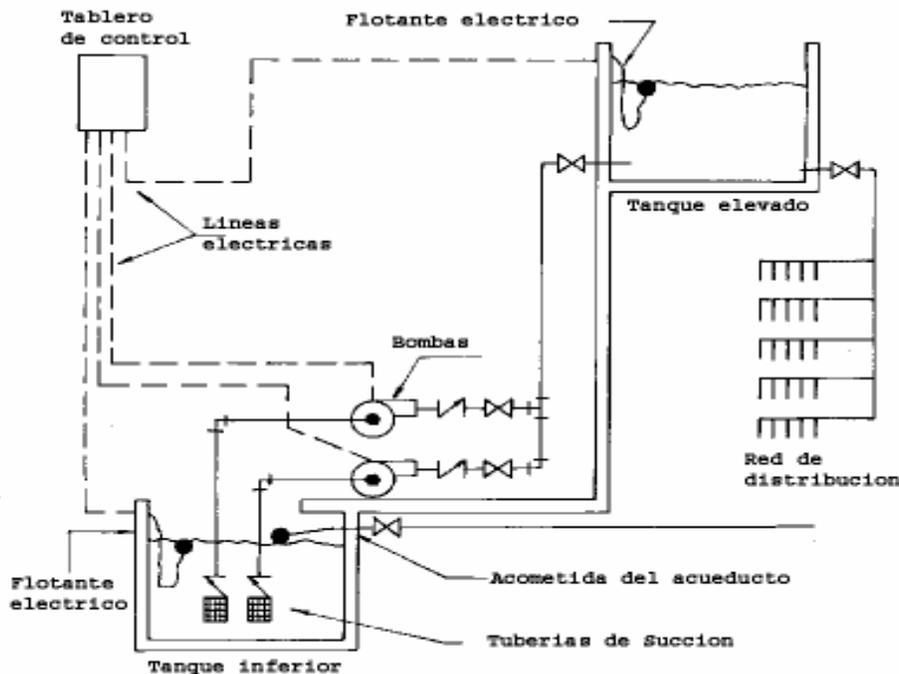


## **SISTEMAS DE BOMBEO** **Características y Dimensionamiento**

Por: **J. W. J. de Wekker V.**  
Charla dictada en la Universidad Católica Andrés Bello.  
Junio. 2004

### **SISTEMAS DE BOMBEO DE TANQUE A TANQUE**

Este sistema consiste por ejemplo en un tanque elevado en la azotea del edificio; con una altura que permita la presión de agua establecida según las normas sobre la pieza mas desfavorable.



Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual surgirá para cada piso, una ramificación a los apartamentos correspondientes al mismo, dándose de esta forma el suministro por gravedad. Este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose con este que las mismas no sobrepasen los valores adecuados.

En la parte inferior de la edificación existe un tanque, el cual puede ser superficial, semi subterráneo o subterráneo y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público. Desde este tanque un número de bombas establecido (casi siempre una o dos), conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

## CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CALCULO

El cálculo del sistema de bombeo de tanque a tanque requiere de dos pasos previos, del cálculo de la dotación diaria (y caudal de bombeo) y de la carga dinámica total de bombeo. Sin embargo se hace necesario la coordinación de algunos parámetros, los cuales se explican en los párrafos siguientes:

- Cuando fuere necesario emplear una combinación de tanque bajo, bomba de elevación y estanque elevado, debido a presión insuficiente en el acueducto público, y/o a interrupciones de servicio frecuentes, el volumen utilizable del estanque bajo no será menor de las dos terceras (2/3) partes de la dotación diaria y el volumen utilizable del estanque elevado no será menor de la tercera (1/3) parte de dicha dotación.
- La tubería de aducción desde el abastecimiento público hasta los estanques de almacenamiento, deberá calcularse para suministrar el consumo total diario de la edificación en un tiempo no mayor de cuatro (4) horas, teniendo como base la presión de suministro, diámetro y recorrido de la aducción.
- La tubería de bombeo entre un estanque bajo y el elevado deberá ser independiente de la tubería de distribución, calculándose el diámetro para que pueda llenar el estanque elevado en un máximo de dos (2) horas, previendo en esta que la velocidad esté comprendida entre 0.60 y 3.00 m/seg.
- Los diámetros de la tubería de impulsión de las bombas se determinarán en función del gasto de bombeo, pudiendo seleccionarse conforme a la siguiente tabla

Caudales				Diámetros	
				Nominal	Interno
Lts/Seg				Plg	cms
hasta		0,85		3/4"	2,09
de	0,86	a	1,50	1"	2,66
de	1,51	a	2,30	1 1/4"	3,53
de	2,31	a	3,40	1 1/2"	4,09
de	3,41	a	6,00	2"	5,25
de	6,01	a	9,50	2 1/2"	6,27
de	9,51	a	13,50	3"	7,79
de	13,51	a	24,00	4"	10,2

- Puede estimarse el diámetro de la tubería de succión, igual al diámetro inmediatamente superior al de la tubería de impulsión, indicada en la tabla anterior.
- En la tubería de impulsión e inmediatamente después de la bomba, deberán instalarse una válvula de retención y una llave de compuerta.

- En el caso de que la tubería de succión no trabaje bajo carga (succión negativa), deberá instalarse una válvula de pie en su extremo, para prevenir el descebado de las bombas.
- La capacidad del sistema de bombeo deberá ser diseñado de manera tal, que permita el llenar el estanque elevado en un tiempo no mayor de dos (2) horas.
- Siendo la Altura Dinámica Total de bombeo ADT la resultante de la sumatoria de:
  1. Diferencia de cotas entre el sitio de colocación de la válvula de pie y la cota superior del agua en el tanque elevado.
  2. Las fricciones ocurridas en la succión de la bomba, descarga de la misma y montante hasta el tanque elevado.
  3. Presión residual a la descarga del tanque elevado ( $\pm 2.00$  a  $4.00$  m.).
- Nota: La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución.

## DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula siguiente:

$$CV = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * (n\%/100)}$$

en donde:

- CV = Potencia de la bomba en **caballos de vapor** (para caballos de fuerza usar una constante de 76 en lugar de 75).
- Q = Capacidad de la bomba.
- ADT = Carga total de la bomba.
- n = Rendimiento de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener un margen de seguridad que las permita cierta tolerancia a la sobrecarga y deberá preverse los siguientes márgenes::

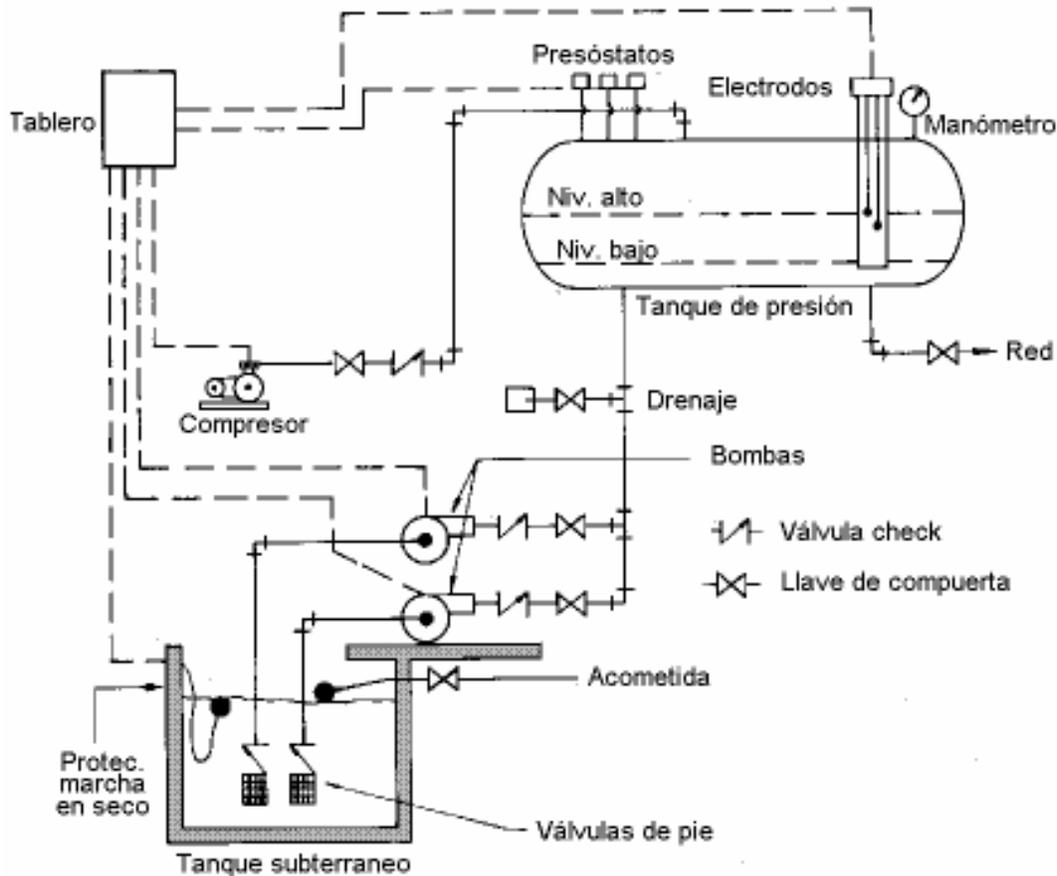
- 50% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 HP.
- 30% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 a 5 HP.
- 20% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 5 a 10 HP.
- 15% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 10 a 20 HP.
- 10% aprox. para potencia de la bomba superior a 20 HP.

Estos márgenes son meramente teóricos e indicativos y pueden ser variados según la curva de funcionamiento de la bomba o según las características específicas del motor aplicado.

## SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión.



El sistema, el cual se representa en el Dibujo anterior, funciona como se explica a continuación:

El agua que es suministrada desde el acueducto público u otra fuente (acometida), es retenida en un tanque de almacenamiento; de donde, a través de un sistema de bombas, será impulsada a un recipiente a presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red), y que contiene volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel de agua, al comprimirse el aire aumenta la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados, se produce la señal de parada de la bomba y el tan-

que queda en la capacidad de abastecer la red, cuando los niveles de presión bajan, a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente.

## COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

El Sistema Hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

1. Un tanque de presión, el cual consta entre otros de un orificio de entrada y otro de salida para el agua (en este se debe mantener un sello de agua para evitar la entrada de aire en la red de distribución) y uno para la inyección de aire en caso de faltar el mismo.
2. Un número de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares y dos o más para edificaciones mayores).
3. Interruptor eléctrico para detener el funcionamiento del sistema, en caso de faltar el agua en el estanque bajo (Protección contra marcha en seco).
4. Llaves de purga en las tuberías de drenaje.
5. Válvula de retención en cada una de las tuberías de descarga de las bombas al tanque Hidroneumático.
6. Conexiones flexibles para absorber las vibraciones.
7. Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre éste y el sistema de distribución.
8. Manómetro.
9. Válvula de seguridad.
10. Dispositivo para control automático de la relación aire/agua.
11. Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba en turno y control del compresor.
12. Indicador exterior de los niveles en el tanque de presión, para la indicación visual de la relación aire-agua.
13. Tablero de potencia y control de los motores.
14. Dispositivo de drenaje del tanque hidroneumático, con su correspondiente llave de paso.
15. Compresor u otro mecanismo que reponga el aire perdido en el tanque hidroneumático.
16. Filtro para aire, en el compresor o equipo de inyección.

**Nota:** Para los equipos instalados en viviendas unifamiliares y bifamiliares, los requerimientos señalados en los apartes 9, 10, 12, 16 podrán suprimirse.

## CICLOS DE BOMBEO

Se denomina ciclos de bombeo al número de arranques de una bomba en una hora.

Cuando se dimensiona un tanque se debe considerar la frecuencia del número de arranques del motor en la bomba. Si el tanque es demasiado pequeño, la demanda de distribución normal extraerá el agua útil del tanque rápidamente y los arranques de las bombas serán demasiado frecuentes. Un ciclo muy frecuente causa un desgaste innecesario de la bomba y un consumo excesivo de potencia.

Por convención se usa una frecuencia de 4 a 6 ciclos por hora, el ciclo de cuatro (4) arranques/hora se usa para el confort del usuario y se considera que con mas de seis (6) arranques/hora puede ocurrir un sobrecalentamiento del motor, desgaste innecesario de las unidades de bombeo, molestias al usuario y un excesivo consumo de energía eléctrica.

El punto en que ocurre el número máximo de arranques, es cuando el caudal de demanda de la red alcanza el 50% de la capacidad de la bomba. En este punto el tiempo que funcionan las bombas iguala al tiempo en que están detenidas. Si la demanda es mayor que el 50%, el tiempo de funcionamiento será mas largo; cuando la bomba se detenga, la demanda aumentada extraerá el agua útil del tanque mas rápidamente, pero la suma de los dos periodos, será mas larga.

Una vez calculado el Caudal Máximo Probable de agua correspondiente a una red de distribución, así como, los diámetros y presión mínimas requeridos por la red, y tomada la decisión de instalar un sistema hidroneumático, se deben tomar en cuenta un grupo de factores los cuales se explicarán en la secciones siguientes.

## **PRESIONES DE OPERACION DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO**

### **PRESION MINIMA ( $P_{min}$ )**

La presión mínima de operación ( $P_{min}$ ) del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida (presión residual) en la toma mas desfavorable y podrá ser determinada por la fórmula siguiente:

$$P_{min} = h + \sum_{hf} + h_r$$

donde:

- $h$  = Altura geométrica (o diferencia de cotas) entre el nivel del tanque subterráneo y el nivel de la pieza más desfavorable.
- $\sum_{hf}$  = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como accesorios) que sufre el fluido desde la descarga del tanque hasta la toma más desfavorable.
- $h_r$  = Presión residual.

Un estimado bastante preciso (para edificios de más de cuatro pisos) es el siguiente:

- Se establece una altura entre placas de 2,75 Mts (si no hay otro dato)
- Como pérdidas ( $\sum_{hf}$ ) se estima un 10% de la altura de la edificación más unos 7 Mts de pérdidas en piso.
- Como presión residual se estiman 7 Mts, cuando los W.C. son con tanque y 12 Mts cuando son con Fluxómetro.

Como ejemplo tomemos un edificio de 8 pisos + P.B. + P.H. con piezas de tanque:

$$\begin{aligned} h &= 10 \times 2,75 = 27,5 \text{ Mts} \\ \sum_{hf} &= 2,75 + 7 = 9,75 \text{ Mts} \\ h_r &= 7,00 \text{ Mts} \end{aligned}$$

$$\text{PRESION MINIMA (P}_{\min}) = \text{-----} \quad 44,3 \text{ Mts} \approx 65 \text{ PSI}$$

## PRESION DIFERENCIAL Y MÁXIMA

El artículo número 205 de la Gaceta Oficial 4.044 Extraordinario, recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI). Sin embargo, no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil. La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

## DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La primera consideración al seleccionar el tamaño de las bombas, es el hecho de que deben ser capaces por si solas de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales, existiendo siempre una bomba adicional para alternancia con la (s) otra (s) y para cubrir entre todas, por lo menos el 140 % de la demanda máxima probable.

## NUMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO

Como ya fue mencionado, solo es permitido el uso de una bomba en el caso de viviendas unifamiliares; en cualquier otro tipo de edificaciones deben seleccionarse dos o más unidades de bombeo

Ya que se debe dejar una unidad de bombeo de reserva para la alternancia y para confrontar caudales de demanda super-pico, se deberá usar el siguiente criterio:

NOTA: Según la Gaceta Oficial 4.044 Extraordinario un hidroneumático deberá tener solo dos bombas, los sistemas con tres o más bombas están considerados como de "Presión Constante", más esto es más un asunto de semántica que técnico.

La suma total de los caudales de las unidades de bombeo utilizados no será nunca menor del 140 % del caudal máximo probable calculado en la red. La tabla siguiente presenta el criterio anteriormente expuesto.

N° de bombas	% de Q <sub>máx</sub>	Total Q de bombeo
2	100	200
3	50	150
4	35	140

Nota) Más de cuatro unidades de bombeo no se justifican en los hidroneumáticos de edificios, más podrían considerarse dependiendo de la proyección horizontal y/o vertical de la edificación

## POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA Y EL MOTOR

Wekker & Asociados, C.A.  
Asesora técnicamente a  
Grupo HOBA, C. A.

[ingenieria@grupohoba.com](mailto:ingenieria@grupohoba.com)



La potencia de la bomba para un sistema hidroneumático podrá calcularse por la misma fórmula indicada en la página 3 de los presentes apuntes:

$$CV = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * (n\%/100)}$$

Las bombas deben seleccionarse para trabajar contra una carga por lo menos igual a la presión máxima en el tanque hidroneumático.

Esto está indicado en Gaceta para garantizar que las unidades de bombeo seleccionadas alcancen la presión máxima requerida por el sistema hidroneumático; pero de tenerse a mano curvas características de las unidades de bombeo, la selección podrá hacerse por medio de ellas.

La potencia del motor eléctrico que accione la bomba será calculada según las mismas consideraciones utilizadas en el cálculo de los sistemas de tanque a tanque.

### **DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE A PRESION**

El dimensionamiento del tanque a presión, se efectúa tomando como parámetros de cálculo el caudal de bombeo ( $Q_b$ ), el caudal de demanda ( $Q_d$ ), los ciclos por hora ( $U$ ), y las presiones de operación, el procedimiento resumidamente es así:

$T_c$  representa el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas, y se expresa como sigue:

$$T_c = \frac{1 \text{ hora}}{U} \quad \text{Dado que } U = 6 \text{ por definición}$$

Por lo tanto para caudales en lts/seg y tiempos en segundos:

$$T_c = \frac{3600}{6} = 600 \text{ seg.}$$

Pero también:

$$T_c = t_{ll} + t_{va} \quad \text{donde:}$$

$t_{ll}$  = Tiempo de llenado del tanque

$t_{va}$  = Tiempo de vaciado del tanque

Por definición, el momento en que ocurren más ciclos en una hora es cuando el caudal de demanda ( $Q_d$ ) es igual a la mitad del caudal de bombeo ( $Q_b$ ), por lo tanto:

$$T_l = \frac{V_u \text{ (Volumen utilizable)}}{Q_b - Q_d}$$

Pero si  $Q_d = \frac{1}{2} Q_b$

$$T_{II} = \frac{V_u}{Q_b - \frac{1}{2}Q_b} = \frac{V_u}{\frac{1}{2}Q_b} = \frac{2V_u}{Q_b}$$

Por otro lado:

$$T_{va} = \frac{V_u}{Q_d} = \frac{V_u}{\frac{1}{2}Q_b} = \frac{2V_u}{Q_b} \quad \text{por consiguiente si:}$$

$$T_c = t_{II} + t_{va} \quad \text{entonces:}$$

$$T_c = \frac{4V_u}{Q_b}$$

Despejando  $V_u$  :

$$V_u = \frac{T_c \times Q_b}{4} = \frac{600 \times Q_b}{4} = 150Q_b$$

$$V_u = 150 * Q_b \quad (\text{en litros para } u = 6 \text{ y } Q_b = 1 \text{ Lts/s})$$

Por otro lado, procedemos al cálculo del porcentaje del volumen útil ( $\%V_u$ ) que representa la relación entre el volumen utilizable y el volumen total del tanque y se podrá calcular a través de la siguiente ecuación:

$$\%V_u = 90 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max}}$$

donde:

$P_{\max}$  = Es la presión máxima del sistema

$P_{\min}$  = Es la presión mínima del sistema

Nota : Tanto la  $P_{\max}$  como la  $P_{\min}$  serán dados como **presiones absolutas**.

Cálculo del volumen del tanque ( $V_t$ ).

$$V_t = \frac{V_u}{(\%V_u / 100)} = \frac{5000 \times Q_b}{\%V_u} \quad (\text{en litros})$$

## CALCULO DEL COMPRESOR

Siendo la función del compresor la de reemplazar el aire que se pierde por absorción del agua y por posibles fugas, su tamaño es generalmente pequeño. Debe vencer una presión superior a la máxima del sistema, y su capacidad no pasa de pocos pies cúbicos de aire por minuto. En efecto, el agua tiene una capacidad de disolver a 15 °C y a 14,696 psi (10,34m de columna de agua) 21,28 dm<sup>3</sup> de aire por cada metro cúbico ( 1 m<sup>3</sup> ) de agua, suponiendo que esta agua no tuviera ninguna materia en solución. Ahora bien, la capacidad de solución del agua está ya en parte agotada por el cloro de desinfección; por lo tanto el compresor necesario para reponer el aire absorbido por el agua debe ser muy pequeño. donde:

U = Número de ciclos por hora.

b.- Determinación del volumen útil del tanque (V<sub>u</sub>).

Es el volumen utilizable del volumen total del tanque y representa la cantidad de agua a suministrar entre la presión máxima y la presión mínima.

$$V_u = T_c * Q_b$$

Los datos que suministra la experiencia, son resumidos en diferentes tablas y reglas, por ejemplo según la firma **PEERLES PUMP DIVISION**, compresores con capacidad de 1 a 2 pies cúbicos por minuto (28.317 cm<sup>3</sup> a 56.634 cm<sup>3</sup> por minuto) por cada 1.000 galones ( 3.785 Lts) de capacidad total del tanque, han sido encontrados satisfactorios para muchas instalaciones.

Los compresores deben estar accionados por interruptores de nivel y de presión, para asegurar el mantenimiento de las proporciones debidas de agua y aire.

En los tanques de capacidad, iguales o mayores a 320 galones., es preferible usar para la recarga del aire un compresor del tipo convencional, de capacidad y presión adecuada para el sistema, movidos por un motor eléctrico mandado por un sistema de control, el cual normalmente funciona mediante un sistema de combinación entre presión y nivel de agua, de manera que se pueda controlar el trabajo del compresor.

## LOS SISTEMAS HIDRONEUMATICOS DE USO DOMESTICO

Los sistemas hidroneumáticos con tanques de 320 Galones o menos y en edificaciones con 30 piezas servidas o menos se denominan hidroneumáticos de quintas o de uso doméstico, su metodología de dimensionamiento difiere de los llamados hidroneumáticos temporales, sobre todo en las estimaciones de los caudales pico de la demanda ya que ninguno de los otros métodos de cálculo parecen dar resultados coherentes.

Según una tesis de pre-grado realizada por los estudiantes Dos Ramos G. Roberto y Gómez G. Camilo de la Universidad **SIMON BOLIVAR**, (si Ud. desea mayor información

con respecto a dicho estudio, se recomienda la solicitud del informe titulado **CALCULO DE SISTEMAS HIDRONEUMATICOS DE USO DOMESTICO**, cuyos autores son los estudiantes antes mencionados) en el cálculo para sistemas hidroneumáticos de uso doméstico (vivienda unifamiliares) la estimación de la demanda se hará de acuerdo a la fórmula presentada a continuación:

$$Q_d = 0,83 * N_p \quad (\text{Lpm})$$

donde:

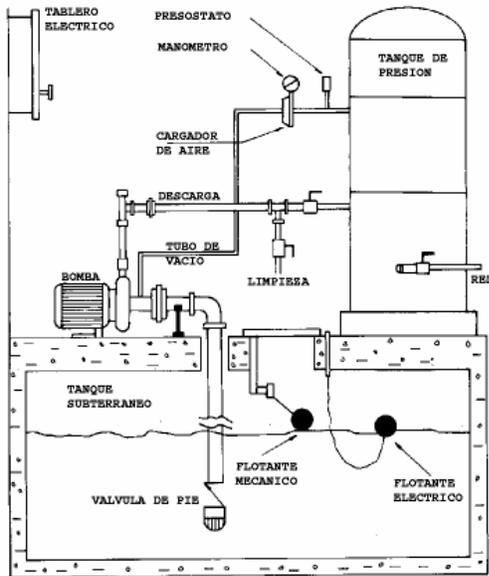
Q<sub>d</sub> = Caudal de demanda en litros por minuto. - N<sub>p</sub> = Número de piezas o aparatos sanitarios servidos.

**Wekker & Asociados, C.A.**  
Asesora técnicamente a  
**Grupo HOBA, C. A.**

[ingenieria@grupohoba.com](mailto:ingenieria@grupohoba.com)



### HIDRONEUMATICO DOMESTICO



Esta fórmula lineal abarca un rango entre cinco (5) hasta treinta (30) piezas con bastante exactitud, puesto que las viviendas unifamiliares con más de treinta piezas son casos atípicos.

Para este tipo de sistema es permitido el uso de una sola unidad de bombeo y cargadores de aire en lugar de compresor para la recarga del aire.

En relación a las presiones de operación en los hidroneumáticos domésticos se usa la siguiente estimación de presiones:

Número de pisos	P mínima (PSI)	P máxima (PSI)	C.D.T. (Mts)
1	20	40	30
2	25	45	33
3	30	50	37
4	35	55	40

## SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE

### GENERALIDADES

Son aquellos sistemas de bombeo en donde se suministra agua a una red de consumo, mediante unidades de bombeo que trabajan directamente contra una red cerrada.

Los sistemas de bombeo a presión constante se clasifican en dos grupos principales, a saber:

- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.
- Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

A continuación se explican ambos sistemas.

### SISTEMA DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD FIJA

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a una velocidad invariable para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre más apropiado para estos sistemas sería el de **SISTEMAS DE BOMBEO CONTINUO A VELOCIDAD FIJA**.

A pesar de lo anteriormente expuesto, estos sistemas se convierten en **SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE** con el uso de válvulas reguladoras, que son usadas cuando en la red se requiere en verdad, una presión uniforme. En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las bombas se efectúa mediante los diferentes métodos de registrar la demanda en la red; lo cual sirve además para clasificarlos.

#### **CON SENSOR DE PRESION (TANKLESS)**

En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se accionan por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

#### **CON SENSOR DIFERENCIAL DE PRESION**

Estos tipos de sistemas incorporan una placa de orificio, tubo venturi, inserto corto o cualquier otro mecanismo medidor de caudal que acciona un presostato diferencial para lograr un funcionamiento aditivo de las bombas.

#### **CON MEDIDORES DE CAUDAL HIDRODINAMICOS ( $V^2/2g$ )**

Son sistemas que incorporan rotámetros, tubos pitops o cualquier otro medidor hidromecánico de velocidad. En ellos, determinada la velocidad se calcula el caudal por sección/velocidad; a este grupo específico pertenece el **PACOMONITOR**.

#### **CON MEDIDORES DE CAUDAL ELECTRO-MAGNÉTICO**

Son sistemas que registran el caudal por medio de la inducción de un campo, producido por la velocidad de la masa de agua pasante, el medidor crea una resistencia que es registrada por un transductor que da las señales de encendido y apagado de las bombas.

### **SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD VARIABLE**

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en el impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas, las cuales sirven a su vez para clasificarlos en:

#### **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTORES DE INDUCCION**



El motor es el denominado Tipo Escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un transductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

#### **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE RECTIFICADORES DE SILICON**

En este caso se usan motores normales en jaula de ardilla y un sensor electrónico de presión y/o caudal, que por intermedio de un transductor hace que el circuito rectificador de S.R.C. varíe el ciclo de la onda de C.A., variando por ende la velocidad de motor.

#### **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES MECANICOS**

La velocidad de la bomba es regulada por un moto-variador que consta de un motor estándar acoplado a una caja variadora de velocidad, integrada por un juego de correas en " V " que corre sobre poleas de diámetro variable, accionándose el conjunto por un mecanismo electromecánico que recibe una señal de un sensor de presión y/o caudal.

#### **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES ELECTRICOS**

En este tipo de sistemas se usa un variador electromagnético que consta generalmente de un motor de tipo jaula de ardilla, que mueve un electroimán que es excitado por una corriente secundaria de una intensidad proporcional a la presión y/o caudal registrados en la red que arrastra o no, a mayor o menor velocidad el lado accionado, donde generalmente se encuentra la unidad de bombeo.

#### **VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES HIDRÁULICOS**

Este consta generalmente, de un motor de tipo jaula de ardilla, que acciona un acoplamiento hidráulico, en donde un mecanismo hidráulico mecánico regula la velocidad de salida, (accionamiento de la bomba) en forma proporcional a la presión de la red, por medio de la cantidad de fluido que suministra el acople hidráulico.

Los mecanismos utilizados para registrar presión y/o caudal en este tipo de sistema son similares a los especificados para los sistemas a velocidad constante. En el caso de sistemas con mas de una bomba, el funcionamiento aditivo se efectúa teniendo cuidado en bloquear la unidad en turno de funcionamiento a su velocidad máxima y variándola en la bomba que entra en servicio auxiliar, también se logra arrancando adicionalmente una bomba a velocidad fija y bajando al mínimo la velocidad en el variador.

En la práctica, los sistemas de velocidad variable se justifican solo en redes con amplios rangos de fluctuación de caudal y valores de fricción altos, ya que como en las bombas centrifugas la presión de descarga es razón cuadrática a la velocidad de funcionamiento, es muy poca, (5% o menos), la variación de velocidad y el posible ahorro de consumo eléctrico se diluyen en las pérdidas de rendimiento de los mecanismos variadores de velocidad, salvo en el caso de los rectificadores de silicón que parecen ser los mas confiables y modernos en la actualidad; su aplicación solo esta limitada por los altos costos de adquisición de sus componentes, aunque ya este tipo de variador es ampliamente usado en la industria, y cada día más se hacen más asequibles.

## **SISTEMA DE BOMBEO TANKLESS**

Como ya mencionamos, en estos sistemas el funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se accionan por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

### **DIMENSIONAMIENTO**

Para el dimensionamiento del sistema TANKLESS se sigue (con algunas variaciones) pasos similares a los utilizados para el cálculo del sistema hidroneumático.

A continuación se presenta el procedimiento de cálculo:

### DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MAXIMO

En la determinación del caudal máximo probable de bombeo se puede usar cualquiera de los métodos usuales, más para sistemas de presión continua se recomienda el uso de las Unidades de Gasto (UG) indicadas en las normas para el dimensionamiento de tuberías pero aplicando la siguiente fórmula , empírica que produce resultados acortes a otro métodos:

$$Q_b = 0,081 * UG^{0,672}$$

Esta forma de cálculo da resultados muy precisos en sistemas de presión constante de cualquier tipo.

### DETERMINACION DEL CAUDAL MINIMO

En todos los casos el caudal mínimo de demanda de una red, depende del tamaño y uso al cual se destina la misma; el consumo mínimo, en muchos casos determinará la viabilidad o no del uso de bombas piloto que contribuirán a disminuir más el consumo eléctrico en este tipo de equipos. Algunos estimados de consumo mínimo de redes se dan en la siguiente tabla:

USO DEL EDIFICIO	PORCENTAJE DEL $Q_b$ ESTIMADO PARA $Q_{piloto}$	
EDIFICACIONES RESIDENCIALES, ACUEDUCTOS DE URBANIZACIONES O DE CONJUNTOS RESIDENCIALES	0,15	
HOTELES, CLUBES	0,30	
HOSPITALES	0,35	
EDIFICACIONES DE OFICINAS	0,10	
ESCUELAS	0,15	
CENTROS COMERCIALES	0,15	
FABRICAS, según turno y	1 Turno	0,20
agua para ser-	2 Turnos	0,25
vicios sanita-	3 Turnos	0,35
rios		

Los valores de caudal mínimo así obtenidos, son tan solo indicativos, ya que el criterio final del proyectista será el que prevalezca en estos casos; el caudal mínimo por razones prácticas no deberá ser nunca menor a 1,75 Lts/s o menor al equivalente al 10% del  $Q_{m\acute{a}x}$ .

### DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO

El número de bombas en un Sistema a presión continua es un asunto de criterio del proyectista, será razón del caudal máximo requerido por la red, el uso de la edificación y la corriente eléctrica disponible.

En un sistema de presión continua las unidades de bombeo se dividen en principales y pilotos, y el sistema consta de unidades según lo prevea el proyecto.

La tabla a continuación podrá dar una idea de los diferentes arreglos de bombas:

Bombas Piloto N°	Bbs. Servicio N°	% de Q <sub>piloto</sub> del Q máximo	% de Q <sub>servicio</sub> del Q máximo
0	2	-	50
1 o 2	2	10 -35	50
0	3	-	35
1 o 2	3	10 -35	35
0	4	-	25
1 o 2	4	10 -35	25

Nota) Salvo en el caso de caudales sumamente grandes no se justifica el uso de sistemas de presión continua con más de cuatro bombas de servicio, el uso de dos bombas piloto, queda también a criterio del proyectista.

### DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACION Y CARGA DINAMICA TOTAL ( HDT ) EN LA RED

Las presiones en la red se calcularán según los pasos y consideraciones explicadas en la página 6 de este manual.

La HDT de bombeo será el resultado de sumar a la Presión de operación las carga correspondiente a las succiones y las pérdidas en la estación reguladora de presión (de existir esta)

### POTENCIA DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La potencia de la bomba para un sistema hidroneumático podrá calcularse por la misma fórmula indicada en la página 3 de los presentes apuntes:

$$CV = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * (n\%/100)}$$

### CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- En todo caso, la potencia del motor debe ser el resultado del cálculo efectuado en el rendimiento real indicado en la curva seleccionada y siempre debe garantizar que no exista sobrecarga en el mismo cuando la unidad trabaja contra el 85 % de la carga de diseño.

- Las unidades de bombeo deben ser seleccionadas en forma tal que la presión de cierre no está nunca por encima de los 15 metros de la HDT. máxima de diseño en equipos de hasta 100 PSI de presión de trabajo y de 20 Mts en equipos de 101 o más PSI, esto para evitar sobre-presiones indeseables en la red.
- En caso de que los valores resultantes de las presiones de cierre de las bombas superen estos límites, se debe prever una estación conformada por una o más válvulas reguladoras de presión o una válvula de alivio con recirculación al suministro.

### DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA:

Las tuberías serán seleccionadas con diámetros tales que la velocidad del caudal máximo probable en ellas se encuentre comprendida entre 1 y 3 m/seg.

Caudales				Diámetros	
				Nominal	Interno
Lts/Seg				Pulg	cms
hasta			0,85	3/4"	2,09
de	0,86	a	1,50	1"	2,66
de	1,51	a	2,30	1 1/4"	3,53
de	2,31	a	3,40	1 1/2"	4,09
de	3,41	a	6,00	2"	5,25
de	6,01	a	9,50	2 1/2"	6,27
de	9,51	a	13,50	3"	7,79
de	13,51	a	24,00	4"	10,2

La Tabla anterior puede servir de guía para la selección de los diámetros de tubería de suministro a edificaciones:

### DIMENSIONAMIENTO DE LA VALVULA DE SOBREPRESION

Cuando las unidades de bombeo piloto o de servicio seleccionadas tienen una presión de cierre superior a las mínimas preestablecidas o se requiere una presión estable, se hace necesario retornar al tanque el caudal excedente con el fin de mantener la presión en la red dentro de los límites permisibles. Esto se logra por medio de una válvula de alivio y una tubería de retorno al tanque. Esta se dimensionarán según la Tabla N° 7 siguiente y graduará para que abra a la máxima presión admitida por la red.

CAUDAL A RECIRCULAR lts/seg	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN	DIÁMETRO DE LA VÁLVULA DE ALIVIO
Hasta 1,00	1 "	1/2 "
1,01 - 1,25	1 1/4 "	3/4 "
1,26 - 2,25	1 1/2 "	1 "
2,26 - 5,00	2 "	1 1/4 "
5,01 - 10,0	2 1/2 "	1 1/2 "

El caudal de retorno al tanque de almacenamiento será igual al producido por la unidad en turno de servicio o piloto, a la máxima presión admitida por la red.

Se debe acotar que la recirculación al tanque se usa solo cuando hay presión excesiva en la red y no se estén utilizando estaciones reguladoras de presión en la red.

## ENFRIAMIENTO DE LA CARCASA

Las unidades de bombeo piloto o aquellas que estén en turno de servicio con caudales de consumo de la red cercanos a cero, sufren recalentamiento en la carcasa que podrían ser perjudiciales para estas.

Por eso se hace necesario recircular al tanque una pequeña cantidad de agua que sirva para el enfriamiento de la carcasa. Por lo tanto se preverá una recirculación de forma tal que se garantice el retorno al tanque de aproximadamente 1 GPM (3,785 lts/min) por cada HP (CV) aplicado a la unidad de bombeo.

Esto se logra en varias formas:

- Si la presión de cierre de la bomba piloto lo permite, se colocará una válvula de alivio graduada en forma tal que permita la recirculación al tanque, del caudal antes mencionado.
- Si las curvas de las bombas son muy planas y no permiten el accionamiento de una válvula de alivio, pueden usarse sensores de temperatura (termostatos) que comanden una válvula de solenoide que permita la recirculación al tanque del caudal antes mencionado.
- Si la construcción de la bomba es tal que no permite la colocación de termostatos y/o su funcionamiento de forma eficiente, se colocará una recirculación constante y se regulará por dos llaves tipo globo. Esta última solución es la mas práctica y recomendable en la mayoría de los casos.

A continuación se ofrecen datos aproximados para la selección del caudal de enfriamiento.

POTENCIA DEL MOTOR HP	CAUDAL DE ENFRIAMIENTO M <sup>3</sup> /Hora	DIÁMETRO DE TUBERÍA PLG.
5,00	1135	1/2 "
7,50	1700	1/2 "
10,0	2270	3/4 "
15,0	3410	3/4 "
20,0	4545	1 "
25,0	5680	1 1/4 "
30,0	6815	1 1/4 "
40,0	9085	1 1/2 "
50,0	11360	1 1/2 "

En aquellos sistemas donde se ha establecido recirculación al tanque por válvula de sobre-presión (alivio) no se requiere el uso del circuito de enfriamiento, ya que la misma recirculación servirá del enfriamiento de las carcasas.

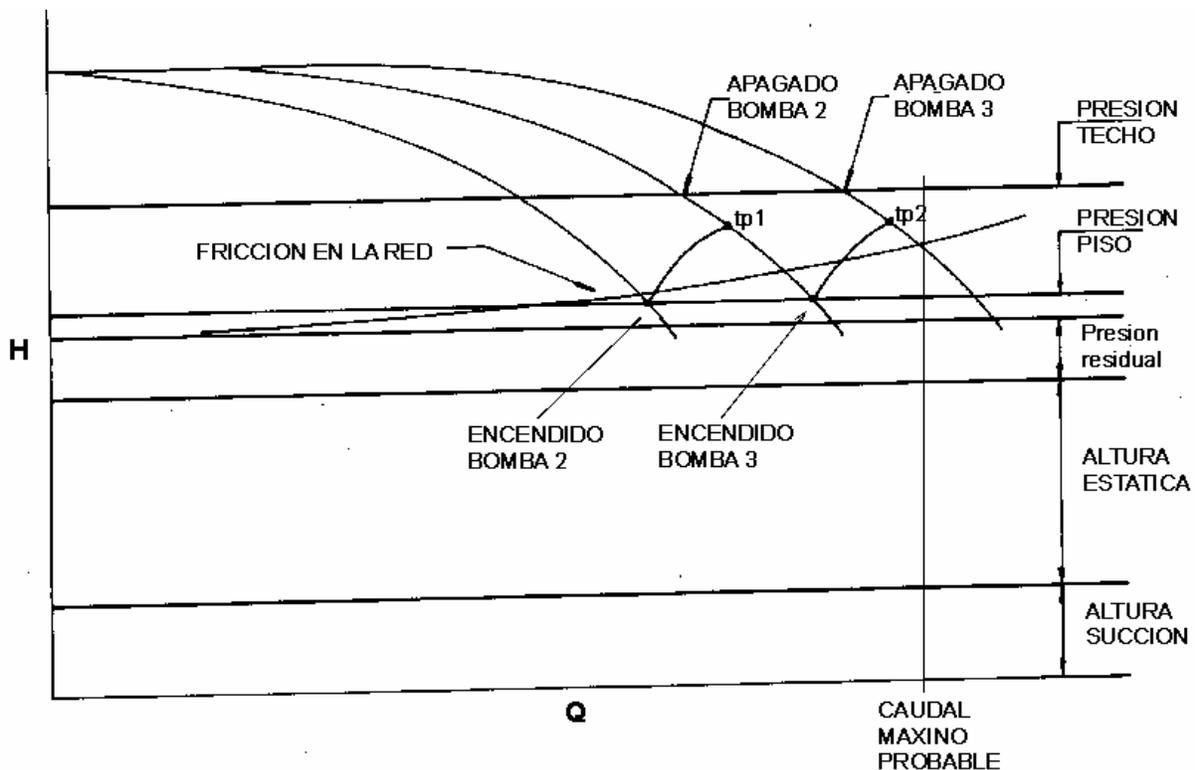
## DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACION DE LAS BOMBAS

La curva de funcionamiento del sistema debe garantizar que los puntos de transferencia de las unidades de bombeo (**pt1** y **pt2**) queden por debajo de la presión de apagado (Presión Techo) de la misma, dicho punto debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_2 = Q_1 * ( P_2 / P_1 )^{1/2}$$

En donde :

- $Q_2$  = Es el caudal desconocido a ser entregado por la bomba en turno de servicio N° 2.
- $Q_1$  = Es el caudal entregado por la bomba en turno de servicio N° 1 en la intersección de su curva con el límite mínimo de presión del sistema.
- $P_1$  = Límite mínimo de presión del sistema (presión piso).
- $P_2$  = Límite máximo de presión del sistema (presión techo).



El cálculo de la presión techo, se efectuará por tanteo; empezando con un estimado de  $Q_2$  y luego estimándolo de nuevo con los  $P_2$  resultantes hasta un límite de equilibrio.

El cálculo del límite mínimo de presión (presión piso) del sistema es igual que en los equipos hidroneumáticos, pero el límite máximo del mismo está sujeto a cálculo según la curva característica de la unidad a utilizar y siempre es deseable que el diferencial de presión no sea nunca superior a 20 PSI (14 m. de columna de agua); si el diferencial resultante, dado las características de la curva a utilizarse, resulta superior a este valor, hay que prever un juego de válvulas reguladoras de presión a la descarga general del equipo, teniendo especial cuidado en incluir el cálculo del límite mínimo de la caída de presión a través de las reguladoras.

Se deben tener siempre en consideración que la curva de comportamiento de la red servirá de referencia para la selección de las bombas.

Debido a que los sistemas de bombeo se ven sometidos a variaciones de presiones bruscas, las cuales ellos deben estar en la capacidad de controlar, debe preverse la recirculación al tanque de abastecimiento así como retardos en el encendido y apagado de las bombas aditivas.

En el saldo se usarán los mismos criterios que los mencionado para el **PACOMONITOR**, teniendo en cuenta que:

- Si la presión de cierre de las unidades de bombeo es mayor de 10 PSI (7 m de columna de agua) en el valor del límite máximo del sistema se usará una válvula de alivio que permita la recirculación del caudal antes mencionado, dicho válvula debe tener incorporado un controlador de caudal de recirculación dentro de los límites previstos.
- Si la presión de cierre de las unidades de bombeo es menor de 10 PSI (7 m de columna de agua) del valor del límite máximo de presión del sistema. Se recomienda la utilización de una válvula solenoide accionada por termostato que medirá la temperatura de las carcasas de las bombas, abriendo las válvulas solenoide cada vez que la temperatura de la unidad de bombeo alcance 55 °C y cerrando la misma al valor de 35 °C.

## **SISTEMAS DE BOMBEO Y A PRESION CONSTANTE DE TIPOS “NO TRADICIONALES”**

### **GENERALIDADES**

En razón del uso que se la dará a la red, y con la certeza de que existirán variaciones muy amplias no solo en los mínimos y máximos de demanda diaria, sino también al uso casi exclusivo periódico, la instalación de un sistema hidroneumático resulta además de impracticable extremadamente costoso, debido al gran volumen, que por las características de la red, resulta de éste.

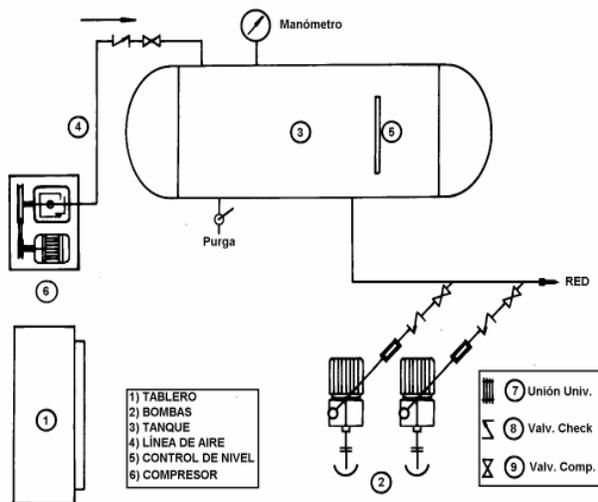
El uso de un sistema de presión constante **TANKLESS** o **PACOMONITOR** con un número determinado de bombas llega a ser una solución más viable, sin embargo persisten los largos periodos de consumo mínimo que no justifican el hecho de una bomba trabajando en forma

continua, lo cual representa un gasto innecesario de energía eléctrica a la vez que de acortamiento en la vida útil de la bomba.

## TIPOS DE SISTEMAS NO TRADICIONALES

La gran variedad de configuraciones posibles que se pueden dar en estos tipos de sistemas está limitada única y exclusivamente por la imaginación del proyectista. En esta sección expondremos tan solo unos cuantos de ellos con sus respectivas consideraciones de diseño.

### SISTEMAS COMBINADOS CON TANQUE COMPENSADOR.



Tanto en hidroneumáticos tradicionales (domésticos y de edificios) como en sistemas combinados “no tradicionales” se estila la instalación del tanque como un pulmón compensador para la red (“a caballo o Jockey”), tal como se muestra en la figura anterior, con esto se logran estas ventajas :

- 1) Hay menor pérdida de aire por disolución dentro del tanque de presión, por consiguiente el compresor (o cargador) de aire trabaja más espaciado.
- 2) En una instalación tradicional, el tanque se llena a la rata de caudal que es capaz de suministrar la(s) bomba(s), pero la red recibe el agua del tanque de presión (se vacía) en razón del diferencial de presión existente aguas arriba y abajo de su orificio de descarga ( $P_1 - P_2$ ) esto hace que en caso de demandas pico pueda existir un abatimiento considerable de la presión en la red.
- 3) En la instalación como compensador el tanque de presión se llena a una rata igual a  $Q_b - Q_d$  (Caudal de Bombeo menos Caudal de Demanda), lo que garantiza que la red en todo momento recibirá el caudal producido por la(s) bom-

Lo expuesto en los párrafos anteriores debe llevar al proyectista a pensar en la posibilidad de instalación de sistemas no tradicionales como lo son los (**SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE COMPENSADOR**), los cuales además de ofrecer un gran ahorro de energía en los períodos de mínima demanda prolonga la vida útil de las bombas.

El **SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE COMPENSADOR** resulta de la combinación de un sistema hidroneumático y un sistema de bombeo de velocidad fija contra la red cerrada (**TANKLESS** o **PACOMONITOR**) de tres o más bombas funcionando en paralelo.

ba(s), es más en caso de demandas super-pico, el tanque suministrará caudal adicional a la red en el instante previo al arranque de la unidad en reserva y por consiguiente no existirán abatimientos de presión en la red

4) Se facilita el servicio al tanque de presión sin menoscabo del suministro de agua a la red, ya que durante relativamente largos períodos puede hacerse funcionar el sistema comp. **TANKLESS**.

## HIDRONEUMÁTICOS DE TRES U CUATRO BOMBAS

Según nuestras Normas Sanitarias vigentes un hidroneumático con más de dos bombas debe ser considerado como Sistema de Presión Constante, y dimensionado como tal.

Aún cuando esto es una apreciación netamente semántica se recomienda el uso de esta terminología para la facilidad de permisería.

Este tipo de arreglo (con tanque compensado u original) tiene la ventaja de lograr un equilibrio entre el bombeo y la demanda más acorde con la realidad, esto representará a la

larga un ahorro en el consumo de energía eléctrica, se obtienen tanques de menor volumen y por lo tanto hay ahorro en los costos iniciales.

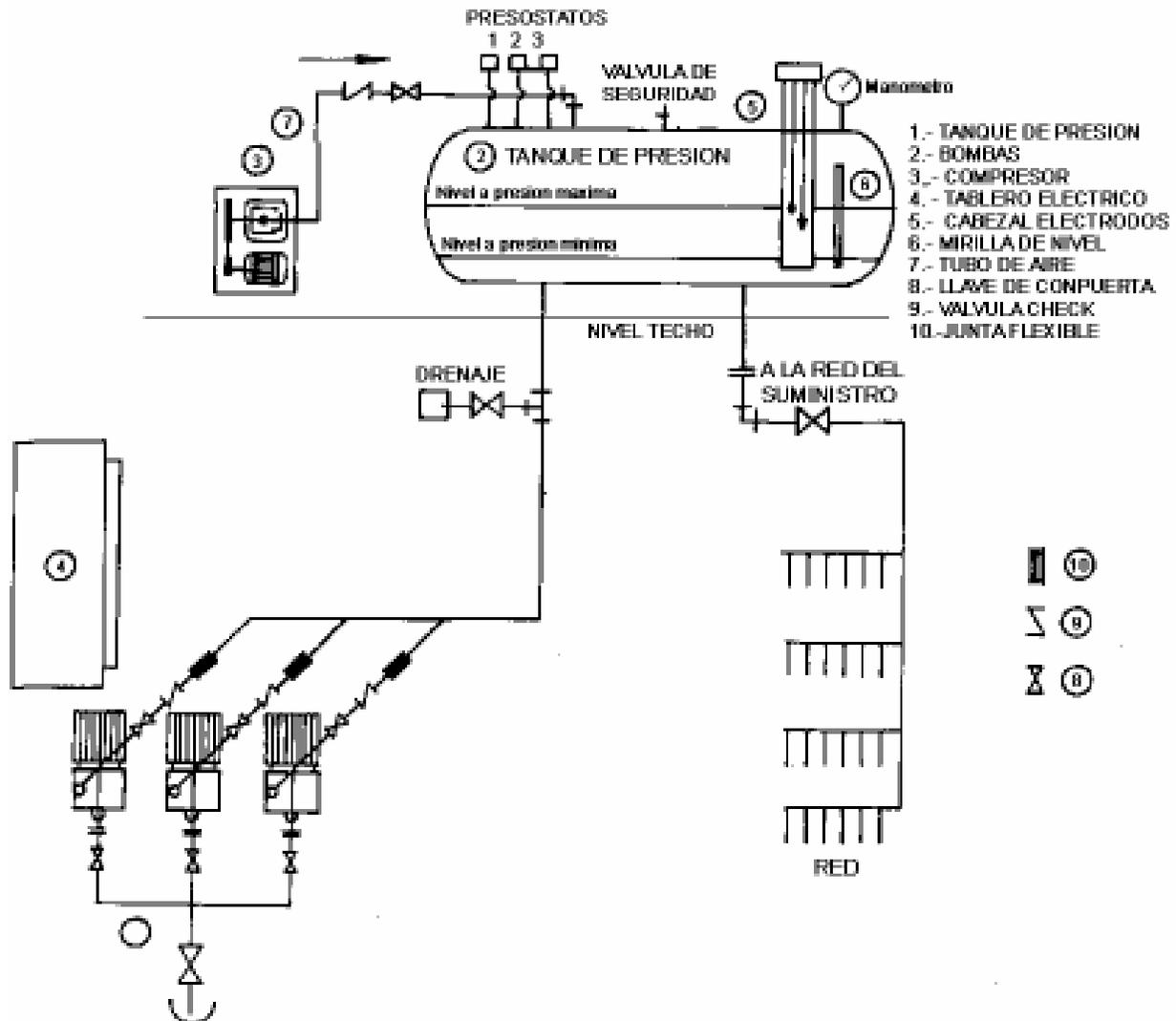
Se deberá proceder según lo indicado para hidroneumático, el número u caudal de las bombas según lo indicado para **PACOMONITOR** o **TANKLESS**, teniendo el cuidado de calcular el tanque con el caudal de una bomba, ya que como indicamos el máximo número de arranques ocurre cuando la demanda es igual a la mitad del caudal de bombeo.

## HIDRONEUMÁTICO CON TANQUE EN EL TECHO

El sistema hidroneumático tradicional, o el de tres o cuatro bombas, puede configurarse para que el tanque de presión y sus accesorios se encuentren sobre el techo de la edificación, esto reduce enormemente el volumen del tanque de presión, ya que el mismo es calculado para las presiones 20/40 PSI (piezas de tanque o 30/50 PSI para piezas con Fluxómetro).

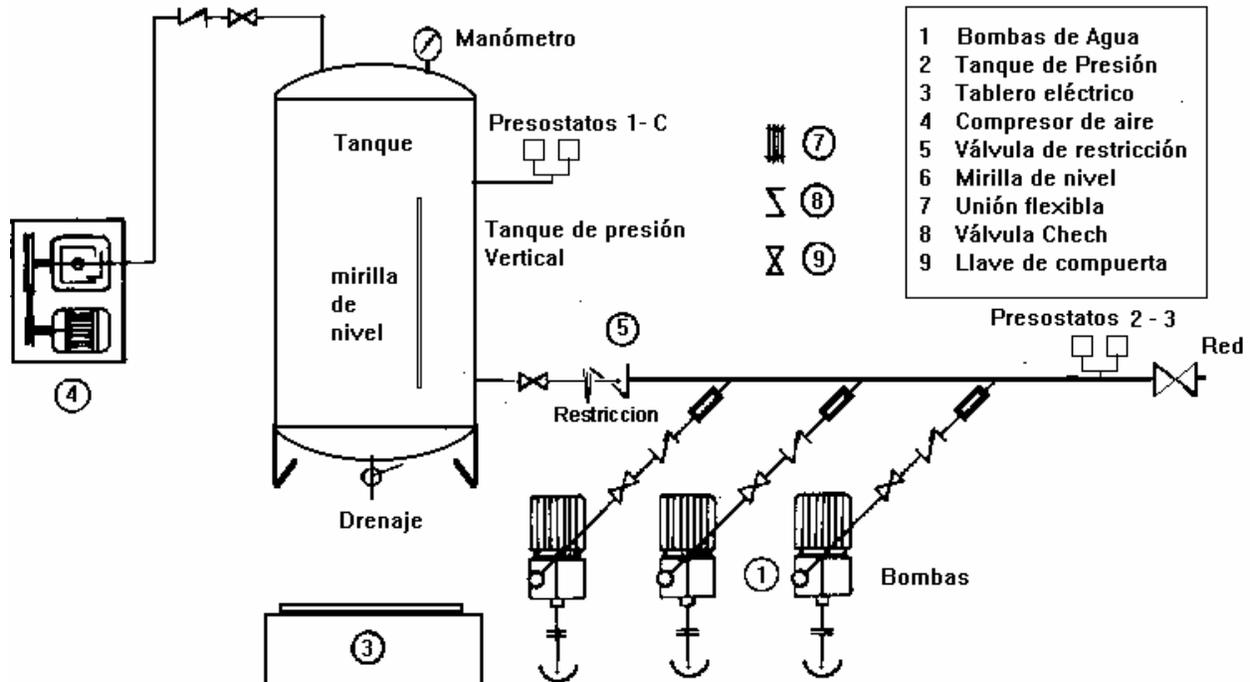
En este tipo de sistemas hay que considerar varios puntos:

- Los montantes debes estar dimensionados para este tipo de sistema desde el proyecto, bien sea un montante único (lo recomendado) donde el tanque trabaja como un compensador en el techo o con dos montantes (forma tradicional)



- La interconexión eléctrica (potencia y mando) entre la sala de bombas y el tanque y sus accesorios debe estar prevista desde el proyecto.
- En el cálculo del tanque debe considerarse una protección contra colapso por sub presión.
- La protección contra rayos (para rayos) debe ser óptima y se debe ser acuciosamente cuidadoso con la puesta a tierra del sistema de bombeo.

## HIDRONEUMÁTICO CON TANQUE DE PRESION A ENTRADA RESTRINGIDA



El sistema consta generalmente de un hidroneumático con tanque compensador integrado por tres a cuatro bombas las cuales en conjunto manejan caudales relativamente altos, y podrán ser iguales o piloto o de servicio, todo en función de los resultados arrojados por los cálculos de los caudales necesarios en la red.

El tanque se diseña para un tiempo de llenado de aproximadamente 10 minutos, dicho tiempo no incluye el tiempo de vaciado del mismo ya que tendrá prioridad el tiempo de llenado (a caudal restringido), con un porcentaje del caudal de la primera bomba, y para 6 arranques por hora de la misma, según las normas oficiales vigentes.

El caudal restringido para el llenado del tanque será del 50 % del caudal de la unidad más pequeña (ya en este caso si se admite el uso de pilotos) o de un mínimo de 1.5 GPM \* HP del motor en la bomba de mayor tamaño.

Al existir poca demanda las bombas en turno suplen la red a la vez que llenan el tanque a través de una restricción (o by-pass del llenado) y se prenden y apagan por un presostato colocado en el tanque de presión, en este momento el sistema se comporta como un hidroneumático tradicional y como el tiempo de llenado del tanque esta tabulado (por la restricción) a 10 minutos el hidroneumático cumple con los 6 arranques por hora, si la demanda aumenta el PACOMONITOR, o presostatos colocados en la línea toman el control con el fin de que funcione como un sistema de presión constante contra la red cerrada de dos o más bombas funcionando en paralelo.

La restricción es un orificio que puede estar colocado en un by pass en paralelo o en la clapeta de una swing check colocada en la entrada/salida del tanque.

El orificio se estima con la siguiente fórmula:

$$a := \frac{Q}{C \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left[ P2 - P1 + \left( \frac{V1^2}{2 \cdot g} \right) \right]}}$$

En donde:

- a = área del orificio (en Mts<sup>2</sup>)
- Q = Caudal a pasar por el orificio (en Mts<sup>3</sup>/Seg)
- C = Coeficiente de contracción (= 0,60)
- P1= Presión mínima absoluta (en Mts columna de agua)
- P2= Presión máxima absoluta (en Mts columna de agua)
- V1 = Velocidad en el tubo de entrada del tanque (Mts/seg)
- g = aceleración de gravedad (9,81 Mts/Seg<sup>2</sup>)

Con el área podemos determinar el diámetro:

$$d := \left[ \left( \frac{a}{.7854} \right)^2 \right] \cdot 1000$$

Donde "d" viene expresado en mm

Como mencionamos anteriormente, la combinación de sistemas de bombeo de los llamados no tradicionales tiene el límite que le imprime la imaginación del proyectista y dependerá del tamaño y uso a que esté destinada la red a servir.

## SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS SERVIDAS

### DIMENSIONAMIENTO DEL CAUDAL DE LAS BOMBAS

#### **BOMBAS PARA AGUAS NEGRAS:**

El sistema de evacuación de aguas negras está constituido por el conjunto de tuberías y de ser necesario de bomba(s) y pozo de recolección. La figura anexa muestra la vista en planta y corte de un pozo de recolección. Este sistema recoge las aguas usadas en la edificación y por lo tanto, los aportes de agua que circulan estarán casi en su totalidad definidos por los consumos de agua para fines domésticos, comerciales, industriales, etc. Es bueno hacer notar que no toda el agua suplida vuelve, en forma de agua usada, a las cloacas, y a que parte es descargada fuera del sistema de recolección.

### DETERMINACION DEL CAUDAL AFLUENTE Y ALTURA DINAMICA TOTAL DE BOMBEO

Comúnmente, y si todas las aguas servidas deben evacuarse por medio de bombas a la red de aguas negras, las unidades de bombeo para el manejo de las mismas deberán dimensionarse para un 125% del caudal máximo probable de aguas blancas; si solo parte de las piezas servidas, o se desconoce el valor del consumo de aguas blancas se aplicará el “**Método de Hunter**” que se describe a continuación:

### **METODO DE HUNTER (NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS)**

La gaceta oficial indica este método para el cálculo de la demanda máxima probable, para el cálculo de Picos Máximos en redes de aguas negras y dimensionamiento de las tuberías de la red.

Según este método, a cada pieza sanitaria se le asigna, de acuerdo con su uso y tipo, un número, el cual es llamado **NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS**. La tabla del anexo muestra las unidades de gastos asignadas a piezas sanitarias tanto de uso público como privado.

El número de unidades de gastos que corresponde a cada pieza o artefacto sanitario no especificado en la tabla N° 6, se determinará en función del diámetro del orificio de alimentación correspondiente, indicado también en la tabla N° 6.

### **PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN ESTE METODO:**

- Elabore o trabaje sobre un diagrama isométrico de la tubería de distribución del sistema.
- Por cada tramo especifique el número y tipo de piezas a servir por el mismo, recuerde que cada baño individual se toma como un conjunto, solo en los baños públicos en conteo de las piezas se hará por separado.
- Multiplicar los totales de piezas sanitarias de igual tipo, por su correspondiente número de unidades de gastos, según la tabla N° 6
- Totalice todos estos productos parciales.
- Con el número total de unidades de gastos que sirve la red, se busca la capacidad del sistema (lps) en la tabla N° 5 indicada en los Anexos

**TABLA N° 6**  
**PACIFIC PUMP Co.**

PIEZAS SANITARIAS	PUBLICA COMERCIAL	SEMI-PUBLICA	PRIVADA
Excusado: Sin tanque de agua (fluxómetro) Con tanque de agua	10 5	8 4	6 3
Urinario: Tipo pedestal (flujo continuo) Sin tanque de (fluxómetro)	10 5	8 4	— 3
Bañera: Standard Emergente ( ducha de ojo o equivalente) Tipo Inmersión	4 4 20	3 — —	2 — —
Bidet	—	2	1
Ducha: Standart Emergente (teléfono)	4 3	3 2	2 1
Lavamanos	2	1	1
Sala de baño (completa) W.C. Lavado y bañera o ducha y/o bidet. Sin tanque (fluxómetro) Con tanque	— 10 8	— 9 7	— 8 6
Fregadero: Cocina Batea Con molidor de residuos Lava-mopas Laboratorio Bar	4 3 3 4 — 3	3 2 2 3 2 2	2 1 2 2 — —
Lavaplatos Automático: General Platos y vasos solamente	6 3	4 3	2 —
Varios: Conexión lavadora Fuente de agua potable Máquina de hielo Planchadora de vapor Toma de 3/4" Toma de 1/2" Apaga fuego de rocío	— 2 1 1 4 2 10	6 1 1 1 4 2 10	4 1 1 — 4 2 —

\*\* PUBLICA COMERCIAL ..Clasificación para edif. públicos, hospitales, hoteles, fábricas, tiendas por departamentos, teatros y restaurantes, etc..

\*\* SEMI-PUBLICA ..... Clasificación para edificios de oficina, clubs, pensiones, moteles, etc.,

\*\* PRIVADA ..... Apartamentos, casas, oficinas privadas.

TABLA N° 5

GASTOS PROBABLES EN LTS/SEG EN FUNCION DEL NUMERO DE UNIDADES DE GASTO

NUMERO DE UNIDADES DE GASTO	GASTOS PROBABLE		NUMERO DE UNIDADES DE GASTO	GASTOS PROBABLE		NUMERO DE UNIDADES DE GASTO	GASTOS PROBABLE	
	PIEZAS DE TANQUE	PIEZAS DE VALVULA		PIEZAS DE TANQUE	PIEZAS DE VALVULA		PIEZAS DE TANQUE	PIEZAS DE VALVULA
3	0.20	NO HAY	95	2.68	4.20	400	6.62	7.90
4	0.26	NO HAY	100	2.78	4.29	440	7.11	8.28
5	0.38	1.51	105	2.88	4.36	480	7.60	8.66
6	0.42	1.56	110	2.97	4.42	520	8.08	9.02
7	0.46	1.61	115	3.06	4.52	560	8.55	9.55
8	0.49	1.67	120	3.15	4.61	600	9.02	9.72
9	0.53	1.72	125	3.22	4.71	640	9.46	10.05
10	0.57	1.77	130	3.28	4.80	680	9.88	10.38
12	0.63	1.86	135	3.35	4.86	720	10.32	10.74
14	0.70	1.95	140	3.41	4.92	760	10.76	11.12
16	0.76	2.03	145	3.48	5.02	800	11.20	11.50
18	0.83	2.12	150	3.50	5.11	840	11.60	11.82
20	0.89	2.21	155	3.60	5.18	880	12.00	12.14
22	0.96	2.29	160	3.66	5.24	920	12.37	12.46
24	1.04	2.36	165	3.73	5.30	960	12.72	12.78
26	1.11	2.44	170	3.76	5.36	1000	13.07	13.10
28	1.19	2.51	175	3.85	5.41	1100	13.90	13.90
30	1.26	2.59	180	3.91	5.48	1200	14.85	14.85
32	1.31	2.65	185	3.98	5.55	1300	15.50	15.50
34	1.36	2.71	190	4.04	5.58	1400	16.20	16.20
36	1.42	2.78	195	4.10	5.60	1500	17.00	17.00
38	1.46	2.84	200	4.15	5.63	1600	17.70	17.70
40	1.52	2.90	210	4.29	5.76	1700	18.50	18.50
42	1.58	2.96	220	4.39	5.84	1800	19.20	19.20
44	1.63	3.03	230	4.45	6.00	1900	19.90	19.90
46	1.69	3.09	240	4.54	6.20	2000	20.40	20.40
48	1.74	3.16	250	4.64	6.37	2100	21.20	21.20
50	1.80	3.22	260	4.78	6.48	2300	22.60	22.60
55	1.94	3.35	270	4.93	6.60	2500	24.00	24.00
60	2.08	3.47	280	5.07	6.71	2700	25.50	25.50
65	2.18	2.57	290	5.22	6.83	2900	26.70	26.70
70	2.27	3.66	300	5.36	6.94	3100	28.00	28.00
75	2.34	3.78	320	5.61	7.13	3300	29.30	29.30
80	2.40	3.91	340	5.86	7.32	3500	30.90	30.90
85	2.48	4.00	360	6.12	7.52	3700	32.30	32.30
90	2.57	4.10	380	6.37	7.71	3900	33.60	33.60

DEL LIBRO DE ING. ALBERTO E. OLIVARES, TITULADO "CALCULO DE DISTRIB. DE AGUA PARA EDIFICIOS"

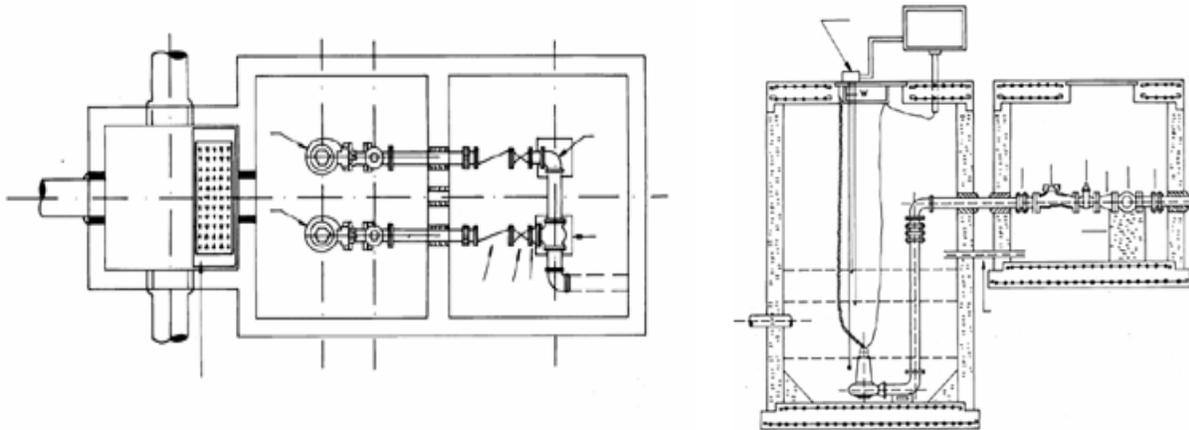
## DIMENSIONAMIENTO DE LA ALTURA DINÁMICA TOTAL DE BOMBEO:

El cálculo de la Altura Dinámica Total es muy simple ya que en el procedimiento, algunos de los términos de la ecuación del ADT se consideran como nulos y otros se cancelan. Por ejemplo: La altura de succión se consideró siempre como positiva puesto que la(s) bomba(s) normalmente es sumergible; la presión residual se anula puesto que, el agua se descarga en la cloaca y se encuentra a presión atmosférica

Siendo la Altura Dinámica Total de bombeo ADT la resultante de la sumatoria de:

1. Diferencia de cotas entre el sitio de colocación de bomba y la cota superior del tanque o cloaca a donde se bombea.
2. Las fricciones ocurridas en la descarga de la misma, valvulería utilizada y montante hasta el tanque elevado.
3. Presión residual a la descarga,  $\pm 1,00$  a  $2,00$  m., siempre y cuando no exista una contrapresión conocida en la línea del acueducto.

## DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE RECOLECCION O POZO HUMEDO:



Para el dimensionamiento del pozo, básicamente se considerarán dos parámetros:

- Tiempo de detención de las aguas servidas en el pozo.
- Intervalo entre dos arranques sucesivos del motor de la bomba.

### TIEMPO DE DETENCION

Es recomendable (según la Gaceta Oficial vigente N° 4.044 extraordinaria) considerar un tiempo límite de 10 y 30 minutos (T), por razones de auto biodegradación ofensiva. En tal sentido, es recomendable que su capacidad no exceda el volumen equivalente a 30 minutos de gasto medio probable (Q), ni sea menor que el equivalente a 10 minutos del mismo.

El volumen a calcular será una porción comprendida entre el nivel mínimo y el máximo de operación (V); quedando un volumen del nivel mínimo al fondo con suficiente altura para que la bomba sumergible funcione eficientemente. Observe la figura anterior.

De los dos puntos anteriores se deduce que el volumen de detención, es función del caudal medio probable y del tiempo de detención.

## INTERVALO ENTRE LOS ARRANQUES SUCESIVOS DEL MOTOR

Un intervalo de tiempo entre los arranques sucesivos del motor de la bomba puede ser de 7 - 10 min.

El volumen a considerar, es el correspondiente a la porción del pozo comprendido entre el nivel mínimo de operación y el nivel máximo de operación. Es recomendable que la distancia entre los dos niveles supere los 0.60 m.

Al igual que para el cálculo de los sistemas hidroneumáticos el caudal del afluente deberá ser preferiblemente la mitad del caudal de la bomba.

El volumen final del pozo entre el nivel mínimo de operación y el nivel máximo de operación será calculado según la fórmula siguiente:

$$V_u = 150 * Q_b \quad (\text{en litros para } u = 6 \text{ y } Q_b = \text{Lts/s})$$

donde:

$$V_u = \text{Volumen a evacuar del húmedo en lts,}$$
$$Q_b = \text{Capacidad de la bomba en m}^3/\text{min.}$$

A este volumen deberla agregarse el volumen de sumergencia de la bomba y del de cámara de aire prevista, estos últimos valores dependerán del cubicaje que se le dé a la tanquilla de bombeo

En esta fórmula se considera que la capacidad de la bomba (Qb) es el doble del caudal de afluente (Qa) que llena el pozo húmedo, con lo cual, se logra un intervalo mínimo entre dos arranques sucesivos de la bomba.

## POTENCIA DE LAS BOMBAS:

El calculo de la potencia de las bombas se hará en función de la siguiente fórmula:

Para el cálculo de la potencia de la bomba, tenemos:

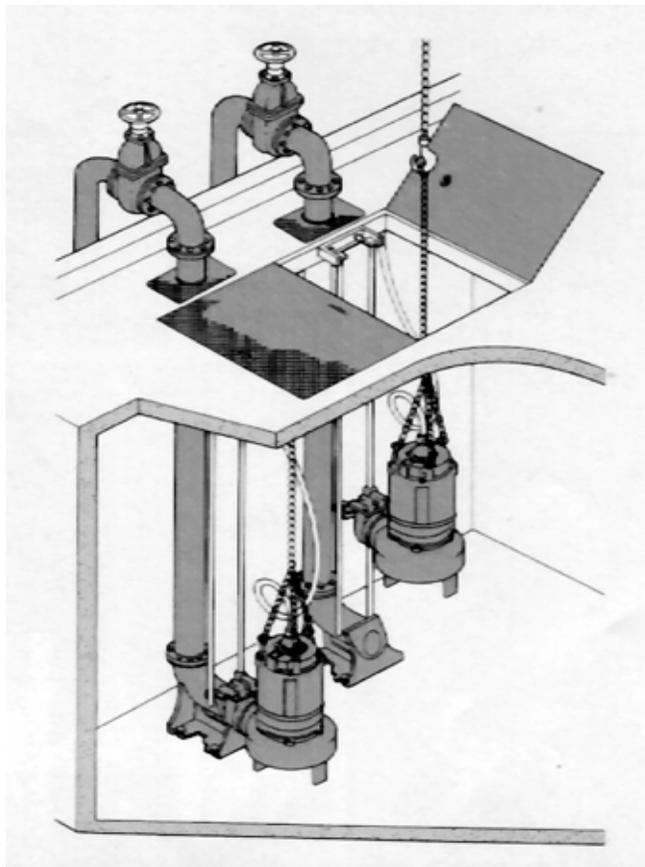
$$HP = \frac{Q_b (\text{lt/s}) * H (\text{metros})}{75 * n (\%) / 100}$$

## SELECCIÓN DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS:

Suele ocurrir que al calcular los datos de una instalación de bombeo, no es posible prever con exactitud las pérdidas de carga que se producirán, por lo que en general y por razones de seguridad se admiten para ellas valores calculados por exceso. Si luego resulta que la bomba ha de impulsar a presión inferior a la altura manométrica calculada, la potencia absorbida será más elevada en casi todos los casos, ya que el caudal impulsado aumenta si la presión disminuye.

Con objeto de evitar sobrecargas a los motores, se fija su potencia nominal añadiendo a las potencias calculadas los márgenes siguientes:

- 50% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 HP.
- 30% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 2 a 5 HP.
- 20% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 5 a 10 HP.
- 15% aprox. para potencia de la bomba hasta unos 10 a 20 HP.
- 10% aprox. para potencia de la bomba superior a 20 HP.



### Bombas para Aguas de Lluvia:

## SISTEMAS DE EVACUACION DE AGUAS DE LLUVIA

La determinación del caudal posible afluente a un pozo de recepción de aguas de lluvia es algo complicado debido a que este depende única y exclusivamente de factores naturales los cuales son sumamente diversos y aleatorios; por esta razón no se permitirá, de acuerdo, con las normas, el uso de un mismo pozo o tanquilla para la recolección de aguas negras y de lluvia, aún cuando el sistema cloacal público sea unitario. Sin embargo existen proyecciones de la intensidad de lluvia en muchas localidades, las cuales se expresan como líneas de intensidad de lluvia constante, en el atlas pluviométrico el cual se recomienda consultar.

La capacidad de drenaje de los elementos del sistema de recolección y conducción de aguas de lluvia, se calculará en función de la proyección horizontal de las áreas drenadas; de la intensidad, frecuencia y duración de las lluvias que ocurran en la respectiva localidad y de las características y especificaciones de las mismas.

Tomando detalladamente todos los factores anteriormente mencionados, se logrará determinar con muy buena aproximación, el caudal afluente en un pozo de recolección de aguas de lluvia y se deberá disponer de un sistema de bombeo completo para la conducción y evacuación de la misma. El cálculo de dicho sistema se hará siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones tomadas en el dimensionamiento de los sistemas de agua servidas.

La capacidad de las unidades de bombeo se calculará en función de la máxima intensidad de lluvia registrada y del area a ser drenada por el sistema, de acuerdo a las fórmulas antes indicadas.

**EJEMPLO DEL CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA ACHIQUE DE AGUAS DE LLUVIA, SEGÚN A LO RECOMENDADO POR LA NORMA SANITARIA VIGENTE, GACETA OFICIAL N° 4.044**

Datos suministrados por el cliente:

**Area a drenar:                    1.500        m2**

De los datos anteriores, se desarrollará nuestro cálculo de acuerdo a lo sugerido en el **capítulo XXII**: "De la recolección, conducción y disposición de las Aguas de lluvia", **Artículo 469**:

**Párrafo b.1.** Las primeras 250 unidades de descarga se computarán como el equivalente a 60m2 del área drenada.

**Párrafo b.2.** El exceso de unidades de descarga por encima de las 250, se calcularán a base de una unidad de descarga por cada 0,25m2 de área de proyección horizontal drenada equivalente.

De lo anterior tenemos:

$$\begin{array}{rclcl}
 60 & \text{m}^2 & = & 250 & \text{Unidades de descarga} \\
 1.440 & \text{m}^2 & \times & 4 & = & 5.760 & \text{Unidades de descarga} \\
 \hline
 1.500 & \text{m}^2 & = & 6.010 & \text{Unidades de descarga}
 \end{array}$$



Del resultado anterior, nos ubicaremos en la **tabla 5**, de la mencionada norma a fin de determinar el gasto probable en litros por segundo en función del número de unidades de gasto; pero en vista de que esta tabla tiene una limitación de hasta 3.900 unidades de descarga, desarrollaremos el cálculo siguiendo la fórmula utilizada por la firma Paco Pump Co, la cual indicamos a continuación:

$$\begin{aligned} Q_d &= 0,081 \quad \times \quad (UG)^{0.672} \\ Q_d &= 0,081 \quad \times \quad (6,410)^{0.672} \\ Q_d &= \mathbf{28,05} \quad \mathbf{Lit/seg} \end{aligned}$$

**Capítulo XXX**, "Equipos del Sistema de Bombeo para Aguas Servidas", **Artículo 442** "Las bombas para aguas servidas, deberán cumplir los siguientes requisitos:

**Párrafo b.** "De capacidad por lo menos igual al **125%** del gasto máximo afluyente a la tanquilla de bombeo"; con lo cual se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_d = 28,05 \times 1,25 = 35,06 \text{ Lit/seg}$$

Sin embargo, esta fórmula está basada en unidades para el cálculo de dotaciones de aguas blancas o sistemas de bombeo para aguas servidas; y no así para el tipo de sistema que se requiere. Por tal motivo hacemos la recomendación de someter el cálculo al estudio, revisión y aprobación por parte de su ingeniero proyectista.

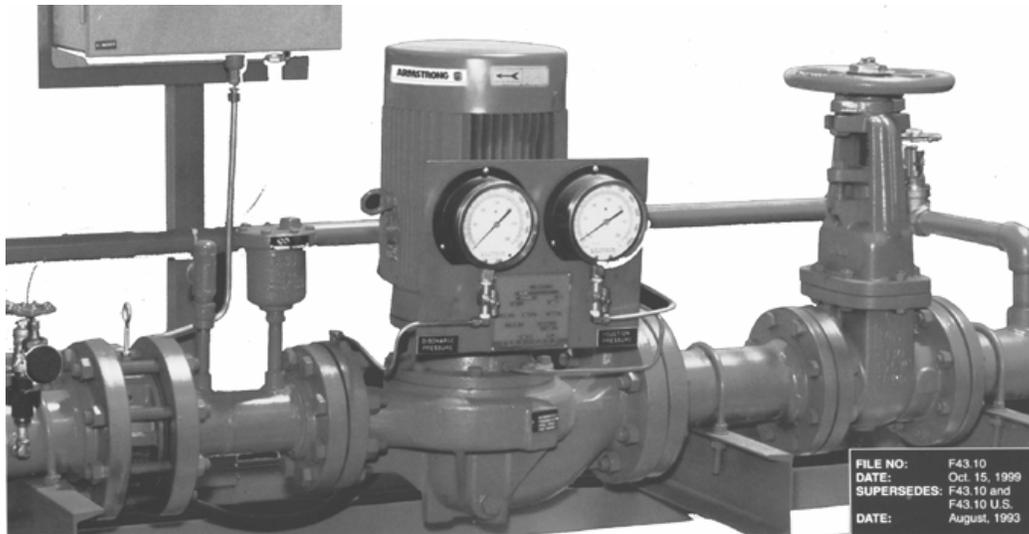
## **SISTEMAS DE BOMBEO PARA SERVICIO CONTRA INCENDIO**

### **GENERALIDADES**

Toda edificación bien diseñada debe constar además de su red de distribución para aguas blancas, destinada ya sea al uso doméstico, industrial, etc., de una red destinada a la extinción de incendios que se puedan suscitar en la misma.

En el presente capítulo se expondrán muchos de los puntos a ser considerados en el dimensionamiento del sistema de bombeo contra incendio, en particular los sistemas fijos de extinción con agua por medio de impulsión propio para edificios residenciales según normas **COVENIN**, ya que las normas para oficinas, centros comerciales e industrias día a día se vuelcan más a seguir normas internacionales del **N.F.P.A**.

## SISTEMA FIJO DE EXTINCION CON AGUA POR MEDIO DE IMPULSION PROPIO



Como su nombre lo indica este sistema consta de un medio de impulsión totalmente independiente (bomba(s)) con su red de tubería, válvulas, bocas de agua y una reserva permanente de agua, la cual puede ser: Un tanque bajo, un tanque elevado u oro reservorio para agua.

### CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

El sistema fijo de extinción por agua por medio de impulsión propio se clasificará según el diámetro de la válvulas y las conexiones o bocas de agua para la instalación de las mangueras, en: **CLASES I y II.**

#### **SISTEMA CLASE I**

Es aquel que utiliza bocas de agua acopladas a válvulas de diámetro igual a 1½ " y conectadas a sus correspondientes mangueras de igual diámetro.

#### **SISTEMA CLASE II**

Este tipo de sistema se divide a su vez en dos clases, a saber **CLASE IIA Y IIB:**

#### **SISTEMA CLASE II A**

Este sistema utiliza dos bocas de agua de diámetros diferentes, una de 1½ " a la que se le conecta una manguera de igual diámetro, y otra boca de 2½ " a la cual se le conecta también una manguera de igual diámetro, y la misma está destinada para el uso exclusivo de los bomberos y/o personal de seguridad.

Para la misma se recomienda que exista en el sitio de ubicación un acople reductor de 2½ " a 1½ ".

## **SISTEMA CLASE II B**

Es aquel que utiliza una boca de agua de 2½ " y a la cual se conecta una manguera de igual diámetro, ya sea en porta manguera ó arrollada en espiral.

Cuando en una edificación se encuentren varios tipos de ocupación, se tomarán las exigencias de protección de la ocupación de mayor riesgo, al menos que la actividad sea considerada como sector de incendio independiente, en cuyo caso el sistema se dimensionará de manera independiente para cada tipo.

## **CAUDAL MINIMO DEL MEDIO DE IMPULSIÓN**

Para los sistemas clasificados como Clase I, se dispondrá de un medio de impulsión con una capacidad no menor de 6.5 lts/seg (100 GPM) por unidad de edificación.

Para sistemas considerados como Clase II, el caudal mínimo del medio de impulsión deberá ser de 32 lts/seg (500 GPM) para cada unidad de edificación y por cada adicional se le deberá agregar a la capacidad del sistema 16 lts/seg (250 GPM).

En aquellas edificaciones donde exista una sola boca de agua con manguera, el caudal mínimo deberá ser, para el medio de impulsión, de 3,25 lts/seg (50 GPM).

La capacidad del sistema que abastece a varias edificaciones tendrá el doble del caudal requerido por la edificación de mayor demanda.

## **ALMACENAMIENTO DE AGUA**

El volumen de la reserva de agua, deberá ser tal que garantice el caudal requerido por un tiempo no menor de 60 min, igualmente será cuando se utilice una fuente común.

## **DETERMINACION DE LAS PERDIDAS, PRESION MINIMA REQUERIDA Y DIAMETROS DE LAS TUBERIAS DE SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS**

Las pérdidas debidas a la fricción en la tubería, cambio de dirección en válvulas y conexiones, así como también el cálculo de la Altura Dinámica Total se obtendrán según lo explicado en el capítulo II, con la variante de que la Presión Mínima Residual deberá ser de 45.5 metros de columna de agua (65 PSI) en la boca de agua hidráulicamente mas desfavorable, con el caudal requerido. En los sitios de presión mayor de 70 metros de columna de agua (100 PSI) (Sistemas Clase I y bocas de agua de 1½ " de diámetro de los Sistemas Clase II) se deberán instalar válvulas reductoras de presión sobre el ramal correspondiente.

Los diámetros de las tubería, deberán estar basados en el diseño y cálculo hidráulico de la presión y el caudal mínimo establecido.