

Clasificación de sistemas de riego por goteo

La clasificación de los sistemas de riego por goteo ha estado por años dirigida a cultivos de campo y hortalizas.

- Sistemas anuales: sistemas de una sola temporada, se caracterizan por ser de baja presión y muy sensibles a daños. Utiliza tubería de 0.2 mm de espesor, en general, tubos perforados. Su uso se justifica cuando faltan recursos financieros para adquirir un equipo de mejor calidad.
- Sistemas bienales: sistemas de uso para dos temporadas. Tubería con paredes de 0.4-0.5 mm de espesor.
- Sistemas perennes: son la mayoría de los sistemas en uso y se caracterizan por su larga vida útil. El espesor de la tubería varía de 1.0- 1.6 mm. Estos sistemas requieren una mayor inversión, pero son los más económicos. Los frutales necesitan sistemas de goteo permanentes y perennes, sin problemas logísticos.

EVALUACIÓN

Preguntas del tema

1. ¿En qué consiste el sistema de riego por goteo?
2. ¿Qué pasa cuando hay grandes variaciones en la humedad del terreno?
3. ¿Para qué tipo de suelos es adecuado el sistema de riego por goteo?
4. Enumere los componentes del sistema de riego por goteo.
5. ¿De qué depende el movimiento lateral del agua en el suelo?
6. ¿Cómo se clasifica el sistema de riego por goteo?

Respuestas

1. Es un sistema de humedecimiento limitado del suelo, en el cual se aplica el agua únicamente a una parte del volumen del suelo ocupado por el cultivo.
2. Las grandes variaciones en la humedad del suelo le ocasionan estrés a las plantas, afectando su crecimiento y producción. El riego por goteo es una herramienta de manejo, que cuando se opera correctamente, minimiza el estrés a las plantas.
3. Este sistema es adecuado para suelos con textura media, ligeramente estratificados. En suelos con textura gruesa y grava el agua puede penetrar hasta un metro de profundidad. Si el suelo es de arcilla pesada con bajo índice de absorción, el agua puede formar charcos y dañar las raíces.
4. Cabezal, tuberías de distribución y laterales de goteo.
5. El movimiento lateral depende, sobre todo, del porcentaje de arcilla en el suelo. En suelos pesados, la expansión lateral es más pronunciada.
6. En sistemas anuales, sistemas bienales y sistemas perennes.

Glosario

- *Espesor*: grueso de un sólido.

- *Tensión*: fuerza que impide separarse unas de otras a las partículas de un mismo cuerpo cuando se halla en dicho estado.

Bibliografía

- Armoni, S. 1984. El riego por goteo. Conceptos sistemas y características. Israel. 99 p.
- Berlijn, D. J., et al., 1984. Manual para educación agropecuaria riego y drenaje. Editorial Trillas. México. 100 p.
- Gómez, P. 1975 Riegos a presión, aspersión y goteo. Editorial AEDOS. Barcelona España. 245 p.
- INAT-CECIL-JICA. Alternativas de producción de cultivos bajo riego en zonas de ladera. Bogotá, Colombia. 59 p.

2.4 Fertigación

Objetivos

- Dar a conocer los factores que se deben tomar en cuenta al momento de decidir sobre la aplicación del sistema de fertigación.
- Conocer los componentes principales y algunas estructuras necesarias en el establecimiento del sistema de fertigación.
- Proporcionar información de las ventajas y desventajas que presenta el sistema de fertigación.

La fertigación consiste en la aplicación de nutrientes a las plantas o cultivos a través del sistema de riego.

Fertigación es un término que se refiere a la aplicación de nutrientes a través del sistema de riego por goteo. Un programa de fertilización deberá estar basado en un análisis completo del agua, suelo y tejido foliar. Análisis complementarios durante el ciclo del cultivo dan información para actualizar o modificar su programa de fertilización.

Todas las necesidades de fertilización pueden ser aplicadas a través del sistema de riego por goteo, por ejemplo, muchos agricultores inyectan mezclas de NPK formuladas para sistemas de riego por goteo. El nitrógeno, potasio y fósforo están disponibles en forma líquida y sólida soluble apropiadas para sistemas de riego por goteo. Normalmente, los líquidos se mezclan bien con el agua, igualmente debe suceder con los materiales sólidos que se utilicen en la fertilización a través del riego.

Al contrario del nitrógeno, el fósforo generalmente no necesita ser aplicado durante todo el período de desarrollo. Para cultivos que sólo requieren la mayor parte de fósforo durante la etapa inicial del cultivo, se puede aplicar en banda en pre-plantación. Los otros nutrientes pueden ser aplicados por el sistema de riego. Para cultivos que requieren una aplicación más constante de fósforo, el ácido fosfórico aplicado en el sistema funciona muy bien.

En cuanto a los fertilizantes usados se deben observar los siguientes principios:

- Los fertilizantes deben ser totalmente solubles, no deben usarse fertilizantes que tengan ingredientes insolubles.
- Fertilizantes con reacciones básicas no deben ser usados; sólo aquellas soluciones neutras o ácidas.
- La concentración de fertilizantes inyectados al sistema no debe ser mayor de 1:500.
- Si se usan fertilizantes sólidos, la cantidad a usar expresada en litros deberá ser 1.5 veces mayor que en el caso de utilizar fertilizantes líquidos.

Se deben considerar estos tres **períodos en la aplicación de fertilizantes** mezclados con el riego:

1. Se inicia el riego con agua limpia para lograr un equilibrio funcional antes de cambiar el sistema de fertigación, de tal forma que el suelo y el follaje hayan quedado mojados a fondo.
2. Una vez que haya transcurrido el primer tercio del tiempo de riego, se abren las válvulas para admitir la solución fertilizante concentrada en la tubería principal.
3. Inmediatamente después de aplicada la totalidad del fertilizante, se procede a lavar con agua limpia todo vestigio de fertilizante en el sistema de riego (último tercio de 10 minutos).

Ventajas de la fertigación

- Anulación del trabajo de aplicación del fertilizante: La aplicación manual es dificultosa e inexacta.
- Frecuencia de aplicación: permite una nutrición continua y adaptada a las necesidades de la planta.
- Distribución del fertilizante y localización: La solución fertilizadora de nutrientes se diluye en forma homogénea en el agua de riego, y esto hace que sea distribuida en el campo en la misma forma que el agua.
- Protección del follaje: La fertigación es un sistema que distribuye el fertilizante por debajo del follaje; el problema de la dilución y el efecto de la radiación y de la humedad carecen de importancia.
- Coordinación con las distintas etapas de desarrollo de las plantas: Una parte de los éxitos de la fertigación es la coordinación del abastecimiento de nutrientes a las necesidades del cultivo.
- Eficiencia del uso y economía de fertilizantes: El abastecimiento de nutrientes, tal como se ha descrito, dividido en cuotas, aumenta la asimilación, limita las pérdidas en la profundidad por lavado y provoca un mayor aprovechamiento eficiente del fertilizante.
- Control de la profundidad de aplicación: En algunos casos es conveniente aplicar el fertilizante recién al finalizar el riego para impedir la lixiviación de los nutrientes a profundidad.
- Precio y comodidad en el uso: El costo de las soluciones fertilizantes es mucho menor que los sólidos; además se ahorra la carga y descarga de bolsas, almacenamiento, etc.

- Microelementos: Son aplicados en pequeñas cantidades y son caros por lo que es necesario un sistema fiel y exacto para la aplicación eficiente.
- Mejora en la calidad de las fuentes subterráneas: La disminución de las cuotas de fertilizantes y el aumento de su eficiencia permiten postergar o disminuir la contaminación de las fuentes de agua potable.

Desventajas de la fertigración

- Envenenamiento y contaminación: debido a que una gran parte de las redes de agua para riego forman parte de las redes de agua potable. La solución es la precaución y la prevención.
- Coordinación de fertilizantes: el método es apropiado para los fertilizantes suministrados en soluciones o para aquellos que son muy solubles y no apropiado para fertilizantes difícilmente solubles.
- Corrosión: algunas partes metálicas de la red pueden dañarse por la actividad corrosiva de los fertilizantes, especialmente el equipo de fertilización.
- Reacción de los fertilizantes en la red de agua: hay algunos fertilizantes, sobre todo los fosforados, que pueden provocar precipitados en la red de agua como reacción al nivel del pH.

Métodos de fertilización

1. Tanque fertilizador: un recipiente hermético con fertilizante líquido. Una válvula estranguladora aumenta la presión en la entrada del tanque y reduce la presión en la salida. De tal manera que el fertilizante es inyectado al agua de riego.
2. Venturi: está basado en el principio de Venturi "un estrechamiento en un tubo paralelo a la dirección del flujo, produce un vacío". Este vacío hace posible aspirar el fertilizante o cualquier otro líquido al agua de riego. Su desventaja es el consumo de energía hidráulica que puede llegar a un 30% de la presión.
3. Bomba de inyección: son bombas hidráulicas que usan la presión del agua como fuente de energía. Basadas en el accionamiento de diafragmas o de un pistón hidráulico.

EVALUACIÓN

Preguntas del tema

1. Defina fertilización.
2. ¿Cuáles son los principios que deben observarse en cuanto a los fertilizantes usados?
3. Explique los tres períodos de aplicación de los fertilizantes mezclados con el agua de riego.
4. Enumere y explique los tres métodos de fertilización expuestos en el tema.

Unidades básicas

1 kg = 2.2 libras	kg = kilogramo
1 m = 3.28 pies	m = metro
1 m ³ = 35.3 pies ³	m ³ = metro cúbico
	lb = libras

peso del agua = w
 peso del agua = w = 1000 kg/ m³ (en el sistema métrico)
 peso del agua = w = 62.4 libras/ pie³
 Unidad de presión en el sistema métrico p= 1 kg/ m²
 Unidad de presión en el sistema inglés p= 1 lb/ pie²

Relaciones entre las unidades de presión en los sistemas métrico e inglés

Unidades básicas

- Kilogramo: kg
- Metro: m
- Metro cúbico: m³
- Libra: lb.

Como 1 m² = 10.75 pies² (3.28 x 3.28) y 1 kg = 2.2 lb, se tiene:

$$1 \text{ kg/ m}^2 = 2.2 \text{ lb/ } 10.75 \text{ pies}^2 = 0.205 \text{ lb/pies}^2$$

$$1 \text{ lb/pies}^2 = 1 \text{ kg/ m}^2 / 0.205 = 4.88 \text{ kg/ m}^2$$

1 kg/cm² = un kilogramo por centímetro cuadrado es diez mil veces mayor que un kilogramo por metro cuadrado (1 kg/ m²), es una unidad auxiliar que se llama **Atmósfera Métrica**.

En el sistema inglés también se acostumbra tener en lugar del pie cuadrado (pie²) otra unidad más pequeña que es la pulgada cuadrada (pulg²) conservando la fuerza de una libra, y se tiene la unidad libras por pulgada cuadrada (lb/pulg²), que es otra unidad auxiliar 144 veces mayor que la lb/pie².

$$1 \text{ lb/pulg}^2 = 144 \text{ lb/pie}^2$$

Presión en centímetros de mercurio

Imaginémonos una cubeta que contiene mercurio y un tubo de unos 85 a 90 cm (centímetros) cerrado en una extremidad. Si llenamos el tubo completamente de mercurio y tapando la extremidad abierta lo invertimos y lo introducimos dentro de la cubeta, se observa que el nivel del mercurio baja en el interior del tubo puesto que tiende a vaciarse, pero observamos que dicho nivel baja hasta cierta altura, dejando un vacío en la parte superior que recibe el nombre de **cámara barométrica** y en la cual se considera que prácticamente existe un vacío.

Si tomamos un punto A fuera del tubo y otro B dentro de él, como son puntos situados a la misma altura en un líquido homogéneo en reposo, las presiones en ambos deben ser iguales. En el interior la presión se debe a la

columna de mercurio colocada encima de B y en A la presión es debida a la presión atmosférica que obra sobre la superficie libre del mercurio. Para medir la primera se tiene en cuenta la altura (h) de la columna y el peso específico del mercurio (w).

La altura de la columna barométrica es variable con la altitud del lugar en que se efectúa el experimento, y es claro porque mide justamente el peso del espesor (H) de la atmósfera. A nivel del mar es 760 mm cuando no hay perturbación atmosférica. Este valor de la presión atmosférica en el sistema métrico es:

$$P_A = P_B = \text{presión atmosférica} = \text{presión de la columna de mercurio}$$

$$P_{\text{atmosférica}} = w \cdot h = 13600 \text{ kg/m}^3 \times 0.76 \text{ m (760 mm)} \\ = 10336 \text{ kg/m}^2 = 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

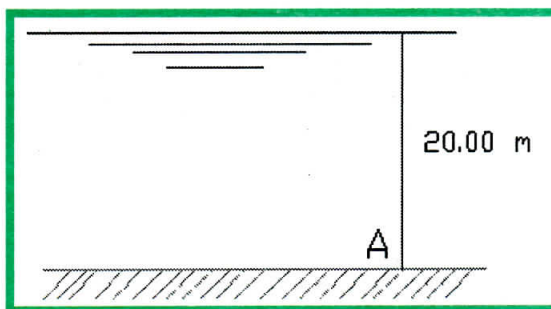
$$\mathbf{1 \text{ Atmósfera Métrica} = 1 \text{ kg/cm}^2}$$

La relación de la atmósfera métrica en la unidad del sistema inglés la obtenemos como sigue:

$$\mathbf{1 \text{ atmósfera métrica} = 10\,000 \text{ kg/m}^2 = 10\,000 \cdot (2.2 \text{ lb} / 10.72 \text{ pie}^2) = \mathbf{14.2 \text{ Lb/pulg}^2}}$$

Ejemplo 2:

Determinar la presión en el punto A contenido en el seno del agua, a una profundidad de 20 metros.



$$P_A = w \cdot h = 20.00 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 20\,000 \text{ kg/m}^2 = 2 \text{ kg/cm}^2 = \mathbf{2.00 \text{ atmósferas.}}$$

Presión absoluta y presión relativa

Llamaremos *presión absoluta* en un punto a la presión total que existe en este punto, debido a todas las causas que están influyendo para producirla.

En el ejemplo 1 el punto A está sometido a una presión que es la suma de la presión atmosférica sobre la superficie libre del líquido, mas la presión de la columna arriba de A; tendremos pues;

Presión absoluta en A = presión atmosférica + presión de la columna líquida arriba de A.

Suponiendo que $p_{atm} = 8500 \text{ kg/m}^2$ es el valor para Olancho o un lugar próximo se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Presión absoluta} &= w \cdot h + p_{atm.} = 20\,000 + 8\,500 = 28\,500 \text{ kg/m}^2 \\ &= 2.85 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Se llama **presión relativa** a la resultante de restar la atmosférica de la presión absoluta. Para el mismo caso anterior tenemos:

$$\text{Presión relativa} = 28\,500 \text{ kg/m}^2 - 8\,500 = 20\,000 \text{ kg/m}^2 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

En unos casos es interesante considerar la presión relativa, y en otros la absoluta.

Si tenemos una bomba que está sacando agua de un pozo, la parte del tubo que está entre el agua del pozo y la bomba tiene la función de conservar un cierto vacío, lo cual hace que la presión atmosférica ejercida sobre la superficie libre del líquido obligue a subir a éste dentro del tubo. Teóricamente el tubo de succión de la bomba podrá tener una longitud de 10.33 m al nivel del mar, y en Olancho 8.56 m, pero en la práctica, estos valores se reducen.

Ejemplo 3:

Calcular la presión relativa del punto A expresándola en:

- 1) Kg/m^2
- 2) Atmósferas métrica
- 3) Libras por pie cuadrados
- 4) Libras por pulgadas cuadradas
- 5) Centímetros de mercurio

Con los datos siguientes:

$$h_A = 16 \text{ m}$$

Para el punto A:

$$1). P_a = w \cdot h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 16 \text{ m} = 16\,000 \text{ kg/m}^2$$

$$2). \frac{16\,000}{10\,000} = 1.6 \text{ atm.}$$

$$3). 16\,000 \frac{2.2}{10.76} = 3\,280 \text{ lb/pie}^2$$

$$4) \frac{3\,200}{144} = 22.76 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$5) \frac{16 \times 76}{10.33} = 117.7 \text{ cm. Hg. (mercurio)}$$

En la hidráulica existen dos fórmulas fundamentales. Sin embargo, la más usada es la ecuación de continuidad.

3.3 Ecuaciones

Ecuaciones de continuidad

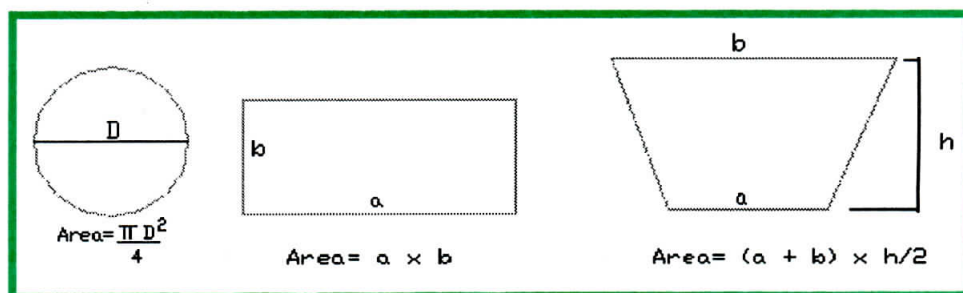
$$Q = V \cdot A$$

donde

Q = El caudal en metros cúbicos por segundo, litros por segundos o en galones por minuto.

V = Es la velocidad del flujo en metros por segundo o en pies por segundos.

A = Es el área de la sección del conducto en estudio en metros cuadrados o pies cuadrados.



Ecuación de BERNOULLI

Mejor llamado teorema de BERNOULLI. Casi todas las relaciones fundamentales de las que se parte en hidráulica están basados en este principio.

En términos sencillos, este principio se puede enunciar así: en un conducto que circula un líquido, la energía de un líquido en un punto 1 es igual a la energía en el punto 2, más las pérdidas (de energía) que gastó en llegar del punto 1 al punto 2.

En términos matemáticos, el principio de Bernoulli se puede expresar como:

$$\frac{V_1^2}{2G} + \frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2G} + \frac{P_2}{W} + Z_2 + h_f$$

Donde

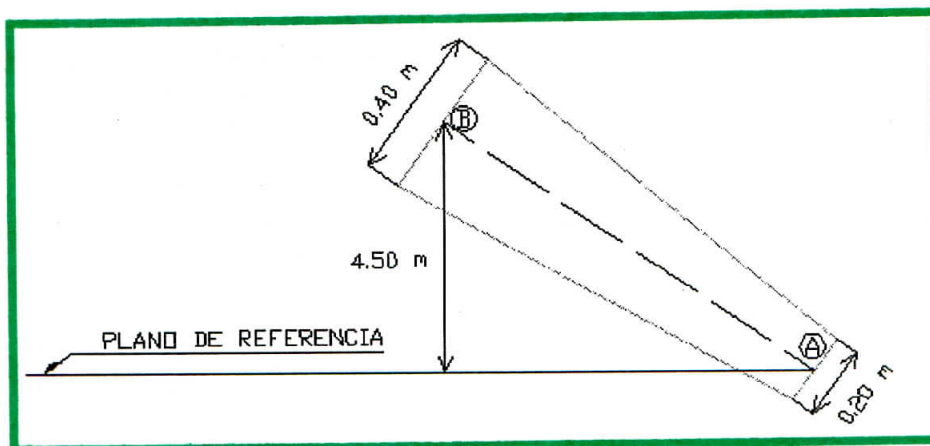
- V_1^2 = Velocidad al cuadrado del flujo en el punto 1 en metros por segundos.
 G = 9.81 metros por segundo cuadrado = Fuerza de la gravedad.
 P_1/W = Presión interna en el punto 1 dividida por el peso del agua en kilogramos por metro cúbico.
 Z_1 = Altura de posición del punto 1, referenciado a un plano arbitrario.
 V_2^2 = Velocidad al cuadrado del flujo en el punto 2 en metros por segundos.
 P_2/W = Presión interna en el punto 2 dividida por el peso del agua en kilogramos por metros cúbicos.
 Z_2 = Altura de posición del punto 2, referenciado a un plano arbitrario.
 H_f = Pérdida de carga por fricción en metros.

Observación:
 Todos los términos de la ecuación de Bernoulli están expresados en metros de altura de agua.

Ejemplo 4:

El diámetro de un tubo cambia gradualmente de 20 centímetros en A a 40 centímetros en B (fig.4) A está 4.50 metros abajo de B, si la presión en A es de 0.70 kg/cm² y en B de 0.60 kg/cm², cuando el caudal es de 105 litros /segundo. Determinar:

1. El sentido de la circulación.
2. La pérdida por fricción entre los dos puntos A y B.



Resumiendo los datos y convirtiendo todo a metros tenemos:

$$P_a = 0.70 \text{ kg/cm}^2 = 7000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_b = 0.60 \text{ kg/cm}^2 = 6000 \text{ kg/m}^2$$

$$Q = 105 \text{ litros / segundos} = 0.105 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$\text{Área B} = \frac{D^2}{4} = 0.7854 \times 0.40^2 = 0.1257 \text{ m}^2 \quad : 3,14$$

$$\text{Área A} = \frac{D^2}{4} = 0.7854 \times 0.20^2 = 0.0314 \text{ m}^2$$

El sentido de circulación quedará determinado por la suma de las energías en A y en B; la corriente irá del punto de mayor energía al de menor energía

Por la ecuación de continuidad tenemos: $Q = V \times A$, despejamos la ecuación para V en el punto B.

$$V = Q / A$$

$$V_B = 0.105 / 0.1257 = 0.835 \text{ m/seg}$$

Despejando la ecuación para V en el punto A.

$$V = Q / A$$

$$V_A = 0.105 / 0.0314 = 3.34 \text{ m/seg}$$

Calculando cada uno de los términos de la ecuación de Bernoulli para pasarlos a metros

En el punto B:

$$V_B^2 / 2g = 0.835^2 / 2 \times 9.81 = 0.035 \text{ m}$$

$$P_B / w = 6000 / 1000 = 6.00 \text{ m}$$

$$h_B = 4.50 \text{ m}$$

$$\text{Suma de cargas} = 10.535 \text{ m}$$

En el punto A:

$$V_A^2 / 2g = 3.34^2 / 2 \times 9.81 = 0.570 \text{ m}$$

$$P_A / w = 7000 / 1000 = 7.00 \text{ m}$$

$$h_A = 0.00 \text{ m}$$

$$\text{Suma de cargas} = 7.570 \text{ m}$$

Siendo 10.535 mayor(>) que 7.570 se ve que la circulación es de B hacia A. Y tomando la diferencia entre la suma de las cargas tenemos:

$$H_f = 10.535 - 7.570 = 2.965 \text{ m de pérdida de carga hidráulica}$$

Con los datos del problema anterior, determínese la descarga en litros por segundo cuando hay la misma presión en los dos puntos; depréciase la pérdida de carga hidráulica H_f .

Las áreas del tubo ya fueron calculadas en el problema anterior:

$$\begin{aligned}\text{Área en la sección B} &= 0.1257 \text{ m}^2 \\ \text{Área en la sección A} &= 0.0314 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_B &= 4.50 \text{ m} \\ H_A &= 0.00 \text{ m}\end{aligned}$$

$$P_A = P_B$$

Aplicando el teorema de Bernoulli entre los dos (2) puntos tenemos:

$$H_B + \frac{V_B^2}{2g} = \frac{V_A^2}{2g} \quad (\text{Ec. 1})$$

Recordando la ecuación de continuidad sabemos que $Q = V_A \times A_A = V_B \times A_B$ entonces,

$$\begin{aligned}V_A \times A_A &= V_B \times A_B \text{ de aquí despejamos } V_A = (V_B \times A_B) / A_A \text{ sustituyendo este valor en la} \\ \text{Ec. 1 tenemos } H_B + \frac{V_B^2}{2g} &= \frac{V_A^2}{2g} \\ &= \frac{(V_B^2 \times A_B^2)}{(A_A^2 \times 2g)} \\ H_B &= \frac{(V_B^2 \times A_B^2)}{(A_A^2 \times 2g)} - \frac{V_B^2}{2g}\end{aligned}$$

Sustituyendo las letras por los números

$$\begin{aligned}4.50 &= \frac{(0.1257^2 \times V_B^2)}{19.62 \times 0.0314^2} - \frac{V_B^2}{19.62} \\ 4.50 &= \frac{(0.0158 \times V_B^2)}{(19.62 \times 0.00099)} - \frac{V_B^2}{19.62} \\ 4.50 &= 0.8134 \times V_B^2 - 0.05097 V_B^2 \\ 4.50 &= 0.8134 \times V_B^2 - 0.05097 V_B^2 \\ 4.50 &= 0.76243 \times V_B^2 \\ V_B^2 &= 4.50 / 0.76243 \\ V_B &= 4.50 / 0.76243 = 2.43 \text{ m/seg velocidad en la sección B}\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}Q &= \text{Área de B} \times V_B \\ Q &= 0.1257 \text{ m}^2 \times 2.43 \text{ m/seg} \\ Q &= 0.305 \text{ m}^3/\text{seg.} = 305 \text{ litros/seg.}\end{aligned}$$

Ejercicio 5:

El diámetro de un tubo cambia gradualmente de 0.20m en A a 0.40 m en B.(Fig. 4) Si la presión en A es de 0.20 kg/cm² mayor que en B ¿cuál es la diferencia de nivel entre esos dos puntos si escurre un caudal de 220 litros/seg.? Deprecie las pérdidas por fricción H_f .

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} = \frac{V_B^2}{2g} + H_B \quad 0.20 \text{ kg/cm}^2 = 2.00 \text{ m}$$

$$\frac{V_A^2}{2g} + \frac{P_A}{w} - \frac{V_B^2}{2g} = H_B \quad Q = V \times A, V = Q/A$$

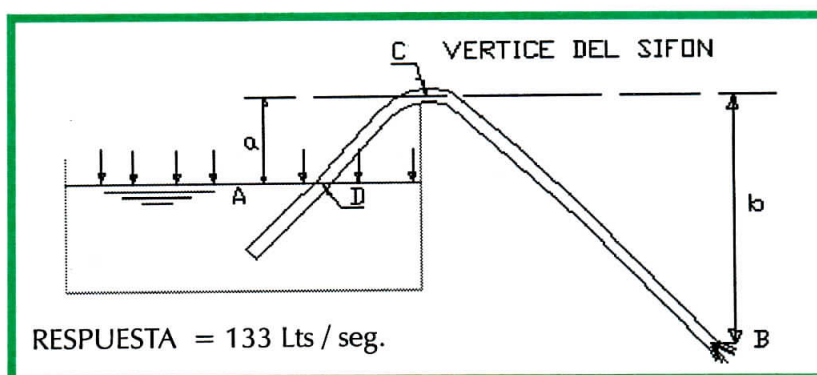
$$V_A = 0.22 / 0.0314 = 7.00 \text{ m/seg} \quad V_B = 0.22 / 0.1257 = 1.75 \text{ m/seg}$$

$$7^2/2(9.81) + 2.00 \quad 1.75^2/2(9.81) = H_B$$

$$H_B = 4.34 \text{ m}$$

Ejercicio 6:

En la figura se muestra un sifón que descarga agua de un tanque. La diferencia de nivel entre un punto A en la superficie libre y el vértice del sifón es $a = 1.50$ metros y la diferencia de nivel entre un punto B en la salida es de $b = 6.40$ metros, el diámetro de la tubería es de 0.15 metros. Si hay una pérdida por frotamiento de 0.90 m entre A y el vértice del sifón, y de 1.10 m entre el vértice y B ¿cuál es la presión absoluta en el vértice expresa en kg/cm²? Determinar también el caudal en litros por segundos. La presión atmosférica del lugar es de 58.6 cm de mercurio.



3.4 Circulación de agua en los vertederos

Definición y clasificación

Se llama vertedor a un dispositivo hidráulico que consiste en una escotadura a través de la cual se hace circular el agua. Ver figuras.

