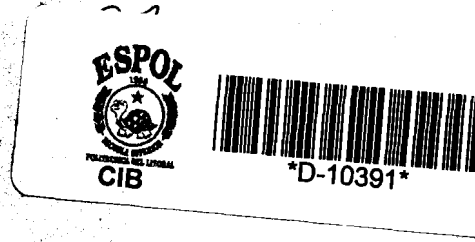


T
621.197
E65



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA

**“Modificación del Tanque de Presión de los
Sistemas Hidroneumáticos”**

Presentación del Informe Técnico

Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Germán Augusto Erazo Sotomayo



Guayaquil - Ecuador

1991

DEDICATORIA

**A MIS PADRES
A MI ESPOSA Y
A MIS HIJAS**

AGRADECIMIENTO

Al Ing. ERNESTO MARTINEZ G.
Director de éste Informe
Técnico, por su ayuda,
colaboración y abnegada
preocupación para que éste
trabajo concluya.



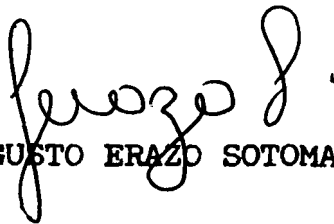
BIBLIOTECA

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

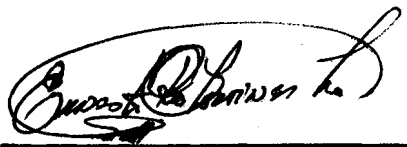
" Este informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica ".

(Reglamento de Graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos).



GERMAN AUGUSTO ERAZO SOTOMAYOR

ING. NELSON CEVALLOS
Decano



ING. ERNESTO MARTINEZ
Director de Informe

ING. JORGE DUQUE R.
Miembro Tribunal



BIBLIOTE

RESUMEN

El presente informe tiene como objetivo dar a conocer el cambio realizado en los tanques de presión de los sistemas hidroneumáticos aplicados en la distribución de agua en grandes edificios, condominios, industrias, así como en residencias familiares. Este trabajo me fué encomendado por la Gerencia General de la Compañía en que laboro, el mismo que se realizó en Quito.

Se comienza este informe dando a conocer las diferentes formas de distribución de agua que existen. Se realiza una descripción del sistema de acumulación de agua en depósitos en altura para distribución por gravedad y también se describe detalladamente el sistema hidroneumático convencional, presentando las desventajas de los mismos.

Luego se relata la investigación realizada por medio de la cual se obtuvo la solución requerida. Se describe la modificación del tanque, la construcción del balón, el control de calidad y las ventajas del mantenimiento de éste sistema.

Posteriormente a ésta descripción se analizan los costos de los tres sistemas planteados para un mismo servicio de distribución de agua.

Se concluye éste informe realizando una evaluación técnica económica de las ventajas del sistema utilizado.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	5
INDICE GENERAL	7
SIMBOLOGIA	9
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	12
ANTECEDENTES	13
CAPITULO I	
I.- DEFINICION DEL PROBLEMA	17
1.1 Descripción del sistema tradicional	17
1.2 Descripción del sistema hidroneumático	22
1.3 Ventajas y desventajas de estos sistemas ...	45
CAPITULO II	
II.- SOLUCION PROPUESTA	47
2.1 Investigación del sistema a utilizar	47
2.2 Modificación del tanque de presión	56
2.3 Construcción del balón	58
2.4 Acople del sistema	64
2.5 Pruebas y ajustes	66

CAPITULO III

III.- COMPARACION ECONOMICA

3.1 Costos del sistema tradicional	69
3.2 Costos del sistema hidroneumático convencional	72
3.3 Costos del sistema hidroneumático modificado	75
3.4 Evaluación	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFIA	82



SIMBOLOGIA

Q	:	Caudal
ADT	:	Altura Dinámica Total
°C	:	Grados Centígrados
NPSH	:	Cabezal Neta Positiva de Succión
n	:	Eficiencia
lts	:	Litros
m ²	:	Metro cuadrado
HES	:	Altura estática de succión
HPFS	:	Altura por pérdidas por fricción de succión
HPVL	:	Altura equivalente a la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo
cm	:	Centímetro
psi	:	Libras por pulgada cuadrada
atms	:	Atmósfera
HP	:	Potencia del motor
R	:	Rango diferencia entre Pa y Pb
Pa	:	Presión de arranque
Pb	:	Presión de desconexión
Q _a	:	Caudal a Pa
Q _b	:	Caudal a Pb
Q _m	:	Caudal promedio
V _r	:	Volúmen de regulación

V : Volúmen del tanque

T : Tiempo de encendido de la bomba

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1.- Sistema tradicional	18
2.- Control de nivel de tanque elevado	19
3.- Diagrama de un sistema hidroneumático	23
4.- Clasificación de las bombas dinámicas	25
5.- Clasificación de las bombas de desplazamiento ..	26
6.- Curva característica de una bomba centrífuga ...	29
7.- Cálculo gráfico del NPSH disponible	31
8.- Niveles de agua a diferentes presiones	36
9.- Válvula de control de volúmen de aire	41
10.- Apertura de agujero en tanque de presión	56
11.- Limado de irregularidades en agujero	57
12.- Medición de balón	58
13.- Marcación de agujeros	59
14.- Abertura de huecos en el balón	60
15.- Proceso de esmerilado	61
16.- Vulcanizadora	62
17.- Introducción de la brida	63
18.- Ensamble del punto de conexión de tubería	63
19.- Acople de balón en el tanque	64
20.- Sello de caucho	65
21.- Ajuste de brida y sello	65
22.- Control de calidad del balón	67
23.- Equipo terminado	67

INDICE DE TABLAS

	Pág.
I.- Valores usuales de consumo	21
II.- Presión atmosférica para diferentes alturas sobre el nivel	33
III.- Presión de vapor, densidad y viscosidad para agua a diferentes temperaturas	34
IV.- Porcentaje aprovechable de la capacidad de un tanque entre diferentes rangos de presión	38
V.- Tamaños recomendables de tanques	39
VI.- Valores de consumo instantáneo para cada artefacto (lt/min)	49
VII.- Columna A: Gasto instantáneo posible Columna A: Gasto máximo probable	50
VIII.- Relación mínima entre T y la potencia del motor	52
IX.- Resultados de costos del sistema de tanque elevado	72
X.- Resultados de costos de sistema hidroneumático convencional	74
XI.- Resultados de costos de sistema hidroneumático modificado	76
XII.- Comparación económica de los tres sistemas ...	77

ANTECEDENTES

Tradicionalmente se emplean diversos métodos o sistemas para el abastecimiento de agua a presión, de consumos variables. En los últimos años, el sistema gravitacional o de tanques elevados ha sido, paulatinamente, reemplazado por sistemas modernos de presurizado mecánico, por ser éstos de menor costo y mayor rapidéz de instalación.

Básicamente un sistema de presurizado mecánico produce presión de agua constante mediante una o más bombas que sirven directamente al consumo abasteciéndose desde un depósito de reserva o desde un pozo.

Los sistemas de presurizado mecánico son fundamentalmente de dos tipos:

a) Aquellos que mantienen dicha presión básica constante mediante una o más bombas en trabajo continuo, sin detenerse, llamados "sistemas tankless" o de bombas permanentes, y.

b) Aquellos que, para mantener una presión mínima

constante, se valen de un estanque dispuesto en la red de consumo, con aire sometido a presión, llamados generalmente "sistemas hidroneumáticos".

El sistema más antiguo de éste segundo tipo es aquel que emplea un estanque hermético y cuyo aire se comprime mediante la presión de la misma red. La reincorporación del aire que se ha perdido, en la descarga del tanque a la red de consumo, se efectúa por el simple expediente de vaciar periódicamente el estanque.

Otros sistemas hidroneumáticos ofrecen diversos tipos de elementos para recuperar el aire perdido, tales como compresores, recargadores accionados por la succión, elementos de diafragma operados en cada ciclo de partida, venturis dispuestos en la impulsión, etc. Siempre un estanque hidroneumático requiere de algún sistema para recuperar el aire que se pierde paulatinamente en el agua.

Dentro del grupo de los "sistemas hidroneumáticos" existen los equipos con separación aire-agua.



Un sistema norteamericano de separación aire-agua emplea pequeños discos de material plástico que flotan en el agua dentro del estanque para retardar la incorporación del aire en el agua.

Otro sistema de origen europeo, empleado en algunos equipos pequeños y con cierto auge antes de la Segunda Guerra Mundial, utiliza un diafragma separador entre dichos elementos. Su desventaja radica en la dificultad de obtener un sello de aire perfecto y un diafragma separador que resista la fatiga. Para lograr volúmenes de regulación importantes, se requiere la agregación de un gran número de ellos, debido a que su volumen de regulación unitario es muy pequeño.

Es importante mencionar la existencia de otro acumulador de agua a presión llamado "Hidrocel", utilizado con éxito en equipos pequeños, consistente en una manga elástica construida de un caucho especial y que obtiene un óptimo rendimiento entre dos presiones límites para las cuales viene prefijado de fábrica.

Hidrosistemas es una compañía establecida en el Ecuador desde hace 17 años, la cual se dedica a la comercialización de bombas para agua, sistemas hidroneumáticos y demás afines.

Los diversos concursos de precios de sistemas hidroneumáticos para grandes edificios y condominios habitacionales y el aumento de compañías dedicadas a éste negocio ejercen una fuerte presión para bajar los precios

de venta.

Nuestra compañía, con el objeto de mejorar su posición dentro del mercado, decidió investigar la posibilidad de mejorar los precios de éstos sistemas eliminando o modificando partes de los elementos que los conforman, pero sin desmejorar su rendimiento y funcionamiento.

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA TRADICIONAL

El sistema tradicional de abastecimiento de agua es conocido como gravitacional o de tanques elevados. Su funcionamiento consiste en bombear agua desde una fuente de reserva o un pozo hasta un depósito que está situado a mayor altura que el punto más alto al que se quiere abastecer.

La figura 1 nos muestra claramente éste tipo de distribución en donde 1 es la cisterna, 2 la bomba de impulsión y 3 el tanque elevado.

Tanto la cisterna como el tanque de reserva elevado se diseñan de acuerdo al consumo de la vivienda o edificio.

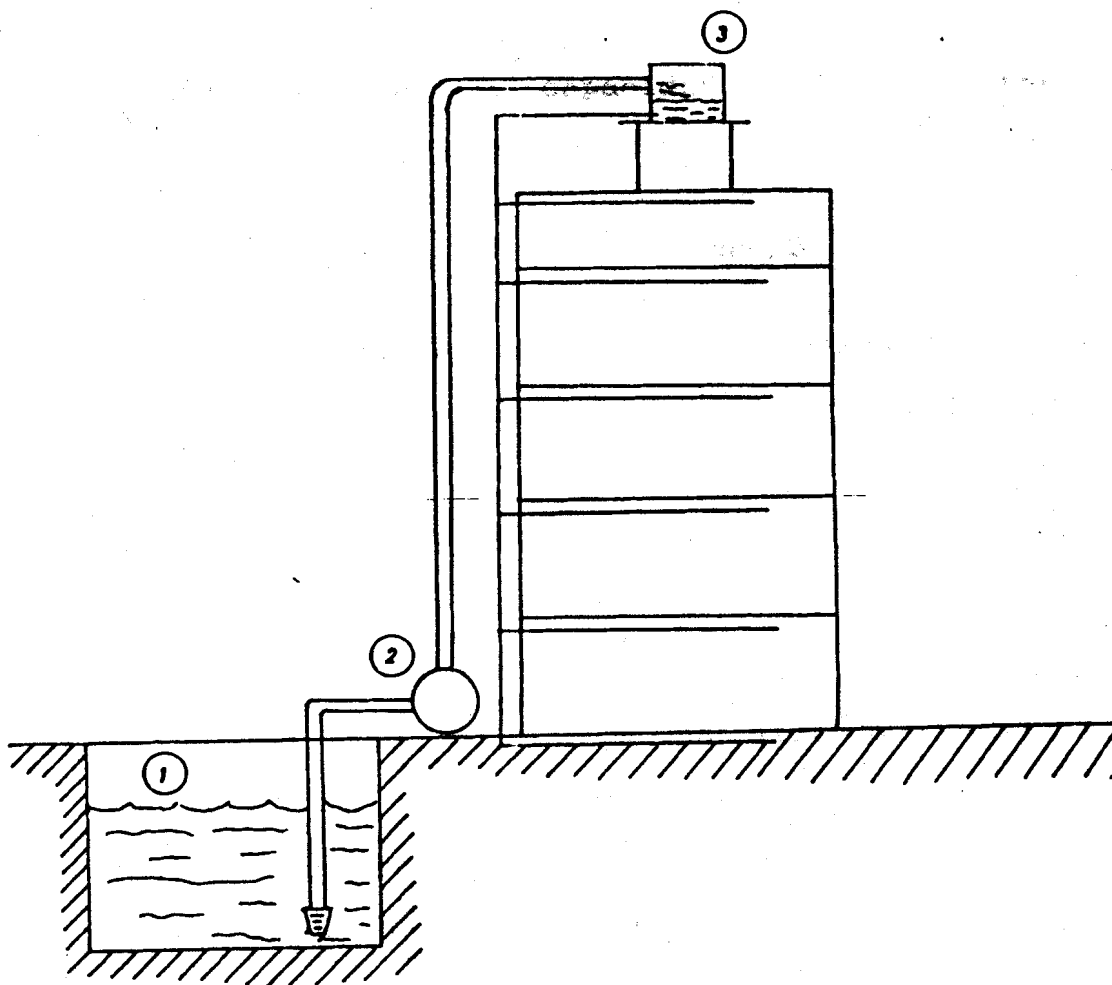


Fig. 1 Sistema tradicional

A efectos de cálculo, se toma como base un consumo de 250 lt/día por persona hasta un máximo de cuatro, excedido de éste número de habitantes, se aumentará la dotación en 200 litros por cada uno de ellos.

En consecuencia en las casas de familias puede calcularse un tanque de una capacidad de 1000 a 1200 litros como mínimo. En lo correspondiente a edificios

de departamentos, la capacidad mínima del tanque elevado deberá ser:

$$200 \text{ lts} * \text{N}^\circ \text{ habitantes} / 3$$

La selección de la bomba se la realiza en base al caudal requerido y a la altura dinámica total (ADT).

Es importante considerar que éste sistema se lo debe automatizar con un control de nivel eléctrico, el cual conecta y desconecta la bomba en base a dos niveles de agua en el tanque elevado previamente regulados. El nivel de conexión de la bomba debe regularse como mínimo a un tercio de la capacidad del tanque (figura 2).

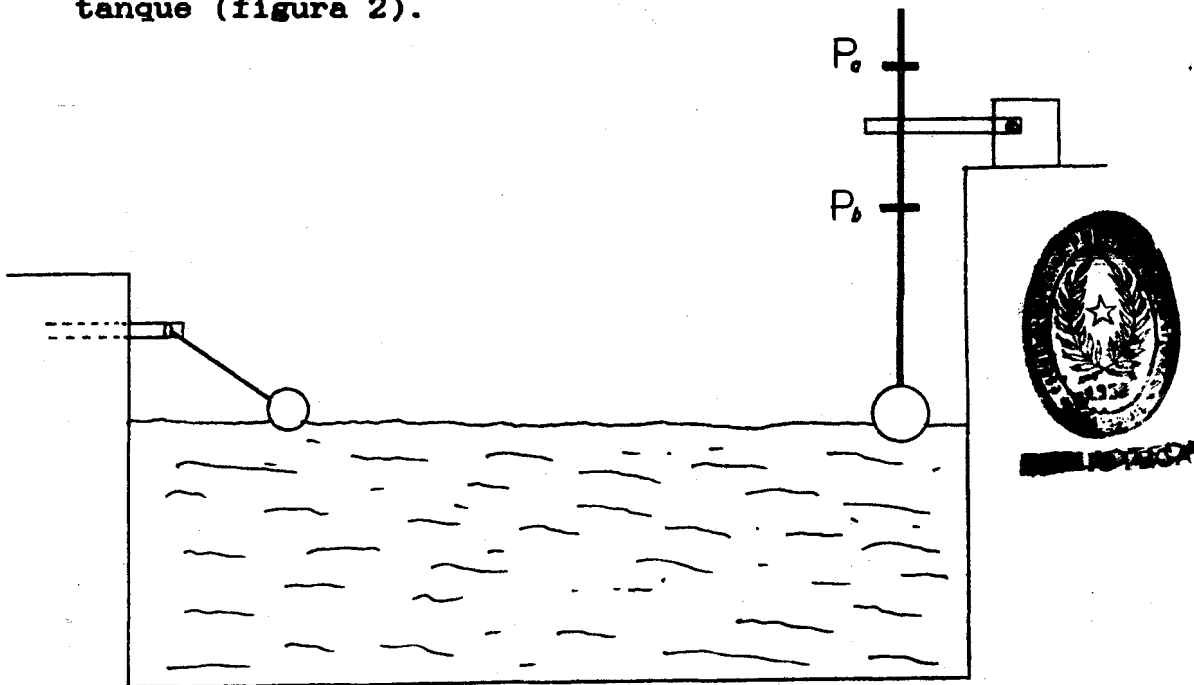


Fig 2 Control de nivel de tanque elevado

Se debe, instalar un control de nivel en la cisterna con el fin de que la bomba se desconecte cuando la reserva de agua se termine y ésta no trabaje en vacío.

La Tabla I, dá los valores más usuales de consumo para distintos tipos de establecimientos. La reserva requerida por una cisterna corresponde al 70 % de la dotación por habitante/día.

TABLA I
VALORES USUALES DE CONSUMO

TIPOS DE CONSUMO	CANTIDAD / DIA
Edificios y viviendas	250 lts/hab
Colectivos populares	299 lts/hab
Establecimientos populares	1500 lts/cama
Clínicas	2000 lts/cama
	70 lts/alum/externo
Establecimientos educacionales	100 lts/alum/medio pupilo
	200 lts/alum/interno
Fábricas y oficinas	150 lts/turno/persona
Locales comerciales	5 lts/m ² (mín 200 lts/local
Oficinas	10 lts/m ² (mín 200 lts/ofic
Restaurantes, Bares, etc	40 lts/m ²
Salas de espectáculos	12 lts/butac(sin gasto esp)
Jardines	10 lts/m ²
Policlínicos	100 lts/m ²
Regimientos militares	200 lts/hombre
Lavado de vehículos	200 a 300 lts/vehículo
Animal de tiro o monta	100 lts/animal
Aves	20 lts/ave
Hoteles y similares (sin personal)	200 lts/persona

1.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO

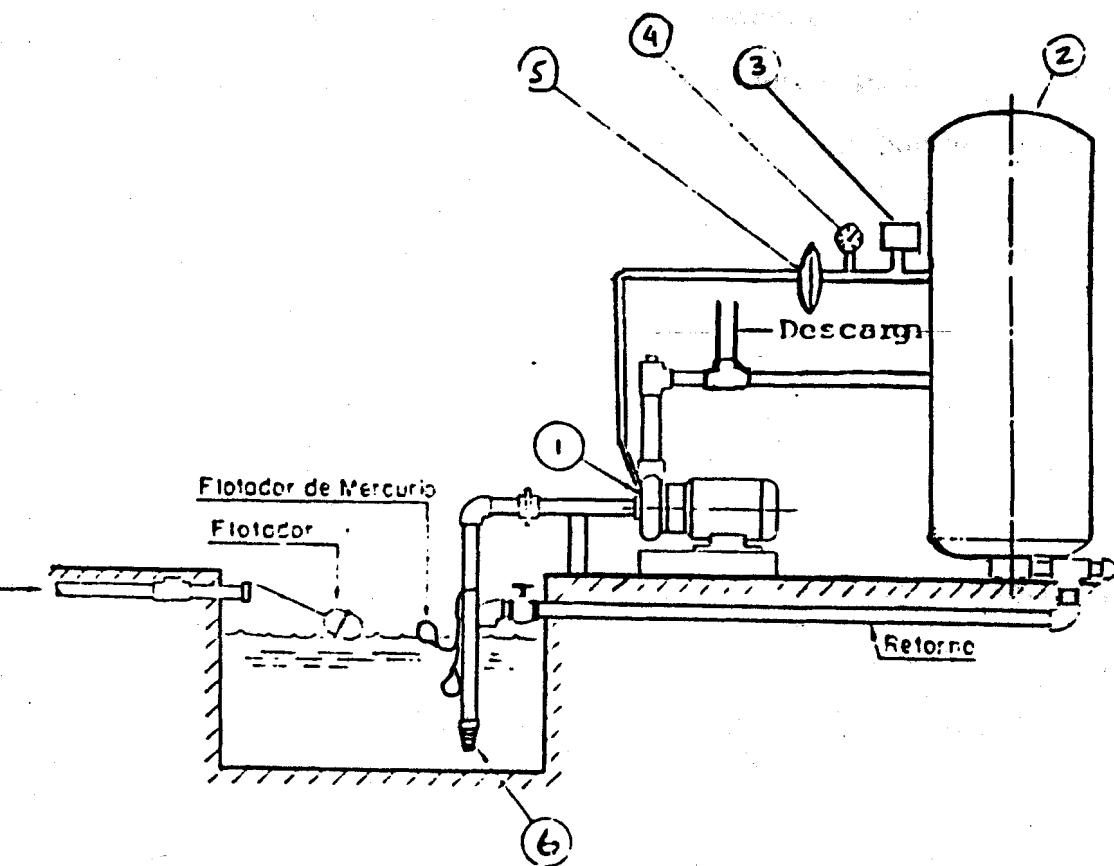
Los sistemas hidroneumáticos están diseñados para aumentar la presión del agua en aquellos sitios en los que por deficiencias de ella no se alcanza a obtener el líquido suficiente en zonas elevadas como edificios, residencias, haciendas, etc; así como es útil en procesos industriales en donde es indispensable controlar la presión de agua.

ELEMENTOS QUE FORMAN UN SISTEMA HIDRONEUMATICO

Este sistema está formado básicamente por los siguientes elementos:

- a) Bomba
- b) Tanque de presión
- c) Interruptor de presión
- d) Válvula de control de volumen de aire o compresor
- e) Manómetro
- f) Válvula de pie (Válvula de retención)

En la figura 3, se muestra un esquema de un equipo hidroneumático convencional.



- 1.- Bomba
- 2.- Tanque de presión
- 3.- Interruptor de presión
- 4.- Manómetro
- 5.- Válvula de control de volumen de aire
- 6.- Válvula de pie

Fig 3. Diagrama de un Sistema Hidroneumático

a) BOMBA.- El propósito básico de una bomba en cualquier sistema de manejo de fluidos es agregarle energía para que éste pueda realizar un trabajo. Generalmente las bombas pueden dividirse en dos grandes categorías

1.- Bombas dinámicas

2.- Bombas de desplazamiento

En las bombas dinámicas se añade energía continuamente de manera que la subsecuente reducción en velocidad dentro, o más allá de la bomba, produce un incremento en la presión

En las bombas de desplazamiento la energía se agrega periódicamente mediante la aplicación de fuerza a uno o más límites móviles de un número deseado de volúmenes que contienen un fluido, lo que resulta en un incremento directo en presión hasta el valor requerido para desplazar el fluido a través de válvulas o aberturas en la línea de descarga.

En las figuras 4 y 5 se muestran los cuadros de clasificación de las bombas.

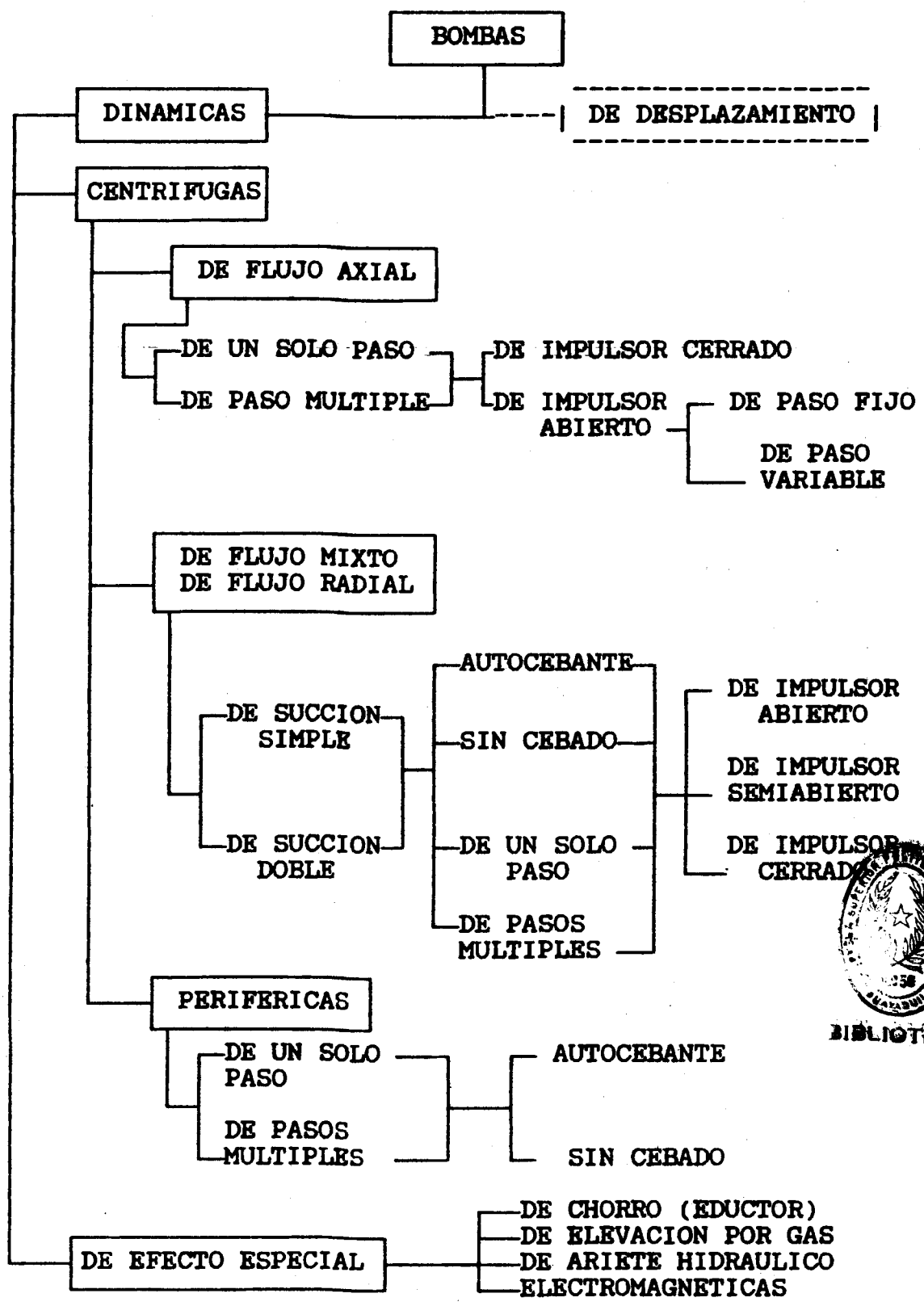


Fig 4. Clasificación de las bombas dinámicas

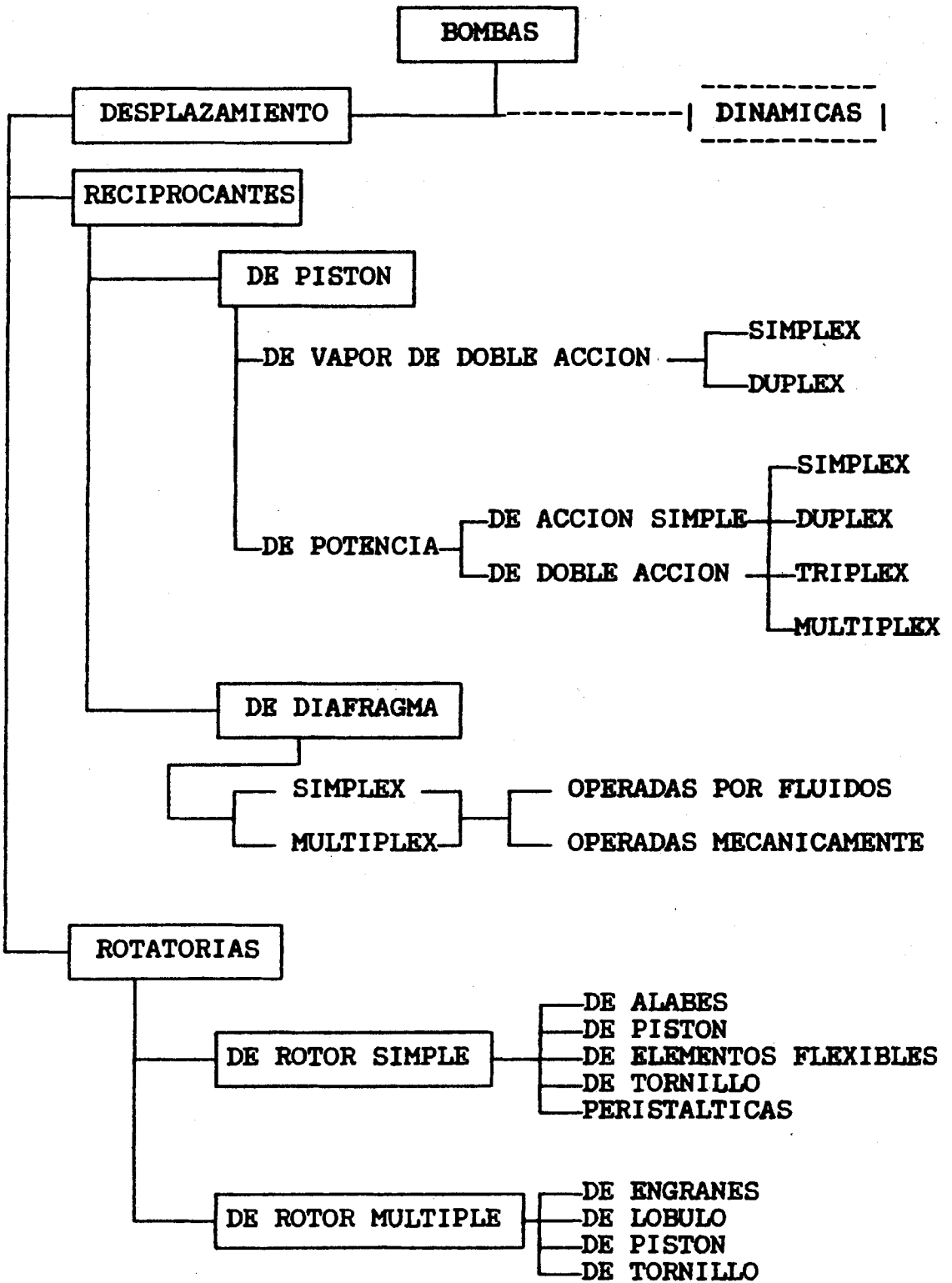


Fig 5 Clasificación de las Bombas de Desplazamiento

La bomba más usada en los equipos hidroneumáticos es la centrífuga que es aquella cuyo fundamento para adicionar la energía al fluido es la acción de la fuerza centrífuga. Las partes esenciales de esta bomba son:

* ESTATICAS: Carcaza, plato obturador y soporte de rodamientos.

- Carcaza .- Su función es encausar el líquido que sale del rotor y cambiar parte de la energía de velocidad en energía de presión.
- Plato obturador.- Su función es sellar la zona húmeda de la bomba de las partes externa o secas. Puede llamarse "plato sello" si el elemento básico de obturación que encierra es un sello mecánico, o "plato estopa" si el elemento básico que encierra es la estopa.
- Soporte de rodamientos.- Su función es la de servir de estructura de apoyo y soporte de todas las fuerzas que son necesarias transmitir para hacer girar el rotor.

* DINAMICAS.- Rotor y eje.

- Rotor.- O impulsor, su función es la de transmitir la energía de velocidad al líquido. La energía en parte es también de empuje producido por los álabes.
- Eje.- Su función es la de llevar la energía del elemento conductor de la bomba hasta el rotor.

El agua entra por el centro u ojo del impulsor y la fuerza centrífuga la envía hacia afuera en dirección a la salida de la carcaza.

Las características más importantes de operación son la capacidad o caudal, el cabezal o la altura dinámica, la potencia y la eficiencia. Las variables que influyen sobre éstas son la velocidad y el diámetro del impulsor. La figura 6 muestra una curva característica de una bomba centrífuga.

Otro factor de diseño que debe considerarse en la selección de una bomba centrífuga es la cabeza neta positiva de succión (NPSH).

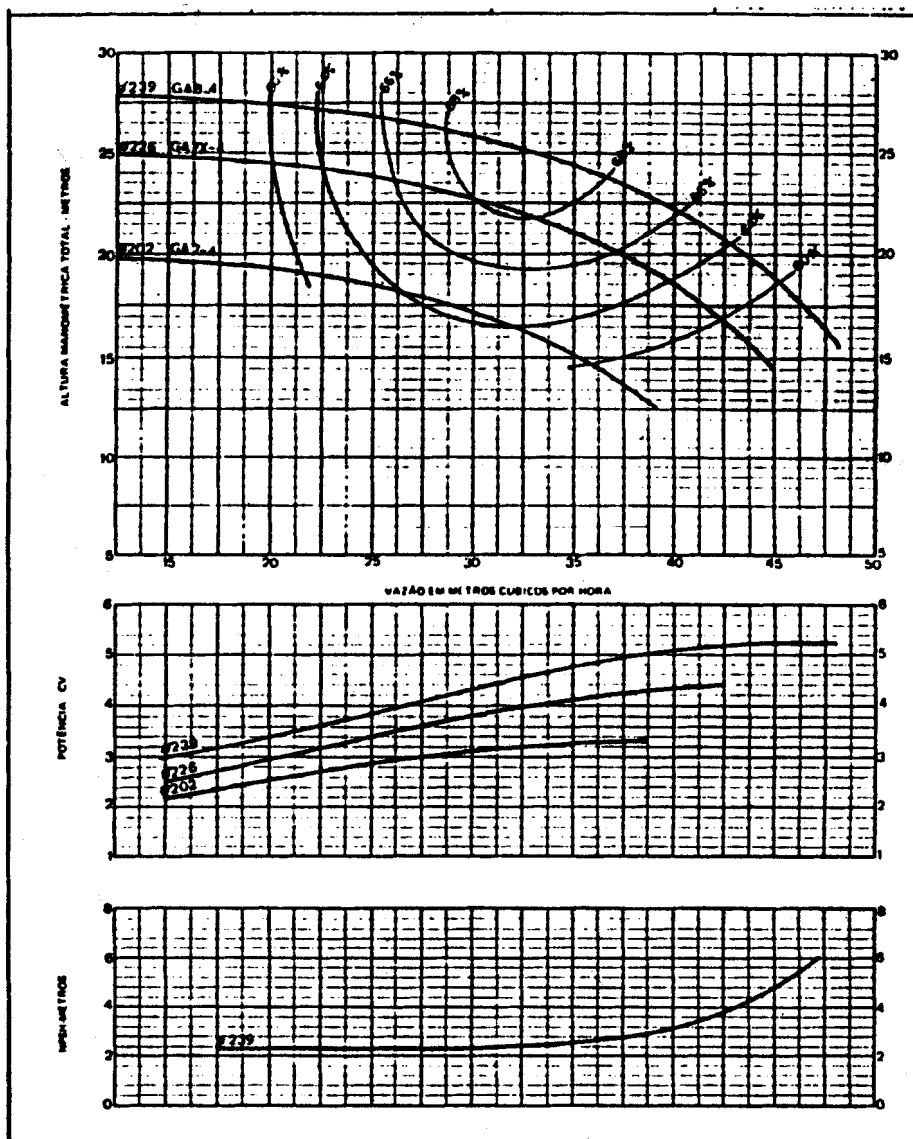


Fig. 6 Curva característica de una bomba centrífuga

CABEZA NETA POSITIVA DE SUCCION (NPSH) .- Es la presión absoluta en altura del líquido considerado en la entrada de la bomba menos la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

El NPSH puede ser:

REQUERIDO.- Que lo determina el fabricante de la bomba y que es la presión mínima que necesita la bomba para operar con éxito, o sea sin cavitación.

DISPONIBLE.- Es la presión de que se dispone una vez que se han tenido en cuenta todos los factores (alturas) de una instalación.

El cálculo del NPSH Disponible se lo realiza en base a altura de líquido bombeado:

$$\text{NPSH Disponible} = \text{Presión Atm.} - \text{HES} - \text{HPFS} - \text{HPVL}$$

Donde :

Presión Atm. : es la presión del lugar donde se realiza instalación dada en altura.

HES : altura estática de succión

HPFS : altura por pérdidas por fricción en la succión

HPVL : altura equivalente a la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo

Se lo representa graficamente en la figura 7.

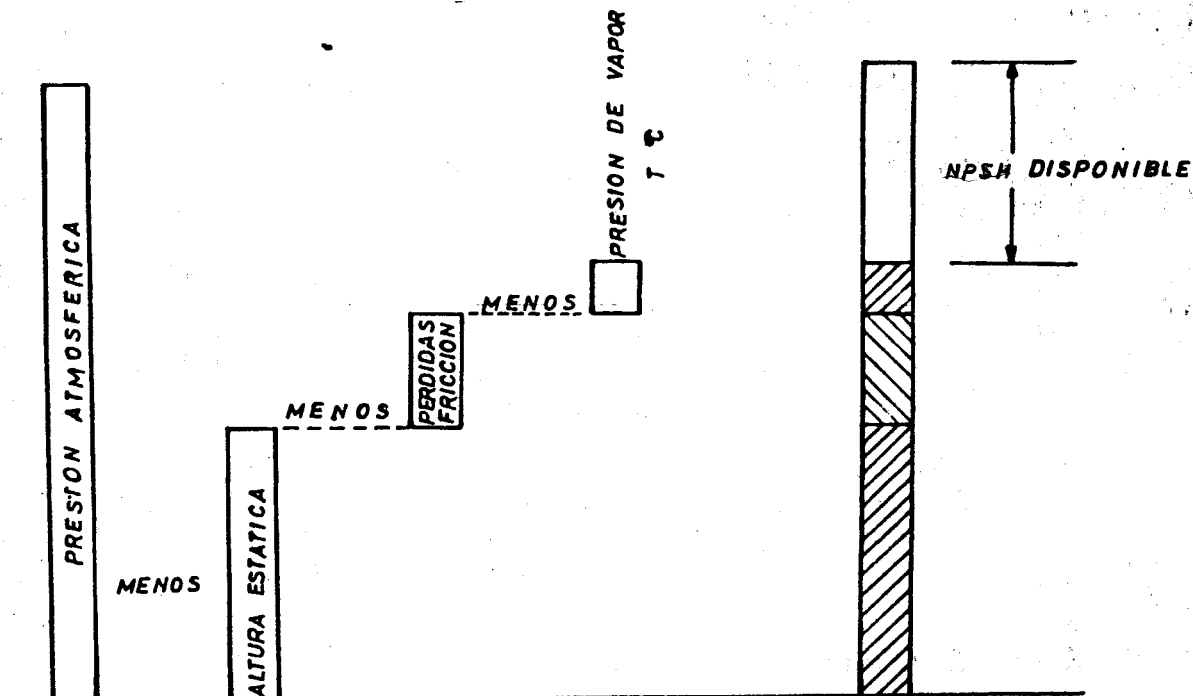


Fig. 7 Cálculo gráfico del NPSH Disponible

De lo anteriormente expresado se deduce que :

$$\text{NPSH DISPONIBLE} \geq \text{NPSH REQUERIDO}$$

Cuando ésta relación no se cumple se presenta el fenómeno de la CAVITACION que consiste en que el líquido que está llegando al punto de succión de la bomba lo hace con una presión tan baja que se evapora muy fácilmente formando bolsas de vapor o

cavidades en el líquido que está entrando. Estas bolsas de vapor al pasar de una bajísima presión a una presión muy alta en un tiempo muy pequeño se aplastan violentamente provocando ruido, descenso en las características de la bomba, desgarradura de metal de los álabes y paredes del rotor.

En la tabla II se muestra la presión atmosférica para diferentes alturas sobre el nivel del mar y su altura equivalente en metros de agua.

Mientras que en la tabla III se observa la presión de vapor, densidad y viscosidad para agua en diferentes temperaturas y su altura equivalente en metros de agua.



TABLA II

PRESION ATMOSFERICA PARA DIFERENTES ALTURAS SOBRE EL NIVEL
DEL MAR

ALTURA S.N.M (m)	BAROMETRO (mm Hg)	PRESION ATMOSFERICA (psia)-(nt/cm ²)		ALTURA EQUIVALENTE (m.H ₂ O a 25°C)
0	760	14.7	10.1	10.3
500	716	13.8	9.6	9.8
1000	675	13.0	9.0	9.2
1500	632	12.2	8.4	8.6
2000	598	11.5	7.9	8.1
2500	559	10.8	7.5	7.6
2640	550	10.6	7.3	7.5
3000	526	10.2	7.0	7.2
3500	495	9.6	6.6	6.8
4000	464	9.3	6.4	6.5

TABLA III

PRESION DE VAPOR, DENSIDAD Y VISCOSIDAD PARA AGUA A
DIFERENTES TEMPERATURAS

TEMPERATURA (°C)	PRESION DE VAPOR SATURADO (psia)(N/cm ²)		ALTURA EQUIVALENTE (m H ₂ O)	DENSIDAD (gr/cm ³)	VISCOSIDAD CINEMATICA (cs)
	0	0.0886	0.0611	0.0623	0.9998
5	0.126	0.0869	0.0886	1.0000	1.52
10	0.178	0.123	0.125	0.9998	1.13
15	0.247	0.170	0.173	0.9992	1.14
20	0.339	0.234	0.239	0.9983	1.00
25	0.461	0.318	0.325	0.9971	0.88
30	0.610	0.421	0.431	0.9958	0.80
35	0.815	0.562	0.576	0.9941	0.72
40	1.15	0.794	0.815	0.9931	0.69
45	1.47	1.01	1.04	0.9910	0.61
50	1.69	1.17	1.21	0.9886	0.57
55	2.22	1.53	1.58	0.9860	0.51
60	2.90	2.00	2.07	0.9832	0.47
65	3.72	2.57	2.67	0.9810	0.44
70	4.74	3.27	3.40	0.9793	0.43
75	5.79	3.40	3.55	0.9771	0.41
80	6.25	4.31	4.49	0.9737	0.38
85	8.53	5.69	5.98	0.9703	0.36
90	9.34	6.44	6.79	0.9666	0.31
95	11.6	8.00	8.47	0.9628	0.31
100	14.7	10.1	10.7	0.9589	0.29
105	17.2	11.9	12.7	0.9549	0.29
110	20.8	14.4	15.4	0.9507	0.29
115	25.0	17.3	18.6	0.9464	0.29
120	29.8	20.6	22.3	0.9420	0.24

b) **TANQUE DE PRESION.**- El tanque de presión es un recipiente metálico y hermético en donde se almacena el agua contra un volumen de aire. Se los construye en forma vertical u horizontal y el material depende de las necesidades del agua requerida y de la disponibilidad económica.

RELACION ENTRE EL AIRE Y EL AGUA.- La operación del tanque hidroneumático está basada en el hecho de que el aire puede ser comprimido y el agua no. La fuerza de presión del agua que va desde el tanque a través de las tuberías a los puntos de servicio, es obtenida por el aire comprimido en el tanque y por el agua forzada mediante la bomba contra este aire encerrado.

El aire es obligado a ocupar menos espacio y así ejerce más y más presión sobre el agua que entra.

Este aire actúa como un amortiguador manteniendo una presión constante sobre el agua en el tanque, el cual es conducido a todas las partes del sistema. Cuando se abre una llave el aire se dilata y reemplaza al agua que es forzada a salir por la presión del aire. Cuando la bomba se prende y adiciona agua dentro del tanque, el aire se vuelve a comprimir y ocupa menos espacio.

Para hacer que un sistema de agua sea completamente automático, la cantidad de aire en el tanque debe ser regulado y mantenido en su nivel apropiado seleccionando al encendido y apagado de la bomba en el interruptor de presión.

La figura 8 muestra los niveles de agua en tanques a varias presiones y también los porcentajes de volumen del tanque que pueden ser retirados entre los valores seleccionados en los interruptores de presión cuando el tanque contiene 1/3 de aire y 2/3 de agua.

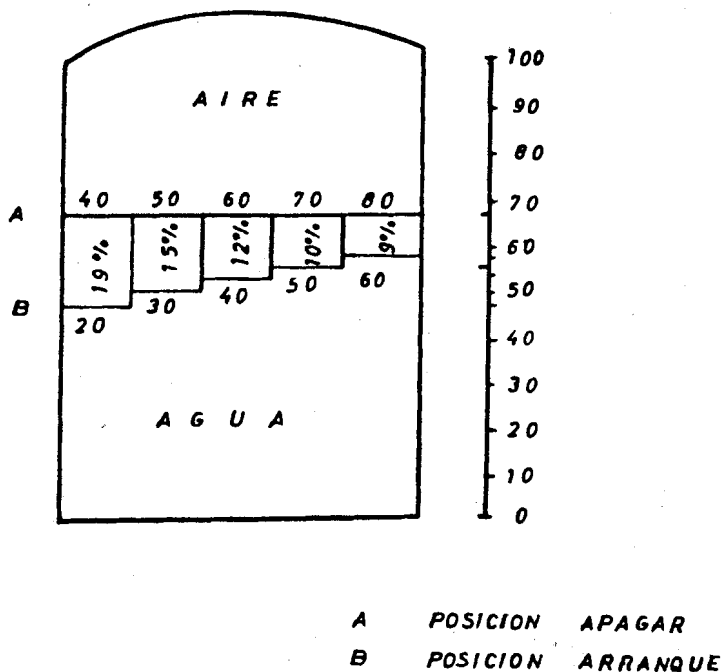


Fig. 8 Niveles de agua a diferentes presiones

Para determinar la cantidad que puede ser retirada entre dos presiones, se multiplica el porcentaje de la fig. 8 por el volumen del tanque.

Por ejemplo: Cuánta agua se retira desde un tanque de 42 galones entre 40 y 20 psi?

Respuesta:

$$42 \text{ gal} * 19 \% = 7,98 \text{ gal.}$$

Se puede observar en el gráfico que cuando el rango de prender y apagar la bomba en el interruptor de presión es incrementado, manteniendo un diferencial de 20 psi, el porcentaje de capacidad de entrega del tanque por ciclo de bombeo decrece.



El porcentaje aprovechable de la capacidad de un tanque hidroneumático entre diferentes rangos de presión está dado en la tabla IV.

En la tabla V se puede encontrar los tamaños recomendables de tanques para sistemas de agua dependiendo del consumo y del rango de presión deseado.

TABLA V

TAMANOS RECOMENDABLES DE TANQUES

CAPACIDAD DE LA BOMBA (GPH)	RANGO DE PRESION SELECCIONADO (psi)				
	20-40	30-50	40-60	50-70	60-80
	TAMANO DEL TANQUE RECOMENDADO (gal)				
300	42	42	82	82	82
400	42	42	82	82	82
500	42	82	82	82	82
600	42	82	82	82	120
700	82	82	120	120	120
800	82	82	120	120	120
900	82	82	120	120	120
1000	82	120	120	120	120
1100	82	120	120	120	120
1200	82	120	120	120	220
1300	120	120	220	220	220
1400	120	120	220	220	220
1500	120	220	220	220	315
1600	120	220	220	220	315
1700	220	220	315	315	525
1800	220	220	315	315	525
1900	220	220	315	315	525
2000	220	220	315	315	525

- c) **INTERRUPTOR DE PRESION.**- El interruptor de presión es el equipo que está diseñado para controlar eléctricamente a la bomba de agua. Generalmente están conformados por dos sensores que son regulables.

El primero controla las presiones que desconectan los contactos eléctricos. El segundo regula el diferencial de presión deseado, que es cuando conecta.

- d) **VALVULA DE CONTROL DE VOLUMEN DE AIRE.**- Es el accesorio que permite reabastecer aire al tanque, el cual se pierde durante las descargas (fig 9).

El cuerpo de este accesorio está formado de dos cámaras que están separadas por una membrana. En la primera está ubicada la succión y en la segunda la entrada de aire.

Cuando se provoca vacío en la cámara de succión, la membrana se pandea hacia ese lado separándose lo suficiente para permitir el paso del aire atmosférico al tanque por medio de dos conductos que inicialmente estaban cerrados por la membrana.

El aire del tanque no puede escaparse por medio de este accesorio porque éstas válvulas tienen un dispositivo que hacen que el flujo sea unidireccional.

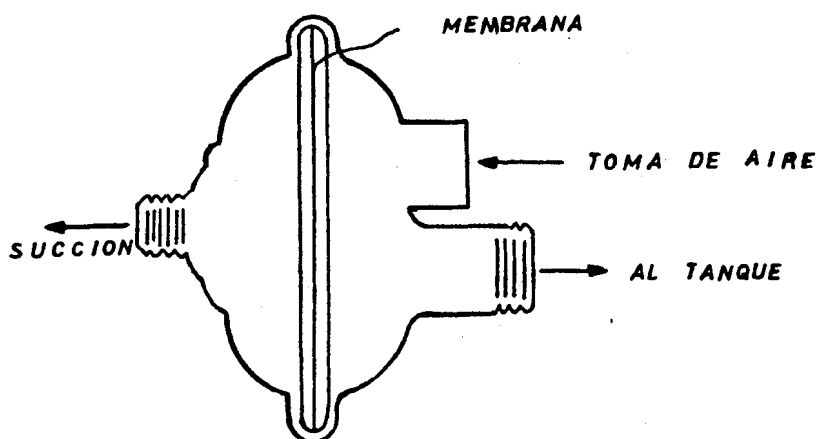


Fig. 9 Válvula de control de volumen de aire

Se debe anotar que éste accesorio tiene una limitación que es su capacidad de reabastecer el aire necesario que ha perdido el tanque.

La válvula reguladora de aire de mayor capacidad que existe en nuestro mercado trabaja

eficientemente hasta tanques de 300 galones dependiendo también de la capacidad de la bomba para realizar el vacío necesario.

Para sistemas hidroneumáticos que necesitan tanques de mayor volumen es necesario utilizar un compresor de aire.

e) **MANOMETRO.**- Es el accesorio que indica la presión que hay en el sistema. Con la ayuda de éste, podemos regular las presiones en el interruptor.

f) **VALVULA DE PIE.**- Llamada también de aspiración, es una válvula de retención o cheque que se coloca en la tubería de succión. Esta válvula mantiene el agua en el tubo de succión y la armadura de la bomba, a fin de que la bomba no necesite cebado manual al arranque.

INSTALACION DE UN EQUIPO HIDRONEUMATICO

La instalación de un equipo hidroneumático deberá hacerse cerca al tanque de almacenamiento o cisterna. Se debe dejar suficiente espacio para permitir una cómoda inspección del equipo y para su mantenimiento. También, el sitio que se seleccione deberá ser seco,

bien ventilado, con iluminación y drenaje apropiado.

La bomba y el tanque se deberá instalar sobre una pequeña base de concreto levantado desde el nivel del piso para que la misma quede protegida de la humedad del piso y así evitar problemas de corrosión.

La tubería de la succión deberá ser amplia, como mínimo del mismo tamaño que la conexión de succión de la bomba, lo más corta posible y con mínimo número de cambios de dirección.

Además se deberá tener cuidado de que no se instale con tramos por encima del nivel de la conexión de la bomba, donde se pueden formar bolsas de aire.

En el extremo de esta tubería se debe instalar una válvula cheque vertical, cuya función es mantener la bomba cebada. Esta válvula deberá quedar a unos 10 a 15 cm del fondo de la cisterna para que no se obstruya con los sedimentos que pueden encontrarse.

El interruptor de presión y el manómetro pueden instalarse tanto en la carcasa de la bomba como en el tanque de presión.

El interruptor va conectado eléctricamente al motor

de la bomba para cortar o activar la energía dependiendo de la presión de descarga.

La válvula de control de volumen de aire se acopla al tanque y se la une mediante una tubería a la succión de la bomba.

Las tuberías deben ser soportadas en forma independiente y ancladas para evitar transmisión de esfuerzos al equipo.

OPERACION

Durante las condiciones normales de flujo, la bomba operará continuamente suministrando agua a presión y alimentando la red. Si la demanda decrece, el flujo empezará a entrar al tanque.

A medida que el agua entra al tanque, la presión va aumentando hasta que alcanza la presión de apague de la bomba graduada en el interruptor de presión, a medida que nuevamente se va usando agua en la red, la presión bajará hasta que alcance la presión de arranque de la bomba.

1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTOS SISTEMAS

Las ventajas del sistema tradicional de distribución de agua (tanques elevados), son:

- Mayor reserva de agua .- Este sistema es beneficioso cuando hay cortes de energía eléctrica. La residencia, edificio o industria tendrá como reserva el agua que se encuentra en el tanque elevado.
- El mantenimiento es reducido ya que el sistema tiene menos elementos.

Sus desventajas son:

- Mayor costo inicial
- Mayor tiempo de instalación
- La presión de servicio está limitada a la altura del tanque de distribución.
- En edificios muy altos y de gran consumo de agua el tanque elevado debe ser de gran volumen el cual representa un gran peso. Esta carga debe ser tomada en cuenta por el ingeniero calculista de la obra

para mejorar su diseño antisísmico y estructural.

Las ventajas del sistema hidroneumático convencional son

- Menor costo inicial del sistema
- Menor tiempo de instalación
- La presión de agua en el sistema puede ser regulada en el equipo
- No afecta a la estructura de los edificios

Sus desventajas son:

- El sistema no funciona sin energía adicional
- Mayor tiempo de mantenimiento ya que tiene mayor número de elementos

CAPITULO II

SOLUCION PROPUESTA

2.1 INVESTIGACION DEL SISTEMA A UTILIZAR

Teniendo la necesidad de bajar los costos de los sistemas hidroneumáticos se procedió a investigar todos los sistemas conocidos en nuestro mercado y en el extranjero, y resolver la manera de optimizar los cambios que se creía podrían ser aplicados en nuestro medio.

De las averiguaciones preliminares se constató que de los elementos que conforman el sistema hidroneumático podría ser excluido el compresor de aire, en los sistemas grandes, o la válvula reguladora de volumen de aire en los sistemas pequeños. Esto era posible separando dentro del tanque de presión el agua del aire por medio de una membrana o un balón de caucho y recargando la cámara de aire con un compresor por medio



BIBLIOTECA

de una válvula de una sola vía.

Se encontró que con la tecnología que se tenía a mano lo más apropiado era construir un balón de cierta forma que pueda ser introducido dentro del tanque y que a la vez de facilidades para sacarlo cuando haya necesidad de repararlo.

El cálculo de un sistema hidroneumático se basa en el conocimiento previo del caudal requerido por el consumo y la presión de servicio, con el objeto de elegir la o las bombas adecuadas y así determinar la cantidad de agua V_r , que el sistema hidroneumático debe acumular entre las presiones de conexión o partida P_a , y de desconexión o parada P_b , para servir al consumo durante el tiempo T de las bombas.

Para el cálculo del consumo, se utilizan normas y tablas, las cuales fijan el consumo instantáneo o posible de acuerdo al número de artefactos instalados (tabla VI), y luego, empleando la tabla de simultaneidad (tabla VII), se obtiene el consumo máximo probable que deberá ser abastecido por las bombas.

TABLA VI

VALORES DE CONSUMO INSTANTANEO PARA CADA ARTEFACTO (lt / min)

Excusado con estanque silencioso	W. C.	12
Urinario con estanque automático	Ur	6
Lavatorio	Lo	10
Bidet	Bd	10
Baño de lluvia	Boll	10
Baño de tina	Bo	20
Lavaplatos	Lp	15
Lavacopas	Lc	7
Lavadero	Lv	20
Lavacopas doble	Lc doble	20
Llave de jardín o de pileta (13 mm.)	LLj	20

El consumo se sirve con el caudal requerido a la presión de conexión P_a , que es la suma de las siguientes alturas o presiones:

- 1.- Diferencias de cotas
- 2.- Pérdidas totales por fricción en los ductos
- 3.- Presión útil o disponible que generalmente se estima en 7 mts de columna de agua.

TABLA VII

COLUMNA A : GASTO INSTANTANEO POSIBLE (lt/min)

COLUMNA B : GASTO MAXIMO PROBABLE (lt/min)

A	B	A	B	A	B	A	B
10	8,5	260	80	1200	235	7000	790
20	14	280	84	1400	260	7500	830
30	18	300	88	1600	285	8000	870
40	22	350	96,5	1800	310	8500	910
50	26	400	105	2000	335	9000	945
60	29	450	113,5	2200	355	9500	990
70	32,5	500	122	2400	375	10000	1020
80	36	550	130,5	2600	395	12000	1150
90	39	600	139	2800	415	14000	1280
100	42	650	147,5	3000	435	16000	1400
120	47	700	156	3500	485	18000	1500
140	52	750	164,5	4000	530	20000	1600
160	57	800	173	4500	575	22000	1775
180	62	850	181,5	5000	630	24000	1875
200	67	900	190	5500	670	26000	1975
220	72	950	198,5	6000	710	30000	2175
240	76	1000	206	6500	750	35000	2430

La bomba seleccionada deberá entregar el gasto Q_a a la presión P_a . Es necesario cuidar que ésta bomba sea capaz de dar una sobrepresión sobre el punto de trabajo P_a , para fijar la presión de desconexión P_b .

A la presión P_b la bomba debe entregar un caudal Q_b no

menor de un 25 % de Q_a .

De la curva de la bomba elegida, con la información anterior se obtienen los siguientes datos:

HP : Potencia del motor, su conocimiento es necesario para determinar el tiempo T mínimo que habrá entre dos partidas sucesivas durante el período más desfavorable.

R : Rango Diferencial entre P_a y P_b que normalmente está entre 0.6 y 1.4 atms.

P_b : Presión de desconexión en atms.

Q_a : Caudal entregado por la bomba a P_a en lt/min

Q_b : Caudal entregado por la bomba a P_b

$$Q_m = \frac{Q_a + Q_b}{2}$$

Con estos datos se puede calcular el volumen de regulación V_r , que es la cantidad de agua que debe acumularse dentro del balón, el cual está en función del caudal medio Q_m , y del ciclaje o número de partidas horarias que se desea establecer para el consumo más desfavorable. Por lo tanto:

$$V_r = \frac{Q_m * T}{4}$$

Donde T está dado en minutos y se lo puede sacar de la Tabla VIII.

TABLA VIII

RELACION MINIMA ENTRE T Y LA POTENCIA DEL MOTOR

POTENCIA (HP)	T (MIN)
1 - 3	1,2
3 - 5	1,5
5 - 7,5	2,0
7,5 - 15	3,0
15 - 30	4,0
Sobre 30	6,0

Finalmente se calcula el volumen V del tanque, el cual tendrá una relación directa con el V_r y la presión máxima de trabajo P_b , y una relación inversa al rango elegido:

Por lo tanto :

$$V = \frac{V_r (P_b + 1)}{P_b - P_a}$$

CASO ESPECIFICO .- A continuación se dará un ejemplo de un caso específico para efectos de futuras comparaciones.

Se quiere seleccionar un equipo hidroneumático para un edificio de 4 plantas cuyas condiciones de consumo son las siguientes:

Q máximo probable = 180 lts/min

Presión:

Diferencia de alturas = 10 mts

Pérdida de carga = 4 mts

Presión útil = 7 mts

Presión total = 21 mts

Luego $P_a = 21$ mts y se utilizará un $R = 14$ mts por lo tanto: $P_b = 35$ mts. Con estos datos y las curvas de las bombas se selecciona una AUSTIN modelo 227 de 2 HP de potencia, tipo Jet, cuya capacidad de entrega es la siguiente:

$$Q_a = 189 \text{ lts/min}$$

$$Q_b = 131 \text{ lts/min}$$

Entonces:

$$Q_m = \frac{Q_a + Q_b}{2} = \frac{189 + 131}{2}$$

$$Q_m = 160 \text{ lts/min}$$

$$T \text{ para motor de 2 HP} = 1.2 \text{ min}$$

De donde:

$$V_r = \frac{Q_m * T}{4} = \frac{160 * 1.2}{4}$$

$$V_r = 48 \text{ lts}$$

$$\text{Si: } P_a = 21 \text{ mts} = 2.1 \text{ atms.}$$

$$P_b = 35 \text{ mts} = 3.5 \text{ atms.}$$

Entonces el volumen del tanque será:

$$V = \frac{V_r (P_b + 1)}{P_b - P_a} = \frac{48 (3.5 + 1)}{3.5 - 2.1}$$

$$V = 154 \text{ lts.}$$

Es decir que el sistema estará compuesto por un tanque de 154 litros y por un balón de 48 litros.

Esto nos indica que la capacidad de entrega entre encendido y desconectado de la bomba es de 48 litros.

A manera de comparación se va a establecer cual es el caudal que puede entregar un sistema hidroneumático convencional que tenga un tanque de 154 litros de capacidad y que trabaje en el mismo rango de presiones:

$$P_a = 21 \text{ mts} \approx 30 \text{ psi}$$

$$P_b = 35 \text{ mts} \approx 50 \text{ psi}$$

De la tabla IV se puede observar que la capacidad de entrega para este diferencial de presión es del 15 %.

Entonces:

$$154 \text{ lts} * 0.15 = 23.1 \text{ lts}$$

Por lo tanto se puede concluir manifestando que el equipo investigado tiene una eficiencia superior en:

$$\epsilon = \frac{48}{23.1} * 100 = 207.8 \%$$

2.2 MODIFICACION DEL TANQUE DE PRESION

En primer lugar se decidió construir los tanques en forma horizontal. Luego en uno de los domos se marcó el agujero circular de 12 cm diámetro y con la ayuda de un taladro y una sierra se procedió a abrir el hueco tal como se ve en la figura 10.



Fig 10. Apertura de agujero en tanque de presión

Luego se procedió a limar todas las irregularidades (figura 11), y en la parte superior del cuerpo del tanque se perforó una cavidad y se procedió a soldar una tuerca de 1/4 de pulgada en la cual, posteriormente se colocará el manómetro. También se perforó una abertura para colocar la válvula de aire.



Fig 11. Limado de irregularidades en agujero

2.3 CONSTRUCCION DEL BALON

El balón se construyo de neopreno, caucho natural altamente antiabrasivo y extremadamente compacto, con una tensión de ruptura de 5600 Kg/cm², 55° de dureza shore y 3/16 pulg. de espesor.

Primeramente se procedió a medir, marcar y cortar el caucho de acuerdo al volumen requerido.(figura 12 y 13).



Fig 12. Medición de balón



Fig 13. Marcación de agujeros

Luego, por medio de un sacabocados se realizó la abertura de los huecos para la entrada de agua al balón y el paso de los pernos de la brida que asegurarán el balón al tanque.



Fig 14. Abertura de huecos en el balón

Entonces se procedió a preparar las superficies del caucho que serán vulcanizadas. Para esto primero se dá un proceso de esmerilado (fig 15), para obtener una mejor adherencia.



Fig 15. Proceso de esmerilado

Luego de colocar el pegamento en éstas superficies se vulcanizó los extremos del caucho en una vulcanizadora semiautomática (figura 16), en la cual el calor es generado por resistencias eléctricas y la presión por medio de una bomba hidrostática. La temperatura de trabajo es 100 °C y la presión 60 psi.



Fig 16. Vulcanizadora

Antes de cerrar el tercer lado del balón se introdujo dentro del mismo el cuerpo de la brida (figura 17), y cuando ya se vulcanizó los tres lados se ensambló el tercer anillo de la brida (figura 18), el cual tiene la particularidad de que el agujero de entrada de agua es roscado siendo éste el punto de conexión con las tuberías.



Fig 17. Introducción de la brida



Fig 18. Ensamble del punto de conexión de tubería

2.4 ACOUPLE DEL SISTEMA

Para acoplar al sistema se enrolló el balón lo más fino posible y se lo introdujo en el tanque. (figura 19)



Fig 19. Acople de balón en tanque

Luego se introduce un anillo de caucho y se lo pega en la boca del tanque (figura 20).

Este anillo está diseñado de tal manera que sirve de asiento para el cuerpo de la brida y también como sello para impedir la fuga de aire.

Posteriormente se colocó la contrabrida (figura 21), se ajustaron las tuercas y para finalizar el proceso de construcción se adoptó el manómetro y la válvula de

aire.



Fig 20. Sello de caucho

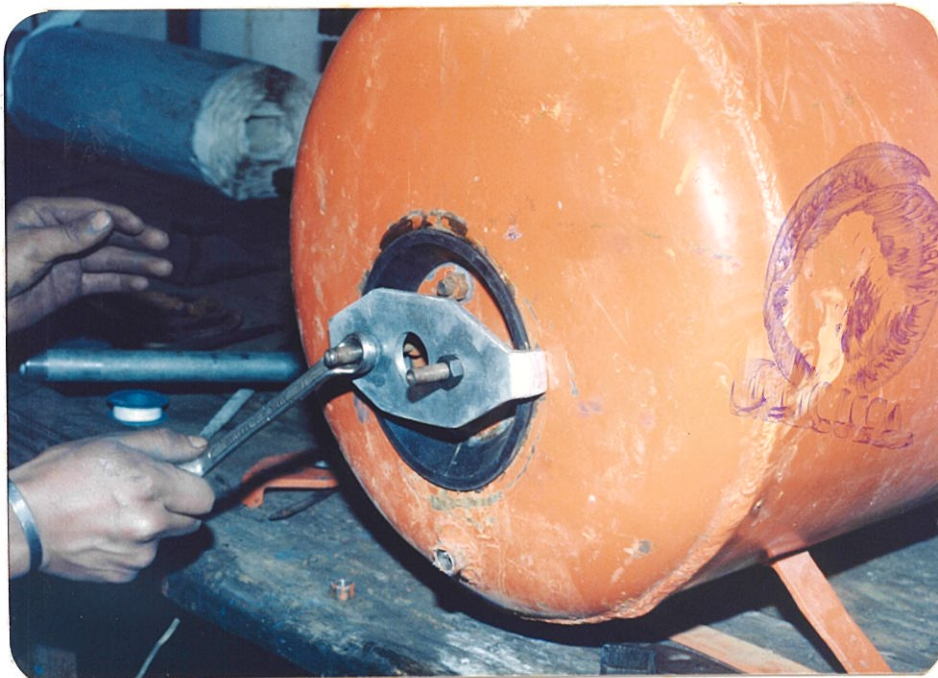


Fig 21. Ajuste de brida y sello

2.5 PRUEBAS Y AJUSTES

En éste equipo las fallas que podrían darse es que existan fugas de agua del balón hacia el tanque con la consiguiente pérdida de presión. La fuga de agua se puede dar porque el balón tiene algún agujero. La pérdida de aire podría suceder por los cordones de soldadura del tanque, por el conjunto brida-sello, por la válvula de aire o por el manómetro.

Estos son los puntos a tomarse en cuenta para el control de calidad.

Primeramente se realizó un control de calidad al balón de neopreno. Se inyecta aire con un compresor utilizando una válvula de una sola vía hasta obtener una presión de 15 psi (figura 22).

Luego se lo introduce en una cubeta con agua y por el método de la burbuja se controla que no haya fugas.

Cuando el equipo está armado se realiza la prueba final que consiste en cargar hasta cierta presión, en éste caso 40 psi, y se lo mantiene durante 24 horas. Si la presión no baja el equipo queda listo para usarlo (figura 23), de lo contrario, se debe revisar las partes antes mencionadas.



Fig 22. Control de calidad del balón



Fig 23. Equipo terminado

CAPITULO III

COMPARACION ECONOMICA

Partiendo del hecho de que todo sistema de bombeo necesita de una cisterna y de que ésta será igual para cualquiera de ellos, se analizará los costos de equipo básico para dos tamaños diferentes de consumo de los tres sistemas aquí mencionados sin tomar en cuenta la cisterna.

El primer consumo será el de un edificio de departamentos de 4 pisos con un gasto de:

$$Q = 180 \text{ lts/min}$$

Y una altura de su último servicio:

$$H = 10 \text{ mts}$$

El segundo consumo tomado en cuenta será el de un edificio

de departamentos de 10 pisos cuyo gasto es de:

$$Q = 567 \text{ lts/min}$$

Y una altura de su último servicio de:

$$H = 25 \text{ mts}$$

Los tamaños de los equipos serán evaluados por los métodos indicados anteriormente ayudados por las tablas presentadas. Los costos son los precios reales en la actualidad. Aquí en éste trabajo se indicará los resultados finales para efectos de comparación.

3.1 COSTOS DEL EQUIPO TRADICIONAL

Los equipos básicos a seleccionarse son: bomba, tanque elevado y control de nivel.

Para el edificio 1 que tiene 4 pisos, 4 departamentos por piso y con un promedio de habitabilidad de 5 personas por piso se encontrará que el tamaño del tanque elevado deberá ser mínimo de

$$T_{te} = \frac{200 \text{ lts} * 80}{3} = 5.333,33 \text{ lts.}$$

$$T_{te} \approx 5.400 \text{ lts}$$

La bomba escogida deberá ser capaz de entregar éste caudal en una hora:

$$Q_B = \frac{5400 \text{ lts}}{60 \text{ min}} = 90 \text{ lts/min}$$

La ADT, altura dinámica total, está dada por la diferencia de altura, pérdidas por fricción y la presión de descarga útil. En este caso la diferencia de alturas hasta el nivel del tanque es de 13 mts, la pérdida por fricción 4 mts, y la presión de descarga útil 4 mts.

$$ADT = 27 \text{ MTS}$$

De las curvas, se escoge una bomba AUSTIN modelo 10 A, 1 HP que para éste ADT nos dá un:

$$Q = 180 \text{ lts / min}$$

Se escoge tres tanques de asbesto cemento de 200 lts cada uno. Un costo muy importante que se toma en cuenta es la construcción de una lozeta para soportar el peso de los 6000 lts, que será de 6 Ton. Además seleccionamos un control de nivel electromecánico.

El edificio 2 tiene 200 habitantes por lo tanto:

$$T_{te} = \frac{200 * 200}{3} = 13.333,33 \text{ lts.}$$

$$T_{te} \approx 13.400 \text{ lts.}$$

Por lo que:

$$Q_B = \frac{13.400}{60} = 223,33 \text{ lts/min}$$

La altura dinámica total es :

$$ADT = 32 \text{ mts}$$

De las curvas la bomba seleccionada es una bomba MIDLAND, modelo 97 de 3 HP que para éste ADT nos dá:

$$Q = 243 \text{ lts/min}$$

En éste edificio se construye un tanque elevado de hormigón de 14.000 lts y un control de nivel electromecánico.

Los costos de estos equipos están dados en la Tabla

IX.



BIBLIOTECA

TABLA IX
RESULTADOS DE COSTOS DEL SISTEMA DE TANQUE ELEVADO

EDIFICIO	BOMBA	TANQUE ELEVADO	LOSA	CONTROL NIVEL	TOTAL
1	295.000	378.000	320.000	20.000	1'013.000
2	950.000	800.000	540.000	20.000	2'310.000

3.2 COSTOS DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO CONVENCIONAL

Teniendo el caudal y la altura dinámica total se diseña el tamaño de la bomba, por lo que se selecciona una AUSTIN modelo 227 de 2 HP tipo jet.

Partiendo del ADT y tomando un rango de presión de 20 psi para el edificio 1 se encontrará que el diferencial de presión de trabajo será de :

$$P_a = 30 \text{ psi}$$

$$P_b = 50 \text{ psi}$$

Donde:

$$Q_a = 188 \text{ lts/min}$$

$$Q_b = 132 \text{ lts/min}$$

$$Q_m = 160 \text{ lts/min}$$

Para un consumo cero el tanque debe llenarse en aproximadamente 18 seg, lo cual implica que el volumen útil entre cada ciclo de encendido de la bomba será de:

$$V_r = \frac{160 \text{ lts/min} * 18 \text{ seg}}{60 \text{ seg/min}} = 48 \text{ lts.}$$

Con ayuda de la tabla IV, se sabe que el porcentaje de la capacidad de entrega del tanque en el diferencial de presión de 30-50 psi es de 15 %, por lo tanto el volumen del tanque será:

$$V_t = \frac{48 * 100}{15} = 320 \text{ lts}$$

En el edificio 2 y siguiendo el mismo método se encontrará lo siguiente:

La bomba seleccionada es una MIDLAND, modelo 337 de 7,5 HP, cuyas características son:

$$P_a = 45 \text{ psi}$$



$$P_b = 65 \text{ psi}$$

$$Q_a = 851 \text{ lts/min}$$

$$Q_b = 455 \text{ lts/min}$$

$$Q_m = 653 \text{ lts/min}$$

$$V_r = 326,5 \text{ lts}$$

$$V_t = 3265 \text{ lts}$$

Para el tamaño del tanque, se sabe que éste sistema debe tener un compresor de aire para poder recuperar el aire que se pierda.

En la tabla X se encuentran los costos de ambos equipos.

TABLA X

RESULTADOS DE COSTOS DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO
CONVENCIONAL

EDIFICIO	BOMBA	TANQUE Y ACCESORIOS	TOTAL
1	450.000	164.900	614.900
2	1'390.000	1'061.000	2'451.000

3.3 COSTOS DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO MODIFICADO

Para diseñar éste equipo se utiliza los mismos datos que para el sistema anterior y las bombas seleccionadas son las mismas.

Entonces para el edificio 1 tenemos que :

$$P_a = 30 \text{ psi} = 2.1 \text{ atms}$$

$$P_b = 50 \text{ psi} = 3.5 \text{ atms}$$

$$Q_m = 160 \text{ lts} / \text{min}$$

$$T = 1.2$$

$$V_r = \frac{Q_m * T}{4} = \frac{160 * 1.2}{4} = 48$$

$$V_r = 48 \text{ lts}$$

Y el volumen del tanque será:

$$V = \frac{V_r (P_b + 1)}{P_b - P_a} = \frac{48 (3.5 + 1)}{3.5 - 2.1} = 154 \text{ lts}$$

$$V = 154 \text{ lts}$$

Para el edificio 2 se obtienen los siguientes

resultados:

$$P_a = 45 \text{ psi} = 3,15 \text{ atms}$$

$$P_b = 65 \text{ psi} = 4,55 \text{ atms}$$

$$Q_m = 653 \text{ lts/min}$$

$$T = 2$$

$$V = \frac{326,5 (4,55 + 1)}{4,55 - 3,15} = 1294$$

$$V = 1294$$

Los costos de estos equipos se los presenta en la siguiente tabla XI.

TABLA XI

RESULTADOS DE COSTOS DE SISTEMA HIDRONEUMATICO
MODIFICADO

EDIFICIO	BOMBA	TANQUE Y ACCESORIOS	TOTAL
1	450.000	176.350	626.350
2	1'390.000	630.150	2'020.150

3.4 EVALUACION

Evaluando técnicamente se ha podido observar que para un mismo tamaño de tanque, el equipo modificado, tiene un volumen de regulación, es decir volumen útil en cada ciclo, mucho mayor que el sistema convencional.

La tabla XII, muestra un condensado de los costos de los equipos de los tres sistemas diferentes:

TABLA XII

COMPARACION ECONOMICA DE LOS TRES SISTEMAS

EDIFICIO	TANQUE ELEVADO	HIDRONEUMATICO CONVENCIONAL	HIDRONEUMATICO MODIFICADO
1	1'013.000	614.900	626.350
2	2'310.000	2'451.000	2'020.150

En éste cuadro se puede observar que el sistema de tanque elevado es el de mayor costo para el edificio 1, y que el hidroneumático modificado es más costoso que el convencional.

Pero para el edificio 2, el sistema modificado es más económico que los otros dos.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.-

La entrega de agua entre el ciclo de arranque y parada de la bomba constituye la medida real de la eficiencia del tanque.

De los cálculos realizados y los ejemplos presentados se puede decir que el sistema hidroneumático modificado es más eficiente que un hidroneumático convencional del doble de su tamaño.

El balón de neopreno, resistente a los ácidos y alcalinos, no produce olor ni sabor. Al mismo tiempo, al separar el aire del agua, se impide que el agua toque el metal obteniendo un agua más pura y minimizando la corrosión.

Al ser el tanque precargado desde fábrica se elimina la necesidad de la válvula de control de aire o del compresor.

Al no mezclarse el aire con el agua, se minimiza la posibilidad de la pérdida del colchon de aire dentro del equipo lo que conlleva a un menor mantenimiento.

La vida de la bomba se extiende, debido a la habilidad de éste sistema para entregar toda el agua programada en cada ciclo.

El diseño de éstos tanques permite mayor almacenamiento de agua, en menor espacio, lo cual significa también ahorro en la construcción del cuarto de máquinas.

Los sistemas de tanque elevado para edificios de gran altura y numerosos habitantes necesitan de un tanque de volúmen muy grande lo cual implica mayores costos en el reforzamiento estructural del edificio. Las presiones de descarga están sujetas a la altura dinámica.

El hidroneumático modificado para residencias pequeñas es más caro que el convencional, pero conforme aumenta el tamaño del tanque, éste sistema es más económico.

RECOMENDACIONES.-

Para un buen funcionamiento del equipo se recomienda hacerlo trabajar dentro del diferencial de presión para el que fué diseñado. Si se aumenta la presión de desconexión P_b se corre el riesgo de que el balón se rompa.

Sí el área disponible para el cuarto de máquinas es

pequeño, es preferible utilizar un grupo de tanques tratando de ocupar la altura.

En equipo de bombeo para edificios, industrias, etc., es recomendable instalar dos o más bombas, manteniendo por lo menos una en "stand by" para tener la seguridad de un servicio permanente.

Así mismo es necesario tener un balón de repuesto para que en caso de daño poder cambiarlo inmediatamente y los usuarios no queden desprotegidos durante el tiempo de reparación.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- MIDLAND PUMPS, Manual Técnico
- 2.- BARNES, Catálogo
- 3.- FOX-MC DONALD, Mecánica de Fluidos
- 4.- HIDROSTAL, Manual de Información Técnica.
- 5.- MATAIX Claudio, Introducción a la Mecanica de Fluidos
- 6.- GONZALES Felix, Manual del Ingeniero Civil
- 7.- MYERS, Catálogo de Servicio
- 8.- HIDROSISTEMAS, Catálogo