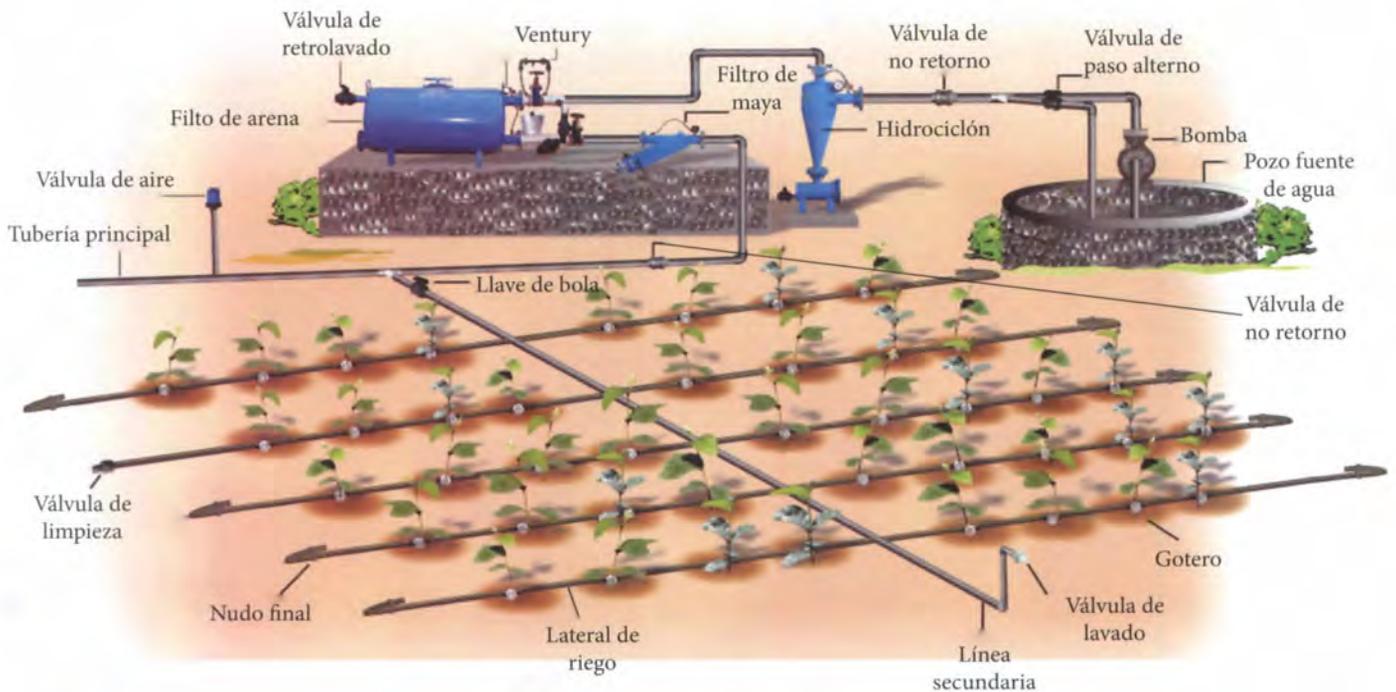


Figura 9. Componentes de un sistema de Riego por Goteo

### ► Tuberías

Las tuberías para conducción vienen a ser las venas del sistema, por medio de ellas se transporta el agua a los sitios de riego. Existen varios tipos de tuberías, básicamente diferenciados por el material del que están fabricados, siendo **la tubería de PVC el más común**, por su precio, la facilidad de instalación y su accesibilidad en el mercado a repuestos y accesorios.

**Tubería PVC:** la tubería PVC se puede encontrar en diámetros desde  $\frac{1}{2}$ " hasta 15", una de las grandes ventajas es su inercia ante casi cualquier líquido, además que sus paredes son bastante lisas y esto hace que las pérdidas por fricción sean pocas. Su duración puede ser varios años, sobre todo si la misma va enterrada.

Los SDR más comerciales son el SDR 13.5 para el tubo de 1/2" únicamente, el SDR 21 para el tubo de 3/4", el SDR 26, SDR 41 y SDR 64. Las mismas se seleccionarán según la presión máxima de trabajo del sistema. Toda la tubería PVC conserva el mismo diámetro externo, por tanto no importa el SDR, todas utilizan el mismo tipo de accesorios de PVC.

### ¿Qué significa las siglas SDR, cuando hablamos de tubería de PVC utilizada para riego?

Primero debemos entender que la tubería de PVC comúnmente se denomina por su **diámetro nominal** esto es, por así decirlo, el nombre común que se le da en el mercado a esta tubería. Por ejemplo, cuando vamos a comprar tubería, nos referimos a ella como tubería de una pulgada, pulgada y media, dos pulgadas, etc. Diámetro nominal es el nombre fácil y sencillo de recordar que se le brinda a la tubería de determinados diámetros. Si tomamos como ejemplo la tubería con un diámetro nominal de dos pulgadas, podemos observar que ésta viene en diferentes SDR.

¿Qué significa SDR en tubería de PVC? SDR (**Standard Dimensión ratio/ relación diámetro espesor**) es la relación que existe entre diámetro externo de la tubería y grosor de la pared del tubo. Por ejemplo, el diámetro externo de la tubería de dos pulgadas de diámetro nominal, SDR 32.5, es de 2.375"; el grosor de pared de esta tubería es de 0.073"; entonces, al relacionar ambas dimensiones obtenemos lo siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{SDR=} \quad \frac{\text{Diámetro externo}}{\text{Grosor de pared}} \\ \\ \text{SDR=} \quad \frac{2.375}{0.073} \\ \\ \text{SDR=} \quad 32.5 \end{array}$$

Esto significa que el diámetro externo de la tubería es 32.5 veces mayor que el grosor de la pared de ese mismo tubo.

Hay que tomar en cuenta que el diámetro externo en toda la tubería de diámetro nominal de dos pulgadas, será el mismo, en este caso, 2.375"; esto es así porque debemos recordar que los accesorios, tales como válvulas, T, codos, uniones, entre otros, viene estandarizados para que esta tubería pueda ser acoplada de manera firme a cada uno de ellos. Lo que sí variará, producto del grosor de pared, es el diámetro interno. Para el caso, una tubería con diámetro nominal de dos pulgadas, tiene un diámetro externo de 2.375"; un grosor de pared de 0.091" y, por ende, un diámetro interno de 2.193". Si hacemos nuevamente la relación de SDR, obtenemos que:

$$\text{SDR} = \frac{\text{Diámetro externo}}{\text{Grosor de pared}}$$

$$\text{SDR} = \frac{2.375}{0.091}$$

$$\text{SDR} = 26$$

Esto significa que el diámetro externo de la tubería es 26 veces mayor que el grosor de pared de ese mismo tubo.

Como podemos ver, manteniendo constante el diámetro externo, el aumentar el grosor de pared, redujo el SDR.

Si analizamos estos dos SDR para un mismo diámetro nominal de tubería de PVC, en este caso dos pulgadas, vemos que, a pesar de mantener constante el diámetro externo, el diámetro interno sí cambió, por lo que también hubo un cambio en el SDR. Entonces, podemos decir que con un SDR alto, dentro de un mismo diámetro nominal, el grosor de pared es delgado en comparación con el diámetro del tubo y que con un SDR bajo, el grosor de pared es más grueso en comparación con el diámetro.

Como consecuencia de esto, una tubería con un SDR alto, es clasificada con una menor resistencia a presión que una tubería con un SDR más bajo.

En la Cuadro 1, se pueden ver los diámetros nominales de tubería más utilizados en riego a pequeña y mediana escala, con información técnica de cada SDR en específico.

SDR	Diámetro Nominal	Peso (Kg)	Diámetro (pulgadas)		Presión de trabajo (PSI)	Presión de Rotura (PSI)
			Interno	Externo		
13.5	1/2"	0.886	0.716	0.840	315	1000
17	1"	1.754	1.161	1.315	250	800
17	1 1/2"	3.661	1.676	1.900	250	800
17	2"	5.720	2.095	2.375	250	800
17	2 1/2"	8.382	2.537	2.875	250	800
17	3"	12.423	3.088	3.500	250	800
17	4"	20.536	3.970	4.500	250	800
21	1"	1.437	1.190	1.315	200	630
21	1 1/2"	3.001	1.719	1.900	200	630
21	2"	4.689	2.149	2.375	200	630
21	2 1/2"	6.871	2.601	2.875	200	630
21	3"	10.183	3.166	3.500	200	630
21	4"	16.832	4.072	4.500	200	630
26	1"	1.380	1.195	1.315	160	500
26	1 1/2"	2.448	1.754	1.900	160	500
26	2"	3.825	2.193	2.375	160	500
26	2 1/2"	5.578	2.655	2.875	160	500
26	3"	8.308	3.230	3.500	160	500
26	4"	13.733	4.154	4.500	160	500
32.5	1 1/2"	2.025	1.783	1.900	125	400
32.5	2"	3.086	2.229	2.375	125	400
32.5	2 1/2"	4.522	2.698	2.875	125	400
32.5	3"	6.702	3.284	3.500	125	400
32.5	4"	11.079	4.224	4.500	125	400
41	3"	5.349	3.330	3.500	100	315
41	4"	8.843	4.280	4.500	100	315
51	4"	7.275	4.336	4.500	80	250
64	3"	3.513	3.388	3.500	63	200
64	4"	5.718	4.360	4.500	63	200

Cuadro 1. Características de tubería de PVC.

Norma Hondureña, Comisión Interinstitucional de Normalización, CAPRE-ADESAPA. 07-1/1999

Siguiendo con el mismo ejemplo, vemos en la tabla que una tubería de diámetro nominal de dos pulgadas, con un SDR de 32.5, comparada con una tubería del mismo diámetro nominal, pero con SDR 26, está tasada como menos resistente a presión, 125 PSI y 160 PSI, respectivamente.

Esto nos indica que cuando tenemos que diseñar una línea de conducción, una distribución primaria o secundaria, debemos calcular la presión en diferentes tramos a lo largo de esa línea para determinar cuál es la mejor tubería con su respectivo SDR para colocar, según esas presiones. El utilizar la tubería con los SDR adecuados puede resultar en un ahorro de dinero muy significativo. Recordemos que a mayor SDR, más delgada es la pared del tubo y menor su costo.

### ► ¿Qué es presión?

Presión se puede definir como la relación que hay entre fuerza y área.

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

Las unidades que se utilizan para medir presión varían de país a país. En Honduras, la unidad más utilizada es el PSI (**Pound per Square Inch/ libras por pulgada cuadrada**) que significa, libras por pulgada cuadrada. Debemos entender que el agua, por su peso, actúa como una fuerza. La presión por efecto del agua es creada de dos maneras en un sistema de riego, ya sea usando una motobomba o por el mismo peso del agua y la acción de la gravedad.

Unidad	Equivale a	También
1 bar (bares)	10 atmosferas (Atm)	
1 bar	10 metros columna de agua (m.c.a.)	14.2 Psi
1 Atmósfera (Atm)	10.33 m.c.a.	15.18 Psi
1 metro columna de agua (m.c.a.)	1.42 Psi	

Cuadro 2. Unidades para expresar presión.

Si nos imaginamos el cubo de abajo con unas dimensiones de un pie de alto, un pie de ancho y un pie de largo, o sea un pie cúbico y, llenamos ese cubo con agua a una temperatura de 16°C, ese pie cúbico de agua pesa 62.37 libras; también sabemos que ese pie cúbico descansa sobre una base de 144 pulgadas cuadradas. Una columna de agua de un pie de alto ejerce una presión de 0.433 libras sobre una base de una pulgada cuadrada:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}}$$

$$\text{Presión} = \frac{62.37 \text{ lb}}{144 \text{ pulgadas cuadradas}}$$

Presión = 0.433 libras por pulgada cuadrada o sea PSI

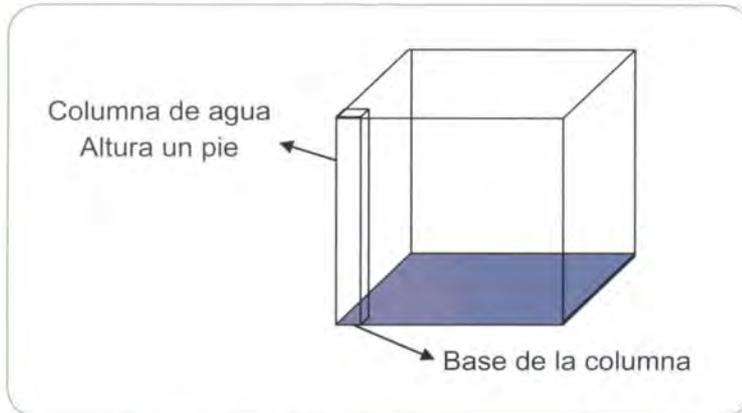


Figura 2. Explicación de presión sobre área.

¿Qué significa esto? Significa que una columna de agua de un pie de alto, ejerce en la base de esa columna una presión de 0.433 PSI. Como es una relación directamente proporcional, entonces podemos decir que a mayor altura de columna, mayor presión se ejerce en la base de esa columna. Si queremos convertir esta relación a metro, entonces podemos decir que una columna de agua de un metro de altura, ejerce una presión en la base de esa misma columna de 1.42 PSI.

Si tenemos un tanque elevado que suple agua a un sistema de riego, la altura a la que se encuentra el tanque, determinará la presión máxima que se puede lograr al final de la tubería. En el siguiente ejemplo podemos ver que si tenemos un tanque elevado a 40 m sobre el nivel del suelo, entonces la presión que se ejerce al final de cualquier tubería de conducción es de casi 57 PSI.

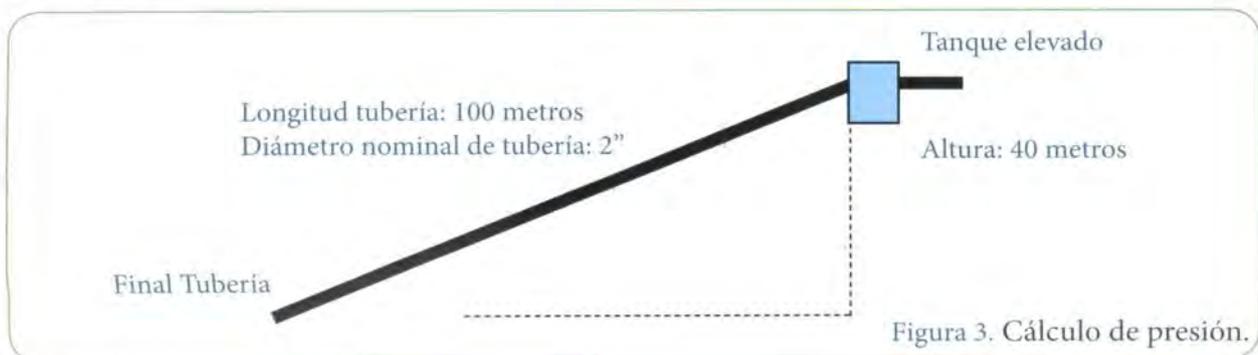


Figura 3. Cálculo de presión.

EL cálculo se hace aplicando una regla de tres directa de la siguiente manera:

1 metro columna de agua=1.42 PSI

40 metros columna de agua=x

$$X = \frac{40 \times 1.42}{1}$$

$$X = 56.8$$

Esta presión es correcta no importando el diámetro de la tubería, ni el material, ni el recorrido o distancia, siempre y cuando el agua no esté en movimiento, como por ejemplo, con la válvula al final de la tubería cerrada. Debemos recordar que la relación entre presión y flujo, de darse un cambio siempre uno afecta al otro, un cambio del 20% en la presión, representa un cambio en el **flujo** del **10%**.

Una vez que el agua entra en movimiento, entonces entra en juego un componente muy importante a tomar en cuenta en el diseño de una red de riego: **la fricción**.

### ► ¿Qué es fricción?

Fricción es la resistencia al flujo y depende en gran manera:

- Velocidad del agua que se esté moviendo dentro del tubo,
- Diámetro interno de la tubería,
- Material que está fabricada la tubería,
- La longitud recorrida
- Velocidad del caudal transportado.

Esta resistencia al flujo es causada por el rozamiento del agua contra las paredes de la tubería. Para vencer esta fricción y así poder avanzar, el flujo de agua debe realizar un gasto de la energía potencial que posee.

Si la tubería es fabricada de un material liso, sin corrugaciones, la fricción será menor, en cambio, si el material es áspero, la fricción será mayor. El saldo de presión al final del recorrido, dependerá del gasto de presión que exista para vencer esta fricción. Por ejemplo, una tubería de PVC produce menos rozamiento que una tubería de hierro colado.

Si la velocidad de avance del agua dentro de la tubería es baja, entonces la energía necesaria para vencer la fricción es baja; en cambio, si la velocidad es alta, se crea turbulencia a medida que avanza el flujo y esta turbulencia causa un mayor rozamiento

con las paredes de la tubería, por lo que el gasto de energía se hace mayor. Puesto que la velocidad de un flujo está directamente relacionada con el caudal, es decir, a mayor velocidad, mayor caudal, esto quiere decir que a mayor caudal, mayores pérdidas de fricción. Es por esto que se hace necesario poner límites al caudal que debemos manejar o transportar dentro de determinados diámetros de tubería, para mantener el gasto de energía, o sea las pérdidas por fricción, dentro de un rango económicamente razonable.

Para el cálculo de dicha pérdida de fricción, comúnmente se usa la fórmula de Hazen & Williams.

Dicha fórmula se muestra a continuación:

$$H_f = 0.090194 \times \frac{(100)^{1.852}}{C} \times \frac{D^{1.852}}{Q^{4.866}}$$

**Donde:**

**H<sub>f</sub>**=Pérdida por fricción, en PSI por cada 100 pies de tubería.

**C** =coeficiente de rugosidad, adimensional.

**D** =diámetro interno de la tubería, en pulgadas.

**Q** =caudal, en galones por minuto.

TIPO DE LECTURA	C
<b>Asbesto cemento</b>	140
<b>Latón</b>	130-140
<b>Ladrillo para alcantarillas</b>	100
Hierro colado:	130
• Nuevo, sin revestir	40-120
• Revestido de cemento	130-150
• Revestido de esmalte bitumástico	140-150
• Cubierto de alquitrán	115-135
De hormigón o revestido de hormigón:	
• Cimbras de acero	140
• Cimbras de madera	120
• Centrifugado	135
<b>Cobre</b>	130-140
Manguera de incendio (recubierta de hule)	135
Hierro galvanizado	120
Vidrio	140
Plomo	130-140
<b>Plástico</b>	140-150
Acero:	
Revestido de alquitrán de hulla	145-150
Nuevo sin revestir	140-150
Remachado	110
Estaño	130
Barro vidriado	100-140

Cuadro 3. Coeficientes de rugosidad comúnmente usados para diseño de redes de riego.

Por ejemplo, partiendo de la figura 3, vemos que la presión (energía) disponible, cuando el agua está estática, es decir, sin movimiento, es de 56.7 PSI. Si abrimos la válvula al final de la tubería y permitimos que el volumen de agua avance, entonces se inicia el gasto de energía para permitir este avance. El tubo permitirá que avance tanto caudal, como energía disponible haya, es decir, la velocidad y el caudal que puede ocurrir dentro de esta tubería, está determinada por la presión disponible y el gasto estará determinado, como dijimos antes, por la velocidad de avance, el material del tubo, el diámetro interno y la longitud.

Diámetro Pulgadas (mm)	Caudal en m3/h 1.9 metros/s	Caudal en GPM 6 pies/seg
1" (25)	3.4	15
2" (50)	13	58
3" (76)	30	130
4" (101)	54	232
6" (152)	120	520
8" (203)	178	775

Cuadro 4. Capacidad de conducción de agua de la Tubería PVC por su Diámetro para no sobrepasar las velocidades de diseño.

Fuente: Manual técnico de tubería Durman, empresa que fabrica y vende materiales de PVC y riego.

En este ejemplo, vemos que existe una tubería de PVC con un diámetro nominal de 2". Si usamos el Cuadro 1, podemos ver que el diámetro interno de esta misma tubería, con un SDR de 32.5, es 2.229". Bajo esas condiciones, el caudal (Q) máximo que podría transportar esa tubería, dadas las condiciones del diagrama, se muestra en el siguiente cálculo:

$$H_r = 0.090194 \times \frac{(100)^{1.852}}{C} \times \frac{D^{1.852}}{Q^{4.866}}$$

$$17.3 \text{ PSI en } 100 \text{ pies de tubería} = 0.090194 \times \frac{(100)^{1.852}}{150} \times \frac{2.229^{1.852}}{Q^{4.866}}$$

Q=210.5 galones por minuto

¿Por qué asumimos que la pérdida disponible es de solo 17.3 PSI? Esto es porque sabemos que la energía creada por la diferencia de altura, de 40 metros, es de 56.7 PSI; pero también sabemos que esa energía puede ser usada para crear una velocidad máxima y un máximo caudal, o sea llegar con cero presión al final, o bien, para crear velocidad parcial y caudal parcial y llegar con un saldo de presión al final, según sea la necesidad. Independientemente del caso, este caudal debe viajar por un tramo de 100 m, según el diagrama. Si permitimos que el flujo viaje libremente, al abrir completamente la válvula final, entonces el flujo avanzará a una velocidad máxima, con un caudal aproximado de 210.5 GPM. Recordemos que la fórmula de Hazen & Williams expresa la pérdida de carga en PSI / 100 pies de tubería. Entonces, debemos convertir esa energía disponible en 100 m, o sea los 56.7 PSI/100 m, a pies. Si sabemos que un metro tiene **3.28** pies, entonces, 100 m son 328 pies quedando el cálculo de la siguiente manera:

$$56.7 \text{ PSI} = 328 \text{ pies de longitud}$$

$$X \text{ PSI} = 100 \text{ pies de longitud}$$

$$X = 17.3 \text{ PSI}$$

Como bien sabemos, esta velocidad máxima que conlleva a un transporte de un caudal máximo, genera gastos de energía o presión, que muchas veces se vuelven anti económicos. Es por esto, que al momento de diseñar una red de riego, sean tuberías principales, secundarias o laterales, debemos de fijar parámetros máximos de velocidad. Una regla general de diseño es que la velocidad del flujo dentro de una tubería, no debe exceder 1.5 m/s. Esto es fácil de calcular si usamos la siguiente ecuación, la cual es de uso bastante frecuente en riego:

$$Q = A \times V$$

Donde:

**Q** = Caudal, en metros cúbicos por segundo

**A** = Área, en metros cuadrados.

**V** = Velocidad, en metros por segundo

Siguiendo con el mismo ejemplo, si el caudal transportado fue de 210.5 GPM, en una tubería de 2.229" de diámetro interno, solamente tenemos que convertir unidades y sustituir en la fórmula, resolviendo finalmente para la variable V.

Sabemos que un galón tiene 3.785 litros. Entonces:

<b>1 galón</b>	=	3.785 litros
<b>210.5 galones</b>	=	X litros
<b>X</b>	=	796.7 litros

El caudal es de 796.7 litros/minuto. Debemos convertir esto a metros cúbicos. Entonces:

<b>1 metro cúbico</b>	=	1000 litros
<b>X metros cúbicos</b>	=	796.7 litros
<b>X</b>	=	0.796 metros cúbicos por minuto

El caudal es de 0.796 metros cúbicos por minuto. Debemos convertir esto a metros cúbicos por segundo. Entonces:

<b>0.796 metros cúbicos</b>	=	60 segundos
<b>X metros cúbicos</b>	=	1 segundo
<b>X</b>	=	0.0133 metros cúbicos por segundo

Siguiendo la misma lógica de los cálculos anteriores y sabiendo que el diámetro interno es de 2.229", podemos determinar el área de ese tubo en metros cuadrados. Partamos de que el área de un círculo es la siguiente:

$$A = \pi r^2$$

Donde:

<b>A</b>	=	Área, en metros cuadrados
<b><math>\pi</math></b>	=	Pi, cuyo valor es 3.1415926
<b>r</b>	=	radio del círculo, en metros

Si el diámetro es 2.229", entonces el radio es la mitad de este valor, es decir, 1.114". Si sabemos que una pulgada tiene 2.54 cm y que un metro tiene 100 cm, entonces este valor, expresado en metros, es de 0.028 m. Con esto, podemos calcular el área.

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3.1415926 \times 0.028^2$$

$$A = 0.0025 \text{ metros cuadrados}$$

Finalmente, podemos calcular la velocidad. Entonces:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0133 \text{ metros cúbicos por segundo}}{0.0025 \text{ metros cuadrados}}$$

**V = 5.32 metros por segundo**

Resumiendo, esto quiere decir que una caída de 40 m genera una energía estática de 56.7 PSI. Si permitimos que el flujo avance libremente por 100 m de tubería, esta adquirirá una velocidad de 5.32 m/s, moviendo un caudal de 210.5 galones por minuto. Toda la energía se convertirá a velocidad y caudal puesto que éste avanza libremente; al final de la tubería, tendremos este caudal llegando a una presión cercana a **0 PSI**. Recordemos que esta condición se da siempre y cuando no pongamos una restricción al final de la tubería, como por ejemplo, una válvula parcialmente abierta, aspersores, cinta de goteo, etc. Si instalamos cualquiera de estas restricciones, las condiciones de flujo varían dentro de la tubería, es decir, la velocidad y el caudal se verán disminuidos, así como el gasto de energía o pérdidas por fricción. El resultado de esta disminución en las pérdidas, es que al final de la tubería o lateral de riego se obtiene una ganancia de energía o presión, que puede ser usada para operar un aspersor, una cinta de goteo o cualquier otro emisor que requiera presión.

Esta situación influye bastante cuando estamos calculando tubería de trasvase o transporte desde un punto a otro y la distancia es grande. Entre mayor sea la longitud a vencer, mayor debe ser el diámetro, teniendo el cuidado de siempre usar el óptimo, el cual estará dado, aparte de la longitud, por las condiciones de diferencia de altura (energía estática disponible), caudal a transportar y, por supuesto, el costo de la inversión.

Partiendo de que el objetivo de un sistema de riego es sacar provecho de esa ganancia de presión para operarlo, entonces limitamos la velocidad dentro de la tubería a que no sea mayor a 1.5 m/s, tal como mencionamos anteriormente. Existen tablas desarrolladas a través de la ecuación de Hazen & Williams, que nos indican, de manera rápida y sencilla, los caudales que se pueden manejar eficientemente en los diferentes diámetros de tubería.

Además del PVC existen tuberías en hierro y aluminio; pero son más caras que el PVC y su utilización está limitada para aquellas situaciones que aplican, también se puede trabajar con tubería de polietileno y layflat.



Foto 1. Tubería de polietileno (PE)



Foto 2. Tubería LAYFLAT

### ► Accesorios de PVC



Foto 16. Codo de PVC de 90°

**Codos**, se utilizan cuando hay cambios de dirección en la tubería de conducción o para instalar filtros, sistema de fertilización o bombeo. Existen codos de 45 grados y de 90 grados esto indica el grado de inclinación del ángulo del codo.



Foto 17. Tee de PVC

Son un accesorio que tiene la forma de la letra **T** de allí su nombre, tiene tres orificios para insertar la tubería. Se utilizan para armar las válvulas, filtros o derivar ramales de una línea de conducción.



Foto 18. Tee de PVC



Foto 19. Adaptador macho PVC

Los **adaptadores hembra y macho** parecen tapones, pero no son cerrados, sus dos extremos son abiertos, un extremo es liso y el otro es roscado. Se utilizan para unir la tubería con un accesorio que tenga rosca, como un filtro u una válvula de aire. Existe una diferencia entre adaptadores hembra y macho, la forma de reconocerlos es recordar que el macho tiene la rosca por fuera y el hembra tiene la rosca por dentro.



Foto 20. Unión universal PVC

**Uniones universales o uniones tope**, son parecidas a los adaptadores, pero sus dos extremos son lisos, llevan una rosca en la parte media del accesorio, esta se puede enroscar y desenroscar. Se utilizan en los sistemas cuando queremos retirar la bomba, filtros u otros componentes de la tubería donde están instalados.



Foto 21. Reductor de PVC

**El reductor** es liso por fuera y por dentro, tiene la apariencia de tener incrustado otro accesorio más pequeño. Los reductores de PVC los utilizamos cuando pasamos de un diámetro de tubería o accesorio mayor a un diámetro menor, como de un tubo de 3 pulgadas a uno de 2 pulgadas.

## Valor equivalente de pérdida por fricción en pies

Tamaños	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
Codo 90°	1.5	2.0	2.7	3.5	4.3	5.5	6.5	8.0	10.0	14.0	15	20	25
Codo 45°	0.8	1.0	1.3	1.7	2	2.5	3	3.8	5.0	6.3	7.1	9.4	12
Curva	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	9.0	11.0	14.0	
Redondo en U	3.6	5.0	6.0	8.3	10.0	13.0	15.0	18.0	24.0	31.0	37.0	39.0	
Tee recorrido recto	1	2	2	3	3	4	5						
Tee entrada o salida a un lado	3.3	4.5	5.7	7.6	9.0	12.0	14.0	17.0	22.0	27.0	31.0	40.0	
Válvula globo (abierto)	17.0	22.0	27.0	36.0	43.0	55.0	67.0	82.0	110.0	140.0	160.0	220.0	
Válvula de ángulo	8.4	12.0	15.0	18.0	22.0	28.0	33.0	42.0	58.0	70.0	83.0	110.0	
Válvula compuerta	0.4	0.5	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.7	2.3	2.9	3.5	4.5	
Válvula check (trampa)	4	5	7	9	11	13	16	20	26	33	39	52	
Válvula check (resorte o de pie)	4	6	8	12	14	19	23	32	43	58			

Cuadro 5. Presión de trabajo (pérdida en pies) de los accesorios de PVC más comunes.

### Bombas

Un equipo de bombeo se compone de motor y bomba; los motores pueden ser a combustión o eléctricos. Los sistemas de bombeo difieren mucho según sean la fuente de agua a utilizar, así un equipo de bombeo para un pozo perforado tiene una configuración diferente a una que será utilizada para succionar de un reservorio a cielo abierto, pero en esencia mantiene sus dos partes esenciales, **bomba + motor**.

El sistema de bombeo es prácticamente el corazón del sistema de riego, es utilizada para impulsar un volumen de agua en un tiempo determinado (caudal) con una fuerza  $x$  (presión). Cada sistema de riego tiene un requerimiento específico de caudal (GPM, galones por minuto) y presión (PSI, libras por pulgada cuadrada), estos datos se obtienen del diseño hidráulico y es el último dato que se obtiene.

Lo ideal es que el equipo de bombeo se compre basado en los datos de diseño y no diseñar en base a un equipo ya comprado, pues muy probablemente este no tendrá las especificaciones necesarias o adecuadas.

### Componentes de un sistema de bombeo

- Succión:** es la tubería por donde se moviliza el agua, desde la fuente hasta llegar a la carcasa.

- b. **Carcasa:** Es el lugar donde llega el agua después de pasar por la succión. Su función es la de contener el agua que es impulsada por el rodete para que aumente la presión.
- c. **Rodete:** Conocido también como impulsor; con la ayuda de las aletas o álabes ayuda a crear la fuerza centrífuga que impulsa el fluido que llega a la carcasa.
- d. **Cañón de descarga.** Dirige el fluido a la salida del sistema.
- e. **Caja de rodamiento.** Contiene el eje de la bomba, que es impulsado por el motor.
- f. **Sello.** Va colocado en el eje de la bomba. Evita la entrada de aire al eje de la bomba y el calentamiento del eje de rotación.

### Partes principales de una bomba

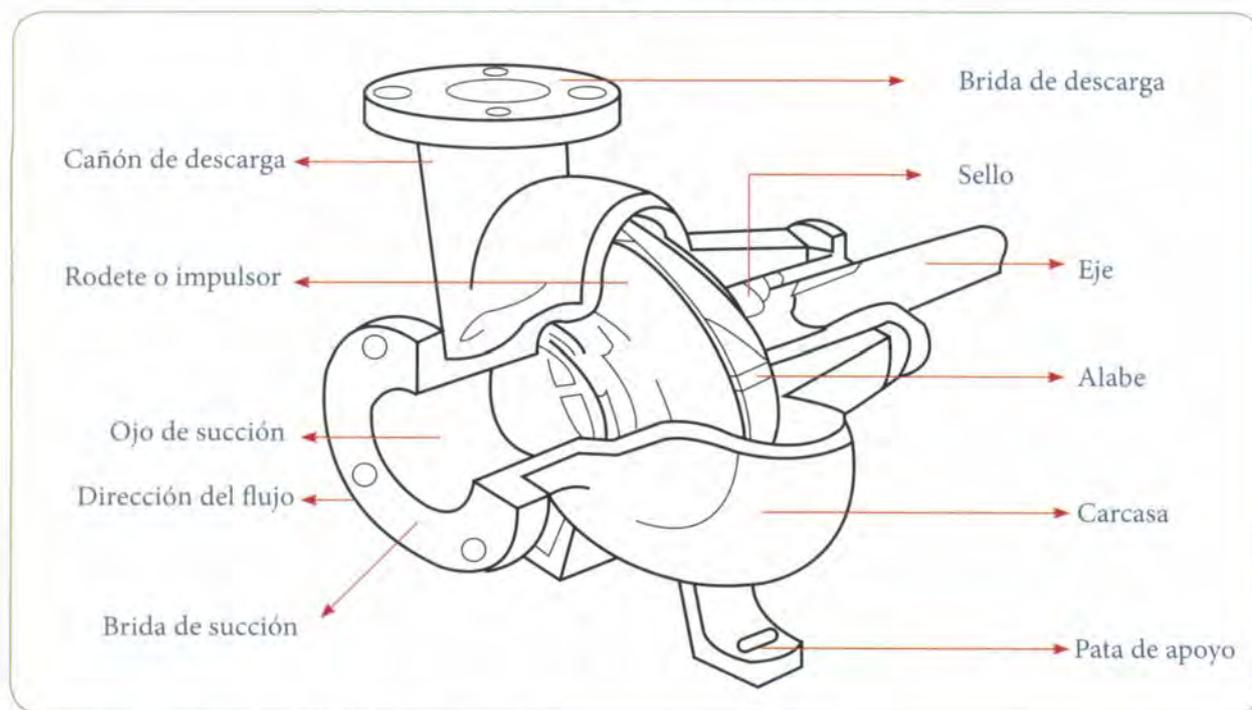


Figura 4. Partes Principales de Una Bomba

### ► Forma de Operación de una bomba

El rotor o impulsor de la bomba puede ser movido por un motor de combustión interna o por un motor eléctrico. Al moverse el impulsor crea una fuerza centrífuga que impulsa el agua desde el ojo del impulsor hacia las paredes de la carcasa, en la cual es conducida hasta llegar al cañón de descarga.

Antes de encender el motor, se debe crear un vacío dentro de la carcasa, esto se realiza mediante una bomba de vacío o llenando la carcasa con agua (cebado). Al encender

el motor de la bomba, genera una fuerza centrífuga que desplaza el agua dentro del carcasa hasta el cañón de descarga. Esto genera que la presión dentro de la carcasa sea menor que la presión dentro del tubo de succión, por lo que la columna de agua que empuja la presión atmosférica puede ocupar ese espacio en el tubo. De esta manera la impulsión y llenado es continuo.

La función de las bombas es impulsar el agua que llega al ojo de succión. La introducción del fluido a la succión se da por el empuje que ejerce la presión atmosférica, la cual a nivel de mar es equivalente a 10.33 m de columna de agua o 14.7 PSI.

## ► Tipos de bombas

Las bombas se dividen en dos grande grupos:

1. **Desplazamiento positivo:** Son utilizadas para mover líquidos viscosos.
  - a. Bomba de engranajes
  - b. Bomba de pistones
  - c. Bombas émbolo
2. **Dinámicas:** Son las que operan en forma rotativa produciendo un movimiento centrífugo del líquido; son las más utilizadas para riego.
  - a. Bombas centrífugas
    - Impulsor abierto
    - Impulsor cerrado
    - Sumergibles
    - Axiales

Entre las bombas más utilizadas tenemos las bombas **centrífugas y rotatorias**.



Foto 22. Bomba Centrífuga

- a. **Centrífugas:** Operan basadas en el principio de la fuerza centrífuga. Si se coloca un impulsor dentro de agua y los hacemos girar, el agua saldrá impulsada por los álabes del impulsor. A medida que más agua es expulsada por los álabes más agua sigue llegando al centro del impulsor por ser esta una zona de menor presión, manteniendo así un flujo continuo sin variaciones de presión.

- **Bombas centrífugas con impulsor abierto**

Estas bombas se caracterizan por tener unido los álabes al eje de giro y se mueven entre dos paredes laterales. Se utilizan mucho en aguas arenosas y/o con un alto contenido de sólidos suspendidos.

- **Bombas centrífugas con impulsor cerrado**

Los álabes de este tipo de bombas se encuentran ubicados entre dos paredes laterales. Esto evita fugas en el sistema. Generan mayor presión que las anteriores.

- **Bombas sumergibles**

Son sistemas en los cuales las bombas van sumergidas en el fluido, evitando de esta manera el cebado de la bomba ya que le impulsor siempre va a estar rodeado de líquido.

Estas bombas comúnmente se utilizan en pozos evitando de esta manera todos los problemas de succión, que son el principal problema de las bombas centrífugas.

- **Bombas Axiales**

Se utilizan para mover grandes volúmenes de agua. No trabajan con presiones altas. Son utilizadas en acuicultura para llenar estanques en donde lo primordial es mover grandes volúmenes de agua, sin preocuparse por la presión con la que van empujar el agua.



Figura 23. Bomba Sumergible

b. **Rotatorias.** Transporte directo de un fluido de un lugar a otro. El agua entra a la carcasa por una disminución de presión generada por los elementos rotatorios de la bomba. Una vez que el agua llega a la cavidad es arrastrada por la propia rotación de los elementos rotatorios, hasta ser expulsada por el cañón de descarga. Las bombas más comunes son las de engranajes. El tamaño de la bomba y la velocidad de rotación determinan la capacidad de manejo de flujo de la bomba

## ► Caudal y presión de una bomba

Hay diversidad de diseños de bombas que funcionan a diferentes presiones y caudales. Para calcular la presión o carga necesaria de la bomba y que el sistema de riego trabaje de una forma eficiente, se debe considerar todos los obstáculos que el agua va a presentar al ser transportada de un punto A al punto B, esto se conoce como carga dinámica total.

La carga dinámica total comprende los siguientes puntos:

- **Altura estática de succión:** es la altura que va desde el nivel de agua, hasta la mitad del ojo de succión.
- **Altura dinámica de succión:** son las pérdidas de presión que se dan por fricción en la succión.
- **Altura estática de descarga:** altura entre la mitad del ojo de succión al punto más alto del sistema de bombeo.
- **Altura dinámica de descarga:** son todas las pérdidas de presión que se dan por fricción a lo largo de todo el sistema, hasta llegar al último emisor.
- **Presión de operación:** es la presión con la que funcionan los emisores.



Foto 24. Equipo de bombeo

Un equipo de bombeo se compone de motor y bomba; los motores pueden ser a combustión o eléctricos. Los sistemas de bombeo difieren mucho según sea la fuente de agua a utilizar, así un equipo de bombeo para un pozo perforado tiene una configuración diferente a una que será utilizada para succionar de un reservorio a cielo abierto, pero en esencia mantiene sus dos partes esenciales **bomba + motor**.

Existe en el mercado otro tipo de equipo de bombeo, son las bombas hidroneumáticas, estas tienen una rueda hidráulica sobre la cual cae el agua. El peso del agua la hace girar, transmitiendo el movimiento a una bomba de diafragma que crea la presión de bombeo.

Esta bomba no genera presión para riego con goteo o aspersión, se debe enviar el agua a un reservorio o tanques elevados a una altura que nos permita accionar el tipo de sistema de riego que tenemos.

Las ventajas de esta bomba es que puede trabajar 24 horas al día, no consume energía eléctrica ni combustible, por lo tanto no contamina el ambiente y a lo largo del tiempo es una inversión barata.

Para tomar la decisión de implementarla en un proyecto comunitario o recomendarla a un grupo de productores, se deben hacer varias consideraciones técnicas, las cuales deben hacerse a un técnico de la zona o de alguna institución que tengan experiencia con el uso de este equipo.



Tubería de 3 pulgadas que hace caer el agua sobre la rueda

Rueda de metal accionada por el agua, brinda la energía mecánica para ser transformada en presión por la bomba

Foto 25. Bomba hidroneumática marca Rochfer, de fabricación brasileña, distribuida en San Pedro Sula.



Foto 26. Bomba de diafragma de dos pistones de recorrido horizontal.

Para determinar los requerimientos de bombeo se realiza una serie de cálculos, pero en esencia el caudal a mover se obtendrá de calcular la demanda total del cultivo basado en la lámina a reponer diaria, las horas disponibles para el bombeo y el área total.

La bomba debe ser capaz de proporcionar la presión requerida de trabajo del emisor, vencer las pérdidas por fricción en la conducción, lograr vencer la presión que ejerce la diferencia de altura de la bomba al punto más alto del terreno.

Todo esto son cálculos que resultan del diseño hidráulico del sistema y que conjuga, caudal, presión de trabajo, pérdidas por fricción y velocidad del agua.

Para la selección del equipo de bombeo, se utilizan lo que se conoce como **curva de la bomba**, grafico que nos proporciona la información acerca del comportamiento de una bomba  $x$  con un motor  $y$ ; en cuanto a los cambios de caudal y presión (figura 5).

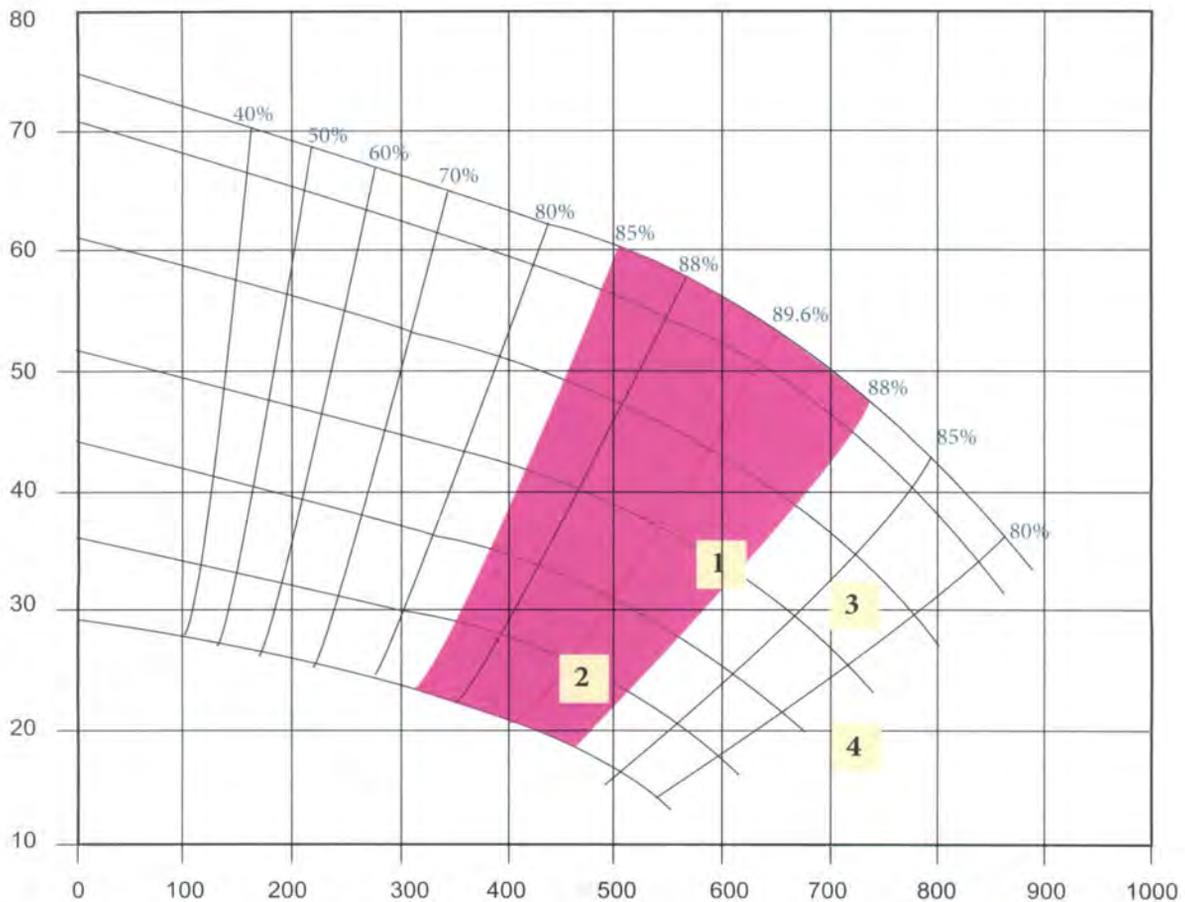


Figura 13. Curva de operación de un equipo de bombeo.

- |   |  |
|---|--|
| <p><b>1</b> Punto de mayor eficiencia de la bomba (PME)</p>     | <p><b>2</b> Funcionamiento ideal de la bomba</p>             |
| <p><b>3</b> Funcionamiento de la bomba a la derecha del PME</p> | <p><b>4</b> Cavitación de la bomba (muy alejado del PME)</p> |

La cantidad de caballos de fuerza de un motor únicamente son el indicativo de la potencia del mismo, pero por sí mismo no proporciona información eficaz para determinar si puede funcionar en nuestro sistema de riego.

### Las pérdidas o disminución de rendimiento de una bomba pueden ser:

- a. Hidráulicas, debido a pérdidas de carga al escurrir el líquido
- b. Mecánica, debido a rozamientos mecánicos
- c. Filtración, debido a que una pequeña cantidad de agua se filtra desde el lado de alta presión hacia el lado de baja presión.

Altitud sobre el nivel del mar (m)	Altura teórica de succión (m.c.a .)
0	10.00
1000	9.2
2000	8.1
3000	7.2
4000	6.3

Cuadro 11. Altura de succión máxima teórica de una bomba, en función de la altitud sobre el nivel del mar.

\*Estas dos alturas no las tenemos en Honduras

### ► Válvulas de aire

Inevitablemente, en los sistemas de riego a presión, se va tener burbujas de aire atrapadas en la red de tuberías, el aire atrapado puede ser tan perjudicial que inclusive puede ocasionar ruptura de tuberías. El aire en la tubería puede ocasionar los siguientes problemas:

- Restricción del flujo de agua en la tubería.
- Aumento en las pérdidas por fricción, ocasionadas por un aumento de la velocidad del agua.
- Obstrucción completa del paso de agua.
- Ruptura de las tuberías por un aumento en la presión.

Es por eso se debe eliminar el aire, para eso existen las llamadas válvulas de aire o eliminadoras de aire. Hay en gran variedad de marcas y formas de trabajo, pero todas usan el mismo principio. Las válvulas deben ser colocadas en el campo en sitios con cambios de elevación, cambios bruscos de dirección en la tubería, salida de la estación de bombeo, salida de la estación de filtrado y a la entrada de los lotes. El diámetro de la válvula de aire puede ser hasta un cuarto ( $\frac{1}{4}$ ) del diámetro de la tubería donde se instalará, por ejemplo, una válvula de aire de 1 pulgada, (figura 6), puede ser usada en una tubería de hasta 4 pulgadas de diámetro sin ningún problema, con la salvedad que se tienen que utilizar accesorios, como reductores para llegar de 4 a 1 pulgada.

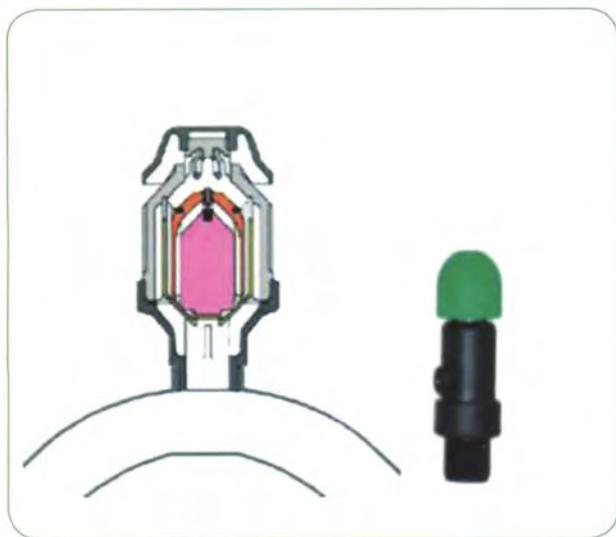


Figura 6. Válvulas de aire



Foto 27. Válvula de aire de 2"



Foto 28. Válvula de aire instalada. Cada válvula de control de paso de agua debe llevar una válvula de aire

A continuación se describe la secuencia para fabricar una válvula de aire de fabricación casera, promocionada por MCA-EDA. A esta válvula se le denomina tipo **LEO**, ya que Leopoldo Aguilar es el nombre del técnico de este proyecto, que tuvo la idea de modificar la válvula de aire tipo **Garrote**.

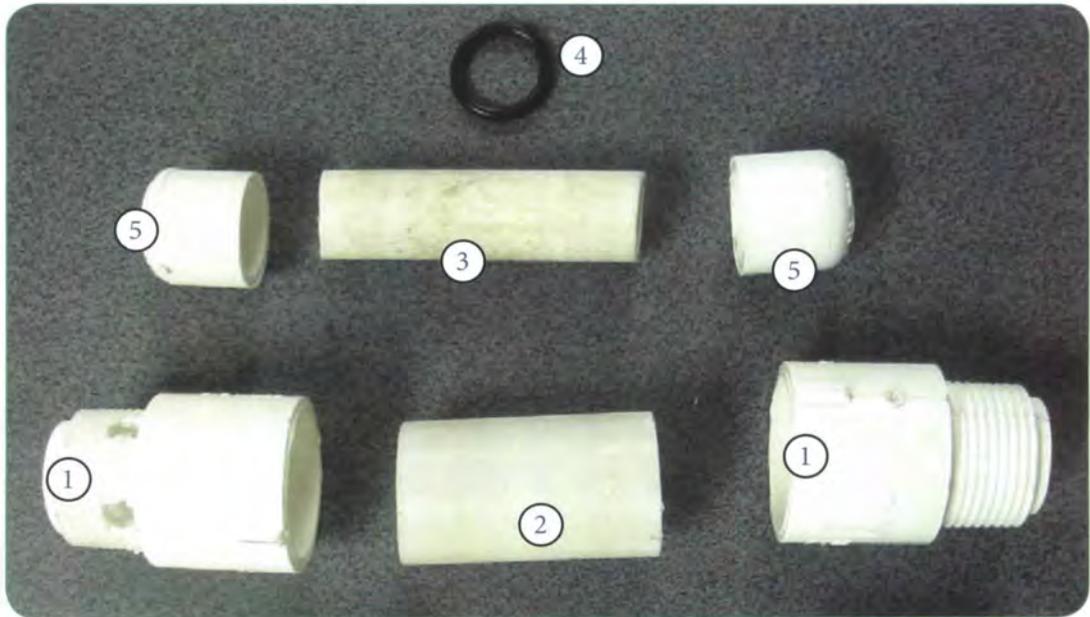


Foto 29. Válvula de aire casera tipo Leo

No	Material	Cantidad
1	Adaptador macho de 1" $\phi$ con rosca	2
2	Tubo PVC de 1" $\phi$ , 5 cm de largo	1
3	Tubo PVC de 1/2" $\phi$ , 7.5 cm de largo	1
4	O-Ring, (empaquete) de 1" $\phi$	1
5	Tapón liso de 1/2" $\phi$	2
6	Pegamento para PVC	1/4

Cuadro 12. Materiales para fabricar la válvula