

## Colombia

- Bogotá D.C.
  - Dirección: Aut. Bogotá-Medellín km 7,5 costado occidental, Parque Industrial Celta Bod. 86 y 93
  - E-mail: [construccion@barnes.com.co](mailto:construccion@barnes.com.co)
  - PBX: (+1) 743 9090
  - Fax: (+1) 742 6825

## Argentina

- Provincia de Buenos Aires
  - Dirección: Le Corbusier 240 (B1616AEF)
  - Teléfono: (+5411) 4463 1477 / (+5411) 4463 3000

## Estados Unidos

- Dallas, Texas
  - Dirección: 4034 Mint Way, 75237.
  - Teléfono: 800-783-6756 / 214-337-8780

## Guatemala

- Ciudad de Guatemala
  - Dirección: 2a. Ave. 13-35, Zona 17 Ofibodega N.30 Los Almendros
  - Teléfono: (+502) 2255-1796 / (+502) 2431-1353

## México

- Monterrey
  - Dirección: Sigma 9224 Cd. Industrial Mitras, García, N.L. CP 66000.
  - Teléfono: (81) 8000 0550
- Guadalajara
  - Dirección: Calle Javier Ruiz Velazco No. 10, Colonia Balcones del Sol, Zapopán, Jalisco. CP 45068.
  - Teléfono: (33) 3812 9481
- Hermosillo
  - Dirección: Guillermo Arreola No. 72 entre Tabasco y Campeche, Colonia Olivares, Hermosillo, Sonora. CP 83180.
  - Teléfono: (66) 2207 1158
- Estado de México
  - Dirección: Boulevard Centro Industrial No. 26 Bod. B2, Fraccionamiento Industrial Puente de Vigas, Tlalnepantla. CP 54070.
  - Teléfono: (55) 6387 8896

## Panamá

- Ciudad de Panamá
  - Dirección: Calle W con calle 15, Parque Lefevre.
  - Teléfono: (+507) 221 1171

## Perú

- Lima
  - E-mail: [edcasado@wdmpumps.com](mailto:edcasado@wdmpumps.com)
  - Teléfono: (+511) 9878 15371



[www.barnes.com.co](http://www.barnes.com.co)

[www.barnes.com.co](http://www.barnes.com.co)

**Manual Práctico**  
Bombas para agua y Sistemas de presión





Barnes de Colombia es un fabricante de bombas para agua y sistemas de presión con origen y tecnología estadounidense. Actualmente exportamos a Sur, Centro y Norteamérica y tenemos plantas instaladas en Argentina, México, Panamá, Guatemala y Estados Unidos.

El éxito de Barnes de Colombia en el mercado se basa en su diseño, calidad y respaldo. Contamos con un equipo de ingenieros y técnicos especializados en el desarrollo y fabricación de nuestros productos con la más moderna maquinaria que garantiza una excelente calidad.

Nuestra organización pone a su servicio una especializada fuerza de ventas que le ayudará a encontrar una solución a sus necesidades de manejo del agua.

Nuestros productos se utilizan en la extracción, conducción y elevación de agua. Sus aplicaciones más comunes son el manejo del agua potable, aguas lluvias y aguas negras, desinundaciones, procesamiento de granos, suministro de agua en edificios, lavado de carros, maquinaria y establos, aumento de presión en tuberías de suministro, extinción de incendios, riego por aspersión, minería, recirculación de agua en piscinas y torres de enfriamiento, plantas de tratamiento de agua, drenajes y construcción en general.

En la actualidad Barnes de Colombia pertenece al grupo empresarial Corporación EG., compañía mexicana que cuenta con reconocidas empresas fabricantes de bombas como Barnes de Colombia S.A. y Ruhrpumpen INC. en Estados Unidos; Deming, Worthington de México y Nassa Johnston en México; y Ruhrpumpen GMBH en Alemania.

Esta integración que amplió en gran medida la gama de líneas de bombas que se ofrecen para satisfacer las necesidades de manejo del agua a gran escala en acueductos, industria petroquímica y pesquera, tratamiento de aguas residuales y equipos contraincendio.

Dentro de nuestro portafolio contamos con bombas Caseras, Jet, Alta presión, GS, Multietapas, Autocebantes, ANSI, Aguas residuales y Sumergibles Pozo profundo. Además Barnes de Colombia, pensando en brindar un espectro más amplio de posibilidades, pone a su disposición motores, plantas eléctricas, hidrolavadoras, fumigadoras y una amplia gama de accesorios.

Contamos también con un almacén de repuestos que suple enteramente sus necesidades.



# ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Páginas
<b>1</b>	<b>Bombas para agua</b>	<b>6-19</b>
	1.1. Qué es una bomba para agua?	6
	1.2. Requisitos de una bomba para agua	6
	1.3. La curva de rendimiento	6
	1.4. La "Deflexión" y la "Operación"	7-8
	1.5. Tipos de bombas según su estructura	9-11
	1.6. Qué es una bomba centrífuga?	12
	1.7. Componentes de una bomba centrífuga	12-13
	1.7.1. La voluta	14
	1.7.2. El impulsor	14-16
	1.7.3. El cierre del eje	17
	1.7.4. El motor	18
	1.7.5. Accesorios	18-19
<b>2</b>	<b>Terminología</b>	<b>20-21</b>
	2.1. Terminología	20
	2.2. Convenciones	21
<b>3</b>	<b>Selección de una bomba para agua</b>	<b>22-29</b>
	3.1. Datos para seleccionar una bomba	22
	3.1.1. Tipo de líquido	22-23
	3.1.2. La fuente	23
	3.1.3. Trabajo real	23-24
	3.1.4. Motor	25-26
	3.1.5. Cotización	26
	3.1.6. Post-venta	26-27
	3.2. Pasos para seleccionar una bomba	28
	3.3. Pasos para seleccionar una bomba Pozo profundo	29
	3.4. La cavitación	30
	3.5. Leyes de afinidad	31
	3.6. Instalación ideal de una bomba	32
	3.7. Aplicaciones de las bombas Barnes de Colombia	33
<b>4</b>	<b>Las pérdidas por fricción</b>	<b>34-39</b>
	4.1. Fórmulas de Hazen-Williams	34
	4.2. Fórmulas de Barnes A.A.	35
	4.3. Tabla de pérdidas por fricción	35-36
	4.4. Longitud equivalente para accesorios (m)	37
	4.5. Tabla de pérdidas por fricción	37-38
	4.6. Pérdidas por fricción en válvulas y accesorios	39

Capítulo	Descripción	Páginas
<b>5</b>	<b>Tablas de equivalencia</b>	<b>40-45</b>
	5.1. Equivalencias de presión	40-41
	5.2. Equivalencias de caudal	41-42
	5.3. Efectos de la altura sobre el nivel del mar en los motores a combustión	42
	5.4. Efectos de la temperatura en la potencia	42
	5.5. Efectos de la altitud sobre el NPSH disponible	43
	5.6. Presión de vapor del agua a diferente temperatura	43-44
	5.7. Factores de conversión	45
<b>6</b>	<b>Sistemas de presión</b>	<b>46-59</b>
	6.1. Requisitos de un buen sistema de presión	46
	6.2. Características técnicas	46-47
	6.3. Tipos de sistemas de presión	47
	6.4. Aplicaciones	47
	6.5. Diagrama típico de instalación	48
	6.6. Cálculos del sistema	48
	6.6.1. 12 pasos para seleccionar un sistema de presión	48
	6.6.2. Selección de bombas	50-51
	6.6.3. Fraccionamiento	52
	6.6.4. Consumo según el tipo de uso y establecimiento	52-53
	6.6.5. Consumo para algunos accesorios	53
	6.6.6. Consumo típico en residencias	54
	6.6.7. Consumo típico en edificios	54-55
<b>7</b>	6.6.8. Selección del tanque hidroneumático	55
	6.6.9. Condiciones de trabajo de los tanques con membrana	56
	6.6.10. Dimensiones gales, de los tanques con membrana	56
	6.7. Mantenimiento de un sistema de presión	57-58
<b>8</b>	<b>Sistemas de riego</b>	<b>59-60</b>
	7.1. Tamaño del riego	59-60
	7.2. Rendimiento de aspersores y cañones	60
	7.3. Intensidades máximas de aplicación	60
<b>9</b>	<b>Información técnica general</b>	<b>61-63</b>
	8.1. Poleas	61
	8.2. Relación entre poleas	61-62
<b>9</b>	8.3. Velocidad de la correa	62-63
	<b>Compendio de fórmulas</b>	<b>64-66</b>



## CAPÍTULO 1

### Bombas para agua

#### 1.1. Qué es una bomba para agua?

Es un mecanismo que convierte energía mecánica o eléctrica aportada por un motor en energía hidráulica.

Dicha energía hidráulica nos sirve para llevar un volumen de agua determinado (Q) a una altura determinada (H).

#### 1.2. Requisitos de una bomba para el manejo del agua

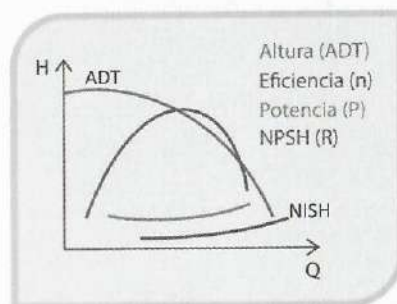
Buen funcionamiento

Bajo costo de inversión inicial

Bajo costo en la operación

Flexibilidad

#### 1.3. Elementos de una curva de rendimiento



Estas curvas se obtienen probando la bomba con agua limpia y fría (15,6°C).

#### Caudal "Q"

Es el volumen de agua transportado en una unidad de tiempo definida. Debe relacionarse con la cantidad de agua requerida para efectuar un proceso.

Se expresa en:

gpm = Galones por minuto  
L / min = Litros por minuto  
(m<sup>3</sup>/h= metros cúbicos x hora)

#### Presión "H"

Fuerza ejercida sobre una unidad de área.

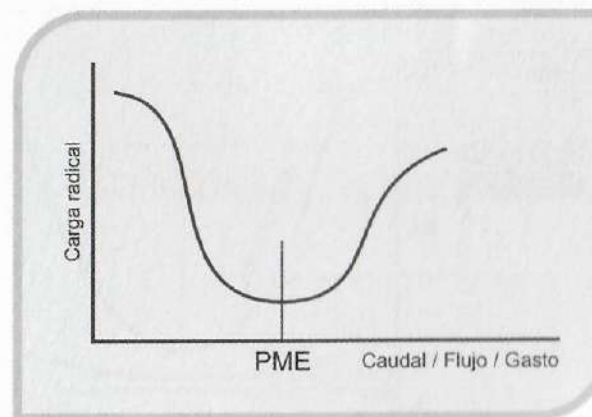
Se expresa en:

PSI = Pounds square inch

mca = Metros columna de agua. (Para no confundir a nuestros clientes, en nuestras curvas lo encontrará como "m" de metros).

Pies columna de agua (Traducción: Feet = ft)

#### 1.4. La "Deflexión" y la "Operación"



Las cargas radiales y el mantenimiento suben si la bomba se opera demasiado hacia la izquierda o a la derecha de su PME.

**PME= Punto de mejor eficiencia**

## La deflexión del eje

Considere una bomba con carcaza de doble voluta.

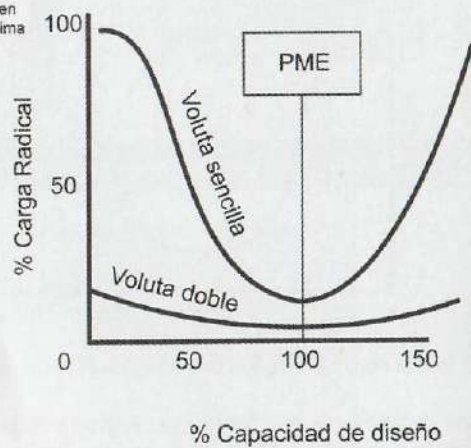


Carcasa de voluta sencilla.

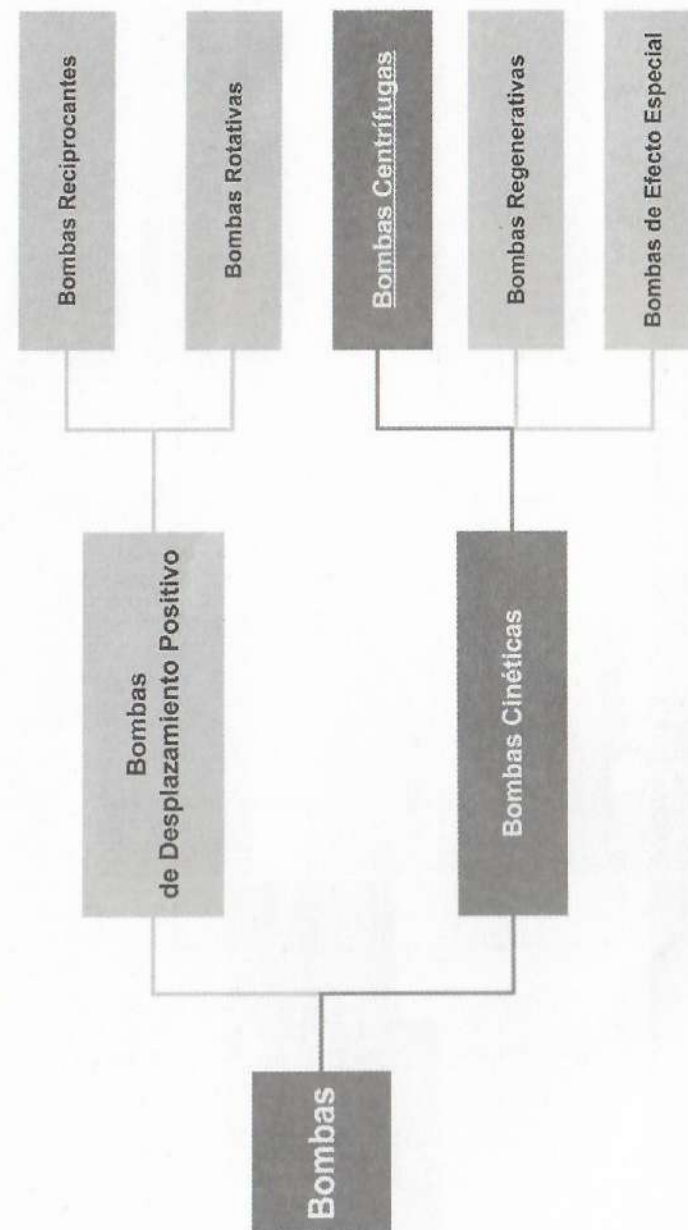


Carcasa de doble voluta.

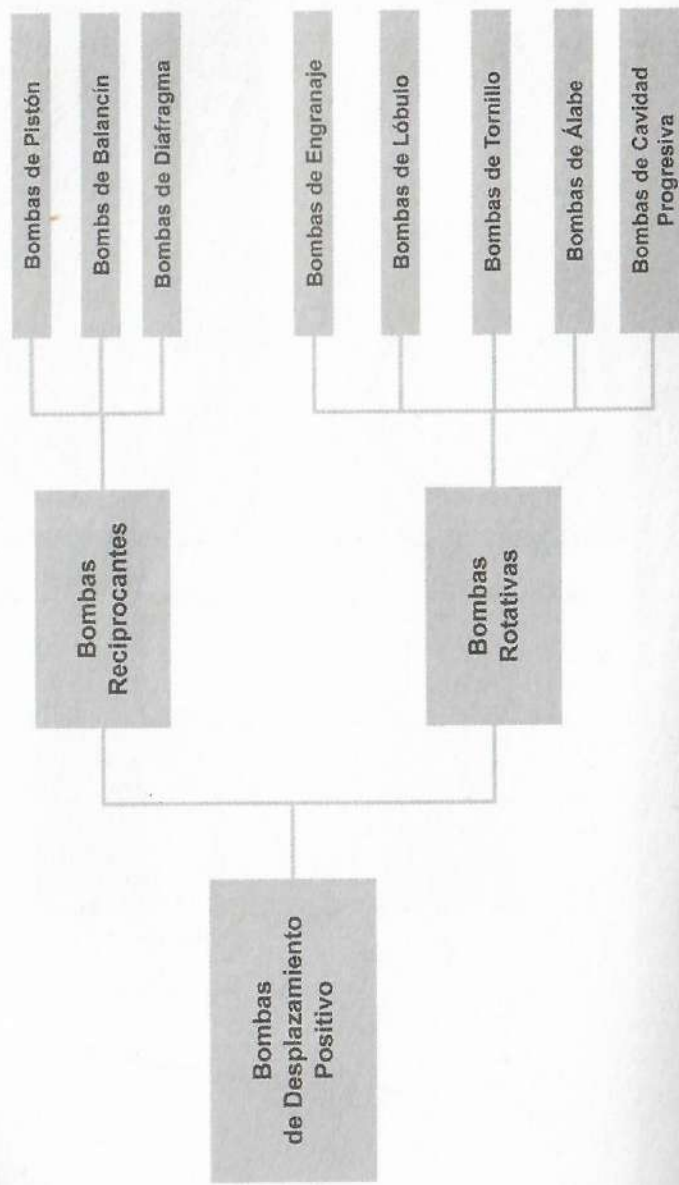
100% Fuerza Radial en el punto de Altura Máxima



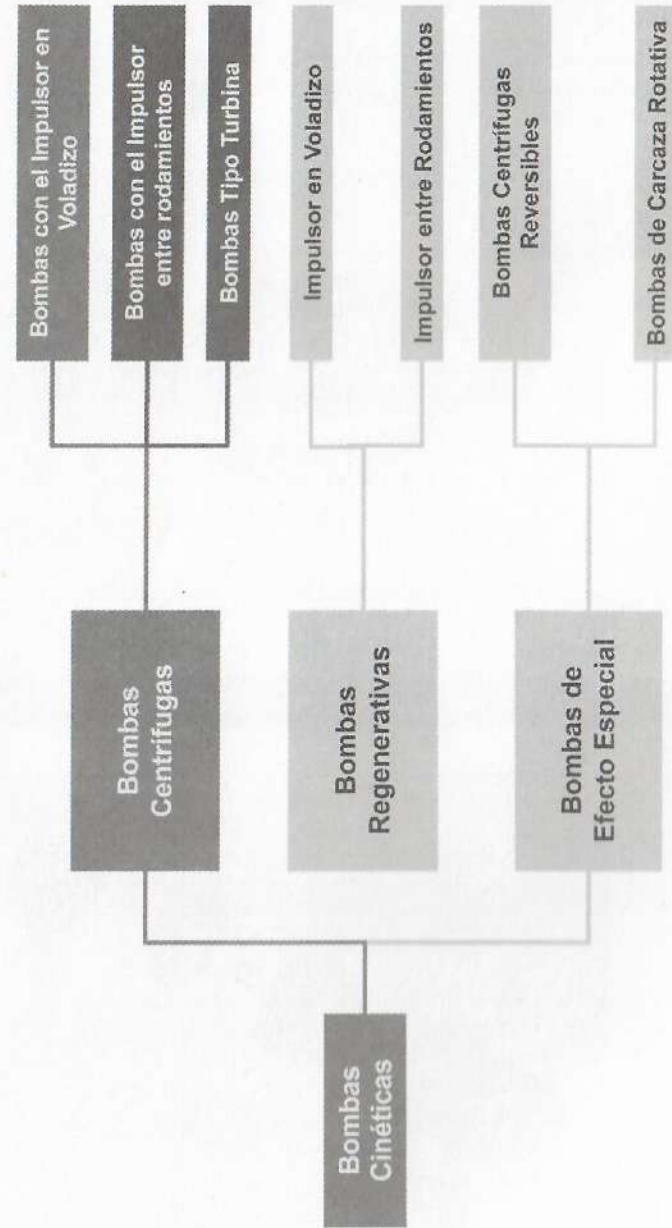
## 1.5. Tipos de bombas según su estructura



## Tipos de Bombas de desplazamiento positivo



## Tipos de Bombas cinéticas



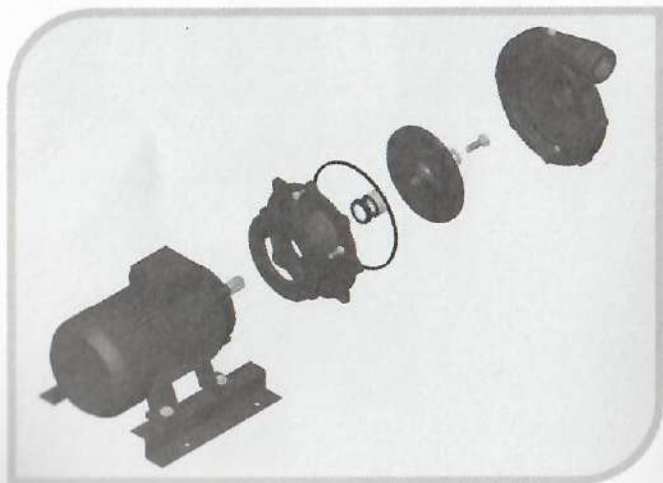


## 1.6. Qué es una bomba centrífuga

Es una máquina que convierte un flujo axial en un flujo radial por medio de los álabes de un impulsor, imprimiéndole su fuerza hidráulica gracias a la fuerza centrífuga.



## 1.7. Componentes de una bomba centrífuga



Cuerpo



Acople



Impulsor



Sello mecánico



Eje

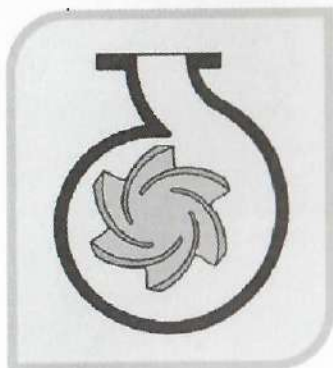


Motor

### 1.7.1. La Voluta

Existen tres tipos de voluta:

- En la mayoría de las bombas la voluta es el mismo cuerpo de la bomba.
- En las Bombas Autocebantes la voluta internamente cierra el impulsor para que haga su trabajo hidráulico.
- En las Bombas Multietapas la voluta, llamada "Difusor" transmite el líquido de un impulsor a otro.

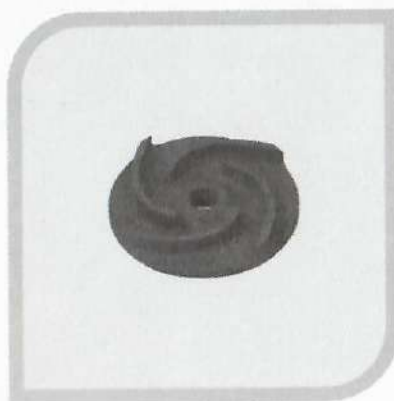


**Voluta sencilla**



**Voluta doble**

### 1.7.2. El Impulsor



- Es el corazón de la bomba ya que es el componente que hace el trabajo hidráulico, transfiriendo la energía del motor al líquido.
- De acuerdo a su diámetro se obtiene el rendimiento de presión.
- De acuerdo a la altura de los álabes se obtiene el rendimiento de caudal.

Tipos de Impulsor según su Construcción y según su tipo de flujo



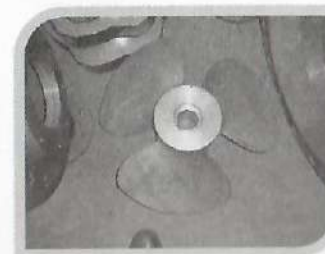
**Construcción: Cerrado**  
**Tipo de flujo: Radial**



**Construcción: Semiabierto**  
**Tipo de flujo: Radial**



**Construcción: Abierto**  
**Tipo de flujo: Mixto**



**Construcción: Axial**  
**Tipo de flujo: Axial**

Tipo de Construcción	Eficiencia	Fluido	Temperatura
Cerrado	Buena	Limpio	Baja o alta
Semiabierto	Regular	Sucio	Baja
Abierto	Mala	Sucio	Alta

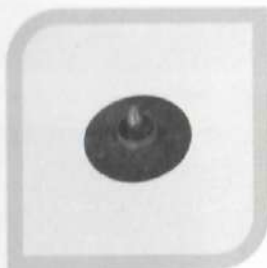
Tipo de flujo	Eficiencia	Caudal / Gasto	Presión / Carga
Radial	Baja	Bajo	Alta
Mixto	Media	Medio	Media
Axial	Alta	Alto	Baja



**Material:**

**Aplicaciones:**

**Plástico**



- Aguas con contenidos químicos.
- Temperaturas hasta 70°C.

**Hierro**



- Fluidos calientes, aguas no agresivas.
- Temperaturas hasta 100°C.

**Bronce**



- Aguas agresivas (Ejemplo: Agua salada).
- Temperaturas hasta 100°C.

**Acero  
Inoxidable**



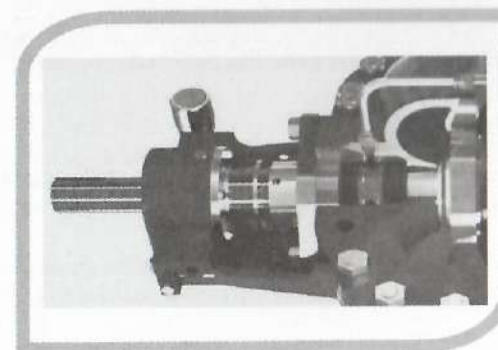
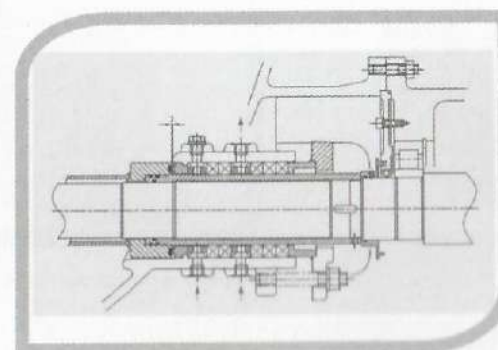
- Aguas agresivas (Ejemplo: Agua salada).
- Temperaturas hasta 100°C.

**1.7.3. Cierre del eje**

**Sello mecánico**

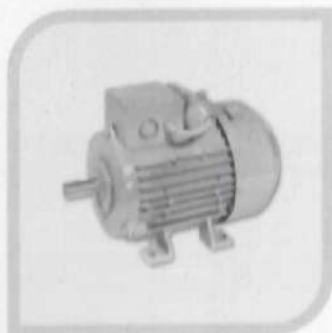


**Sello estopero**



#### 1.7.4. El Motor

Motor eléctrico



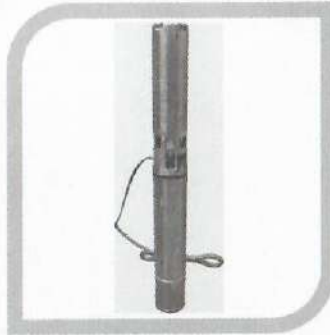
Motor a gasolina



Motor diesel



Motor Eléctrico Sumergible



Para ser accionada con tractor, caída de agua, etc.

Eyector Convertible



Eyector Pozo Profundo



Valvula de Pie



#### 1.7.5. Accesorios

Eyectores:

Aparato que incrementa la capacidad de succión en las bombas, disminuyendo el rendimiento en caudal (aplicación en pozos profundos).

En pozo llano se instala directamente en la succión de la bomba e incrementa la presión de descarga, disminuyendo el rendimiento en caudal.



## CAPÍTULO 2

### Terminología y convenciones

#### 2.1. Terminología

- **Altura estática:** Es el desnivel físico o diferencia vertical de altura que existe entre dos puntos. Se divide en altura estática de succión y altura estática de descarga.
- **Altura estática de elevación (he):** Es la diferencia vertical de altura entre el eje de la bomba y el punto máximo de elevación del agua.
- **Arrancador:** Protector termomagnético del motor contra subidas y caídas del voltaje lo mismo que el operador automático o manual para encendido o apagado de la bomba.
- **Bomba:** Máquina para extraer, elevar e impulsar algún fluido, cuya función es adicionarle energía al fluido para que pueda realizar un trabajo.
- **Cabeza dinámica total:** Altura a la cual se puede elevar un líquido teniendo en cuenta la suma de las alturas estáticas de succión y descarga, al igual que las pérdidas por fricción en estos mismos recorridos y también la presión de trabajo.
- **Densidad:** La cantidad de masa que existen en un volumen determinado.
- **Caudal:** La cantidad teórica del fluido que transporta la bomba, usualmente expresada en gpm.
- **Eyector:** Accesorio que incrementa la capacidad de succión o impulsión en las bombas, aumentando la presión, en ciertas bombas, con disminución de caudal.
- **Fricción:** Es la fuerza que se opone a que un fluido se movilice; se relaciona con la viscosidad del fluido, la rugosidad de la tubería, el diámetro y caudal a través de ella.
- **Gravedad específica:** Es la relación existente entre la densidad del fluido y la del agua.
- **Longitud equivalente:** Es la conversión de las pérdidas por accesorios de la tubería (codos, té, válvulas, etc.). En una longitud de tubería

recta.

- **NPSH (Net Positive Suction Head):** Presión barométrica del lugar, menos la tensión de vapor de agua a la temperatura en el sitio, menos altura dinámica de succión.
- **Pérdidas por fricción (hpf):** Es la pérdida de presión del fluido debido a la fricción; depende de la rugosidad y diámetro de la tubería y del caudal. Estas pérdidas se expresan en metros o pies.
- **Presión:** Fuerza ejercida sobre la unidad de área; se mide en PSI. (Libras / pulgada 2) o en altura de columna de agua (pies o metros).
- **Presión de trabajo (pw):** Es la presión que demanda el accesorio o aparato ubicado en el punto más crítico del sistema (un aspersor, calentador a paso, etc.).
- **Slip:** Pérdidas en el transporte debido a escape del líquido, dentro de la bomba y desde la succión hasta la descarga.
- **Viscosidad:** Es la resistencia al movimiento que se ejerce internamente en las partículas de determinado fluido.

#### 2.2. Convenciones

Variable	Significado
BHP	Potencia requerida
CDT	Cabeza dinámica total
gpm	Galones por minuto
lps	Litros por segundo
H	Presión
Hd	Altura de descarga
Hpf	Altura equivalente de pérdidas por fricción
L / min	Litros por minuto
m <sup>3</sup> / h	Metros cúbicos hora

Variable	Significado
mca	Metros columna de agua
pca	Pies columna de agua
Pw	Presión de trabajo
Q	Caudal
S.Gr	Gravedad específica para el agua

## CAPÍTULO 3

### Selección de una bomba centrífuga

La selección de una bomba debe satisfacer totalmente las dos principales necesidades del cliente:

**La bomba adecuada al menor precio posible.**

Si desde un principio lo hacemos bien, lograremos:

1. Cliente satisfecho = Cliente fiel
2. Cliente fiel = Clientes nuevos o referidos

Para hacer la selección correcta del modelo, debe obtener la mayor información posible de las condiciones en las cuáles va a trabajar la bomba. Las siguientes son las 6 preguntas que debemos hacer para obtener dichos datos:

#### 3.1. Datos para seleccionar una bomba para agua

Pregunta	Objetivo de la pregunta
1 ¿Qué tipo de líquido va a bombear?	Definir la Familia de bombas
2 ¿Dónde se encuentra el líquido que va a bombear?	
3 ¿Qué caudal requiere?	
4 ¿Qué presión requiere?	
5 ¿Cuál sería el tipo de alimentación del motor?	Definir el tipo de alimentación del motor de la bomba
6 ¿Qué condiciones de succión tendrá el sistema de bombeo? (Aplique fórmula NPSHa vs. NPSHr)	Definir el NPSH requerido y disponible

Tabla No. 1

##### 3.1.1. Tipo de líquido

Aunque nuestras bombas son para manejo de agua, ésta puede contener impurezas, sólidos en suspensión, aceites o desechos químicos, entre otros. Por lo anterior, el primer paso para seleccionar una bomba es definir el tipo de fluido, para así conocer el tipo de impulsor que debe tener la

bomba.

Los siguientes son los tipos de impulsor de acuerdo al tipo de fluido que manejan:

- Impulsor semiabierto: Aplica para aguas sucias.
- Impulsor cerrado: Aplica para aguas limpias.
- Impulsor de dos álabes (inatascable): Aplica para aguas negras.

##### 3.1.2. La fuente

"La fuente" se refiere al sitio donde se encuentra el agua que va a ser bombeada. Los siguientes son algunos ejemplos:

- De un tanque de almacenamiento.
- De un río o quebrada.
- De un lago.
- Del mar.
- De un aljibe o pozo profundo.

Luego de definir la fuente

- Si es de un río: Agua con arena.
- Si es de un tanque: Agua limpia.
- Si es de mar: Agua salada.

Igualmente se va estrechando el campo para la correcta selección de la bomba; tal vez una bomba jet si el agua va a ser bombeada desde un aljibe, una bomba autocebante si es desde un río, una bomba sumergible tipo lapicero si es desde un pozo profundo, o en bronce o aluminio si el agua es de mar, entre muchas más posibilidades.

##### 3.1.3. Trabajo real

El paso siguiente es conocer el trabajo real; determinaremos entonces la presión que debe suministrar.

Los datos por tomar son: el caudal, la altura de succión, la altura de descarga, la longitud de tubería, el diámetro y material de la misma; con esta información podemos proceder a efectuar los cálculos necesarios para seleccionar la bomba correcta.

Algo que es de gran ayuda es lograr el dibujo de un triángulo en el que se señalen los datos:



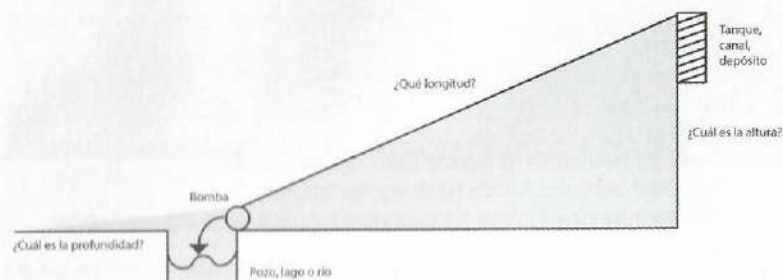


Diagrama No. 1

Si nuestro cliente no conoce o no está muy seguro acerca de las medidas mencionadas anteriormente, podemos obtener dicha información haciendo preguntas que busquen hacer comparaciones, por ejemplo:

- ¿A cuántas cuadras de distancia está la fuente?
- ¿La altura es similar a la de algún edificio de los que ve en este momento?

Seleccionamos la familia a la cuál pertenece la bomba

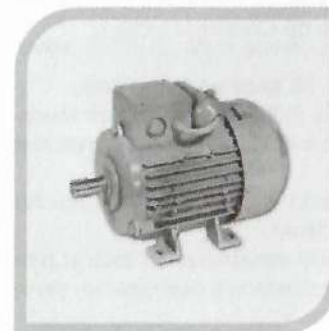
El siguiente paso es averiguar si hay tubería instalada para hacer los ajustes en la cabeza dinámica debidos a la fricción. En caso contrario, lo correcto es aconsejar el diámetro y el material que logre la siguiente combinación: poca fricción, bajo costo y facilidad de consecución.

En este punto, ya podemos definir la familia de bombas en la cuál podemos buscar el modelo exacto y adecuado para suplir las necesidades del cliente.

### 3.1.4. El Motor

Para determinar el tipo de motor de la bomba, debemos conocer si el lugar donde va a trabajar la bomba dispone de energía, de lo contrario, debemos decidir junto con el cliente dentro de las siguientes alternativas:

#### Motor eléctrico



#### Motor a gasolina



#### Motor diesel



#### Acople universal



Para ser accionada con tractor, calda de agua, etc

Si la alimentación de la bomba va a ser eléctrica, es importante conocer el voltaje y el número de fases; como también realizar las recomendaciones del uso de protección térmica, más si se van a usar en el campo y a grandes distancias de las acometidas a los transformadores.

También se debe pensar en la economía de la operación con combustible diesel o con gasolina según el caso; es importante que el cliente sepa que

nos interesa venderle lo que le sirva y que le cueste menos, no lo que le cueste más.

### 3.1.5. Cotización

En el momento de entregar la cotización al cliente hay algo que debemos incluir, y es la explicación que en el momento de comparar los precios con los de otras marcas, deben saber que Barnes de Colombia incluye:

- El respaldo de una marca con más de 55 años en el mercado.
- Un almacén de repuestos con más de 5.000 referencias en inventario que garantizan la rápida solución a cualquier eventualidad que se pueda presentar.
- Un Servicio técnico altamente calificado y con cobertura nacional que ofrece total tranquilidad y confiabilidad.
- Una red de distribución con más de 400 almacenes en todo el país que permiten la fácil consecución de repuestos y gestionar un servicio técnico de última hora.
- Garantía de 1 año.

### 3.1.6. Post-venta

No todo termina cuando el dinero entra en la caja registradora y la bomba sale del almacén; si pensamos así nos llevaremos más de una desagradable sorpresa.

Para Barnes de Colombia lo importante no es vender un producto, es satisfacer una necesidad y crear con los clientes una relación que va más allá del momento de la compra y que perdura luego de la instalación de sus productos. Por esta razón brindamos un acompañamiento Post-venta que genera un total respaldo de su compra.

Es fundamental que el cliente sepa que si tiene cualquier clase de dificultad con la bomba o con el motor, puede recurrir a nosotros para solucionarlo; es preciso que sepa lo dispuestos que estamos a prestarle colaboración si la bomba no funciona de la manera esperada.

Una de las principales causas para que la bomba no cumpla con las expectativas del cliente, es el cambio de datos entre la información suministrada en el momento de seleccionar la bomba y la realidad. A veces 10 metros de altura se convierten en 30, o 30 metros de longitud con manguera de 2 pulgadas se transformarán en 100 metros con manguera de 1 ½ de diámetro.

El vendedor ha de estar psicológicamente preparado para todo esto y debe gestionar cualquier reclamo en la forma más respetuosa, diplomática y práctica posible; siempre buscando darle una solución al cliente.

No olvidemos que el campesino más humilde es igual al hacendado más adinerado; ambos merecen todo nuestro respeto y toda nuestra atención.

Quien confía en nosotros y habla bien de nuestra empresa y nuestros productos, se constituye en el mejor medio de publicidad. Barnes de Colombia ha construido su reputación basándose en este principio, y gracias a él, lleva más de 55 años siendo líder en el mercado.



### 3.2. Pasos para seleccionar una bomba para agua

	Datos requeridos	Unidad de medida	Valor
1	Altura de succión (Diferencia de niveles entre la superficie del agua y la bomba)	Metros =	
2	Altura de la descarga (Diferencia de nivel entre la bomba y el punto más alto donde se quiere descargar el agua)	Metros =	
3	Longitud de la tubería de succión	Metros =	
4	Longitud de la tubería de descarga	Metros =	
5	Diámetro tubería de succión	Pulgadas =	
6	Diámetro tubería de descarga	Pulgadas =	
7	Caudal requerido	Litros por hora = Galones por minuto =	
8	Altitud del sitio sobre el nivel del mar	Metros =	
9	Tipo de motor requerido	Eléctrico	Voltios =
			Ciclos =
			Fases =
		Gasolina	
		Diesel	

Tabla No. 2

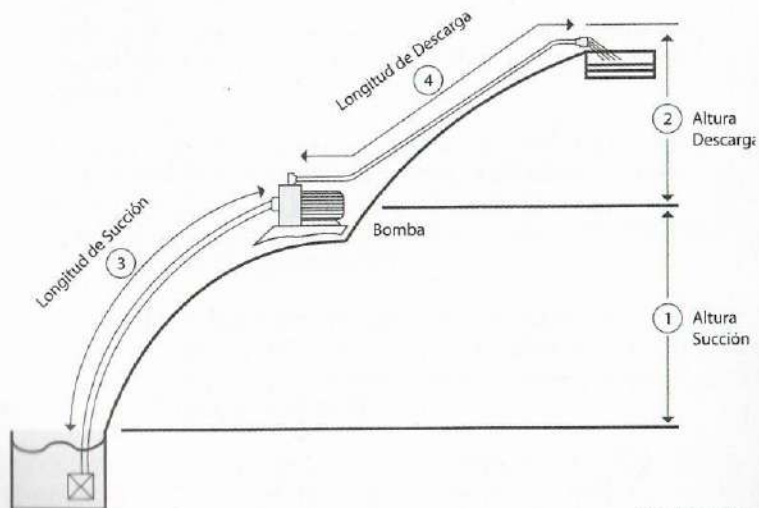


Diagrama No. 2

### 3.3. Pasos para seleccionar una bomba Pozo profundo

	Datos requeridos	Unidad de medida	Valor
1	¿Cuál es el diámetro del pozo?	Pulgadas =	
2	¿Cuál es el nivel de bombeo? (= Altura de succión, es decir distancia vertical de la bomba al nivel del agua, cuando la bomba está operando y el nivel es más bajo.)	Metros =	
3	¿A qué altura quiere subir el agua y a qué presión? (= Altura de descarga, osea distancia vertical de la bomba al punto más alto donde se quiere el agua y presión que se necesita.)	Metros =	
		Libras de presión =	
4	¿Qué cantidad de agua se necesita? (¿Cuántos galones por minuto o litros por minuto tiene que descargar la bomba?)	Galones por minuto =	
		Litros por minuto =	
5	Altitud del sitio sobre el nivel del mar	Metros =	
6	Motor requerido	Voltios =	
		Ciclos =	
		Fases =	

Tabla No. 3

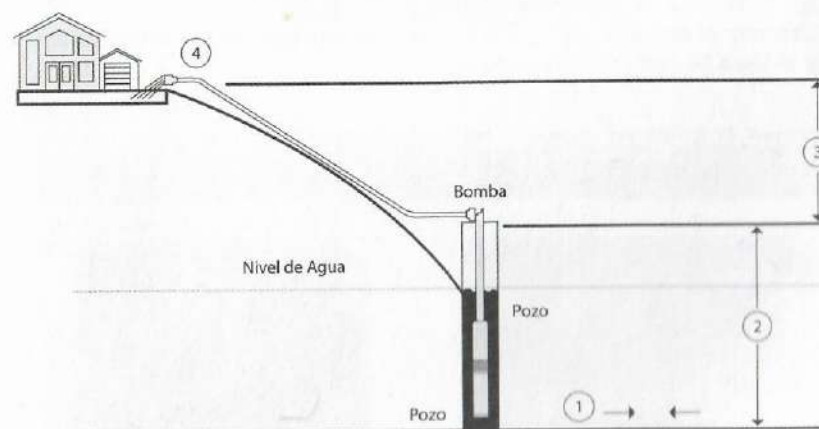


Diagrama No. 3

### 3.4. La cavitación

Se produce cuando un fluido pasa de estado líquido a gaseoso por la elevación de la presión de vapor provocando burbujas que implosionan generando daños al interior de la bomba.

#### Cómo evitar la cavitación

Para evitar la cavitación de la bomba debemos conservar la siguiente relación:

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$

NPSH<sub>d</sub>= cabeza neta de succión positiva disponible  
NPSH<sub>r</sub>= cabeza neta de succión positiva requerida

#### ¿Cómo aumentar el NPSH disponible?

Disminuir al máximo las pérdidas por fricción en el sistema de succión.  
Disminuir el desnivel del líquido en caso de que este se encuentre por debajo de la línea de centros de la bomba.  
Aumentar el desnivel del líquido en caso de que este se encuentre arriba de la línea de centros de la bomba.

#### Ejemplos de las consecuencias de la cavitación



### 3.5. Leyes de afinidad

Las leyes de afinidad relacionan los cambios de caudal, presión y consumo de potencia cuando se cambia la velocidad de giro o el diámetro del impulsor de la bomba así:

$$\frac{\text{gpm}_1}{\text{gpm}_2} = \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2}$$

$$\frac{\text{tdh}_1}{\text{tdh}_2} = \left[ \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} \right]^2$$

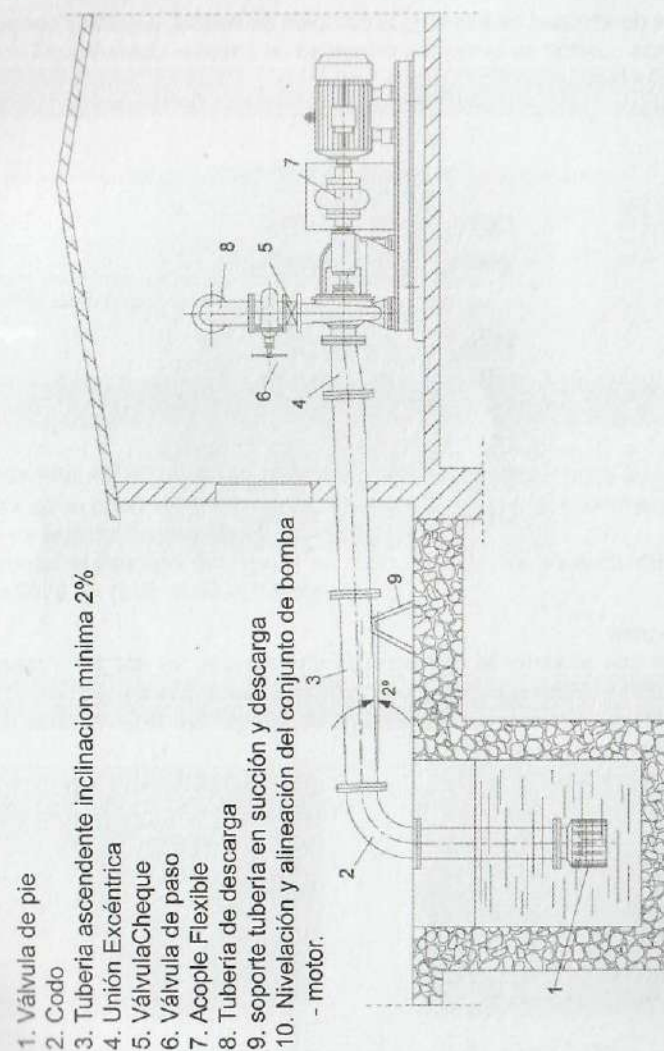
$$\frac{\text{bhp}_1}{\text{bhp}_2} = \left[ \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} \right]^3$$

#### Restricciones

Debido a que al variar el diámetro de un impulsor, se afecta la relación básica entre el impulsor y la voluta, alterando así el diseño hidráulico, las fórmulas para el cambio de diámetro no deben ser aplicadas cuando dicho cambio sea mayor a un 10%.



### 3.6. Instalación ideal de una bomba



### 3.7. Aplicaciones de las Bombas Barnes de Colombia

Aplicaciones / Tipo de Bombas	Canal	Periferitas	Jet	Multietapas	Autocebantes	Mediana Presión	Alta Presión	GS	Ansi	IS	Agua Residuales	Sumergibles pp tipo lapicero
Acueductos												
Aprovisionamiento de aguas limpias	X	X	X			X	X	X	X	X		X
Bombeo de agua con sólidos en suspensión					X	X			X		X	
Bombeo de aguas limpias sin cuerpos abrasivos						X					X	
Control de niveles freáticos					X							
Desague de cajas telefónicas y eléctricas					X							
Desague de zonas inundadas					X							
Distribución de agua en unidades residenciales						X	X	X	X	X		
Equipos de trabajo pesado y continuo						X	X	X	X	X		
Extracción de aguas en pozos profundos			X			X	X					X
Extracción de agua de pozos planos y profundos						X	X					X
Industria Minera						X	X					
Industria Petroliera					X			X	X	X		
Industria Petroquímica					X			X	X	X		
Industria Química					X			X	X	X		
Lavaderos de Automóviles			X	X				X	X	X		
Lavado a presión de maquinaria				X								
Lavado de establos	X			X			X					
Lavado de galpones				X			X					
Llenado de tanques elevados	X	X		X			X					X
Llenado de tanques y bebederos	X	X		X			X					
Llenado de tanque bajo-tanque alto	X	X		X			X					X
Manejo de agua en beneficiaderos de café					X							
Manejo de aguas residuales o negras					X						X	
Manejo de combustible					X							
Plantas de tratamiento	X				X			X	X	X		
Pozos sépticos												
Recirculación de aguas en piscinas	X				X						X	
Recirculación de agua en torres de tratamiento		X			X	X	X	X	X	X		
Refrigeración de maquinaria - circuitos de circulación	X				X							
Riego por aspersión	X				X							X
Riego por goteo	X				X							
Riego por inundación					X							
Sistemas contra incendio			X	X	X	X	X	X	X	X		
Sistemas de presión	X	X				X	X	X	X	X		
Transporte de líquidos					X							



## CAPÍTULO 4

### Fricción a través de sistemas de tubería

Existen métodos para calcular la fricción en las tuberías; ella varía con el diámetro, la capacidad, el largo del tubo, la viscosidad y el número de uniones existentes en la red. Los factores conocidos anteriormente, la resistencia de las uniones y la longitud de la parte recta de la tubería se adicionan para obtener el total de longitud equivalente del sistema para el cual se calcula la fricción.

#### 4.1. Fórmulas de Hazen-Williams

a) Las pérdidas por fricción se pueden calcular mediante la fórmula Hazen - Williams expresada así:

$$1) \quad Pf = C \frac{Lv^{1.852}}{d^{1.67}} \quad \text{donde} \quad \frac{Lv^{1.852}}{d^{1.67}}$$

$Pf$  = Pérdidas de carga por fricción ocurridas en una longitud "L".

$L$  = Longitud de tubería en metros

$c$  = Coeficiente de fricción (para tubería de PVC lisa, nueva,  $c = 150$ )

$v$  = Velocidad media del agua, en metros / Seg.

$d$  = Diámetro interior de la tubería, en metros.

$$2) \quad Pf = 0.2083 \frac{(100)^{1.85}}{c} \frac{Q^{1.85}}{d^{4.866}} \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} \frac{Q^{1.85}}{d^{4.866}}$$

$$Pf = 0.0985 \frac{Q^{1.85}}{d^{4.866}}$$

$Pf$  = Pérdidas de presión en m/100 m

$Q$  = Flujo en galones/minuto

$D$  = Diámetro interior en pulgadas

$C$  = Coeficiente de fricción constante

#### 4.2. Fórmulas de Barnes A.A.

(Hydraulic Flor Reviewed 1916)

Éstas fórmulas son para tubos nuevos y limpios. Se emplea en ellas el sistema métrico.

Para tubería PVC muy lisa interiormente, la fórmula para calcular pérdidas se asemeja con bastante aproximación a la utilizada por Barnes para tuberías nuevas de bronce sin costura, estaño, plomo, vidrio y esmaltados, todas con superficie interior muy pareja a la vista, muy compacta y lisa al tacto, también limpias y nuevas así:

$$V = 1.046 \frac{d^{0.679}}{h^{0.591}} \quad h^{0.591}$$

$$Q = 0.822 \frac{d^{2.769}}{h^{0.591}} \quad h^{0.591}$$

$$Pf = 0.000926 \frac{Lv^{1.692}}{d^{1.149}}$$

$h$  = Pérdida de carga por fricción ocurrida en 1.000 metros de tubería

Las tablas siguientes son para tubería en hierro galvanizado y para tubería nueva de PVC.

#### 4.3. Tabla de pérdidas por fricción

por cada 100 m de tubería galvanizada.

Fórmula de Hazen-Williams, con constante  $c = 100$

gpm	Diámetro tubería										
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
2	7,4	1,9									
4	27	7	2,14	5,7	0,26						
6	57	14,7	4,55	1,2	0,56	0,2					
8	98	25,8	7,8	2,03	0,95	0,33	0,11				
10		38	11,7	3,05	1,43	0,5	0,17	0,7			
12		53	16,4	4,3	2,01	0,79	0,23	0,1			
15		80	25	6,5	3	1,08	0,36	0,15			
18			35	9,1	4,24	1,49	0,5	0,21			
20			42	11,1	5,2	1,82	0,61	0,25	0,06		
25			64	16,6	7,3	2,73	0,92	0,38	0,9		
30			89	23	11	3,84	1,2	0,54	0,13	0,04	
35				31,2	14,7	5,1	1,72	0,71	0,17	0,06	
40				40	18,8	6,6	2,2	0,91	0,22	0,08	
45				50	23,2	8,2	2,8	1,15	0,28	0,09	



gpm	Diámetro tubería										
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
50				60	28,4	9,9	3,32	1,38	0,34	0,11	0,04
55				72	34	11,8	4,01	1,58	0,41	0,14	0,05
60				85	39,6	13,9	4,65	1,92	0,47	0,16	0,06
65				99,7	45,9	16,1	5,4	2,16	0,53	0,19	0,07
70					53	18,4	6,1	2,57	0,67	0,21	0,08
75					60	20,9	7,2	3	0,73	0,24	0,1
80					68	23,7	7,9	3,28	0,81	0,27	0,11
85					75	26,5	8,1	3,54	0,91	0,31	0,12
90					84	29,4	9,8	4,08	1	0,34	0,14
95					93	32,6	10,8	4,33	1,12	0,38	0,15
100						35,8	12	4,96	1,22	0,41	0,17
110						42,9	14,5	6	1,46	0,49	0,21
120						50	16,8	7	1,67	0,58	0,24
130						58	18,7	8,1	1,97	0,67	0,27
140						67	22,3	9,2	2,28	0,76	0,32
150						76	25,5	10,5	2,62	0,88	0,36
160							29	11,8	2,91	0,98	0,4
170							34,1	13,3	3,26	1,08	0,45
180							35,7	14	3,61	1,22	0,5
190							39,6	15,5	4,01	1,35	0,55
200							43,1	17,8	4,4	1,48	0,62
220							52	21,3	5,2	1,77	0,73
240								25,1	6,2	2,08	0,87
260								29,1	7,2	2,41	1
280								33,4	8,2	2,77	1,14
300								38	9,3	3,14	1,32
320								42,8	10,5	3,54	1,47
340								47,9	11,7	3,97	1,62

Tabla No. 4

#### Ejemplo:

Para un caudal de 340 gpm en una tubería de 4" galvanizada, utilice la columna indicada. Trace una línea recta hasta donde se encuentra la columna de diámetros, en este caso 4". Se observará que aparece 11,7; esta cifra indica en metros la pérdida por fricción, o sea de acuerdo con las indicaciones de la tabla y para el caso de ejemplo, 11,7 metros por cada 100 de tubería utilizada.

#### Conclusión:

Si se utiliza una longitud de 300 metros y la pérdida es de 11,7 ésta se mul-

tiplica por 3 y nos daría 35,1 metros de pérdida por fricción. Para otros tipos de tubería como son: PVC, polietileno, asbesto, cemento y otros, utilizar las tablas o curvas correspondientes a cada material.

#### 4.4. Longitud equivalente para accesorios (m)

	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"
Codo 90°	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,9	5,4	8,9
Tee Flujo Indirecto	2,1	2,4	2,7	3,6	3,9	5,1	7,3	10,1	16,7
Registro	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	3	4	6,8
Val pie. Val cheque	1,2	1,5	2,1	2,7	3,3	3,9	5,4	7,2	12,2

Tabla No. 5

#### 4.5. Tabla de pérdidas por fricción

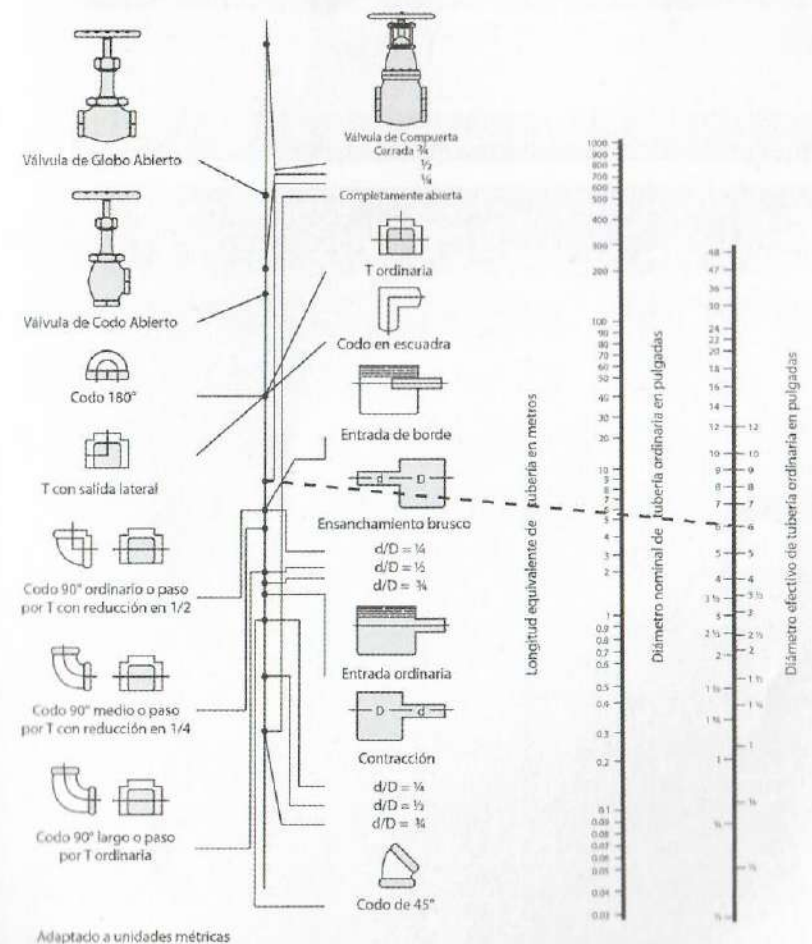
por cada 100 m de tubería PVC (nueva, RDE 21, con constante c= 150)

gpm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
2	1,8	0,5	0,15	0,04	0,02						
4	6,5	1,82	0,55	0,17	0,09	0,03	0,01				
6	13,77	3,85	1,16	0,37	0,19	0,06	0,02				
8	23,45	6,56	1,98	0,63	0,32	0,11	0,04	0,01			
10	35,43	9,92	3	0,96	0,49	0,16	0,06	0,02			
16	84,53	23,68	7,16	2,29	1,18	0,4	0,15	0,06	0,01		
20		35,78	10,82	3,47	1,79	0,6	0,24	0,09	0,02		
26		58,14	17,59	5,64	2,91	0,98	0,38	0,14	0,04		
30		75,76	22,92	7,35	3,8	1,28	0,5	0,19	0,05		
36			32,11	10,3	5,32	1,8	0,71	0,27	0,08		
40			39,03	12,51	6,47	2,19	0,86	0,33	0,09	0,01	
46			50,54	16,21	8,38	2,83	1,12	0,43	0,12	0,02	
50			58,97	18,91	9,78	3,31	1,3	0,5	0,14	0,02	
60			82,63	26,5	13,7	4,63	1,83	0,7	0,2	0,03	
70				32,25	18,22	6,16	2,43	0,93	0,27	0,04	0,01
80				45,13	23,33	7,89	3,11	1,19	0,35	0,05	0,01
90				56,11	29,02	9,82	3,87	1,49	0,43	0,07	0,02
100				68,19	35,26	11,93	4,71	1,81	0,53	0,08	0,02
150					74,66	25,26	9,98	3,83	1,12	0,17	0,05
200						43,02	16,99	9,86	1,91	0,29	0,08

gpm	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
250						65	25,67	13,82	2,89	0,44	0,12
300						91,08	35,97	18,38	4,06	0,62	0,17
350							47,85	23,53	5,4	0,82	0,23
400							61,25	29,26	6,91	1,06	0,29
450							76,17	35,56	8,6	1,31	0,36
500							92,56	42,42	10,45	1,59	0,44
550								49,83	12,46	1,9	0,53
600								57,78	14,64	2,23	0,62
650								66,27	16,98	2,59	0,72
700								75,3	19,47	2,97	0,82
750								84,85	22,12	3,38	0,93
800								94,92	24,93	3,8	1,05
850									27,89	4,25	1,18
900									31	4,73	1,31
1,000									37,68	5,75	1,59
1,100									44,94	6,86	1,89
1,200									52,79	8,05	2,22
1,300									61,22	9,34	2,58
1,400									70,21	10,71	2,96
1,500									79,77	12,71	3,36
1,600									89,89	13,71	3,79
1,700										15,34	4,24
1,800										17,05	4,71
1,900										18,84	5,2
2,000										20,72	5,72
2,500											8,75
3,000											12,11
3,500											16,11
4,000											20,63

Tabla No. 6

#### 4.6. Pérdidas por fricción en válvulas y accesorios



Adaptado a unidades métricas

Diagrama No. 4

Ejemplo: La línea punteada muestra que la fricción en un codo ordinario de 6" es equivalente aproximadamente a la de 5 metros de tubo ordinario del mismo diámetro.

NOTA: para ensanchamiento y reducciones bruscas úsese el diámetro menor d, en la escala de los diámetros de los tubos.



# CAPÍTULO 5

## Tablas

### 5.1. Equivalencia de presión

Columna de agua				Columna de agua			
ft	m	lbs/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	ft	m	lbs/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
10	3,05	4,35	0,3	380	116	165	11,6
20	6,1	8,7	0,61	390	119	170	11,9
30	9,15	13,1	0,91	400	122	174	12,2
40	12,2	17,4	1,22	410	125	178	12,5
50	15,25	21,8	1,52	420	128	182,5	12,8
60	18,3	26,1	1,83	430	131	187	13,1
70	21,4	30,4	2,14	440	134	191	13,4
80	24,4	34,8	2,44	450	137	195,5	13,7
90	27,4	39,1	2,74	460	140	200	14
100	30,5	43,5	3,05	470	143,5	204	14,3
110	33,5	47,8	3,35	480	146,5	209	14,6
120	36,6	52,2	3,66	490	149,5	213	14,9
130	39,6	56,5	3,96	500	152,5	217	15,2
140	42,7	61	4,27	510	155,5	221	15,5
150	45,7	65,2	4,57	520	158,5	226	15,8
160	48,8	69,5	4,88	530	162	230	16,2
170	52,8	73,9	5,28	540	165	235	16,5
180	54,9	78,3	5,49	550	168	239	16,8
190	58	82,6	5,8	560	171	243	17,1
200	61	87	6,1	570	174	248	17,4
210	64	91,4	6,4	580	177	251	17,7
220	67,1	95,7	6,7	590	180	256	18
230	70,1	100	7,01	600	183	261	18,3
240	73,2	104,3	7,32	610	186	266	18,6
250	76,2	109	7,62	620	189	270	18,9
260	79,3	113	7,93	630	192	274	19,2
270	82,4	117,5	8,24	640	195	277	19,5
280	85,5	122	8,54	650	198	283	19,8
290	88,5	126	8,85	660	201,5	286	20,1
300	91,5	130,5	9,15	670	204	291	20,4

Columna de agua				Columna de agua			
ft	m	lbs/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	ft	m	lbs/in <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
310	94,5	135	9,45	680	207	296	20,7
320	97,6	139	9,76	690	210	300	21
330	100	143,5	10	700	214	304	21,4
340	103,5	148	10,3	710	217	309	21,7
350	107	152	10,7	720	220	311	22
360	110	156,5	11	730	223	318	22,3
370	113	161	11,3	740	226	321	22,6

Tabla No. 7

### 5.2. Equivalencia de caudal

gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg	gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg	gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg
5	1,13	0,315	175	39,8	11	345	78	21,7
10	2,27	0,63	180	40,8	11,3	350	79,5	22
15	3,41	0,95	185	42	11,7	355	80,6	22,4
20	4,54	1,26	190	43,1	12	360	81,7	22,7
25	5,68	1,58	195	44,3	13,3	365	82,8	23
30	6,81	1,89	200	45,4	12,6	370	84	23,3
35	7,95	2,2	205	46,6	12,9	375	85,2	23,6
40	9,08	2,52	210	47,7	13,2	380	86,3	23,9
45	10,2	2,84	215	48,8	13,5	385	87,4	24,2
50	11,3	3,15	220	50	13,8	390	88,6	24,6
55	12,5	3,46	225	51,1	14,2	395	89,7	24,9
60	13,6	3,78	230	52,2	14,5	400	90,8	25,2
65	14,8	4,1	235	53,3	14,8	405	92	25,5
70	15,9	4,3	240	54,5	15,1	410	93,1	25,8
75	17	4,72	245	55,6	15,4	415	94,2	26,1
80	18,2	5,03	250	56,8	15,8	420	95,4	26,4
85	19,3	5,35	255	57,9	16,1	425	96,5	26,8
90	20,4	5,67	260	59	16,4	430	97,6	27,1
95	21,6	6	265	60,2	16,7	435	98,8	27,4
100	22,7	6,3	270	61,3	17	440	100	27,8
105	23,8	6,61	275	62,5	17,3	445	101	28,1
110	25	6,93	280	63,6	17,6	450	102	28,4
115	26,1	7,25	285	64,7	17,9	455	103,2	28,7
120	27,2	7,56	290	65,8	18,3	460	104,5	29
125	28,4	7,87	295	67	18,7	465	105,5	29,3
130	29,5	8,19	300	68,1	18,9	470	107	29,6
135	30,6	8,5	305	69,2	19,2	475	108	29,9



gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg	gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg	gpm	m <sup>3</sup> /h	l / seg
140	31,8	8,81	310	70,3	19,5	480	109	30,3
145	33	9,13	315	71,5	19,8	485	110	30,6
150	34	9,45	320	72,7	20,2	490	111	30,9
155	35,2	9,76	325	73,8	20,5	495	112,5	31,2
160	36,4	10,1	330	75	20,8	500	113,5	31,5
165	37,5	10,4	335	76,1	21,1	505	114,6	31,8
170	38,6	10,7	340	77,2	21,4	510	116	32,2

Tabla No. 8

### 5.3. Efectos de la altura sobre el nivel del mar en los motores a combustión

Altura en metros	Caudal (%)	Cabeza (%)
0	100	100
610	97	95
1220	95	91
1830	93	87
2440	91	83
3060	88	78

Tabla No. 9

Hay una pérdida de potencia aproximada del 1% por cada 100 m de elevación sobre el nivel del mar y otra del 1% aproximadamente, por cada 5°C de temperatura a partir de los 15°C. Esto da como consecuencia una pérdida de velocidad en el motor y la correspondiente pérdida de caudal y cabeza en la bomba.

### 5.4. Efectos de la temperatura en la potencia

°F	°C	Perd. Pot. %
60	15,6	0
70	21,1	1
80	26,7	2
90	32,2	3
100	37,8	4
110	43,4	5
120	48,9	6

Tabla No. 10

### 5.5. Efectos de la altitud sobre el NPSH disponible

Altura sobre el nivel del mar

Altitud		Presión		Altura de columna (pies de columna de agua)
Pies	Metros	Pulg. de Hg	psi	
Nivel del mar	0	29.9	14.7	33.9
1000	305	28.9	14.2	32.8
1500	457	28.3	13.9	32.1
2000	610	27.8	13.7	31.5
4000	1220	25.8	12.7	29.2
6000	1830	24	11.8	27.2
8000	2440	22.2	10.9	25.2
10000	3050	20.6	10.1	23.4
15000	4570	16.9	8.3	19.2

Tabla No. 11

### 5.6. Presión de vapor del agua a diferente temperatura

Temp. °C	Presión de vapor		
	mm mercurio	psi	Colum. H <sub>2</sub> O (pies)
0	4.579	0,09	0,21
1	4.926	0,1	0,23
2	5.294	0,1	0,24
3	5.655	0,11	0,26
4	6.101	0,12	0,28
5	6.543	0,13	0,3
6	7.013	0,14	0,32
7	7.513	0,15	0,35
8	8.045	0,16	0,37
9	8.609	0,17	0,39
10	9.209	0,18	0,41
11	9.844	0,19	0,44
12	10.518	0,21	0,48
13	11.231	0,22	0,51
14	11.987	0,24	0,55
15	12.788	0,25	0,58
16	13.634	0,27	0,62
17	14.530	0,29	0,66
18	15.477	0,3	0,69
19	16.477	0,32	0,74

Temp. °C	Presión de vapor		
	mm mercurio	psi	Colum. H <sub>2</sub> O (pies)
20	17.535	0,34	0,78
21	18.650	0,37	0,84
22	19.827	0,39	0,9
23	21.068	0,41	0,95
24	22.377	0,44	1,02
25	23.756	0,47	1,08
26	25.209	0,49	1,15
27	26.739	0,53	1,22
28	28.349	0,56	1,3
29	30.043	0,59	1,35
30	31.824	0,62	1,4
31	33.695	0,66	1,5
32	35.663	0,7	1,6
33	37.729	0,74	1,7
34	39.898	0,78	1,8
35	42.175	0,83	1,9
36	44.563	0,88	2
37	47.067	0,93	2,1
38	49.692	0,98	2,3
39	52.442	1,03	2,4



Temp. °C	Presión de vapor		
	mm mercurio	psi	Colum. H <sub>2</sub> O (pies)
40	55.324	1,09	2,5
41	58.34	1,15	2,7
42	61.5	1,21	2,8
43	64.8	1,27	2,9
44	68.2	1,34	3,1
45	71.88	1,41	3,3
46	75.65	1,49	3,5
47	79.6	1,57	3,7
48	83.71	1,65	3,8
49	88.02	1,73	4
50	92.51	1,82	4,2
51	97.2	1,91	4,4
52	102.09	2,01	4,6
53	107.2	2,11	4,9
54	112.51	2,22	5,1
55	118.04	2,33	5,4
56	123.8	2,44	5,6
57	129.82	2,55	5,9
58	136.08	2,67	6,2
59	142.60	2,8	6,5
60	149.38	2,94	6,8
61	156.43	3,07	7,1
62	163.77	3,21	7,4
63	171.38	3,36	7,8
64	179.31	3,51	8,1
65	187.54	3,68	8,5
66	196.09	3,84	8,9
67	204.96	4,02	9,3
68	214.96	4,2	9,7
69	223.73	4,38	10,2
70	223.7	4,57	10,7

Temp. °C	Presión de vapor		
	mm mercurio	psi	Colum. H <sub>2</sub> O (pies)
71	243.9	4,78	11,1
72	254.6	5	11,6
73	265.7	5,21	12,1
74	277.2	5,43	12,5
75	289.1	5,67	13,1
76	301.4	6	13,9
77	314.1	6,15	14,2
78	327.3	6,42	14,8
79	341	6,68	15,5
80	355.1	6,92	16,1
81	369.7	7,25	16,8
82	384.9	7,55	17,5
83	400.6	7,85	18,2
84	416.8	8,16	18,9
85	433.6	8,5	19,6
86	450.9	8,83	20,4
87	468.7	9,15	21,2
88	487.1	9,55	22,1
89	506.1	9,92	22,9
90	525.8	10,3	23,8
91	546.1	10,7	24,8
92	567	11,1	25,8
93	567	11,6	26,8
94	610.9	12	27,7
95	633.9	12,4	28,6
96	567.6	12,9	29,8
97	682.1	13,4	31
98	707.3	13,9	32,1
99	733.2	14,3	33
100	760	14,7	34
101	787.57	15,23	35,18

Tabla No. 12

## Factores de conversión

Capacidad	
1 litro	= 0,2642 g
	= 3,785 L / m
1 gpm	= 0,063 L / s
	= 0,2283 m <sup>3</sup> / h
1 m <sup>3</sup>	= 1.000 L
	= 264,2 g
1 galón	= 3,785 L
1 L / s	= 15,85 gpm

Tabla No. 13

Peso	
1 kg	= 2,2 lb US
	= 8,33 lb US
1 g US (agua)	= 3,785 kg
1 lb US	= 0,453 kg
	= 1,0 kg
1 L (agua)	= 2,2 lb US

Tabla No. 14

Potencia eléctrica	
1 hp	= 0,7457 kw
	= 745,7 W
1 kw	= 1000 W
	= 1.341 hp

Tabla No. 15

Fracciones de Pulgada	
1/8 in	= 3,175 mm
3/16 in	= 4,763 mm
1/4 in	= 6,35 mm
5/16 in	= 7,938 mm
3/8 in	= 9,525 mm
7/16 in	= 11,113 mm
1/2 in	= 12,7 mm
9/16 in	= 14,288 mm
5/8 in	= 15,875 mm
11/16 in	= 17,463 mm
3/4 in	= 19,05 mm
7/8 in	= 22,225 mm
1 in	= 25,4 mm

Tabla No. 16

Longitud y área	
1 in	= 2,54 cm
1 ft	= 30,48 cm
1 cm	= 0,3937 in
	= 39,37 in
1 m	= 3,28 ft
1 yd	= 0,9144 m
1 acre	= 0,405 has
	= 100 has
1 km <sup>2</sup>	= 247 acres
	= 10.000 m <sup>2</sup>
1 ha	= 2,47 acres

Tabla No. 17

Presión	
	= 0,07 kg / cm <sup>2</sup>
1 psi	= 2,31 ft
	= 0,704 mca
	= 0,305 m
1 ft	= 0,433 psi
1 bar	= 1,0197 kg/cm <sup>2</sup>
1 mca	= 1,42 psi
	= 1,03 kg/cm <sup>2</sup>
1 atm	= 14,7 psi
	= 34 ft
	= 10,3 mca

Tabla No. 18

## CAPÍTULO 6

### Sistemas de presión

Los sistemas de presión de Barnes de Colombia (Sistemas de presión constante) mantienen una presión mínima constante en un sistema de demanda de agua, bien sea en una instalación nueva o en una remodelación, para mejorar la presión en cada unidad habitacional.

De acuerdo al caudal y a la presión determinada por el cálculo en un sistema de consumo de agua, la demanda de caudal se puede suministrar con una bomba o varias bombas con el objetivo de seleccionar motores de baja potencia y así ahorrar energía y el volumen de los tanques hidroacumuladores.

#### 6.1. Requisitos de un buen sistema de presión

Buen funcionamiento
Bajo costo de inversión inicial
Bajo costo en la operación
Flexibilidad

#### 6.2. Características técnicas

- El tanque hidroacumulador es fabricado en lámina HR calibre 11 con una membrana, la cual evita el contacto del agua con el metal, impide la corrosión y ofrece óptimas condiciones de salubridad.
- El diseño del tanque garantiza un sellamiento y hermeticidad absoluta. Mínimo costo de mantenimiento y larga vida útil.
- El aire dentro del tanque debe mantener una presión de 2 psi por debajo de la presión de arranque del sistema.
- Gran facilidad para cebar, conectar y efectuar labores de mantenimiento. El drenaje del agua en el tanque es fácil y rápido.
- Los equipos incluyen sistemas automáticos de protección de los moto-

res. Señalización de operación o sobrecarga. La operación puede ser manual o automática. Las conexiones de los componentes del equipo son inmediatos.

- Bajo consumo de corriente, por disminución de la frecuencia con que operan las bombas, las cuales actúan de forma intermitente y por periodos breves.
- La presión máxima de operación del equipo 150 psi es superior a la de otros similares.

#### 6.3. Tipos de sistemas de presión

Aqua-Press	Sistema de presión con tanque hidroacumulador con membrana.
Hi-Press	Sistema de presión con tanque hidroacumulador con cargador de aire.
Vari-Press	Sistema de presión con tanque hidroacumulador con variador de velocidad.
Aqua-Press Pozo profundo	Sistema de presión con tanque hidroacumulador con membrana y bomba pozo profundo.

#### 6.4. Aplicaciones

Edificios habitacionales
Centros comerciales
Conjuntos residenciales
Pocosos industriales
Edificaciones donde se requiera un suministro de agua con presión constante confiable



## 6.5. Diagrama típico de instalación

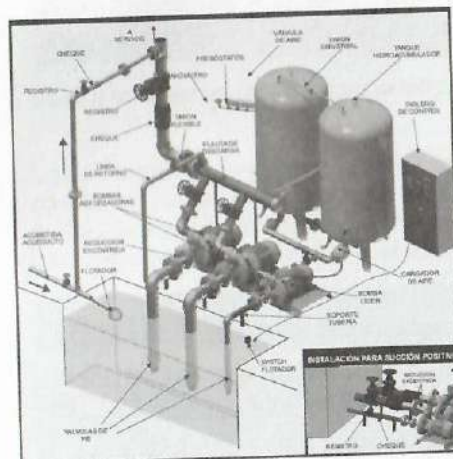
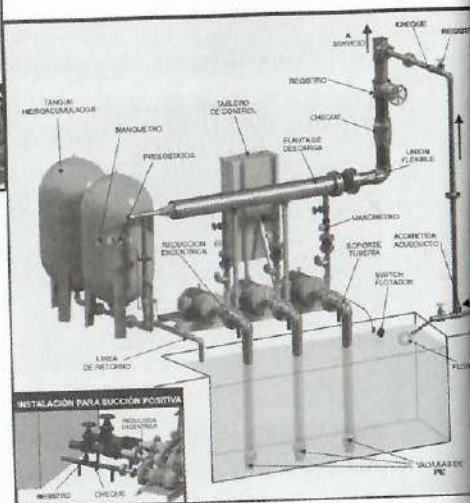


Diagrama No. 5



### Ventajas

- Sencillez de operación
- Facilidad de instalación
- Espacio físico reducido
- Facilidad de mantenimiento

## 6.6. Cálculos del Sistema

### 6.6.1. 12 pasos para seleccionar un sistema de presión

Paso	Descripción de operación	Obtenido de:	Resultado
1	Tipo de edificio	Tabla No. 24	
2	Número de servicios	Cliente	
3	Factor de servicios	Tabla No. 24	
4	Caudal requerido (gpm)	(2) x (3)	

Paso	Descripción de operación	Obtenido de:	Resultado
5	Altura física del servicio más alto (m)	m x 1,42 = psi	
6	Pérdidas en tuberías y accesorios (m)	(5) x 0,3 = psi	
7	Presión de trabajo (recomendado 30 psi)	Tabla No. 22	
8	Presión de arranque (Pa) en psi	(5) + (6) + (7)	
9	Presión de apagado (Pb) en psi	(8) + 20 psi	
10	Caudal de cada bomba (Qt) en gpm	Tabla No. 20	
11	Selección de la bomba líder y las otras	(8), (9) y (10)	
12	Selección del volumen del tanque en lts	VT = VQt x 0,5 Pb	

Tabla No. 19

Nota: Cuando el caudal no necesita fraccionarse (caudales pequeños) el caudal medio de la bomba líder (paso 10) es igual al caudal requerido (paso 4).

\* 20 psi cuando no hay calentador de paso a gas.

\* 30 psi cuando hay calentador de paso a gas.

El primer parámetro es calcular la presión de trabajo: la presión de arranque, es la cabeza dinámica total en el punto más crítico del sistema; en esta presión ya están consideradas las alturas de succión y descarga, las pérdidas por fricción de tubería y accesorios y una presión de apagado la cual determinamos sumando 20 PSI a la presión de arranque. Esta diferencia de presión, es la que permite hacer el control automático del sistema.

El caudal es el segundo parámetro que determina la capacidad del sistema. Este caudal se calcula sumando los puntos de salida del agua del sistema, denominados servicios; esta cantidad se ubica en la tabla de factores de servicio (Tabla 24); este factor de servicio define las posibilidades de uso de consumo del sistema, asumiendo que cada punto consumo 1 gpm. Entonces, al multiplicar este factor hallado en la tabla 24 por el número de servicios, nos da el caudal requerido por el sistema.

Obtenidos la presión de trabajo y el caudal, se toma como referencia la tabla 20 donde se recomienda un fraccionamiento del caudal calculado con el fin de que las potencias de los motores sean pequeñas, así como también el dimensionamiento de los aparatos de control, para ahorrar consumo de energía.

El siguiente paso a seguir, es ubicar las bombas de acuerdo con los parámetros atrás definidos.

El tanque acumulador se determina tomando la raíz cuadrada del caudal del sistema en el punto de presión de arranque, multiplicado por 0,5 y por la presión de apagado; esta fórmula la expresamos así:

$$Vt = \sqrt{Qt \times 0,5 \times Pb}$$

donde:

Vt = Volumen del tanque en litros  
Qt = Caudal del sistema en gpm  
Pb = Presión de apagado en psi



### 6.6.2. Selección de las bombas

Para hallar el caudal se debe tener en cuenta: La cantidad de servicios existentes en la edificación. Este total, multiplicado por su respectivo factor, hallado en la tabla 24 (según número de servicios y tipo de establecimiento) nos da el caudal en gpm requerido para cumplir con las necesidades en una hora de alto consumo (hora pico).

$$TS \times Fs = \text{gpm}$$

donde:

**Ts** = Número total de servicios

**Fs** = Factor de servicio

Para hallar la (pa) presión de trabajo, debemos tener en cuenta: La (Ps) altura física de la edificación, las (Pf), pérdidas por fricción en la tubería desde el cuarto de bombas hasta la última salida, es decir, la más distante: las (Pac) pérdidas por accesorios y por último la (Pt) presión de trabajo, que es la propia del artefacto más crítico que generalmente es la ducha, la cual debe trabajar con 30 psi, por lo menos (Tabla No. 22, página 53).

$$Pa = Ps + Pf + Pac + Pt$$

Esta sería la mínima presión a la que debe trabajar el sistema; en las memorias de cálculo es llamada también Cabeza Dinámica o Presión de Encendido. Para lograr el apagado de las bombas, ésta presión se debe incrementar en 20 psi, o sea:

$$Pb = P \text{ apagado} = Pa + 20 \text{ psi}$$

Para la selección de la bomba debemos tener en cuenta:

- Para el caudal: El fraccionamiento de las bombas en porcentaje de acuerdo al tipo de establecimiento y caudal. (Tabla No. 20, página 52)
- Para la presión: Que la curva de la bomba cubra, tanto la presión de encendido como la presión de apagado.

Ejemplo:

Un edificio de apartamentos de 8 pisos, con 4 apartamentos por piso y cada uno con 13 salidas, ¿Qué bomba necesitamos acoplar a nuestro sistema de presión?

Hallamos el caudal así:

No. total de apartamentos = No. de apartamentos por piso x No. de pisos =

$4 \times 8 = 32$  apartamentos. No total de salidas = No. salidas por apartamento x No. de apartamentos

Si asumimos 13 salidas por apartamento

No. Total de salidas =  $13 \times 32 = 416$  salidas

Según la tabla No. 24 (Página 34), para un edificio de apartamentos y con un número de salidas entre 301 y 600, el factor a aplicar es 0,25. El caudal requerido = 416 salidas x factor de servicio.

$$Qr = 416 \times 0,25 = 104 \text{ gpm}$$

$$Pa = Ps + Pf + Pac + Pt$$

$$Pa = 24 + 2,4 + 4,8 + 10,5$$

$$Ps = 24 \text{ m}$$

$$Pf = 10\% = 2,4 \text{ m}$$

$$Pac = 20\% = 4,8 \text{ m}$$

$$Pt = 15 \text{ psi} = 10,5 \text{ m}$$

Ps. Asumimos que cada piso tiene una altura de 3 metros.  
(1 psi = 0,704 m).

$$Pa = 41,7 \text{ mca} = 60 \text{ psi}$$

$$Pa = \text{Presión de encendido}$$

$$Pb = \text{Presión de apagado}$$

$$= Pa + 20 \text{ psi} = 60 \text{ psi} + 20 \text{ psi} = 80 \text{ psi}$$

En conclusión, las bombas requeridas deben cumplir con:

$$Qr = 104 \text{ gpm y Presión } 60\text{-}80 \text{ psi}$$

Para un edificio de apartamentos con un caudal entre 0 y 250 gpm Ver tabla 20, deben utilizarse las bombas, cada una de ellas con el 50% del caudal requerido. Se busca entonces, que cada una de las bombas suministre por lo menos 52 gpm y trabaje entre 60 y 80 psi.

• La bomba seleccionada es : HE 1,5 50

$$1. \quad Pa = 60 \text{ psi}$$

$$Pb = 80 \text{ psi}$$

$$Qa = 76 \text{ gpm}$$

$$Qb = 40 \text{ gpm}$$

$$2. \quad Pa = 60 \text{ psi}$$

$$Pb = 80 \text{ psi}$$

$$Qa = 76 \text{ gpm}$$

$$Qb = 40 \text{ gpm}$$

La capacidad total de las bombas es de 152 gpm, ya que suministran 76 gpm cada una.



### 6.6.3. Fraccionamiento

Tipo de uso	Sugerencia de fraccionamiento para los sistemas	
	Menos de 250 gpm	250 a 500 gpm
Apartamentos y oficinas	50/50	33/33/34
Hoteles	60/60	30/40/40
Colegios	70/70	40/40/40
Hospitales	70/70	50/50/50
Industrias	50/50	20/50/50
Municipios	50/50	20/50/50

Tabla No. 20

### 6.6.4. Consumo según el tipo de uso y establecimiento

Estimación del caudal: El consumo depende del buen servicio que preste el establecimiento, según el uso, el número de beneficiarios, el grado social, etc.

Cuando se diseñan redes de acueducto, se asumen para dichos cálculos consumos que van de 100 a 300 litros por día y por habitante. Para otros diseños de edificaciones y establecimientos se señalan algunos consumos que deben tenerse en cuenta para los cálculos tanto de tanques como de bombas:

	Consumo
Universidades y colegios grandes	50 litros por estudiante
Internados, escuelas	250 litros por persona
Hoteles y cabañas	500 litros por habitación
Hoteles turísticos	250 litros por cama por día
Hoteles de lujo	380-560 litros por persona
Oficinas	90 litros por día
Hospitales	600 litros por persona
Cuarteles	350 litros por persona
Restaurantes	4 litros por día/ comida
Prisiones	150 litros por persona por día
Lavado de carros	400 litros por carro
Lavanderías	48 litros por kg de ropa
WC intermitentes (CC)	150 litros por hora
WC Públicos	50 litros por hora
Baños en residencias	40 litros por usuario día

	Consumo
Residencias corrientes	200 litros por habitante día
Riego de jardines	2 litros por metro cuadrado
Piscinas	300 litros por persona
Duchas	60 litros por persona

Tabla No. 21

En construcciones que tengan oficinas y locales comerciales se puede considerar una persona por cada diez metros cuadrados en oficinas y una persona por cada veinte metros cuadrados de local comercial; el volumen de diseño debe ser igual por lo menos al consumo de un día.

### 6.6.5. Consumo para algunos accesorios

Accesorios	psi	Gasto l/hr
Grifo ordinario	8	450
Grifo de cierre automático (pila piletta)	8	570
Grifo de sumidero de cocina 9,5 mm	8	1020
Grifo de sumidero de cocina 12,7 mm	8	1020
Grifo de bañadera	8	1360
Grifo de lavarropas 12,7 mm	8	1140
Ducha	88	1140
Grifo de bola para inodoro	8	680
Válvula baldeadora de inodoro	15	3400-9000
Válvula orinal	15	3400
Manguera de jardín (15 m - robunete 19 mm)	15	1170
Manguera de jardín (15 m - salida 16 mm)	15	750
Surtidor de agua para bebida	15	170
Manguera de incendios 30 m - lanza 12.7 mm	30	9000
Calentadores de paso a gas o eléctrico	30	780

Tabla No. 22

### 6.6.6. Consumo típico en residencias

No. de baños	Capacidad requerida	
	gpm	m <sup>3</sup> /h
Uno (1) baño	7	1,6
Dos (2) baños	10	2,3
Tres (3) baños	13	3
Cuatro (4) baños	16	3,7
Cinco (5) baños	19	4,4

Tabla No. 23

Esta capacidad ha sido calculada con base en los siguientes servicios:

Servicio completo de cocina, servicio de lavadora y un número de baños completos con lavamanos, un inodoro y una regadera (baños de emergencia con lavamanos e inodoro y una regadera) (baños de emergencia con lavamanos e inodoro únicamente deben considerarse como medio baño).

### 6.6.7. Consumo típico en edificios

Factores - Número de Servicios

Tipo de especificación Pts o no. de demanda	Hasta 30	31 - 75	76 - 150	151 - 300	301 - 600	501 - 1000	1000 +
Oficinas	0,4	0,32	0,28	0,25	0,24	0,23	0,21
Apartamentos	0,55	0,41	0,33	0,28	0,25	0,24	0,23
Hoteles	0,8	0,6	0,78	0,42	0,36	0,35	0,34
Hospitales	0,9	0,75	0,63	0,54	0,45	0,4	0,38
Colegios	1,2	0,9	0,75	0,63	0,52	0	0

Tabla No. 24

Se considera como un servicio cada lavamanos, cada sanitario, cada regadera, cada lavaplatos, etc. Y el número total de servicios en el edificio se multiplica por el factor de la tabla No. 24, para obtener la capacidad del sistema en gpm.

Ejemplo del cálculo:

Cálculo de la capacidad para un edificio de apartamentos con 80 servicios

Factor obtenido del cuadro anterior = 0,33

Capacidad del equipo = Factor por número de servicios  
= gpm  
=  $0,33 \times 80 = 27,5$  gpm

La presión de servicio depende de la utilización específica para cada caso.

### 6.6.8. Selección del tanque hidroneumático

La selección del tanque hidroacumulador es muy importante para determinar los ciclos de encendido-apagado del equipo.

Según la potencia de los motores este ciclo debe comprender un tiempo determinado entre encendido y encendido por lo cual debemos tener en cuenta la siguiente tabla:

Potencia (hp)	Tiempo (s)
0 - 7,5	120
7,5 - 15	180
15 - 24	240
24 - 28	360

Tabla No. 25

El volumen en litros del tanque hidroacumulador  $V_t$  depende del caudal que nos brindan las bombas en la presión de arranque  $Q_t$  en gpm y la presión de apagado  $P_b$  en psi. Estos dos parámetros los colocamos en la siguiente fórmula:

$$V_t = \sqrt{Q_t \times 0,5 \times P_b}$$

Con la presión de apagado  $P_b$  y el caudal de las bombas  $Q_t$  encontramos el volumen del tanque adecuado.

Ejemplo:

Datos de las bombas

Tipo de bomba: HE 1.5 50 (Bomba Alta presión)

$P_b$  (Presión de apagado) = 80 psi

$P_a$  (Presión de arranque) = 60 psi

$Q$  (Caudal suministrado por el sistema) = 152 gpm

$$V_t = \sqrt{Q_t \times 0,5 \times P_b}$$

$$V_t = \sqrt{152 \times 0,5 \times 80} = 493 \text{ L}$$

Según esto necesitamos una capacidad de 493 L para lo cual podemos escoger 1 tanque de 500 L.

El correcto cálculo de los tanques hidroacumuladores, hace que el sistema cicle normalmente, rinda un volumen útil adecuado, su duración sea más prolongada y el consumo de energía sea menor.



### 6.6.9. Condiciones de trabajo de los tanques con membrana

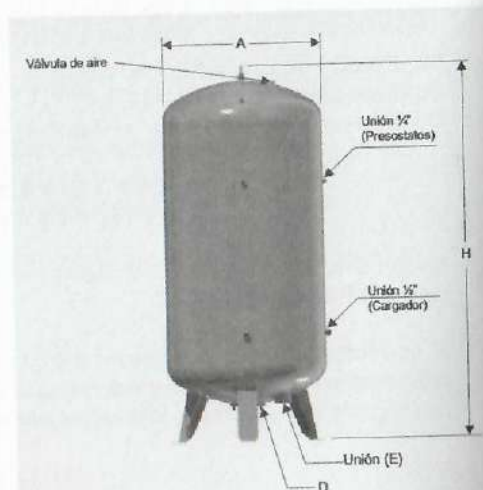
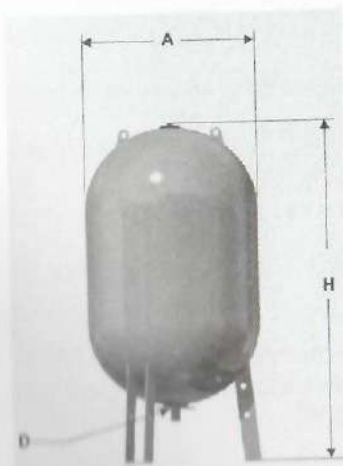
Referencia	Capacidad		Presión de arranque (psi)							
			20		30		40		50	
			Presión de apagado (psi)							
			40		50		60		70	
			Volumen Total							
	l	g	l	g	l	g	l	g	l	g
	25	6,6	9,4	2,5	8,2	2,1	7,5	2	5	1,3
	60	15,8	22,5	5,9	19,8	5,2	18	4,7	12	3,1
	100	26,4	37,5	9,9	33,3	8,8	30	7,9	20	5,2
	200	52,8	75	19,8	66,6	17,6	60	15,8	40	10,5
	300	79,2	112,5	29,7	99,9	26,4	90	23,7	60	15,8
	500	132,1	187,5	49,5	165,5	43,7	150	39,6	100	26,4

Tabla No. 26

### 6.6.10. Dimensiones generales de los tanques con membrana

Referencia	Capacidad (l)	H (cm)	A (cm)	D (npt)	Tipo de tanque
	25	40	31	1"	Horizontal
	60	75	36	1"	Horizontal
	100	85	51	1"	Horizontal
	200	140	51	1 1/4"	Vertical
	300	140	59	1 1/4"	Vertical
	500	170	66	1 1/4"	Vertical

Tabla No. 27



### 6.7. Mantenimiento de un sistema de presión

Las siguientes son las posibles averías que se pueden presentar en un sistema de presión, sus causas y soluciones:

Tipo de avería	Causa probable	Soluciones
1. El motor prende y apaga en forma continua. (Ciclos de menos de 15 segundos.)	Tanque sin aire.	Verificar que la precarga de aire en el tanque sea la adecuada.
	Válvula de paso cerrada.	Abrir la válvula de paso.
	Switch de presión trabado o dañado.	Destravarlo o cambiarlo.
2. El motor no apaga.	La bomba está descargada.	Revisar la válvula de pie y cebar la bomba.
	Bobina del contractor trabada.	Destruir la bobina o cambiar el contractor.
3. El motor no prende.	Presión de acueducto mayor que presión de arranque de equipo.	Calibrar equipo en la presión de arranque adecuada.
	Clavija de selección del tablero en posición cero.	Colocar la clavija en automático.
	Tanque de suministro sin agua. (Switch de flotador abierto).	Llenar tanque.
4. El motor no prende.	Switch de flotador dañado. (Abierto).	Cambiar el switch de flotador.
	Térmico del tablero de control disparado (luz roja encendida).	Revisar voltaje y facilidad de rotación de la bomba. Si todo está bien, destrabar el térmico del tablero de control.
	No hay energía.	Revisar llegada de voltaje al tablero de control.
5. Motor prende pero su tiempo de trabajo es muy corto.	Válvula de paso muy abierta.	Cerrarla hasta buscar su punto de funcionamiento óptimo.
6. Motor prende pero su tiempo de trabajo es muy largo.	Válvula de paso muy cerrada.	Abrirla hasta encontrar el punto de funcionamiento óptimo.
7. El equipo no prende a pesar de que todo lo demás está bien.	Presión de acueducto mayor que la presión mínima de encendido del equipo.	Cerrar un poco el registro del acueducto, para que el equipo entre por lo menos en las horas pico recirculando así el agua del tanque de suministro.

Tabla No. 28

#### Notas:

1. Cualquier revisión técnica de las bombas y sistemas de presión deberá hacerse exclusivamente por personal calificado.
2. Frente a dudas técnicas de importancia por favor consultar con la fábrica.
3. Por ningún motivo se debe permitir la utilización de repuestos que no

- sean los recomendados por Barnes de Colombia.
4. No tener en cuenta estas notas puede causar la pérdida del derecho a las garantías que ofrece la fábrica.

### Precauciones

#### Drenado del tanque hidroacumulador y precarga de aire:

- Con el equipo apagado desaloje el agua de los tanques abriendo los registros de la línea de retorno.
- Verifique que el manómetro marque 0 psi, reponga la presión de aire necesaria (2 psi por debajo de la presión de arranque), una vez presurizado siga el procedimiento inverso para accionar el equipo nuevamente.

#### Retiro de las bombas del sistema:

- Cierre el registro de la línea de descarga, afloje las universales tanto en succión como en descarga y retire la bomba. Siga el procedimiento inverso para colocarla nuevamente.

### Controles periódicos

- Verifique mensualmente la presión de los tanques (precarga de aire).
- Siga las indicaciones del manual de instrucción, operación y mantenimiento de las bombas para el desarrollo de las labores de inspección periódica.

## CAPÍTULO 7

### Sistemas de riego

Denominamos riego a esparcir artificialmente agua a un terreno, con el fin de suministrar la humedad necesaria para refrigerar el suelo y la atmósfera, mejorando así las condiciones ambientales y protegiendo el suelo contra sequías.

#### Tipos de riego

- a. Riego por gravedad: En este sistema se aprovecha el desnivel de terrenos previamente establecido para hacer circular el agua a través de canales.

Se aplica este sistema a terrenos cuya textura se encuentra de nivel medio a pesado por lo que exige gran cantidad de agua utilizado en cultivos de arroz, sorgo, soya, algodón, caña, etc.

- b. Riego por aspersión: Tiene como principio fundamental de crear unas condiciones semejantes a la lluvia natural, de esta forma se controlan las condiciones de humedad, fertilidad y adecuación de terrenos. Aplicable a todo tipo de terreno y a la mayoría de cultivos.

Este riego exige media disponibilidad de agua y de la presión de la bomba entre media y alta.

- c. Riego por goteo: Este sistema trata de maximizar el aprovechamiento del agua por parte del cultivo a tratar y no por todo el suelo; de esta forma se favorecen las zonas secas que presentan escasa disponibilidad de agua.

### Tamaño del riego

Son los parámetros que nos indican qué tan grande debe ser el riego y depende de:

- a. Tipo de cultivo.
- b. Tipo de suelo.
- c. Naturaleza del agua.
- d. Disponibilidad del agua.
- e. Condiciones climatológicas.



## Rendimiento de aspersores y cañones

Modelo	Presión requerida (psi)	Consumo promedio (gpm)	Diámetro cubrimiento (m)
R.B. No. 30	30	10	18
R.B. No. 70	45	18	30
Nelson F. 100 R.B. No. 102	70	100	60
Nelson F. 150 R.B. No. 104	70	200	90
Nelson F. 200 R.B. No. 204	70	400	140

Tabla No. 29

## Intensidades máximas de aplicación

Intensidades máximas de aplicación por aspersión en diferentes suelos, pendiente y condiciones de cubrimiento. (Zimmerman 1966)

Textura		Pesado	Ligeramen- te pesado	Media	Ligeramen- te liviano	Liviano	Muy liviano
Pendien- te %	Condición +	Infiltración básica: Pulgadas / hora x 25,4 = mm / hora					
0 - 4	Limpio	0,1-0,2	0,2-0,4	0,3-0,7	0,5-1	0,7-1,5	1-2
	Cubierto	0,15-0,3	0,3-0,6	0,4-1	0,7-1,5	1-2,5	1,5-3
4 - 8	Limpio	0,1-0,15	0,15-0,25	0,2-0,5	0,4-0,7	0,5-1	0,7-1,5
	Cubierto	0,15-0,2	0,2-0,35	0,3-0,7	0,6-1	0,7-1,5	1-2,5
> 8	Limpio	< 0,1	0,1-0,15	0,15-0,3	0,3-0,5	0,4-0,77	0,5-1
	Cubierto	< 0,15	0,15-0,2	0,25-0,4	0,4-0,7	0,6-1	0,7-1,5

Tabla No. 30

\* Suelo limpio se refiere a cultivos en hileras y huertos.  
Suelos cubiertos se refiere a pastos o que presentan una buena cubierta protectora.

## CAPÍTULO 8

### Información técnica general

#### 8.1. Poleas

Variable	Significado	Unidad
C	Distancia entre los ejes	in
d	Diámetro de la polea menor	in
D	Diámetro de la polea mayor	in
l	Largo de la correa	ft
rpm	Revoluciones por minuto de la polea menor	rpm
RPM	Revoluciones por minuto de la polea mayor	rpm
S	Velocidad de la correa	ft / min

Tabla No. 31

Sin tener en cuenta el patinaje de la correa, la velocidad de la polea impulsora multiplicada por el diámetro de la misma, es siempre igual a la velocidad de la polea impulsada multiplicada por el diámetro de ésta, o sea:

$$RPM \times D = rpm \times d$$

#### 8.2. Relación entre poleas

Para determinar la relación entre poleas  $\frac{d}{D}$  cuando se conocen las velocidades de las poleas impulsora o impulsada, se divide una velocidad por la otra  $\frac{RPM}{rpm}$

Por ejemplo:

- Velocidad polea impulsora = 1.170 RPM
- Velocidad polea impulsada = 1.750 rpm

Entonces:  $\frac{d}{D} = \frac{RPM}{rpm} = \frac{1.170}{1.750}$

Relación entre dos poleas:  $\frac{d}{D} = 0,667 = \frac{2}{3}$

Si el diámetro de la polea menor es de 6", el diámetro de la polea mayor deberá ser 9".

Fórmulas:  $D = \frac{d \times \text{rpm}}{\text{RPM}}$        $d = \frac{D \times \text{RPM}}{\text{rpm}}$

$\text{RPM} = \frac{d \times \text{rpm}}{D}$        $\text{rpm} = \frac{D \times \text{RPM}}{d}$

### 8.3. Velocidad de la correa

Para un mejor trabajo y duración más larga de la correa, las poleas deberán ser lo más grandes que sea posible, sin que la velocidad de la correa supere los 5.000 pies por minuto.

Velocidad de la correa:  $S = 0,26 D \times \text{rpm}$  = pies por minuto  
 $= 26d \times \text{rpm}$  = pies por minuto

Como puede verse en la tabla siguiente.

La polea no debería ser más grande de 5 1/2 para 3.500 rpm.

Ejemplo: Si el diámetro de la polea (d) es 6, y su velocidad es 1.750 rpm, la velocidad de la correa  $S = 0,26 \times 6 \times 1.750 = 2.740$  pies por minuto.

La siguiente tabla muestra la velocidad rpm a la cual una polea de diámetro D puede moverse, para obtener una velocidad de la correa de 5.000 pies por minuto.

Polea diámetro D. (in)	rpm	Polea diámetro D. (in)	rpm
4	4.800	10	1.920
5	3.850	11	1.750
5 1/2	3.500	12	1.610
6	3.220	13	1.480
7	2.750	14	1.370
8	2.400	15	1.280
9	2.140	16	1.200

Tabla No. 31

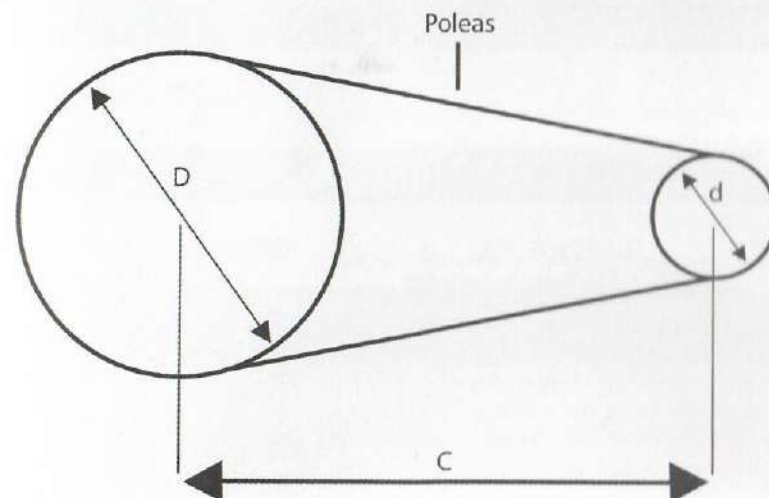


Diagrama No. 6



## Fórmulas

### Potencia requerida

$$\text{BHP} = \frac{Q \times H \times \text{S. Gr}}{3960 \times \text{Eficiencia bomba}} = \text{hp} \quad \text{BHP} = \frac{Q \times H \times \text{S. Gr}}{76 \times \text{Eficiencia}}$$

Variable	Significado	Unidad	Unidades
BHP	Potencia requerida	HP	HP
H	Presión	gpm	lps
Q	Caudal	pca	mca
S. Gr	Gravedad específica para el agua = 1		

### Eficiencia de la bomba

La tomamos de la curva o asumimos una eficiencia de 0,5 ó 50%. El resultado está dado en hp o caballos de fuerza.

$$\text{Caudal } Q = \frac{V}{t}$$

$$\text{Caudal } Q = VA$$

Variable	Significado	Unidad
Q	Caudal	gpm, L / m, L / s ó m³ / h
v	Volumen	gps, L / s ó m³
t	Tiempo	minutos, segundos u horas
V	Velocidad	m / s
A	Área	m²

De esta fórmula deducimos que:

$$D_s = \sqrt{\frac{Q}{10}}$$

$$D_d = \sqrt{\frac{Q}{20}}$$

$$\text{Presión } H = \frac{F}{A}$$

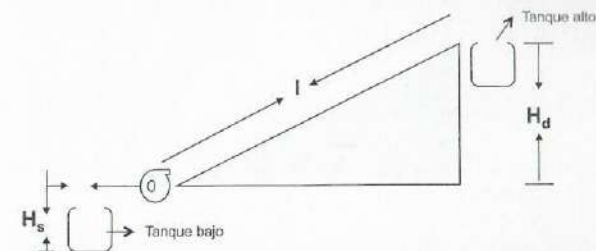
Variable	Significado	Unidad
Dd	Diámetro de tubería y accesorios en la descarga de la bomba	in
Ds	Diámetro de tubería y accesorios en la succión de la bomba	in
10	Relación de velocidad de agua 1,25	m/s
20	Relación de velocidad de agua 2,5	m/s
A	Área	m²
F	Fuerza	lb, kg
H	Presión	mca, pca, psi

## Fórmulas

### Cabeza dinámica total

$$\text{Fórmula: } \text{CDT} = h_s + h_d + h_{pf} + P_w$$

Variable	Significado	Unidad
CDT	Cabeza dinámica total	mca
h <sub>s</sub>	Altura de succión	mca
h <sub>d</sub>	Altura de descarga	mca, pca, psi
h <sub>pf</sub>	Altura equivalente de pérdidas por fricción	mca, pca, psi
P <sub>w</sub>	Presión de trabajo	mca, pca, psi



### Cabeza neta de succión positiva

- Es una característica física derivada del diseño del sistema de succión de la bomba.
- Es la carga neta que puede proporcionar el sistema de succión a la bomba para evitar la cavitación.

$$\text{Fórmula: } \text{NPSH}_d = \text{Patm} \pm \text{Psucc} - \text{Ppfs} - \text{Pv}$$

Variable	Significado	Unidad
NPSH <sub>d</sub>	Cabeza neta de succión positiva disponible	mca, pca
NPSH <sub>r</sub>	Cabeza neta de succión positiva requerida	mca, pca
Patm	Presión atmosférica en el lugar de funcionamiento de la bomba	psi, mca, pca
Ppfs	Presión equivalente de pérdidas por fricción en la succión de la bomba	psi, mca, pca
Psucc	Presión de succión o altura de succión positiva o negativa	psi, mca, pca
Pv	Presión de vapor	psi, mca, pca

Para evitar la cavitación de la bomba debemos conservar la siguiente relación:

$$\text{NPSH}_d > \text{NPSH}_r$$

## Fórmulas

### Presión atmosférica

$$Patm = e \frac{asnm}{8000} \times 14,7 \text{ psi} \quad e^{\frac{850m}{6000}} \times 14,7 \text{ psi}$$

Variable	Significado	Unidad
asnm	Altura sobre el nivel del mar	m
Patm	Presión atmosférica del sitio	psi
14,7	Presión atmosférica o metros sobre el nivel del mar	psi

#### NOTA IMPORTANTE:

Este Manual Práctico es una guía para el usuario, que no compromete en nada a Barnes de Colombia S.A., y por consiguiente, la información suministrada cuando se utilice con fines prácticos, debe ser consultado con la fábrica para revisar y constatar su corrección antes de cualquier posible utilización en cálculos o instalaciones.

Propiedad intelectual reservada.

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización escrita de Barnes de Colombia S.A.

Edición No. 8, revisada y aumentada.  
Impreso por: Ochoa Impresores Ltda.  
Bogotá D.C., Marzo de 2017.