



24.24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
A EDIFICIOS ALTOS

TESIS
ing. Civil

LUIS GUILLERMO BERNAL ESCOBOSA

MEXICO D.F.

20 - VIII - 81



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

CAPITULO I

Introducción

Generalidades

CAPITULO II

Tipos de sistemas de abastecimiento de agua a edificios altos.

A. Sistema Hidroneumático.

A.1 Diferentes tipos de equipos hidroneumáticos.

A.2 Selección del equipo de bombeo.

A.3 Cálculo equipo hidroneumático.

A.4 Tipos de control para equipos hidroneumáticos.

B. Sistema Programado de Presión Variable.

C. Sistema de Abastecimiento de Agua a Presión Constante.

D. Sistema de Alimentación por Gravedad.

CAPITULO III

Ejemplo Ilustrativo

Conclusiones

Bibliografía.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El diseño correcto del sistema de distribución de agua potable en edificios, es de suma importancia pues de él depende que los diferentes muebles sanitarios localizados en cada una de las plantas del edificio puedan funcionar con eficiencia y satisfacción del usuario. Es decir se debe tener muy en cuenta que al abastecer de agua a un edificio, se está comprometiendo a que el agua llegue hasta los muebles más desfavorables, con la presión adecuada, de tal manera que éstos funcionen en perfectas condiciones.

La cantidad de agua requerida ya sea de agua fría ó caliente dependerá del tipo de edificio, el uso que se le vaya a dar a éste, y la cantidad de personas que lo vayan a ocupar en determinada hora del día.

Ahora bien, la demanda diaria dependerá a su vez de otros tantos factores, como son: Facilidades sanitarias, normas de vida, localización, número de habitantes, tamaño del edificio, condición socio-económica etc; dicha demanda puede variar desde 100 hasta 300 litros por habitante por día.

La "demanda máxima instantánea" que es un factor que se utiliza para determinar el tamaño de la toma, del medidor, de la línea de alimentación y del equipo de abastecimiento directo en su caso, y posteriormente se usa para calcular la red hidráulica, no puede ser determinada de acuerdo con la demanda diaria, sino que presenta un problema más complicado debido a que los muebles sanitarios operan en forma intermitente y con frecuencias irregulares.

Esto es por ejemplo, que los muebles de baño se usan principalmente por las mañanas y al retirarse por la noche; los fregaderos de cocina se utilizan antes y después de los alimentos; los lavaderos y lavadoras particularmente en el curso de la mañana.

Este uso intermitente de los muebles sanitarios, y el hecho de que el tiempo que están en operación sea mucho menor que aquel que están sin operar, fué la razón por la que se pensó en determinar la "demanda máxima instantánea" que permite diseñar una red hidráulica más acorde con la realidad, en vez de calcular la red para la operación simultánea de todos los muebles que no solamente es inútil, si no representa un gasto innecesario.

En nuestro país se están utilizando actualmente para alimentar las edificaciones, los sistemas de abastecimiento por gravedad, sistemas de presión variable y sistemas de presión constante, los cuales se exponen en el presente trabajo.

GENERALIDADES

1.A Distribución del agua.

El agua para los servicios sanitarios de un edificio se deriva, o de una tubería de una red general de agua a presión ó de una instalación particular de captación.

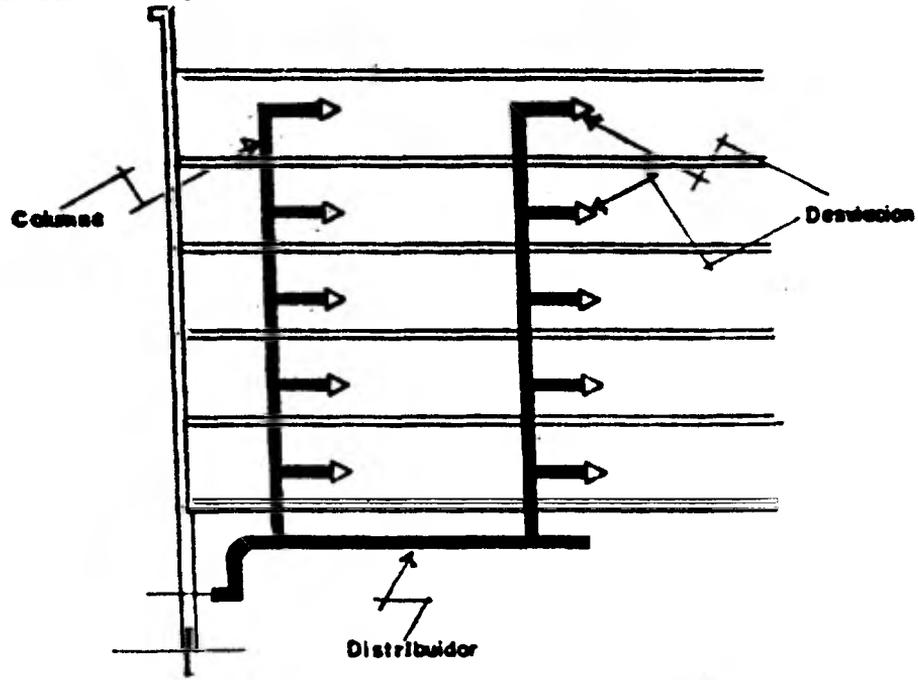
De la tubería general ó de la captación particular parte una tubería de toma que penetra en el edificio y se ramifica en una red, ésta consta de tres partes principales.

- Distribuidores.
- Columnas.
- Derivaciones.

Los distribuidores son las tuberías horizontales que conducen el agua a las columnas (tuberías verticales) que de ellas parten. Las columnas llevan el agua a las distintas plantas del edificio y de ellas salen a la altura de cada planta, otras tuberías horizontales (derivaciones) que a su vez llevan el agua hasta las llaves de toma.

En el sistema de agua a presión los distribuidores van situados generalmente en el sótano o planta baja y de ellos parten las columnas hacia arriba. Cuando el agua es conducida primero a un depósito superior (por falta de presión o irregular suministro), los distribuidores se colocan en la planta más alta del edificio y llevan el agua del depósito a las cabezas de las columnas verticales que conducen el agua hacia abajo.

En la figura 1 se muestran los componentes de una red de distribución de agua en un edificio alto.



- Figure 1 -
- 4 -

1.3 Presión de Agua.

En el sistema de agua a presión de las ciudades, el agua en las tuberías generales que van por las calles llevan una presión que varía entre dos y cinco atmósferas (o sea, entre 20 y 50 m) de altura de agua.

El agua en el interior de un edificio puede llegar hasta una altura, (medida verticalmente desde el centro de la tubería general) igual a aquella disminuida en la pérdida de carga debida a -- las resistencias que encuentra el agua al recorrer las tuberías -- del edificio.

Un modo práctico de saber en forma aproximada si el agua servirá eficientemente a los aparatos sanitarios situados en la última planta de un edificio, bastará comprobar que la presión en la tubería de la calle (en metros de altura de agua) medida a las horas de consumo máximo, es al menos cinco metros mayor que el desnivel entre dicha tubería general, y las llaves más altas.

En general para que una instalación funcione bien y para que las llaves no se estropeen, no debe en ningún punto de la misma -- llegar la presión a los 40 m de altura de agua; para evitar este -- problema deben usarse depósitos en las plantas intermedias o válvulas reductoras de presión.

1.6 Medidores de Agua.

Para medir la cantidad de agua suministrada a un edificio se emplean generalmente "medidores". La tubería de toma de cada edificio lleva el agua desde la tubería general hasta el medidor y desde esta parte la red de conductos que lleven el agua a los diferentes servicios.

Los medidores pueden ser de dos tipos; "medidores de velocidad y medidores de volumen".

a) Medidores de velocidad.

Miden la cantidad de agua que los atraviesa en función de velocidad que ésta lleva, éstos a su vez pueden ser de turbina y molinete. En los primeros el agua al entrar choca con las paletas de una turbina de eje vertical que gira -- tanto más rápido cuanto mayor es la velocidad del agua. -- Los segundos tienen un molinete con el eje en la dirección del agua y provisto de paletas helicoidales. Al chocar el agua en las paletas imprime al molinete un movimiento giratorio con velocidad dependiente de la del agua.

Cuando el gasto tiene con facilidad variaciones importantes conviene emplear medidores combinados, formados por acoplamiento de dos medidores de velocidad que generalmente son - uno de turbina y otro de molinete.

b) Medidores de volumen.

Estos miden directamente el volumen de agua que los atraviesa, pues ésta pasa llenando una capacidad determinada que inmediatamente se vacía, y en cada operación de llenado y - vaciado se produce el movimiento de un elemento que a su vez mueve el aparato registrador.

Debe tenerse en cuenta que la pérdida de carga en cada medidores relativamente elevada.

Como regla general se puede decir que para pequeños gastos los más adecuados son los de turbina, para gastos grandes conviene los de molinete, si éstos no varían mucho y los combinados si las variaciones son grandes.

1.3 Instalaciones de Elevación de Agua.

Cuando el agua la tomamos de una captación particular; por ejemplo, un pozo, o cuando se toma de una red general sin presión suficiente para llegar a las llaves situadas en alguna planta alta de un edificio, hay que hacer una instalación de toma y suministro de agua con la presión necesaria para llegar a todos los servicios; esta en su forma más simple consiste en una bomba que aspira el agua y la inyecta en la red del edificio proporcionándole la presión necesaria.

La sola bomba no resultaría práctica pues estaría sujeta a variaciones muy grandes de gastos y presión, debido a la irregularidad del consumo en el edificio y de la presión en la red general. (si el agua se toma de ésta). Por lo anteriormente mencionado, es necesario instalar un depósito que acumule el agua y que sirva de compensador o regulador en las fluctuaciones del consumo, y permita un gasto constante en la bomba mientras ésta actúe.

Los depósitos pueden ser:

Abiertos, cuando se colocan generalmente en la parte alta del edificio; o herméticamente cerrados y colocados en la parte baja -

del edificio, y próximo a la bomba (elevación hidroneumática).

1.E Bombas.

Las bombas que más son utilizadas en las instalaciones de edificios, son las bombas centrífugas, con motor eléctrico, son sencillas, ocupan poco espacio y son relativamente económicas.

Los datos que caracterizan una bomba centrífuga son, gasto en litros por minuto, altura manométrica, que es la presión o carga en metros que ha de proporcionar el agua para que llegue a la altura deseada, y el número de revoluciones por minuto.

La altura manométrica viene determinada por la diferencia entre la presión o altura de carga en el punto de toma y el nivel más alto a que el agua debe ser llevada, aumentando este desnivel en la pérdida de carga correspondiente a las tuberías de aspiración y de elevación y en la carga correspondiente a la velocidad del agua en dichas tuberías.

En el caso en que el agua succionada no lo es de una tubería a presión, sino de una captación particular, como puede ser de un pozo, la presión o altura de carga en el punto de toma está dada por la presión atmosférica 10.33 m pero como ésta a su vez se ejerce también sobre la superficie del depósito contrarrestando aque--

lla, podemos considerar como cero la presión en el punto de toma.

Para iniciar el funcionamiento de la bomba hay que producir en el tubo succionante una depresión que permita actuar a la presión atmosférica ejercida en la superficie libre del agua, y esta sube por el tubo de succión. La presión atmosférica es de 10.33 m, como parte de esta altura se emplea en producir velocidad y vencer las resistencias en el tubo de aspiración, prácticamente no debe situarse la bomba a una altura superior a 6 ó 7 m sobre el nivel del agua a aspirar. Para conseguir aquella depresión y cebar la bomba se llena de agua todo el tubo succionante, desalojando así el aire que contiene.

La potencia utilizada que desarrolla la bomba expresada en H. P. será:

$$P = \frac{1000 \, qh}{75 \, \eta}$$

Donde "q" es el gasto en m³/seg., "h" es la altura manométrica en m y "η" es la eficiencia de la bomba.

1.F Instalaciones con Depósito Elevado.

Los depósitos pueden ser de diferentes materiales; tales como, concreto, y metálicos, éstos deben ser galvanizados, deben tener ta pa y tubo rebosadero para verter el exceso de agua.

Los depósitos se llaman: de regularización, cuando su función consiste en proveer el consumo durante los ratos en que éste es máximo, y de almacenamiento cuando la cantidad que se acumula de agua permite también el servicio aún en el caso de una averfa de la instalación.

En cuando al tamaño del depósito conviene que sea el menor po sible para disminuir los gastos de instalación, reducir el peso y - para que el agua no este mucho tiempo en él. Este tamaño mínimo de penderá del régimen de suministro de agua al mismo y del régimen de consumo del edificio.

En el régimen de entrada de agua al depósito influirá el núme ro de veces que se desea que funcione la bomba y las horas que fun- cionará cada vez. Si se fijan estos datos, el gasto de la bomba se- rá el consumo total diario dividido por el número de horas de fun- cionamiento, y en relación con el gasto será la potencia de la bom- ba.

CAPITULO II.

Tipos de Sistemas de Abastecimiento de Agua a Edificios Altos.

En los edificios altos que no pueden abastecerse adecuadamente por presión normal del agua que hay en las tuberías principales de la ciudad, se usan medios mecánicos para la distribución del agua.

Hay dos tipos de sistemas que considero muy importantes, ya - que son los que más se utilizan en la actualidad, uno es el sistema de elevación por presión, y el otro el sistema de alimentación superior o por gravedad.

A. Sistema Hidroneumático.

El sistema hidroneumático consta de un conjunto de aparatos mecánicos que elevan el agua por medio de aire comprimido como agente de transporte. Este método de distribución de agua está desplazando rápidamente a otros debido a que ofrece mayores ventajas. La unidad de bombeo es muy compacta y puede instalarse en un espacio muy reducido, para lo cual se destina generalmente un cuarto ubicado en el sótano del edificio.

El agua esta almacenada en un recipiente herméticamente cerrado al cual no le entra aire, lo cual hace además que la instalación sea higiénica, ya que es imposible que el polvo u otras materias entren en contacto con el agua. Hasta cierto punto el oxígeno del aire comprimido que pasa a través del agua sirve como purificador y tiende a dar buen sabor al agua.

Desde el punto de vista económico éste sistema tiene la ventaja de que los diámetros de la tubería pueden ser más pequeños que los de otras instalaciones, y que el costo inicial del equipo es bastante más bajo.

Las partes móviles de un sistema hidráulico son muy pocas, y operan con gran eficiencia, solo es necesario darles mantenimiento ocasional, como la lubricación y pequeñas reparaciones.

Este método de distribución de agua puede adaptarse tanto a -- una pequeña residencia campestre como al edificio más alto de una ciudad.

En edificios extremadamente altos los sistemas de presión de aire dan servicio a zonas aproximadamente de diez pisos. Un edificio de treinta pisos puede tener tres unidades, cada una de ellas suministrando agua a diez pisos.

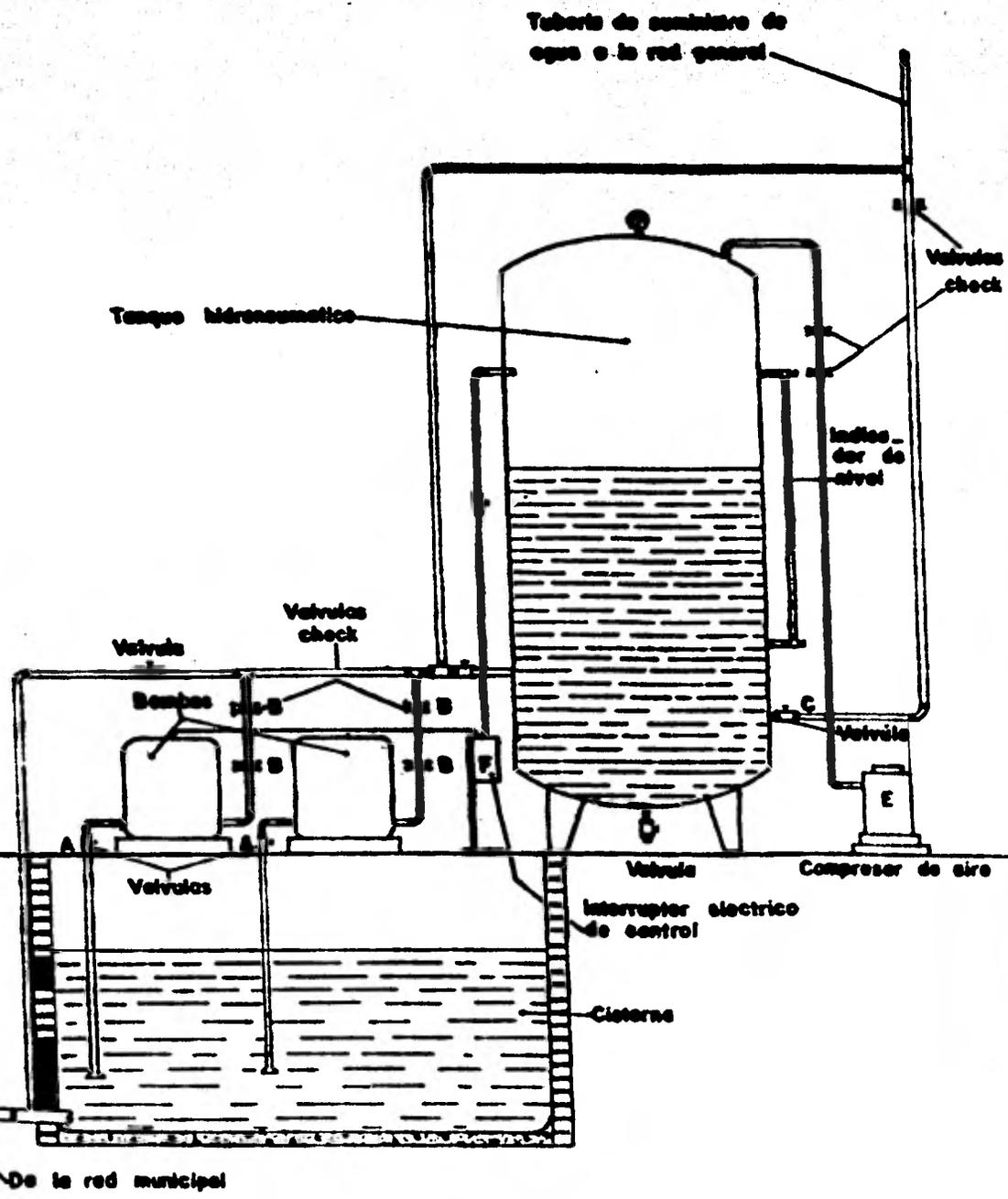
El principio en el cual se basa este sistema es el siguiente:

La presión de aire de un kilogramo por centímetro cuadrado sobre la presión atmosférica exterior elevará el agua a unos 10 m, - aquí esta presión se ha indicado con un manómetro y la llamamos manométrica.

Los dispositivos mecánicos que se utilizan en este método de suministro de agua y las conexiones de tubería para las distintas unidades deberán ser las siguientes:

- a) Un tanque de almacenamiento grande que tiene todas sus con
xiones en su parte inferior.
- b) Una bomba centrífuga sencilla ó duplex.
- c) Un compresor de aire.
- d) Un interruptor para control automático de presión.

Ver figura 2.



En el croquis anterior, se muestra un sistema completo de distribución de agua por presión de aire (hidroneumático). La bomba centrífuga se coloca en una base de concreto; debe estar aislada -- contra ruidos producidos por vibraciones.

El lado de admisión de la bomba se conecta a la tubería principal de suministro de agua, y está equipado con válvula A. El lado de descarga de la bomba se conecta a la entrada del tanque, que está equipado con una válvula.

Las dos válvulas de retención B, colocadas entre la bomba y el tanque, evitan que la presión aumentada del sistema pase a la tubería principal del suministro. En la mayoría de las instalaciones - se usan dos unidades de bombas, especialmente en la de los grandes edificios, con objeto de garantizar el suministro de agua en caso - de descompostura de alguna de las dos bombas.

La tubería principal de abastecimiento de agua del edificio se conecta a la descarga de la bomba entre las válvulas de retención y el tanque. En esta conexión puede instalarse una válvula C.

Se recomienda instalar una derivación equipada con una válvula entre la tubería principal de la ciudad y la tubería principal de -

suministro del edificio, en caso de que falle la bomba puede abrirse esta válvula D, y parte del edificio dispondrá de agua.

El compresor de aire E, está conectado a la parte superior del tanque. Esta tubería está equipada con una válvula de retención, para evitar el paso del agua hacia el compresor.

El interruptor eléctrico de control está situado convenientemente y conectado al tanque por medio de un tubo de diámetro pequeño. - Las presiones variables que se originan dentro del tanque operan el mecanismo de los aparatos de control que ponen a trabajar y paran - las bombas F. Es absolutamente necesario que todas las conexiones - se hagan en la parte inferior del tanque de almacenamiento, exceptuando la del manómetro y la de la entrada de aire del compresor, que se hacen en la parte superior del tanque.

Operación del Sistema.

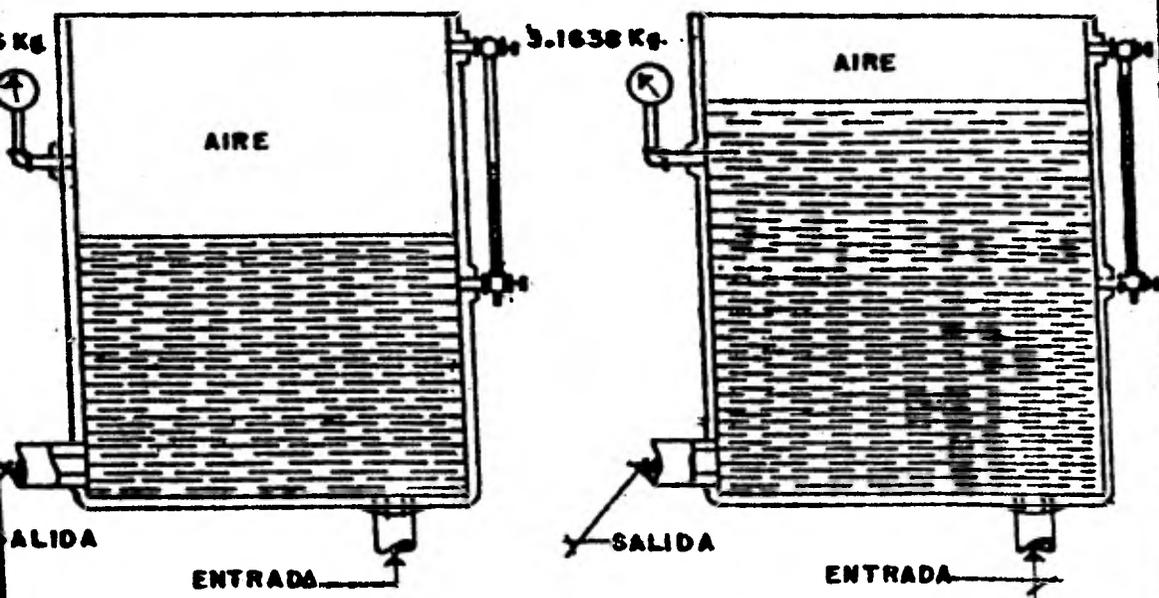
El principio de operación de un sistema hidroneumático está basado en leyes físicas conocidas, como el tanque es hermético al aire, también sirve de cámara de aire.

Cuando se obliga al agua a entrar al tanque se aumenta la presión del aire en proporción directa al volumen del agua que se admite. El aire es elástico y comprensible, mientras que el agua no es elástica y es incomprensible, a medida que se fuerza el aire a entrar en un espacio menor, se ejerce sobre la superficie del agua una presión mayor que la atmosférica; en estas condiciones la presión atmosférica no actuará como agente elevador, esto se debe a que hay la misma presión en todos los lados del líquido encerrado.

Cuando se obliga al agua a entrar en un recipiente cerrado que está a presión atmosférica, hasta la mitad de su contenido en volumen, un manómetro instalado en el tanque indicará una presión de 1.05 Kg/cm² (ver figura 2), esto representa 1.05 Kg/cm² sobre la presión atmosférica, y teóricamente elevará el agua a una altura de 10.5 m.

Si se bombea más agua al tanque, hasta dos terceras partes del

contenido de éste, el manómetro indicará una presión aproximada de 2.10 Kg/cm^2 , si se sigue bombeando agua al tanque, hasta tres cuartas partes del contenido de éste, el manómetro indicará 3.17 Kg/cm^2 , teóricamente esto elevará el agua a una altura de 31.7 m.



— Figura —
3 - 22-

Si se comprime únicamente a la presión original del tanque, ésta no será suficiente. El más pequeño gasto del sistema de distribución hará disminuir rápidamente la presión aumentada.

El compresor es la unidad que se instala para evitar dificultades en el sistema de distribución de agua, por lo general se controla manualmente.

Cuando se pone en operación el sistema, el compresor aumenta el volumen de aire dentro del tanque hasta alcanzar una presión igual a la mitad de la mínima requerida. Admitiendo agua al tanque, se aumenta la presión proporcionalmente desplazando una parte del contenido del aire del tanque, esto permite disponer de mayor cantidad de agua en el sistema de distribución.

Es necesario fijar un margen de presión por encima de la presión mínima requerida, por lo general el margen de presión varía de 1.4 a 2.8 Kg/cm² esta fase se controla por un interruptor operado por presión de aire, el cual pone a trabajar y para las bombas.

Por ejemplo: Supongamos que se necesita una presión de 4.9 - Kg/cm² para abastecer las necesidades del edificio, la bomba centrífuga trabajará hasta alcanzar una presión máxima fijada con anterioridad de 7 Kg/cm² de presión.

Esto permitira que el sistema descargue agua hasta que se gasta los 2.1 Kg/cm² de presión. La instalación no necesitará que se usen las bombas hasta que la presión del sistema baje de nuevo a 4.9 Kg/cm² que es la presión mínima necesaria.

El compresor de aire solo necesitará funcionar cuando se haya eliminado parte del aire contenido en el tanque.

A.1 Diferentes tipos de equipos hidroneumáticos.

a) Hidroneumático simplex.

Este equipo está constituido por una bomba que tiene una capacidad de 100% de la demanda, la bomba arranca y para, cuando se llega a la presión fijada de -- ante mano para cada caso.

La desventaja que se presenta en este equipo es que cuando se descompona la bomba el servicio se interrumpe, ya que no se cuenta con bomba de repuesto.

En este caso el equipo cuenta con 100% de potencia instalada y el tanque está calculado para el 100% -- del gasto máximo.

b) Hidroneumático duplex.

Este equipo cuenta con dos bombas, cada una con capacidad de 100% de la demanda, y tiene la ventaja sobre el simplex, de que en caso de descompostura en una de las bombas, la otra queda en servicio; además, que la duración del equipo de bombeo es mayor ya que dichas-

bombas trabajan alternadamente.

Con este equipo se logra un 200% de potencia instalada, con el tanque hidroneumático calculado para un 100%.

c) Hidroneumático triplex.

Este equipo, como su nombre lo indica consta de tres bombas, y cada una de ellas tiene una capacidad de 50% de la demanda; por lo regular solo una de las bombas trabaja, esto cuando la demanda es menor o se acerca al 50%, o dos bombas si la demanda es menor ó igual al 100%; la tercera bomba se requiere únicamente cuando una de las dos anteriores falle.

Normalmente, lo que se hace es alternar el trabajo de las tres bombas, para aumentar la vida útil de las mismas.

La potencia instalada en este caso es de 150% y el tanque está calculado tomando el 50% del gasto máximo.

A.2 Selección del equipo de bombeo.

Para este análisis me referiré principalmente a las bombas del tipo centrífugas.

El proceso que se sigue para seleccionar la bomba centrífuga más adecuada es el siguiente:

- a) El gasto máximo instantáneo.
 - b) La carga que se tiene que vencer.
 - c) La carga neta positiva en la succión.
-
- a) Gasto máximo instantáneo.

Este gasto es el que se utiliza para calcular el abastecimiento por bombeo directo ó con tanques de regularización pequeños.

Para el cálculo de éste gasto existe un método que se ha considerado como el más adecuado para obtenerlo; - el método de Hunter, que se basa en estudiar los gastos medios y los tiempos de operación de los muebles que más se usan como: lavabos, tinas, mingitorios, --

w.c. etc, y a éstos muebles les asignó un valor en (U.M.) unidad mueble.

Basándose en las (U.M.) asignadas a los muebles instalados y el uso simultáneo máximo de los muebles sanitarios, obtuvo los gastos instantáneos máximos, según las gráficas 1 y 2.

El proceso a seguir para el cálculo de los diagramas de las tuberías es el siguiente:

1. Dibujar el diagrama de la instalación correspondiente.
2. Dar valor en U.M. a los muebles sanitarios (ver tabla 1).
3. Acumular en sentido contrario al flujo del agua las unidades de mueble.
4. En las gráficas 1 y 2 ver el gasto de diseño para cada tramo de tubo.

Este método es aplicable a grandes grupos de mue-

bles, como en edificios, hoteles, oficinas etc.

b) Cálculo de la carga que se tiene que vencer.

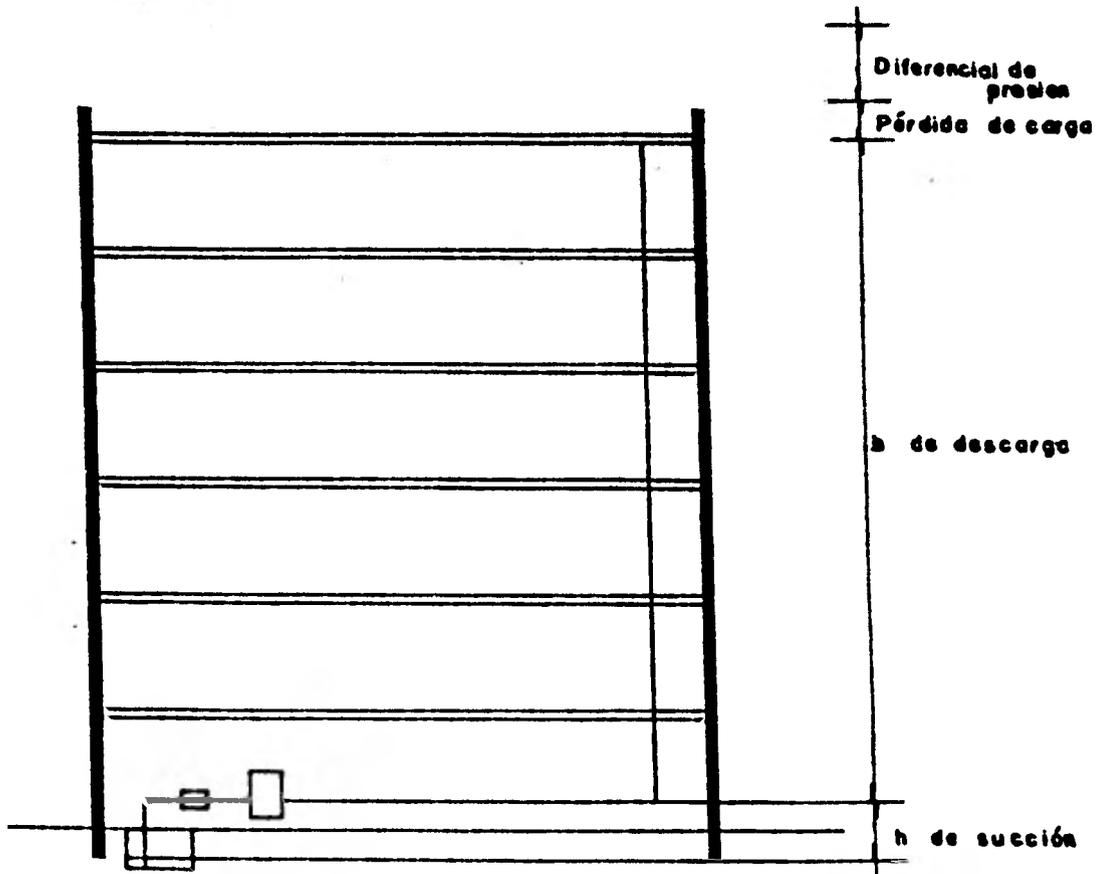
La bomba para poder abastecer un edificio, necesita vencer algunas cargas, como son:

1. Altura de succión.
2. Altura de descarga.
3. Diferencial de presión.

Ver figura 4.

1. La altura de succión es la del eje de la bomba sobre el nivel inferior del espejo del agua, - con su correspondiente pérdida de carga.
2. Altura de descarga es la altura del edificio - más la presión requerida en el mueble más alejado, medida en relación al eje de la bomba -- con su correspondiente pérdida de carga.

3. Diferencial de presión que es la diferencia de presión de parada de la bomba menos la presión de arranque, el cual se recomienda sea de - - 1.41 Kg/cm².



—Figura 4—

La potencia del sistema de bombeo estará dada por la siguiente ecuación.

$$P = \frac{\gamma Q H_t}{76 \eta}$$

- P = potencial del motor en H.P.
- γ = peso específico del líquido en Kg/l.
- Q = gasto en l/seg.
- H_t = carga dinámica total (m)
- η = eficiencia del sistema de bombeo.

Es de suma importancia examinar las curvas de operación de - - las bombas que indican gastos, cargas, eficiencias, potencias de motor, N.P.S.H. etc, y no evaluar la potencia considerando exclusivamente la ecuación anterior. Para esto se debe tener ya calculado - el gasto de diseño y la carga a vencer de la bomba.

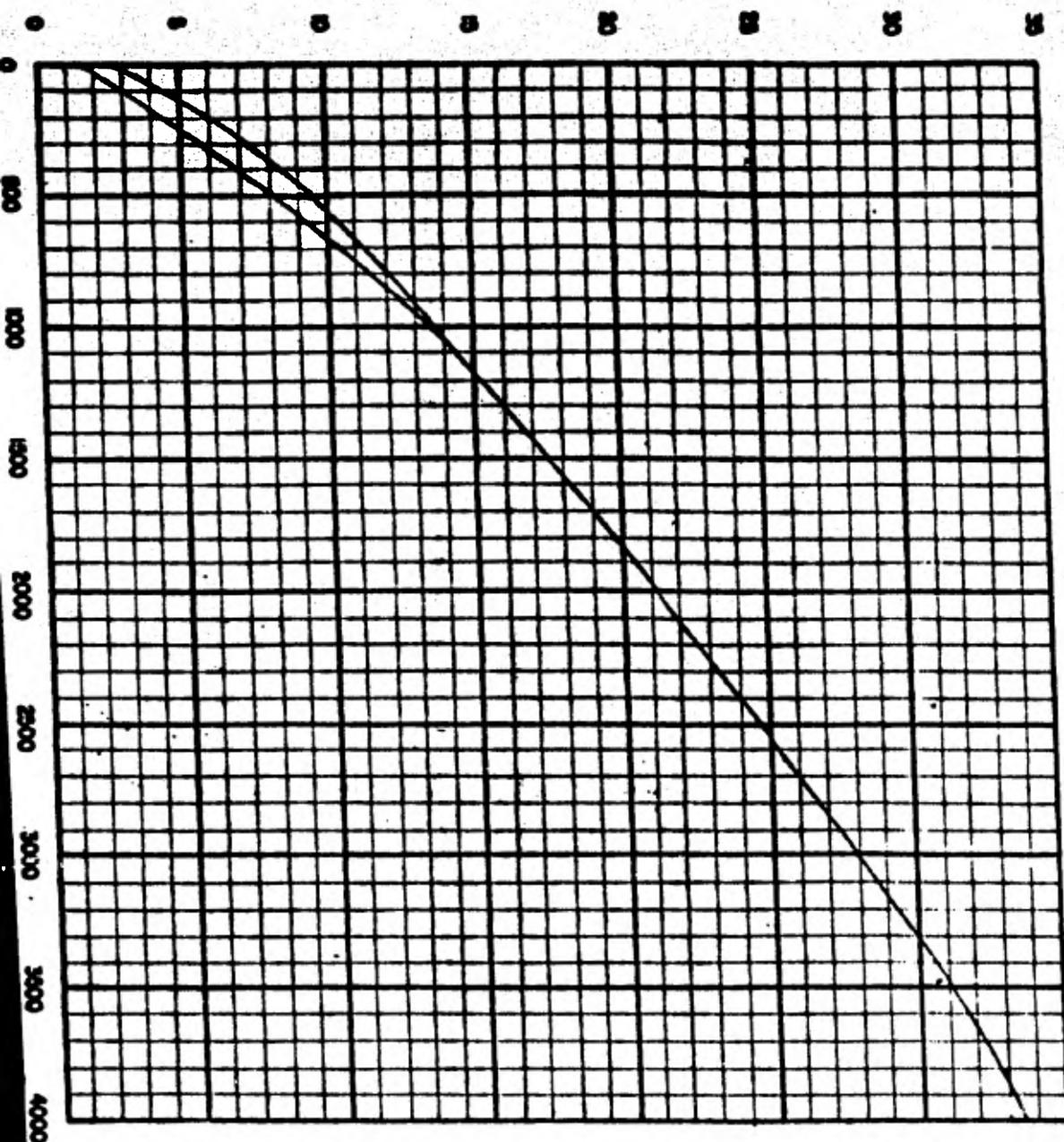
Por otro lado, también se debe considerar muy importante para la selección de la bomba el (N.P.S.H.) que es la carga neta positiva en la succión, que a su vez se puede dividir en dos.

T A B L A 1.

EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES MUEBLES.

MUEBLE	SERVICIO	CONTROL	U.M.
Excusado	Público	Válvula	10
Excusado	Público.	Tanque	5
Fregadero	Restaurante	Llave	4
Lavabo	Público	Llave	2
Mingitorio Pedestal	Público	Válvula	10
Mingitorio Pared	Público	Válvula	5
Mingitorio Pared	Público	Tanque	3
Regadera	Público	Mezcladora	4
Tina	Público	Llave	4
Vertedero	Oficina, etc.	Llave	3
Excusado	Privado	Válvula	6
Excusado	Privado	Tanque	3
Fregadero	Privado	Llave	2
Grupo baño	Privado	Exc. válvula	8
Grupo baño	Privado	Exc. tanque	6
Lavabo	Privado	Llave	1
Lavadero	Privado	Llave	3
Regadera	Privado	Mezcladora	2
Tina	Privado	Mezcladora	2

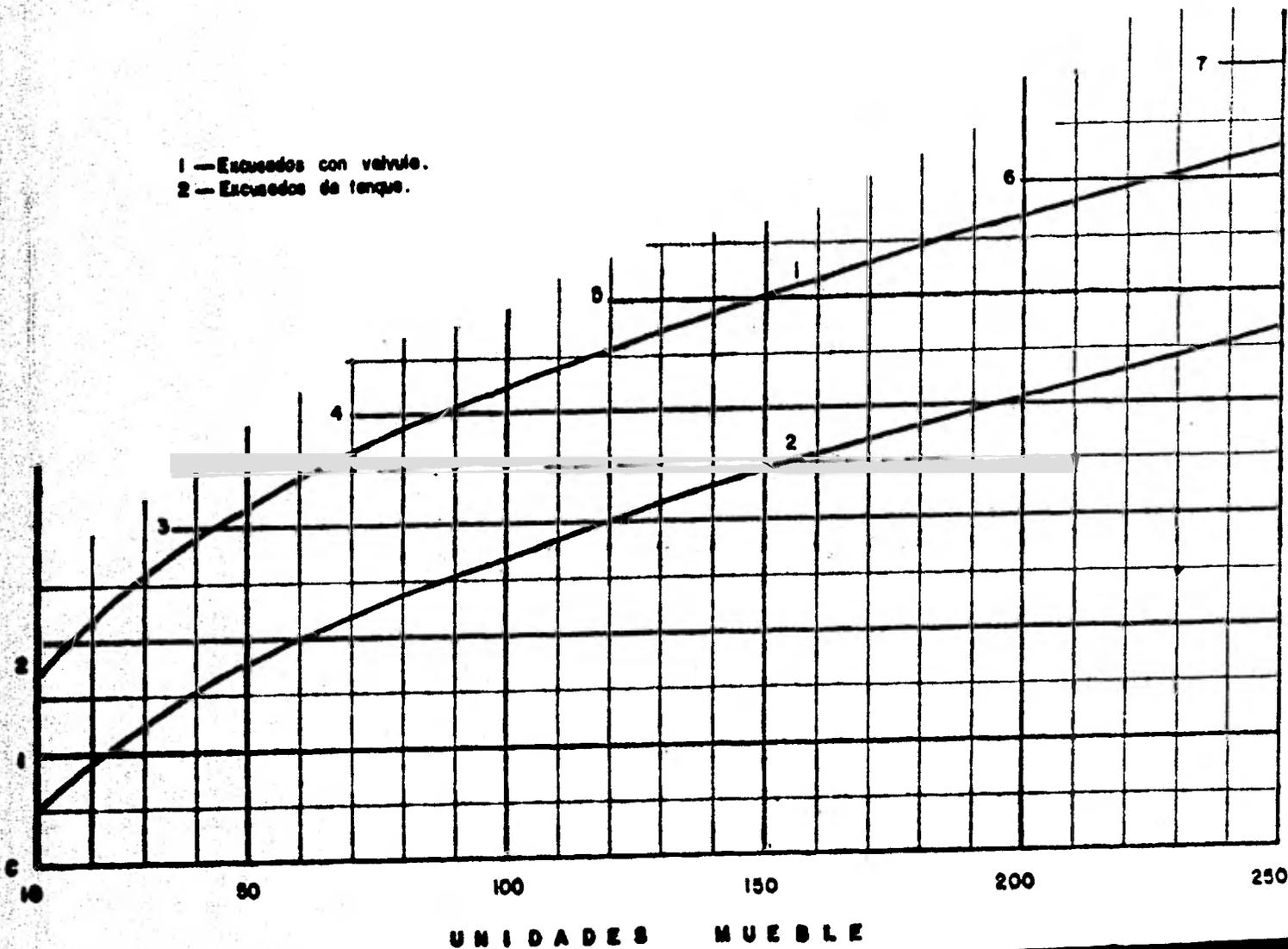
GASTO EN LITROS POR SEGUNDO



GRAFICA 2

COSTO EN LITROS POR SEGURO

1 - Escudos con vehulo.
2 - Escudos de tanque.



GRAFICA 1
- 34 -

a) Carga neta positiva en la succión (disponible).

Esta se lee en metros de columna de agua, o en milímetros de mercurio, y está basada en la presión atmosférica que es función de la altura sobre el nivel del mar, en que se encuentra instalada la bomba.

b) Carga neta positiva en la succión requerida, la cual se compone de lo siguiente:

Altura desde el punto más bajo hasta el centro de la bomba.

Pérdidas por fricción en la tubería de succión, conexiones y válvulas.

Presión de vapor del líquido en metros de columna de agua.

Factores que limitan la selección de una bomba centrífuga.

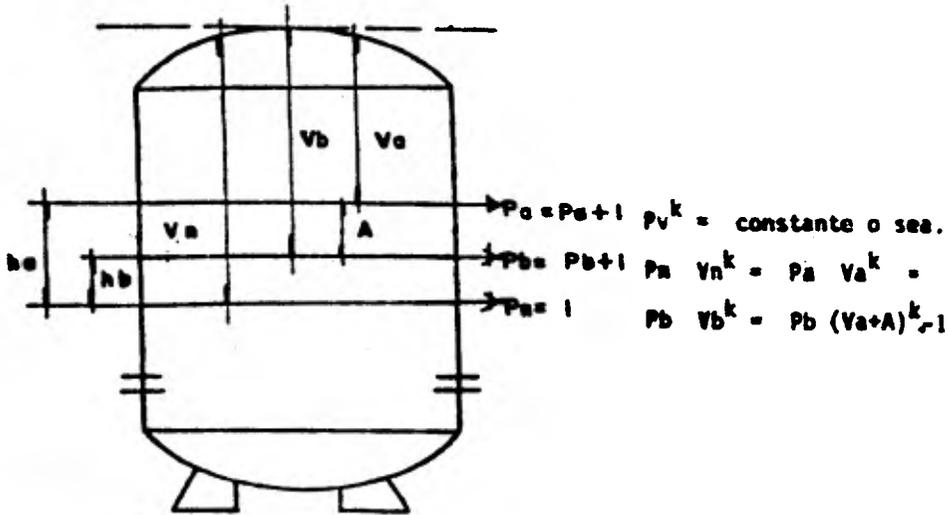
- a) Por condiciones de instalación. La localización de la bomba sobre el nivel del mar, limita su capacidad de succión ya -- que ésta es directamente proporcional a la presión atmosférica.

- b) La profundidad de succión. Que se limita hasta un máximo total de 10.33 m de carga manométrica de succión a nivel del mar.

- c) Las pérdidas por fricción en la tubería, que afectan la carga manométrica de succión.

A.3 Cálculo equipo hidroneumático.

El cálculo del equipo hidroneumático (ver figura 6) se hace en base a la ley de Mariotte donde;



—Figure 5—

V_n = Volumen útil del tanque.

V_a = Volumen del aire después de la compresión. (cuando la bomba-para).

V_b = Volumen de aire al final de la expansión, cuando la bomba --
vuelve a funcionar.

P_n = Presión absoluta cuando su volumen es V_n (igual a la presión
atmosférica)

P_a = $p_a + 1$, la presión absoluta cuando el volumen del aire es --
 V_a (P_a , presión que marca el manómetro, es la presión relati-
va a la del aire exterior; la cual hay que aumentar una --
atmósfera para tener presión absoluta).

P_b = $p_b + 1$, la presión absoluta cuando el volumen es V_b .

A = Volumen de agua introducida en el tanque cuando la presión -
del aire interior pasa de P_b a P_a , ó sea entre una puesta en
marcha y una interrupción de la bomba.

De la fórmula obtenemos V_n .

$$V_n = \frac{A \cdot P_a P_b}{P_a - P_b} \cdot \frac{1}{P_n}$$

A la vez con esta fórmula a base de transformaciones, obtene-
mos las siguientes fórmulas que nos dan el volumen útil del tan-
que.

$$2\text{-----}V = 27.5 \frac{Q}{Kc} \frac{(Pa+1)(Pb+1)}{Pa - Pb} \quad (\text{sin compresor})$$

$$2^{\circ}\text{-----}V = 30 \frac{Q}{Kc} \frac{(Pa+1)}{Pa} \quad (\text{con compresor})$$

Cuando el volumen del aire al iniciar el periodo T, (tiempo -- cuando arranca la bomba) tendremos:

$$Vn = \frac{V}{1.20} = .83 V$$

$$Vn = .83 V$$

En cuanto a Va , o sea el volumen del aire al final del funcionamiento de la bomba, por la ley de Mariotte tenemos:

$$Va (Pa+1) = Vn (Pb+1)$$

$$Va = \frac{Vn (Pb+1)}{(Pa+1)} = \frac{.83 (Pb+1)}{(Pa+1)}$$

$$Va = .83V \frac{(Pb+1)}{(Pa+1)}$$

En la ecuación 2 y 2° Q corresponde al consumo máximo de la instalación, ó sea el gasto de la bomba que suele fijarse en 11-- tros/min.

Ejemplo:

Para efectos de ejemplificar lo anteriormente expuesto consideramos un edificio de viviendas, en el cual ya hemos calculado el --gasto máximo resultando 150 lts/min. y sabiendo que es un edificio de 7 pisos, y que para llegar el agua a los aparatos más desfavorables, necesitamos una carga de 30 m de altura de agua, en la planta inferior en la cual se situa el tanque.

Esta carga será la presión mínima en el tanque, es decir, - -
 $P_b = 30 \text{ m} = 3 \text{ atmósferas}$. Para no tener exceso de presión en los aparatos más desfavorables ésta no debe pasar en el tanque de 44 m, luego entonces $P_a = 44 \text{ m} = 4.4 \text{ atm}$.

Si el agua se toma en la red general, en la que suponemos que la presión desciende hasta 20 m, ahora si instalamos 3 bombas cada una de éstas debiera dar un gasto igual a 75 litros/min. (la mitad del total), teniendo en cuenta que la tercera bomba no se encuentra funcionando, sólo esta de reserva en caso de avería de cualquiera de las otras dos.

La altura manométrica a que elevará el agua será sobre los -
20 m de carga que ésta tiene, otros 24 m para alcanzar el máximo -

de 44 m.

Luego las características de cada bomba serán:

Gasto = 75 lts./min., altura manométrica; 30 m.

Los valores de las presiones:

$P_a = 4.4 \text{ atm.}$ $P_b = 3 \text{ atm.}$

Si N_c es el número de ciclos por hora, los cuales no deben pasar de un máximo, y en este caso tomamos $N_c = 10$, y de la ecuación 2 obtenemos el valor del tanque.

$$V = 30 \cdot \frac{150}{10} \cdot \frac{4.4+1}{4.4-3} = 1735.7$$

$$V_n = .83V = .83 (1735.7) = 1440.63 \text{ vol. al iniciar el periodo.}$$

$V_a = \text{Vol. del aire al terminar de operar la bomba.}$

$$V_a = .83 \times 1735.7 \cdot \frac{3+1}{5+1} = 960.42 \text{ lts.}$$

La cantidad de agua introducida en el tanque durante cada periodo resulta:

$$V_n - V_a = 1440.63 - 960.42 = 480.21 \text{ lts.}$$

En cuanto al compresor, debe ser tal que sea capaz de elevar la presión del vol. útil del tanque ($V_n = 1440.63$ lts.), en un tiempo determinado, desde la presión atmosférica hasta la mínima de ejercicio $P_b = 3$ atm.

Como la presión absoluta es de 4 atm., el volumen efectivo del aire (a la presión atmosférica) introducido en el tanque será:

$$1440.63 \times 4 = 5726.52 \text{ lts.}$$

A.4 Tipos de Control para Equipos Hidroneumáticos.

1. Con Supercargador ó Hidropistón.

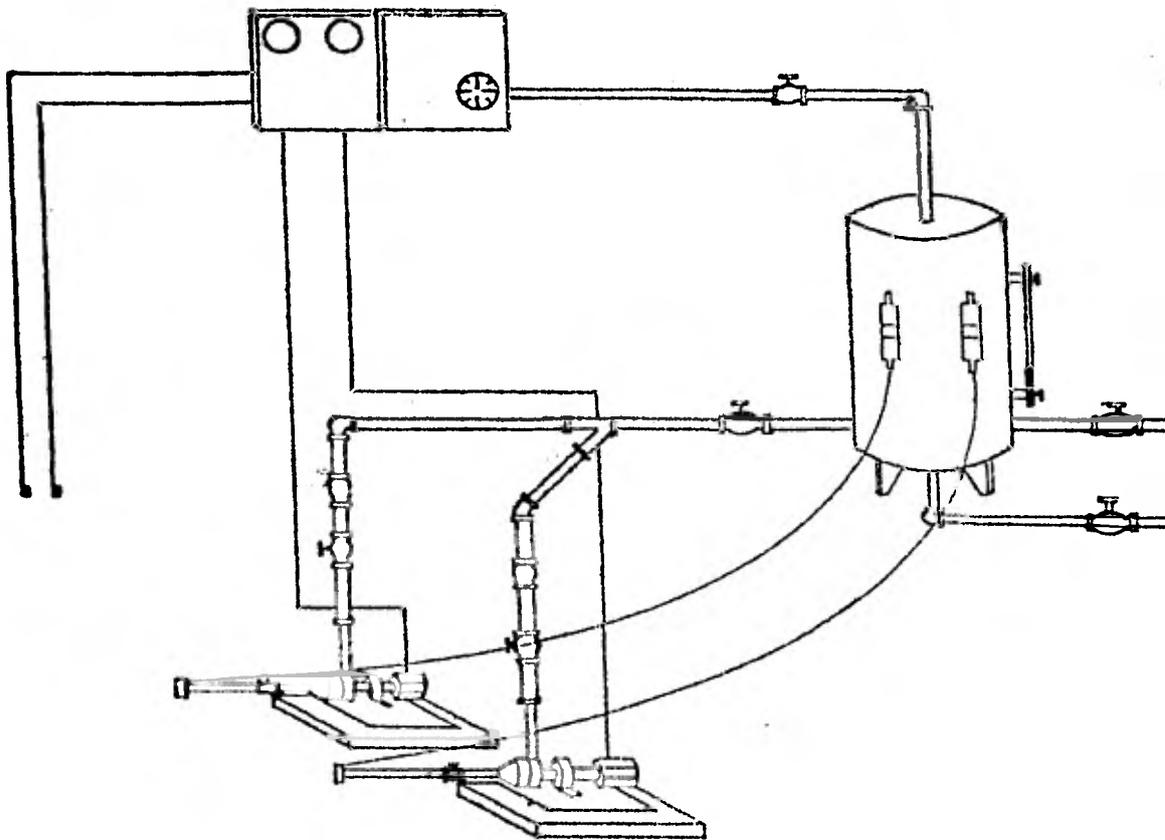
Si partimos de la suposición que la presión en la red está en el punto máximo, lo que quiere decir que la bomba o bombas, están paradas, sucederá que al haber demanda de agua, disminuirá la presión en el sistema, hasta la presión de arranque de la bomba uno, con lo cual se pueden presentar las siguientes alternativas.

- a) La demanda es menor al gasto que proporciona la bomba, entonces la presión en el sistema se incrementará hasta la de "PARE"; y al parar la bomba el tanque suministra la demanda hasta que vuelva a descender la presión a la de "ARRANQUE", y se repite la secuencia, sólo que ahora arrancará la bomba dos por orden de alternador.
- b) Si la demanda es igual al gasto que proporciona la bomba uno en cualquier punto de la curva, entre las presiones de pare y arranque, la bomba no trabajará en forma continua mientras dure ésta situación.

c) Si la demanda es mayor al gasto que proporciona la bomba uno, entonces la presión en el sistema descenderá, y cerrará un contacto, el interruptor de presión del - simultaneo de la dos, ordenando el trabajo a la bomba número dos.

Es necesario aclarar que en un sistema simplex o dúplex, es difícil que se pueda presentar la alternativa número tres, ya que las bombas están calculadas para dar el 100% de la demanda máxima.

**DIAGRAMA DE INSTALACION PARA UN EQUIPO
HIDRONEUMATICO DUPLEX CON SUPERCARGADOR
EN TANQUE VERTICAL.**



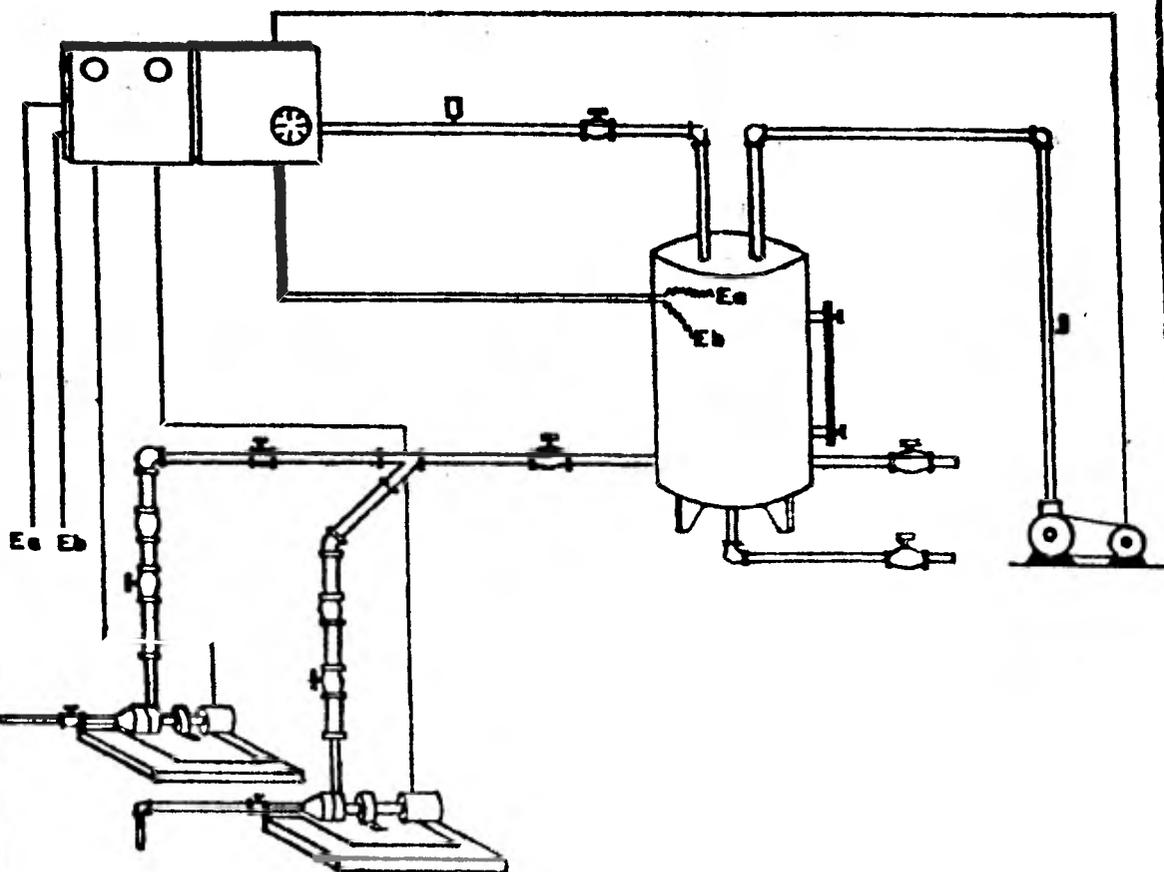
2. Con compresor.

Este tipo de controles tienen llamada al compresor, en forma similar que al de equipos con hidropistón o su pericargador.

El compresor sólo entrará a trabajar cuando falte el nivel de aire en el tanque de presión, detectado por los electrodos del tanque, siempre y cuando esté trabajando la 1ra. bomba que entró con el alternado por lo tanto, tenemos lo siguiente:

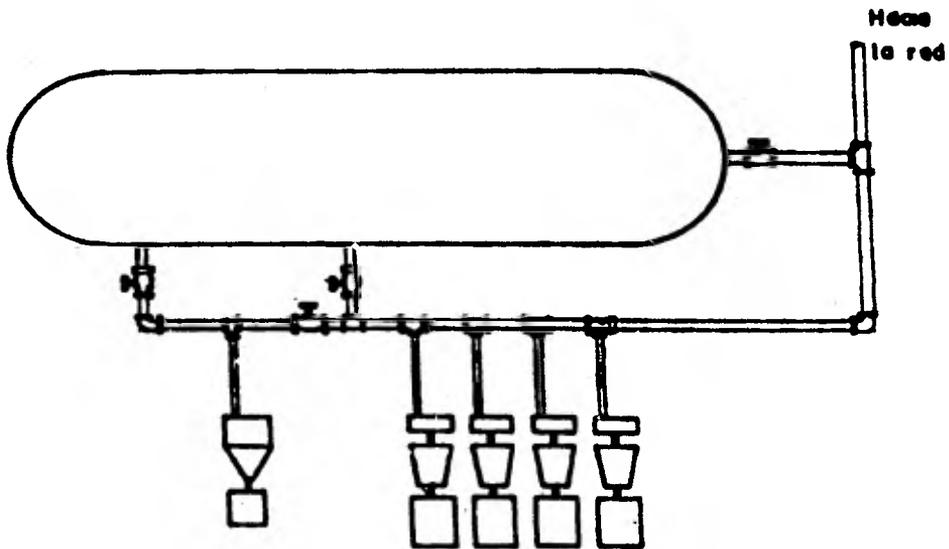
- a) No trabajará si la primera bomba que entró en el alternado está sin trabajar.
- b) No trabajará cuando el tanque tenga su colchón de aire adecuado aún cuando trabaje la primera bomba que entró con el alternado..

DIAGRAMA DE INSTALACION PARA UN EQUIPO
HIDRONEUMATICO DUPLEX CON COMPRESOR Y
TANQUE VERTICAL.



B. Sistema Programado de Presión Variable.

Este sistema se compone de hidroneumático, o sea un tanque con una ó dos bombas, y luego dos, tres, cuatro ó más bombas ya no van al tanque, sino directas a la red. La siguiente figura (figura 3), nos muestra un hidroneumático con una bomba al tanque, y tres bombas que ya no van al tanque sino directas a la red.



- Figura 3 -

Esta idea surgió debido a que las demandas que se presentan durante el día en un edificio cualquiera, tienen notables variaciones; existen horas de máxima demanda, horas de demanda media y horas de mínima demanda. Con este sistema se persigue adecuar las bombas a las demandas reales; esto se explica de la siguiente manera:

Si usamos un hidroneumático simplex, tenemos el problema de -- que si se descompone una bomba nos quedamos sin agua, si usamos un duplex cada una de las bombas da el 100% de la demanda, ó sea que únicamente las podemos trabajar alternadas y una nos sirve de reserva para cuando falte cualquiera de las dos, de esa manera seguimos gastando la misma energía eléctrica que con el simplex.

Si usamos el triplex, podemos dar el 50% de la demanda con cada bomba, entonces en lugar de dar con una bomba el 100% podemos -- dar el 50% con cada una de ellas, y así dar en total el 150%, de manera que si se nos descompone una bomba, quedan dos con el 50% cada una, ó sea el 100% requerido; con este sistema ya se baja el consumo de energía eléctrica, puesto que en las horas de demanda mínima ó media únicamente trabaja una bomba y sólo si sube la demanda tr ba ja la segunda bomba.

El sistema programado reduce aún más el consumo de energía ya que la bomba que va a dar las demandas mínimas es una bomba más chi

ca, más barata por razones obvias, y es la que más va a trabajar, - por consiguiente será la primera que se descompondrá, pero su costo de reposición será mínimo, ya que es una bomba pequeña y con un motor chico; además, el consumo de corriente va a ser de acuerdo con la demanda que realmente va a tener.

Con la bomba chica puede darse del 0 al 25% de la demanda si - es grande el consumo; por ejemplo, en un hotel muy grande se puede reducir a 12.5% para las horas de poca demanda, como en la madrugada, entre día, tarde, etc. Se pueden seleccionar también dos bom--bas chicas con el 16.5% para que entre las dos nos den 33%, y ade--más, tres con el 33% quedan 100%, de ese modo tenemos el 133% ins--talado; si se descomponen la bomba chica, tenemos otra que estará - trabajando para satisfacer las demandas mínimas, y si la demanda rebasa la capacidad de la bomba, entra a funcionar la grande. Es por eso que los equipos programados cuando son grandes se hacen con dos bombas chicas que nos dan el 33% y tres bombas grandes que nos dan el 100%.

Desafortunadamente, el equipo tiene que ser operado por contro--les de presión, y los controles de presión en un equipo hidroneumá--tico deben tener una variación no menor de 21b/pulg², o sea 0.141 - Kg/cm²; entonces si tenemos 5 bombas, le tenemos que aumentar 10 -- 1b/plg² (.70 Kg/cm², 6 7 a.c.a.) al sistema, y reducir el número de

pises de poder servir.

Finalmente, el equipo de presión variable todo lo que logra, es que el tanque sea más chico, y que las bombas al ser programadas vayan trabajando de acuerdo con la demanda.

Limitaciones de este equipo.

Este sistema presenta ciertas limitaciones que hacen que no siempre sea el más indicado para resolver el problema de abastecimiento de agua.

Entre otras se tienen las siguientes:

a) Incremento de la presión por el diferencial.

b) Limitación de pisos a servir.

c) Mayor consumo de agua.

d) Mayor desgaste de válvulas y accesorios.

e) El tamaño del tanque.

a) Incremento de la presión por el diferencial.

El diferencial de presión, hace que podamos arrancar y parar las bombas automáticamente, pero nos obliga a usar bombas cu ya su curvas características deban ser de marcada tendencia -

vertical, para poder opererlas dentro del rango de presión que requerimos.

b) Limitación de pisos a servir.

El reglamento de Ingeniería Sanitaria obliga a que la presión del mueble más bajo de una edificación no rebase - - 4.5 Kg/cm^2 (45 m.c.a.) si a esos 45 m le restamos los 14 - m.c.a. sabiendo que la presión mínima en el mueble más al to debe ser 7 m.c.a.

Para muebles de tanque, tenemos que quedan únicamente 24- m.c.a. y además consideramos que las pérdidas de carga por fricción son aproximadamente el 100% de la altura total, - entonces tenemos que nos quedan 21 m.c.a. aproximadamente.

Si consideramos 3 m por piso, llegamos finalmente a que el equipo a presión variable únicamente nos sirve para abaste cer 7 pisos.

c) Mayor consumo de agua.

Cuando el hidroneumático está trabajando a poco gasto, 6 - sea a alta presión, sale aproximadamente un 20% de agua-

más de las llaves, desperdiciándose así, gran cantidad de
esta.

C. Sistema de Abastecimiento de Agua a Presión Constante.

Este sistema se diferencia básicamente del de presión variable en que no necesita de un diferencial de presión grande para arrancar y parar las bombas que forman parte del sistema; además, de que no requiere tanque hidroneumático, porque no existe variación en la presión en forma apreciable, eliminando consecuentemente el uso de interruptores de presión y del cargador de aire.

En éste sistema el control está auxiliado por un medidor de flujo que manda señales al tablero a gastos previamente establecidos y éste a su vez conecta y desconecta las bombas. De manera que en éste sistema el medidor de flujo forma parte esencial, puesto que es el que detectará los cambios de demanda en la red.

También es importante para la correcta operación del sistema, el uso de bomba cuyas características sean planas, ya que de esta manera nos aseguramos que la caída de presión en la red, para diferentes demandas será mínima.

Se trata entonces de que en el rango de demanda "cero" a demanda 100% no existan bajas de presión considerables en la línea. Para

lograr ésto se requiere ir trasladando las curvas caracterfsticas -
planas de cada una de las bombas que componen el sistema.

En el sistema de presión constante más comunmente usado se - -
emplea una bomba chica con capacidad de 12.5% de Q max., previéndose-
una chica únicamente como repuesto.

La demanda mínima, del 0% al 12.5% de Q max. es satisfecha con-
una bomba chica, la demanda hasta 25% de Q max. con una bomba grande;
la demanda hasta 50% Q max. con dos bombas grandes; la demanda hasta
75% de Q max. con tres bombas grandes, y el 100% Q max. que es la má
xima demanda con cuatro bombas grandes.

La operación de éstas como se ha mencionado, es regulada mediante
un control que detecta la variación en la demanda a través de un
medidor de flujo.

Funcionamiento.

Partiendo del estado en el cual la demanda en la red es la míni
ma 0% al 12.5% de Q max., lo que quiere decir que la bomba chica es-
tá trabajando, se pueden presentar las siguientes alternativas.

1. Si la demanda está comprendida entre 0 y 12.5% la bomba seguirá trabajando mientras dure esta situación; funcionando un retorno a cisterna para que el agua bombeada y no consumida regrese a la cisterna evitándose así una sobrecarga de la bomba.

2. Si la demanda es mayor al gasto que proporciona la bomba chica mayor de 12.5% del Q max., el control auxiliado por el medidor de flujo detectará esta situación accionando -- una de las bombas grandes y parando la bomba chica.

Al estar operando la bomba grande se pueden presentar las siguientes alternativas:

- Si la demanda baja del 12.5% el control ordenará parar la bomba grande y arrancar la chica, repitiéndose la secuela antes descrita.

- Si la demanda se encuentra entre el 12.5% y el 25% la bomba seguirá trabajando mientras dure esta situación.

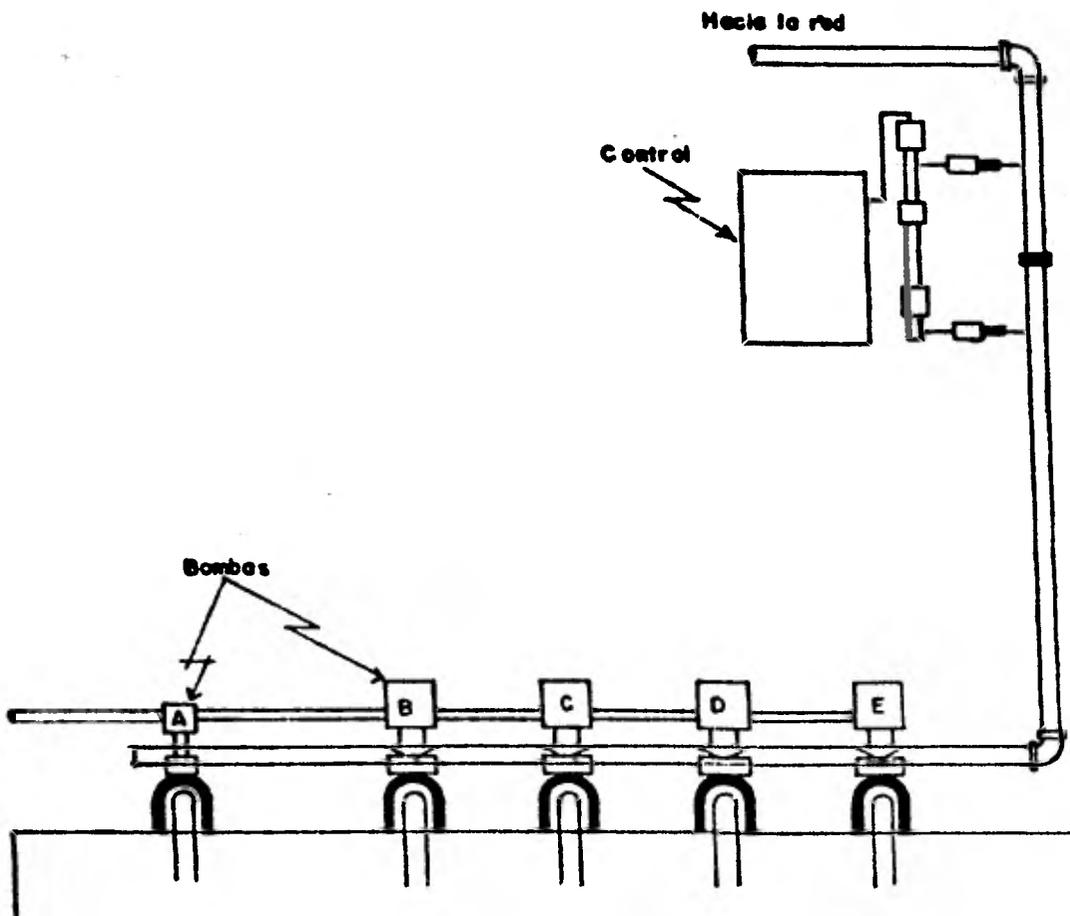
- Si la demanda es mayor al 25%, el control enviará un orden de arranque a otra de las bombas grandes, operan-

do ambas simultaneamente.

Después de estar trabajando dos bombas grandes en forma simultanea, pueden repetirse las alternativas indicadas anteriormente, en que pueden trabajar un máximo de cuatro bombas, que sería el caso de demanda máxima.

Resumiendo podemos enumerar las ventajas que éste sistema presenta respecto al de presión variable.

- a) No existe diferencial, por lo que se aumenta el número de pisos de poder servir.
- b) No existe variación en la presión, de esta manera aumenta la duración de la tubería y los accesorios.
- c) No tenemos desperdicio de agua por variación de presión.
- d) Es un sistema más económico pues se ahorra el costo del tanque y del compresor, además que el gasto de energía eléctrica será de acuerdo a la demanda que se presente.



- Figure 9 -

D. Sistema de Alimentación por Gravedad.

Un sistema de alimentación de este tipo es aquel en el que la distribución de agua se hace por gravedad.

Tal vez este método sea el más antiguo de distribución de agua y data desde los primeros acueductos que existieron.

Por lo general, se usa en lugares donde el suministro de agua es defectuoso y la red no abastece con la presión necesaria a los edificios.

Los sistemas de alimentación por gravedad fueron las instalaciones prácticas usadas en los edificios extremadamente altos. A pesar de que este método es poco usual en la actualidad muchos edificios cuentan aún con éste sistema.

El sistema de abastecimiento de agua por gravedad tiene la desventaja de que el agua almacenada se puede contaminar, ya que el tanque es del tipo abierto, al cual penetran animales y polvo que ocasionan la contaminación del agua.

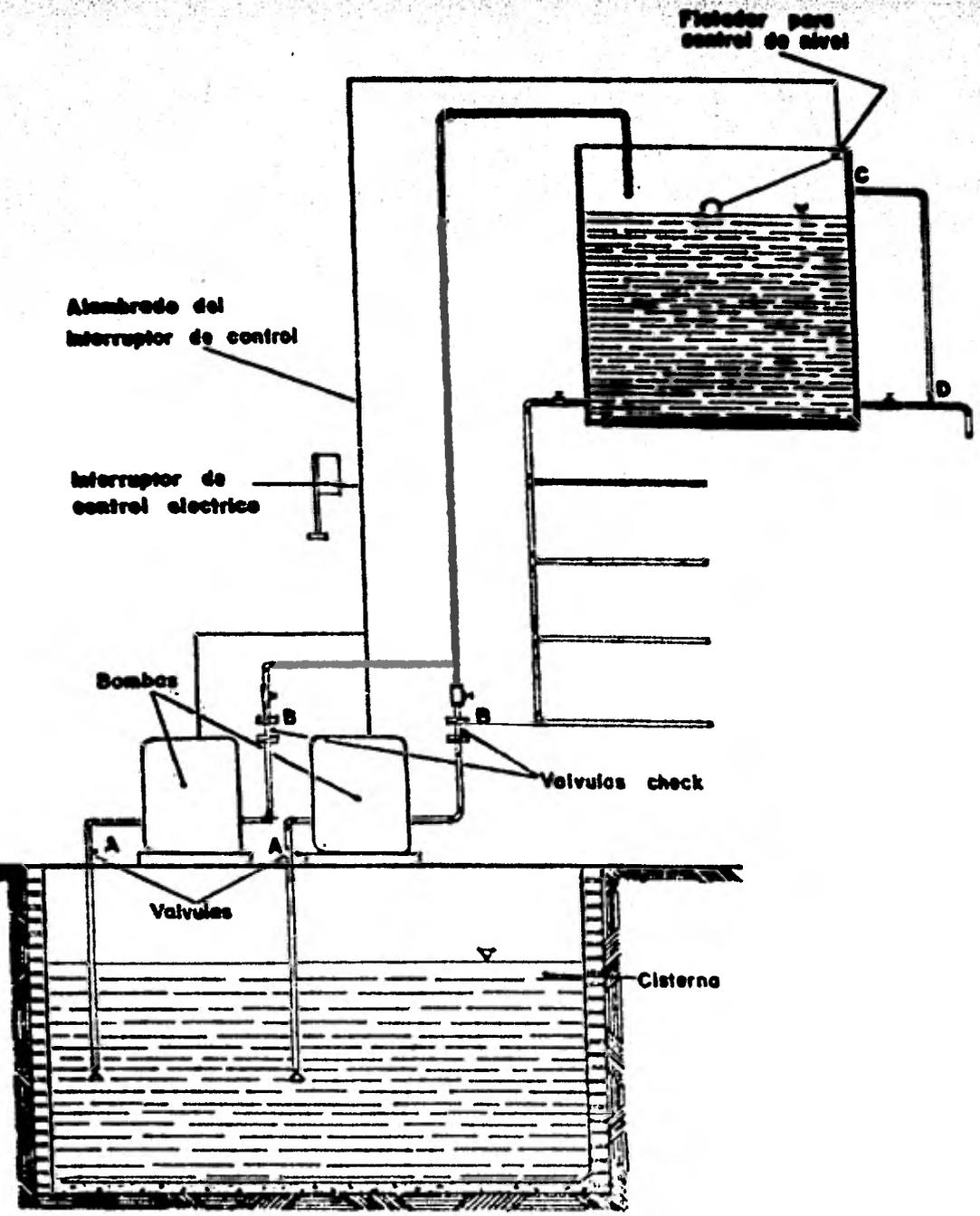
Los dispositivos mecánicos de que se compone un sistema de - -

abastecimiento por gravedad son los siguientes:

- a) Un tanque de almacenamiento, abierto, equipado con tubo de derrame.
- b) Dos bombas centrifugas.
- c) Un flotador y un interruptor de control eléctrico.

Por lo general la bomba se halla en el sótano del edificio, y está colocada sobre una base firme. El lado de admisión de la bomba está conectado a una cisterna y equipado con válvula de compuerta - "A" (figura 10).

El lado de descarga de la bomba está conectado al tanque elevado de almacenamiento de agua, exactamente debajo del anillo de derrame, y debe equiparse con dos válvulas de retención B, y una válvula de compuerta instaladas lo mas cerca posible de la bomba. Con objeto de poder cerrar rápidamente en caso de urgencia, debe instalarse también otra válvula a la salida del tanque. El tanque debe colocarse por encima del aparato sanitario más alto (5 m.c.a. mínimo), para que también éste cuente con la presión suficiente para su mejor funcionamiento.



-Figura 10-

La alimentación de agua al tanque se controla por un interruptor eléctrico accionado por un flotador que está dentro del tanque y cerca del anillo de derrame C, y arranca o para las bombas movidas eléctricamente por un motor.

Debe protegerse la instalación siempre que el sistema de agua dependa de un aparato eléctrico como el interruptor de flotador; - si el aparato de control sufre algún desperfecto se derrama el - - agua del tanque, causando daños en la propiedad. Este problema -- puede evitarse conectando un tubo de derrame de diámetro adecuado, abajo del borde superior del tanque. El tubo de derrame o rebosamiento deberá desaguar sobre el techo y tenderse lo más directo -- que sea posible; si no se puede, conéctese a la alcantarilla pluvial, si el edificio no cuenta con ésta, los tubos de derrame pueden descargar a la alcantarilla sanitaria.

CAPITULO III:

EJEMPLO ILUSTRATIVO

Calculo de la tubería de alimentación y equipo de bombeo de un edificio de departamentos de 22 pisos.

El problema consiste en calcular la tubería alimentadora de agua potable a un edificio de altura considerable, así como el equipo o equipos de bombeo que dicho edificio requiere para poder satisfacer las demandas necesarias de las 24 horas del día, tanto en horas de alto, como en horas de bajo consumo.

El edificio en cuestión cuenta con cuatro departamentos en cada piso, los cuales a su vez, se componen de los siguientes muebles sanitarios.

- 2 w.c.
- 2 lavabos
- 1 regadera
- 1 fregadero

En este caso se va a considerar que los muebles sanitarios con

que están equipados cada uno de los departamentos funcionan por medio de tanque.

El agua llega al edificio abastecida de la red general, la que alimenta a una cisterna ubicada en el sótano del edificio; y es de ésta de donde al agua se extrae y se envía por medio de las tuberías verticales alimentadoras a cada una de las derivaciones de cada piso, y éstas se encargan de llevarla hasta cada mueble. En éste - - ejemplo el agua será enviada con la presión adecuada para el funcionamiento de los muebles por un equipo hidroneumático que esté colocado a un lado de la cisterna, su funcionamiento se explicó en capítulos anteriores, aquí procederemos solamente a calcular la capacidad requerida del tanque hidroneumático.

Utilizando el método de Hunter que consiste en determinar mediante cálculo de probabilidades, cuantos muebles de una instalación se encuentran funcionando simultáneamente, esto es con el fin de determinar el "gasto máximo instantáneo" en cualquier tramo de la tubería, para esto Hunter asigna determinados valores en unidad mueble, a cada aparato sanitario (ver tabla A). Con esto calculamos - el gasto total que necesita aportar el equipo hidroneumático.

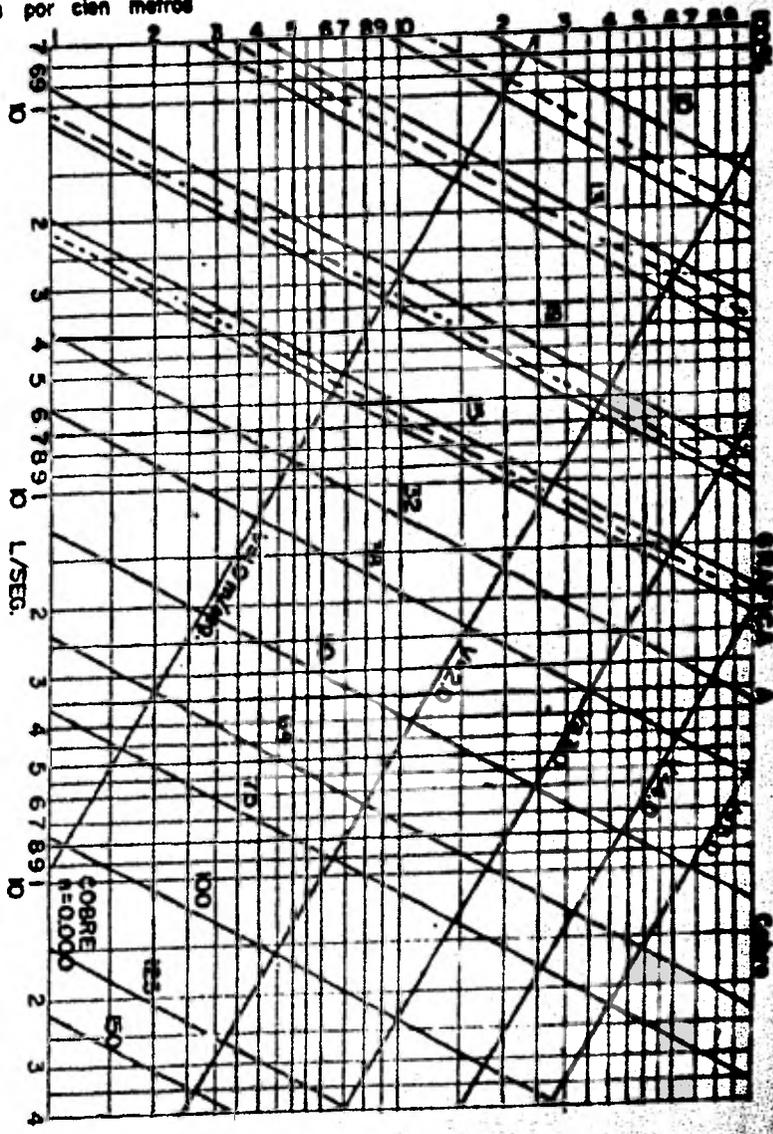
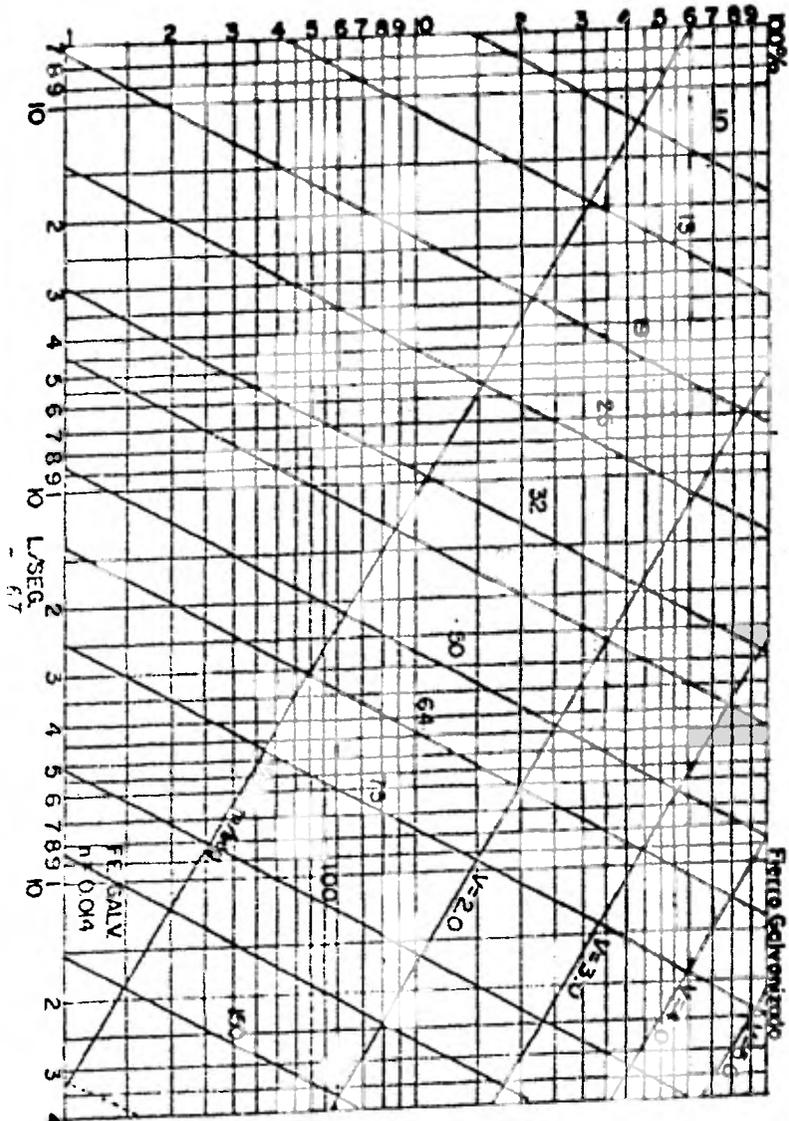
También es necesario conocer el valor de las pérdidas de carga a lo largo de la tubería (en metros), de la gráfica A para nuestro-

caso que tenemos tubería de cobre, obtenemos las pérdidas así como la velocidad del líquido en m/seg.

Las velocidades de diseño en instalaciones de plomería serán - de 1 m/seg. como mínimo y de 3 m/seg. como máximo. Esto es porque una instalación diseñada con velocidades menores a 1 m/seg. es una instalación antieconómica, y una instalación con velocidades mayores a 3 m/seg. hace ruido que la convierte en molesta para el usuario.

Como se trata de edificios altos, la presión máxima a que debemos trabajar es 40 m.c.a.; no es conveniente trabajar a presiones mayores a esta, ya que eso sería perjudicial para las instalaciones que estuvieran sujetas a dicha presión.

HL = metros por cien metros



ALIMENTACIONESTABLA "A"

EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES DE GASTO (U.M.)

<u>DIAMETRO PROPIO (mm)</u>	<u>MUEBLE</u>	<u>SERVICIO</u>	<u>CONTROL</u>	<u>U. M.</u>
25 ó 32 mm	Excusado	Público	Válvula	10
13	Excusado	Público	Tanque	5
13	Fregadero	Hotel rest.	Llave	4
13	Lavabo	Público	Llave	2
19 ó 25	Mingitorio pared	Público	Válvula	5
13	Mingitorio pared	Público	Tanque	3
13	Regadera	Público	Mezcladora	4
13	Tina	Público	Llave	4
13	Vertedero	Oficina etc.	Llave	3
25	Excusado	Privado	Válvula	6
13	Excusado	Privado	Tanque	3
13	Fregadero	Privado	Llave	2
--	Grupo baño	Privado	Exc válv.	6
--	Grupo baño	Privado	Exc tanque	6
13	Lavabo	Privado	Llave	1
13	Lavadero	Privado	Mezcladora	2
13	Tina	Privado	Mezcladora	2

Debido a la altura del edificio, la alimentación se llevará a cabo por medio de tres equipos hidroneumáticos, los cuales se encargarán de llevar el agua a todos los pisos del edificio, esto se hará de la siguiente manera:

El equipo "A", alimentará a los 7 primeros pisos, considerando la altura de entrepiso de 3 m para todos los pisos, y una carga útil de 5 m.c.a. que es la carga del mueble que necesita de más presión para su óptimo funcionamiento, la carga estática de 21 metros y la carga de succión de 3 m (para los tres equipos).

El equipo "B", alimentará de los pisos 8 al 14, con una carga estática de 42 m.

El equipo "C" alimentará de los pisos 15 al 22, con una carga estática de 66 m (este equipo alimentará a 8 niveles).

Ver figura 11.

Solo restaría calcular el gasto requerido por cada equipo y las pérdidas respectivas y aunado a lo anterior, tendríamos la carga manométrica total de cada equipo, ya con esto se procede a calcular la capacidad de las bombas y el volumen necesario de los tan

ques hidroneumáticos.

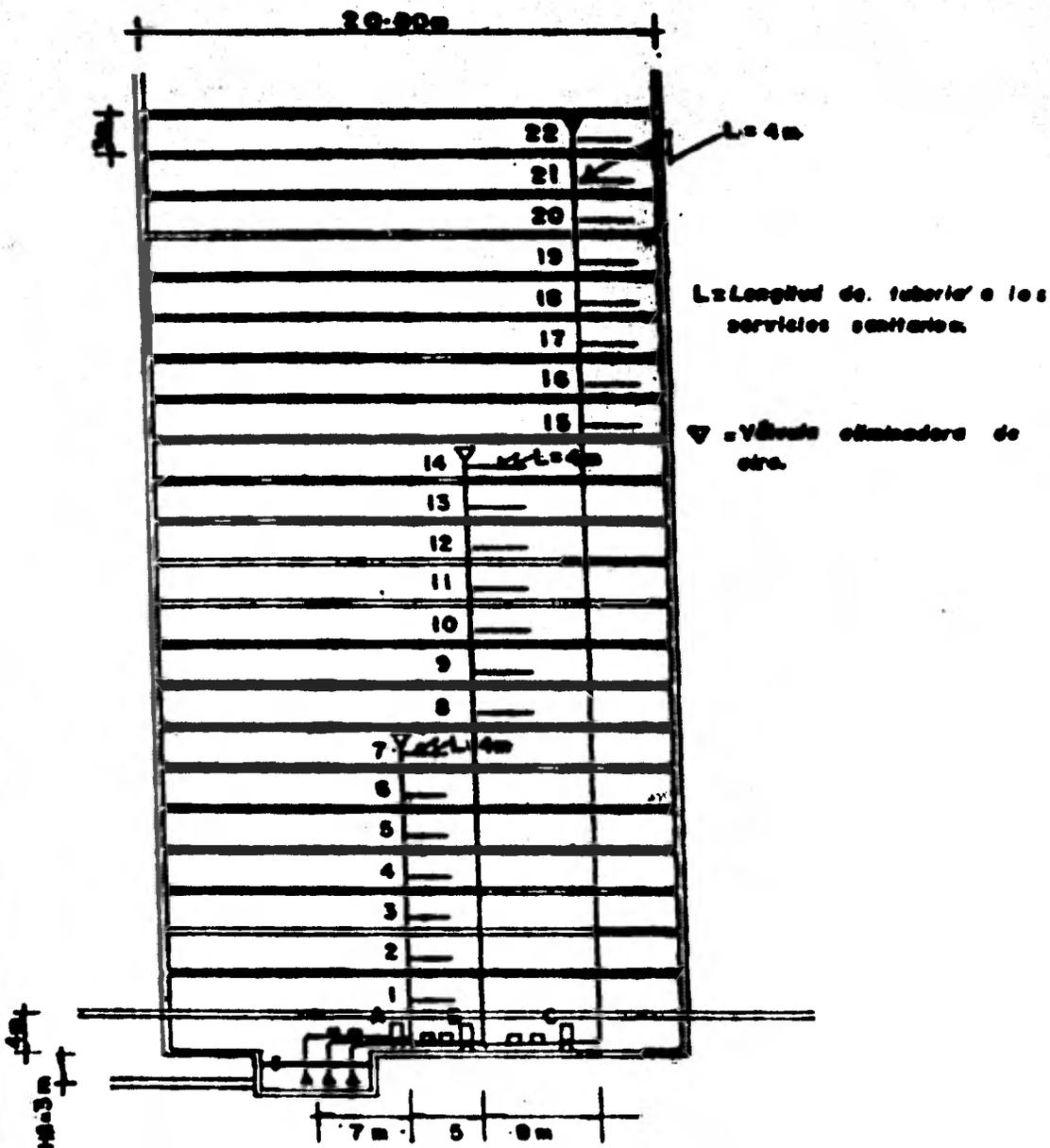
Cabe aclarar que en este caso nuestro problema hubiera quedado resuelto utilizando solo dos equipos hidroneumáticos, pero de haberlo hecho de esa manera hubieramos tenido que la presión de trabajo - en los muebles más desfavorables de cada equipo respectivamente, se acercaría a 40 m.c.a. que es la presión máxima a que debe trabajar - un mueble, y eso no es conveniente, pues causa molestias al usuario - por la excesiva presión con que llega el agua a dichos aparatos sanitarios.

Secuencia de calculo:

Número de unidades mueble por entrepiso.

Cada entrepiso consta de los siguientes muebles sanitarios..

Huebles por departamento	Huebles por entrepiso (4 departamentos)	U.M.	Total U.M.
2 w.c.	4 x 2 = 8 w.c.	3	24
2 lavabos	4 x 2 = 8 lavabos	1	8
1 regadera	4 x 1 = 4 regaderas	2	8
1 fregadero	4 x 1 = 4 fregaderos	2	8
			<hr/> 48 U.M.



- Figure II -

Para el equipo "A" tenemos lo siguiente:

Con las unidades mueble en las tablas B y C obtenemos el gasto, y con este en la gráfica "A" localizamos, diámetro, pérdidas y velocidad con esto formamos la siguiente tabla:

NIVEL	U.M.	GASTO lts/seg.	DIAMETRO	PERDIDAS "hf" %	VELOCIDAD	LONGITUD (L)	PERDIDAS EN METROS $hf=(L \times hf\%)$
7	48	1.74	38	12	1.8	4	.48
6	96	2.70	38	24	2.5	3	.72
5	144	3.46	50	9.5	1.9	3	.28
4	192	4.06	50	15	2.2	3	.45
3	240	4.54	64	8	1.9	3	.24
2	288	5.19	64	11	2.2	3	.33
1	336	5.82	64	13	2.3	3	.39
SOTANO	336	5.82	64	13	2.3	7	.91

= 3.74 m.

El equipo "A" por lo menos debe darnos 5.82 lts/seg.

H útil = carga útil = 5 m.c.a. (tanque).

Cálculo de la carga manométrica total.

H.m.t. = H succ. + H estática + Hf + H útil + dif. de presión.

H.m.t. = 3 + 22 + 3.74 + 5 + 14 = 47.74 m.c.a.

Para el equipo "B", o sea el que va a alimentar del piso 8 al piso 14, tenemos lo siguiente:

NIVEL	U.H.	GASTO lts/seg.	DIAMETRO	PERDIDAS "hf" %	VELOCIDAD	LONGITUD (L)	PERDIDAS EN METROS $hf = (L \times hf\%)$
14	43	1.74	38	12	1.8	4	.48
13	96	2.70	38	24	2.5	3	.72
12	144	3.46	50	9.5	1.9	3	.28
11	192	4.06	50	15	2.2	3	.45
10	240	4.54	64	8	1.9	3	.24
9	288	5.19	64	11	2.2	3	.33
8	336	5.82	64	13	2.3	3	.39
SOTANO	336	5.82	64	13	2.3	33	4.29

= 7.18 m

El gasto necesario es $Q = 5.82$ lts/seg.

Calculo de la carga manométrica total.

H.m.t. = H succ. = H estática + H_f + H_{util} + Dif. presión.

H.m.t. = 3m + 43 m + 7.18 m + 5 m + 14 = 72.18 m.c.a.

Para el equipo "C" que alimenta del piso 15 al piso 22 tenemos lo siguiente:

NIVEL	U.M.	GASTO lts/seg.	DIAMETRO	PERDIDAS "hf" %	VELOCIDAD	LONGITUD (L)	PERDIDAS (WFEEL)
22	48	1.74	38	12	1.8	4	.48
21	96	2.70	38	24	2.5	3	.72
20	144	3.46	50	9.5	1.9	3	.28
19	192	4.06	50	15	2.2	3	.45
18	240	4.54	64	8	1.9	3	.24
17	288	5.19	64	11	2.2	3	.33
16	336	5.82	64	13	2.3	3	.39
15	384	6.50	75	7	1.95	3	.21
SOTANO	384	6.50	75	7	1.95	83	5.81

= 8.91 m

El gasto necesario es de 6.5 lts/seg.

Calculo de la carga manométrica total.

H.m.t. = H succ. + H est. + Hf + H útil + Dif. de presión.

H.m.t. = 3 + 67 + 8.91 + 5 + 14 = 97.91 m.c.a.

TABLA "B"

Gastos Probables en Litros por Segunda en Función del Número de Unidades Mueble. Método de "Muster"

Costo probable Tangas	Costo probable Válvula	Número de Unidades- Mueble.	Costo probable Tangas	Costo probable Válvula	Número de Unidades- Mueble.	Costo probable	
						Tangas	Válvula
0.10		80	2.40	3.91	285	4.71	6.43
0.18		85	2.48	4.00	290	4.78	6.48
0.20	No hay	90	2.57	4.10	295	4.86	6.54
0.26	No hay	95	2.66	4.20	300	4.93	6.60
0.38	1.51	100	2.78	4.29	305	5.00	6.66
0.42	1.58	105	2.88	4.38	310	5.07	6.71
0.46	1.61	110	2.97	4.42	315	5.15	6.76
0.49	1.67	115	3.06	4.52	320	5.22	6.83
0.55	1.71	120	3.15	4.61	325	5.29	6.89
0.57	1.77	125	3.22	4.71	330	5.36	6.94
0.63	1.86	130	3.28	4.80	335	5.41	7.00
0.70	1.95	135	3.38	4.86	340	5.46	7.06
0.76	2.03	140	3.41	4.92	345	5.51	7.12
0.83	2.12	145	3.48	5.02	350	5.57	7.18
0.89	2.21	150	3.54	5.11	355	5.62	7.24
0.96	2.29	155	3.60	5.16	360	5.67	7.30
1.04	2.36	160	3.66	5.24	365	5.71	7.36
1.11	2.44	165	3.73	5.30	370	5.76	7.42
1.19	2.51	170	3.79	5.36	375	5.81	7.48
1.26	2.59	175	3.85	5.41	380	5.86	7.54
1.31	2.63	180	3.91	5.47	385	5.91	7.60
1.36	2.71	185	3.96	5.53	390	5.96	7.66
1.42	2.78	190	4.04	5.58	395	6.01	7.72
1.46	2.84	195	4.10	5.60	400	6.06	7.78
1.52	2.90	200	4.15	5.63	405	6.11	7.84
1.58	2.96	205	4.23	5.70	410	6.16	7.90
1.63	3.03	210	4.29	5.76	415	6.21	7.96
1.69	3.09	215	4.34	5.80	420	6.26	8.02
1.74	3.16	220	4.39	5.84	425	6.31	8.08
1.80	3.22	225	4.42	5.88	430	6.36	8.14
1.84	3.28	230	4.45	5.90	435	6.41	8.20
2.08	2.47	235	4.50	6.10	440	6.46	8.26
2.19	3.57	240	4.54	6.20	445	6.51	8.32
2.27	3.66	245	4.59	6.31	450	6.56	8.38
2.34	3.78	250	4.64	6.37	455	6.61	8.44

TABLA 40

Número de Unidades Mueble			Número de Unidades Mueble			Número de Unidades Mueble		
<u>Gasto probable</u>			<u>Gasto probable</u>			<u>Gasto probable</u>		
	Tonque	Velvete		Tonque	Velvete		Tonque	Velvete
840	11,60	11,62	2350	23,00	23,00	4100	34,90	34,90
860	11,60	11,98	2400	23,40	23,40	4500	39,30	39,30
880	12,00	12,14	2450	23,70	23,70	5000	43,30	43,30
900	12,20	12,30	2500	24,00	24,00	5500	46,30	46,30
920	12,37	12,46	2550	24,40	24,40	6000	49,30	49,30
940	12,55	12,62	2600	24,70	24,70	6500	52,60	52,60
960	12,72	12,78	2650	25,10	25,10	7000	56,00	56,00
980	12,90	12,94	2700	25,50	25,50	7500	59,00	59,00
1000	13,07	13,10	2750	25,80	25,80	8000	63,00	63,00
1050	13,49	13,50	2800	26,10	26,10	8500	65,30	65,30
1100	13,90	13,90	2850	26,40	26,40	9000	68,30	68,30
1150	14,38	14,38	2900	26,70	26,70	9500	71,30	71,30
1200	14,85	14,85	2950	27,00	27,00	10000	74,40	74,40
1250	15,18	15,18	3000	27,30	27,30	10500	77,30	77,30
1300	15,50	15,50	3050	27,60	27,60	11000	80,30	80,30
1350	15,90	15,90	3100	28,00	28,00	11500	83,30	83,30
1400	16,20	16,20	3150	28,30	28,30	12000	86,30	86,30
1450	16,60	16,60	3200	28,70	28,70	12500	89,30	89,30
1500	17,00	17,00	3250	29,00	29,00	13000	92,30	92,30
1550	17,40	17,40	3300	29,30	29,30	13500	95,30	95,30
1600	17,70	17,70	3350	29,60	29,60	14000	98,30	98,30
1650	18,10	18,10	3400	30,00	30,00	14500	101,30	101,30
1700	18,50	18,50	3450	30,60	30,60	15000	104,30	104,30
1750	18,90	18,90	3500	30,90	30,90	15500	106,30	106,30
1800	19,20	19,20	3550	31,30	31,30	16000	109,30	109,30
1850	19,60	19,60	3600	31,60	31,60	16500	112,30	112,30
1900	19,90	19,90	3650	31,90	31,90	17000	115,30	115,30
1950	20,10	20,10	3700	32,30	32,30	17500	118,30	118,30
2000	20,40	20,40	3750	32,60	32,60	18000	121,30	121,30
2050	20,80	20,80	3800	32,90	32,90	18500	124,30	124,30
2100	21,20	21,20	3850	33,30	33,30	19000	127,30	127,30
2150	21,60	21,60	3900	33,60	33,60	19500	130,30	130,30
2200	21,90	21,90	3950	33,90	33,90	20000	133,30	133,30
2250	22,30	22,30	4000	34,30	34,30	20500	136,30	136,30
2300	22,60	22,60	4050	34,60	34,60	21000	139,30	139,30

Selección de las bombas:

Para el equipo "A"

El gasto de diseño es 5.82 lts/seg. (gasto máximo instantáneo).

- La carga manométrica es $H_{mt} = 47.74 \text{ m.}$
- De capítulos anteriores sabemos que el diferencial de presión-entre arranque y parada es de 1.4 Kg/cm^2 (14 m.c.a.)

Con estos valores entramos a la gráfica "B" y se observa que:

1. El punto se encuentra en el área recomendada.
2. Eficiencia = 50%
3. Potencia del motor = 7.5 H.P.
4. Diámetro del impulsor = $6 \frac{3}{8}'' = 15.93 \text{ cm.}$
5. N.P.S.H.R. = 1.08 m
6. Succión $2 \frac{1}{2}''$
7. Descarga 2"

Para el equipo "B"

- Gasto de diseño \approx 5.82 lts/seg.
- Carga manométrica total = 72.18 m.c.a.

Con los datos anteriores entrando en la gráfica "B" tenemos:

1. El punto se localiza en el área recomendada.
2. Con eficiencia de 50%
3. Potencia del motor 15 H.P.
4. Diámetro del impulsor $7\frac{5}{8}$ " = 19.06 cm.
5. N.P.S.H.R. = 2.44 m
6. Succión $2\frac{1}{2}$ "
7. Descarga 2"

Para el equipo "C"

Gasto = 6.5 lts/seg.

Carga manométrica = 97.91 m.c.a.

Con estos datos entramos en la gráfica "C", y obtenemos lo siguiente:

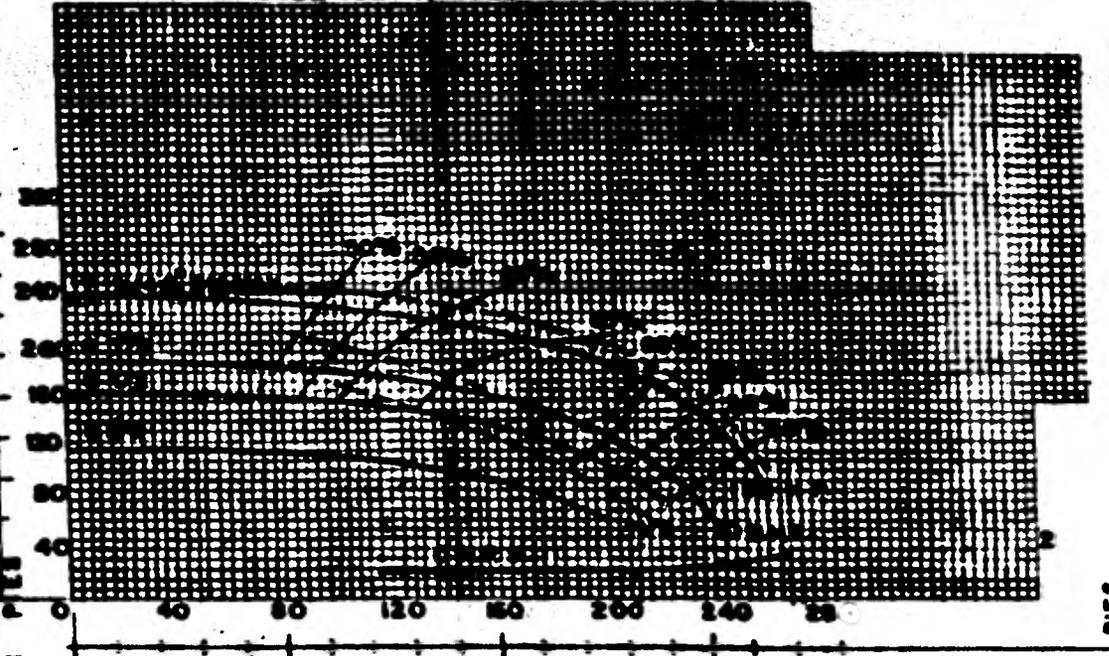
1. El punto se localiza en el área recomendada.
2. Eficiencia 52%
3. Potencia del motor 20 H.P.
4. Diámetro del impulsor $8\frac{1}{2}$ " = 21.25 cm
5. N.P.S.H.R. = 2.44 m
6. Succión 2"
7. Descarga $1\frac{1}{2}$ "

Nota: Cabe hacer la aclaración de que los tres equipos de este ejemplo son del tipo duplex, o sea que cada uno consta de dos bombas de la misma capacidad, o sea 100% c/u, y la segunda funcionará en caso de avería de la primera, en los tres equipos.

GRAFICA 2

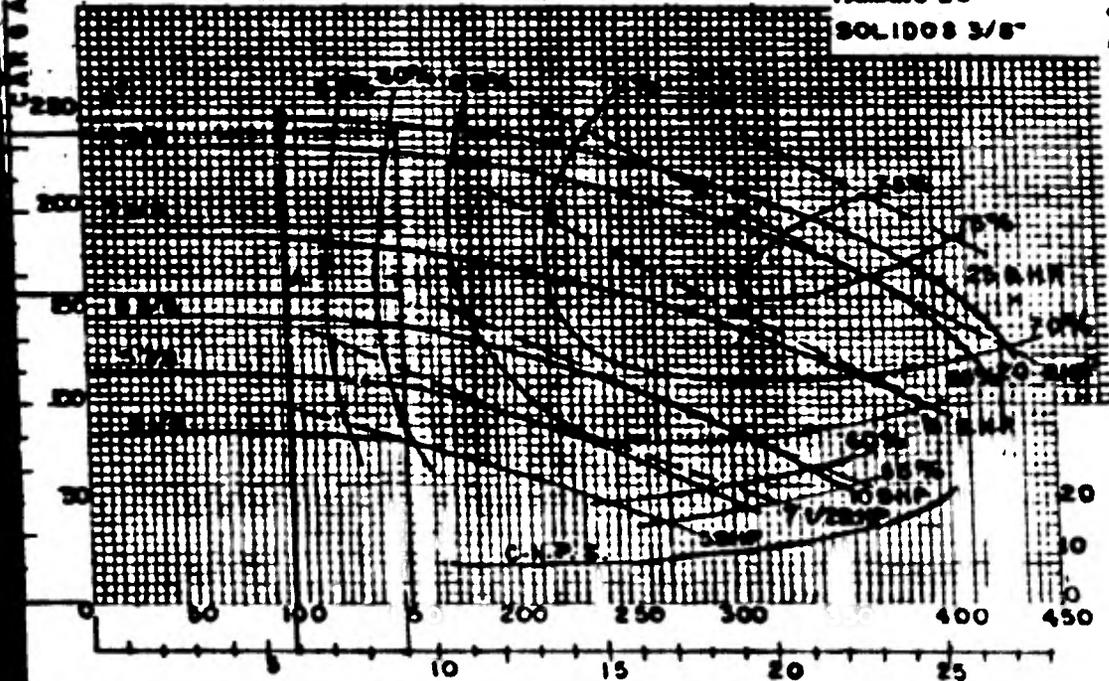
SUCCION 2" DESCARGA 1 1/2"
 IMPULSOR 18402 VOLUTA 4705.

3000 R.P.M.
 TAMAÑO 1 1/2"
 SOLIDOS 3/16"



SUCCION 2 1/2" DESCARGA 10"
 IMPULSOR 25322 VOLUTA 4711

3000 R.P.M.
 TAMAÑO 25 -
 SOLIDOS 3/8"

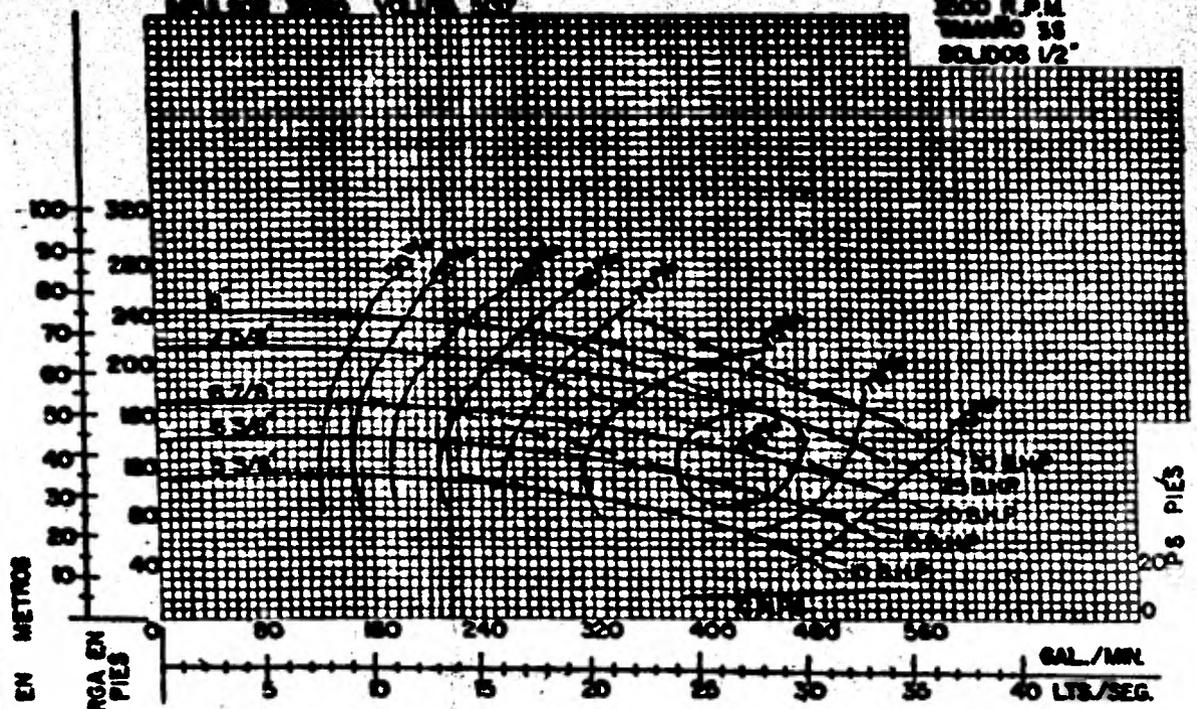


C.N.P.S. EN PIES

GRAFICA C

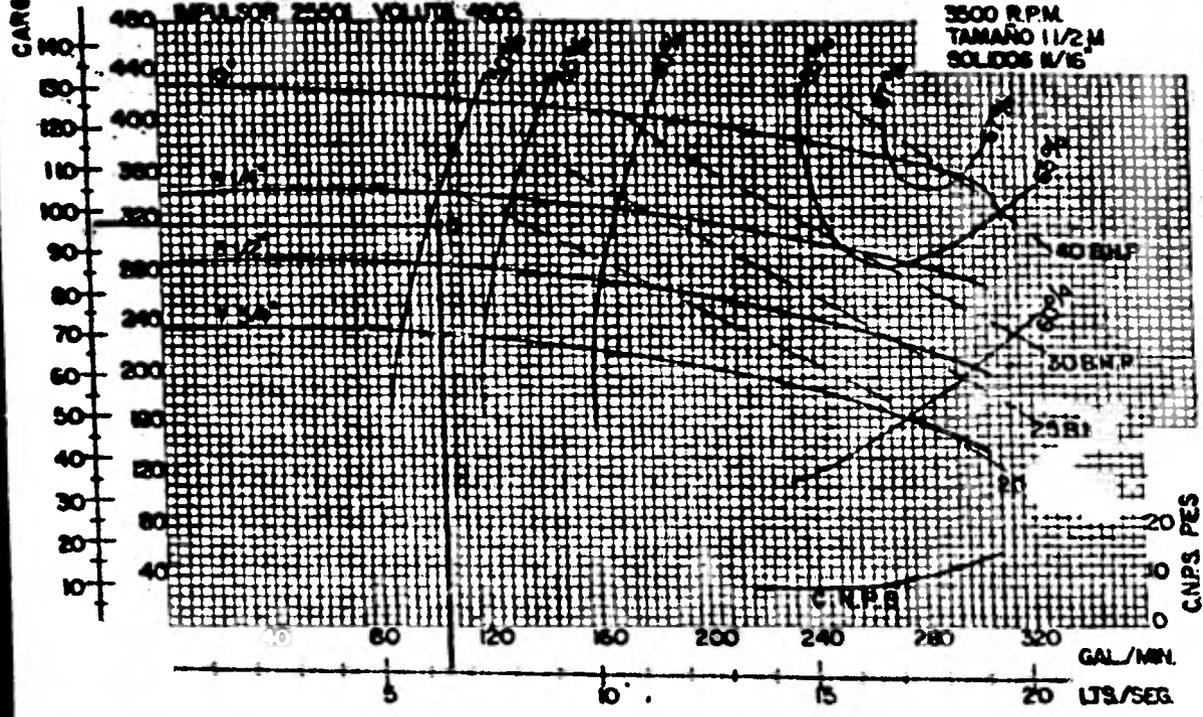
SUCCION 4" DESCARGA 2"
MOTOR 2500 VOLTS AC

3500 R.P.M.
TAMANO 38
SOLIDOS 1/2"



SUCCION 2" DESCARGA 1 1/2"
MOTOR 2500 VOLTS AC

3500 R.P.M.
TAMANO 1 1/2 M
SOLIDOS 1/8"



Calcule del tanque hidroneumático para los 3 equipos.

Para este caso consideramos que los equipos hidroneumáticos de el ejemplo en cuestión estarán auxiliados por compresor, por consiguiente utilizaremos la siguiente ecuación:

$$V = 30 \frac{Q}{Nc} \frac{(Pa+1)}{Pa-Pb} \dots 1$$

Características de las bombas:

Equipo "A" gasto = 349.2 lts/min.

Altura manométrica = 33.74 m

Pb = presión mínima en el tanque para que el agua llegue con suficiente presión a los muebles más desfavorables.

Pb = 30 m = 3 atm.

Pa = 44 m = 4.4 atm. pues tenemos un diferencial de presión de 14 m.

Y fijando un número de ciclos por hora de 10 o sea que Nc = 10 tenemos:

$$V = 30 \left(\frac{349.2}{10} \right) \left(\frac{3+1}{4.4-3} \right) = 2993.14 \text{ lts.}$$

Vol. tanque = 2993.14 l.

Ahora V_n , o sea el volumen de aire al iniciar el periodo es - -

$$V_n = .83 V = .83 (2993.14) = 2,484.30 \text{ lts.}$$

Y el volumen de aire al final de actuar la bomba es:

$$V_a = .83 V \frac{P_a+1}{P_b+1} = .83 (2993.14) \left(\frac{3+1}{4.4+1} \right) = V_a = 1840.22 \text{ lts.}$$

La cantidad de agua introducida en cada periodo resulta

$$V_n - V_a = 2484.30 - 1840.22 = 644.08 \text{ lts.}$$

Periodo = tiempo cuando arranca la bomba.

Equipo "B".

Gasto = 349.2 lts/min.

Altura manométrica = 58.18 m

Pb = 3 atm.

Pa = 4.4 atm.

$N_c = 30 \left(\frac{349.2}{10} \right) \left(\frac{3+1}{4.4-3} \right) = 2,993.14 \text{ lts.}$

Vol. tanque = 2,993.14 lts.

Va = 1840.22 l.

Vn = .83 V = 2464.3 l.

Vn-Va = 644.08 lts.

Cantidad de agua introducida en cada periodo = 644.08 l.

Equipo "C"

$$\text{Gasto} = 390 \text{ lts/min.}$$

$$\text{Carga manométrica} = 83.91 \text{ m}$$

$$P_b = 3 \text{ atm.}$$

$$P_a = 4.4 \text{ atm.}$$

$$N_c = 10$$

Sust. en l

$$V = 30 \frac{390}{10} \left(\frac{3+1}{4.4-3} \right)$$

$$V = 3342.85 \text{ lts.} = \text{Volumen del tanque}$$

$$V_a = .83 V \frac{P_a+1}{P_b+1} = .83 (3342.85) \left(\frac{3+1}{4.4+1} \right)$$

$$V_a = 2055.23 \text{ lts.}$$

$$V_n = .83 V = .83 (3342.85) = 1774.56 \text{ lts.}$$

Ahora:

$$V_a - V_b = 2774.56 - 2055.23 = 719.33 \text{ lts.}$$

O sea que 719.33 lts. es la cantidad de agua introducida en el - -
tanque en cada periodo de arranque y parada del equipo de bombeo.

CONCLUSIONES

En la actualidad es de suma importancia que todo tipo de edificación tanto de pequeña como de gran altura cuenten con el equipo más adecuado y seguro para el abastecimiento del agua, con presión suficiente para el óptimo funcionamiento de el más desfavorable de sus muebles sanitarios.

En este trabajo se ha hecho hincapié en el uso de los equipos hidroneumáticos, por ser con los que se puede lograr el abastecer de agua a una edificación con un gasto variable, que se adapte a la demanda que se presenta en cualquier instante. Sin embargo, dichos equipos solucionan sólo en parte el problema ya que aunque pueden dar el gasto variable, no proporcionan a la red una presión constante.

Otro equipo del que se hace mención es el programado de presión variable, con el cual se tiene la ventaja que las demandas son satisfechas dentro de los rangos de gasto para los que se programan las bombas, con lo cual se obtiene un considerable ahorro de energía eléctrica, ya que solo trabaja la bomba a la cual corresponde el rango de gasto necesario en la red.

El equipo que más se acerca a la solución de nuestro problema es el programado de presión constante ya que nos proporciona un gasto variable, sin una variación notable en la presión, el único inconveniente que se presenta con este equipo es que la bomba que satisface las demandas mínimas deberá estar trabajando aunque no exista demanda en la red, ó sea que trabajará aunque no se tenga demanda de agua.

Este equipo se utiliza de preferencia en edificios grandes, fraccionamientos, etc. donde la demanda cero casi nunca se presenta.

BIBLIOGRAFIA .

1. Fontanería y Saneamiento.
Rodríguez Arrial.
2. Hidráulica General tomo 1.
Setelo Avila.
3. Manual de Jacuzzi
4. Manual de Hidráulica.
Azevedo y Alvarez.
5. Bombas
C.E.C. U.N.A.M.
6. Reglamento de Ingeniería Sanitaria.
Relativo a Edificios.
7. Apuntes de la clase de Instalaciones.
Sanitarias.