



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS EN EDIFICACIONES**

Autor: Kevin Alejandro Briceño Gómez C.I. 25.253.566

Autor: Carlos David Cadieres Acosta C.I. 26.484.768

Tutor: Bruno Magalhaes C.I:14.121.455

Caracas, octubre 2021

Dedicatoria

Presentar este trabajo de grado para mí significa el logro de mi mayor y primer sueño de niño, por este motivo quiero dedicarlo a las personas que considero, son los pilares más importantes en mi vida. Quiero comenzar por mí siempre querido e inigualable abuelo Ricardo, quien siempre quiso verme lograr mis metas y trabajó por ello. Por ti este logro...

A la persona más especial que tengo y mejor amiga, Alejandra, que me acompaña siempre en los mejores y peores momentos, incluso desde la distancia y por lo cual, siempre es y será mi motivación. Te quiero y te amo.

A mis hermanos, por apoyarme siempre a seguir adelante y ser parte de mi alegría. A mis padres Alexis y Rosa que con dedicación me inculcaron valores y enseñanzas que me han permitido llegar hasta donde estoy hoy, quienes siempre creyeron en mí. A mis abuelas Rosa y Mariella, a quienes quiero como unas madres, quienes me apoyan en cada momento. A Yaniska, a quien considero mi segunda madre, que me aconseja y guía en cada momento; siempre estaré agradecido.

A mis amigos Wilneydi, Juan y Mario que me acompañaron durante toda la trayectoria de la carrera y a quienes considero parte de mi familia. A mi amigo y compañero, Carlos, por apoyarme cada momento y motivarme durante los eventos más duros vividos, a quien considero como parte de mi familia y un hermano.

Y sobre todo a Dios, por darme la fuerza y la guía necesaria para cumplir mi mayor sueño.

Kevin Alejandro Briceño Gómez

Dedicatoria

Sobre todas las cosas agradecer a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy y cumplir esta meta de llegar a ser ingeniero civil, con la que soñé desde pequeño, cuando acompañaba a mi padre a sus obras y lo único que deseaba en ese momento era tener la posibilidad de estar en esos lugares donde la tierra estaba en el aire y las vistas de azoteas asombraban mi mente.

A mi padre, aunque no está presente en vida, en todo momento me ha ayudado a permanecer firme en mi convicción de terminar mi carrera, pese a todas las adversidades que se han presentado en este largo camino. A mi madre, mi luchadora incansable que en todo momento está dispuesta a buscar soluciones a todos los obstáculos que se presentaron para llegar hasta aquí. A mis hermanos, que amo con todo mi corazón y que nunca dudaron de mí ni dejaron de motivarme cada día. Dedicado a toda mi familia, tíos, primos que formaron parte de ese apoyo incondicional con todo el amor que podían hacerlo, cada uno de ellos son parte de ese empuje que me permitió seguir subiendo escalones para culminar mi carrera.

A mi futura esposa, Viviana Flores, que ha estado conmigo en los momentos buenos y malos, desde el inicio de mi carrera, ha sido esa persona que siempre me deja en claro quien quiero ser en la vida, y todos los sacrificios que debía hacer para poder llegar a cumplir mi meta. Simplemente va dedicado, a todas las personas que tengan un sueño y que por un momento lo sientan inalcanzable, si es posible cumplirlo y nunca dudemos de nosotros mismos.

Carlos David Cadieres Acosta

AGRADECIMIENTOS:

Ante todo, queremos agradecer a Dios, por permitirnos haber llegado hasta donde estamos. Al Departamento de Cooperación Económica Estudiantil por permitirnos a través de sus programas de ayuda económica, cursar cada semestre hasta culminar. A nuestro tutor y profesor Bruno Magalhaes, por estar disponible siempre, atento, asesorarnos y confiar en nosotros.

A todos nuestros compañeros de estudio y amigos cercanos que surgieron durante la carrera y aquellos que nos enseñaron grandes lecciones de vida, a nuestros hermanazos Juan Bueno y Jimy Duque, a la siempre tan hermosa y audaz Juveline, a nuestra gran y querida amiga Wilneydi, nuestra querida Melissa, Carlos (Perú), Edu (Eduardo L.), Esthefani, Pedro, Helen, Dinyerlin y todos aquellos que nos han brindado su apoyo, solidaridad y confianza.

A todos los profesores que, para nosotros llegaron y son mucho más que eso, de los cuales podemos mencionar a Juan Carlos Martínez, Johana Gabriela Teixeira, José Miguel Divassón, Andrés Marcano, Debbie Méndez y Ricardo Salvatorelli D'angelo. A todos nuestros familiares que nos apoyaron incondicionalmente a cada momento.

Y por último a la Universidad Católica Andrés Bello y a la Escuela de Ingeniería Civil por formarnos como profesionales y decir orgullosamente que ¡somos ucabistas!

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I. PROBLEMA EN ESTUDIO	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
ALCANCE Y LIMITACIONES	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
ANTECEDENTES	6
BASES TEÓRICAS	7
TANQUES A PRESIÓN (HIDRONEUMÁTICOS)	7
SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	7
FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS	7
COMPRESOR DE AIRE	9
BASES TEÓRICAS ELÉCTRICAS	9
TABLERO DE CONTROL	9
PRESOSTATOS	10
PROTECTORES TÉRMICOS Y/O DE AMPERAJE	10
• Relé térmico	10
• Sensor bimetálico térmico	11
• Guardamotor	11
PROTECTOR/SUPERVISOR DE VOLTAJE	11
RELÉ TRIFÁSICO DE PROTECCIÓN	12
Especificaciones	12
CONTACTORES	13
RELÉ DE ALTERNANCIA	13
TIPOS DE ARRANQUES	14
• Arranque directo	14
• Tipo Estrella-Triángulo	14
• Arrancador suave	14
• Variador de frecuencia	14
BASES TEÓRICAS HIDROMECAÑICAS	15
VÁLVULA DE SEGURIDAD DE SOBREPRESIÓN	15
TIPOS DE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN	15
• Tipo De Ascensión	15

• Tipo De Actuación	15
• Número De Asientos	16
PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE VÁLVULA DE ALIVIO	16
1. Tamaño y tipo de conexión	16
2. Ajuste de la presión de disparo	16
3. Temperatura	16
4. Contrapresión	17
5. Servicio	17
6. SET	17
CRITERIOS PARA ELEGIR EL TIPO DE VÁLVULA	17
DIMENSIONADO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD	18
NOTA TÉCNICA: TANQUES HIDRONEUMÁTICOS. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD. 20	19
CÁLCULO DE UN SISTEMA DE HIDRONEUMÁTICO CON LA GACETA 4044	21
SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA	23
CARGAS DEL SISTEMA	23
CAUDAL DE BOMBEO	24
POTENCIA DE BOMBEO	24
VELOCIDAD ESPECÍFICA	25
NPSH (Net Positive Suction Head)	25
VALVULAS DE SOBREPRESION	26
VENTAJAS SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA	27
DESVENTAJAS SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA.	27
SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA	28
VENTAJAS DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA	28
DESVENTAJA DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA	28
MARCA Y RANGO DE POTENCIA	28
BASES LEGALES	29
Gaceta Oficial N° 4044. Normas sanitarias, para el proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones	29
EXPLICACION DE DISEÑO	33
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	34
TIPO DE INVESTIGACIÓN	34
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	35

NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	35
POBLACIÓN Y MUESTRA	35
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36
TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS	37
CAPÍTULO IV. CÁLCULOS DE DISEÑO OPTIMIZADO	39
CÁLCULO DEL DISEÑO SEGÚN GACETA N°4044	39
SELECCIÓN DE BOMBA SEGÚN GACETA N°4044	40
CÁLCULO DE DISEÑO PARA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO	41
SELECCIÓN DE BOMBA DISEÑO OPTIMIZADO	43
CÁLCULO DE VÁLVULA DE ALIVIO	45
CAPÍTULO V. ANÁLISIS COMPARATIVO	46
VISITAS A CUARTOS DE BOMBAS.	46
EVALUACIÓN GENERAL DE LOS CUARTOS VISITADOS	52
COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DEL SISTEMAS HIDRONEUMÁTICO PLANTEADO EN LA GACETA 4044 CON EL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO	54
COMPARACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO CON EL SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA	55
COSTOS	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
Recomendaciones del T.G.	58
Sistema optimizado propuesto	58
Recomendaciones de la empresa Corporación hidroeléctrica Fraynel	59
Recomendaciones del Ing. Andrés Marcano	60
GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
BIBLIOGRAFÍA	65

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Rango de volumen útil del hidroneumático.	8
Imagen 2. Relé trifásico de protección.	13
Imagen 3. Contactor.	13

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área superficial de hidroneumático.	18
--	----

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva del sistema.	43
Gráfico 2. Punto de operación del sistema en condición de funcionamiento de dos bombas en paralelo.	44
Gráfica 3. Evaluación de los cuartos visitados en términos de % de calidad.	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de % de caudal de bomba piloto y de servicio.	24
Tabla 2. Factores de cálculo de Hp de motor según Hp de bomba.	25
Tabla 3. Diámetro de válvulas y tuberías de alivio.	26
Tabla 4. Descripción de visitas realizadas a cuartos de bombas.	46
Tabla 5. Preguntas realizadas para evaluar las condiciones de los cuartos.	52
Tabla 6. Comparación en costos de inversión inicial y por Hp instalado (1).	55
Tabla 7. Comparación en costos de inversión inicial y por Hp instalado (2).	55



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS EN EDIFICACIONES**

Autor: Kevin Alejandro Briceño Gómez C.I. 25.253.566

Autor: Carlos David Cadieres Acosta C.I. 26.484.768

RESUMEN

En el presente trabajo de grado (T.G). se plantean algunas mejoras en diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas hidroneumáticos en edificaciones, partiendo de lo establecido en la Gaceta N°4044 para sistemas hidroneumáticos y también de catálogos de fabricantes. Con el fin de optimizar el funcionamiento de dicho sistema de bombeo se aplicaron principios hidráulicos, mecánicos y eléctricos en condiciones normales de operación, además de algunas condiciones extremas propias de la situación actual derivadas del irregular abastecimiento de servicio a las edificaciones. En la elaboración de este T.G. se procura garantizar mayor protección a los equipos y seguridad al operador u operador(es) encargado(s) de la puesta en marcha de estos sistemas y disminuir los costos de operación y mantenimiento. El diseño se basa en primera instancia en el diagnóstico físico del sistema de bombeo, luego la implementación de mecanismos adicionales de control, protección, seguridad y mayor automatización del funcionamiento del sistema. Esto incrementará su eficiencia, reducirá errores en operación y brindará mayor seguridad durante su operación. Una vez establecida la propuesta de mejoras en el diseño, se realiza un estudio técnico-económico y una comparación con respecto a los sistemas de presión constante con variadores de frecuencia, estableciendo conclusiones y recomendaciones planteando ajustes y mejoras en la operación de dichos sistemas.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, debido a las importantes complicaciones en el suministro de agua, tanto en cantidad como en duración del servicio, así como continuas fallas de servicio eléctrico, se han originado grandes problemas en el abastecimiento de agua a las edificaciones, lo cual conlleva a: interrupciones de funcionamiento de los sistemas de bombeo obligando a mayor manipulación de equipos por usuarios no calificados, operación de los mismos en condiciones extremas de caudales y presiones debido a los cortes.

La operación o maniobra del sistema sin conocimientos adecuados puede generar fallas que afectan la integridad de los equipos instalados y causar accidentes en algunos casos graves.

Debido a lo confirmado en gran parte de las edificaciones de la zona de Caracas, se realizó un diseño basado en la implementación de algunos dispositivos de control y seguridad, para facilitar la operación de los mismos tanto en condiciones normales como en ciclos de racionamiento.

El desarrollo del presente estudio se basó en dos puntos importantes: realizar un cálculo más ajustado a la situación actual para mejor funcionamiento del sistema de impulsión y con las incorporaciones un diseño más confiable en manejo y operación, con la finalidad de garantizar facilidad y seguridad al operador y a los usuarios, así como también incrementar la vida útil de todos los componentes y equipos involucrados, disminuyendo costos de mantenimiento.

Los conceptos y criterios presentados en este T.G. se pueden considerar para una aplicación práctica y útil en cualquier sistema hidroneumático, y también permitir a empresas prestadoras de servicios tener una base comparativa de funcionamiento y costos de instalación, contrastando con otros sistemas como los de presión constante con variadores de frecuencia o los grupos de presurización electrónica.

Además de lo anteriormente señalado, a través de visitas de campo se presentan reportes fotográficos de varios sistemas en funcionamiento de edificaciones de Caracas, incluyendo breve descripción del funcionamiento de estos sistemas. En base a ello se puede contrastar la diferencia entre cuartos de bombas con un mantenimiento periódico

y equipos de control actualizados con el estado de otros cuartos de bombas con diseños típicos, pero poco o ningún mantenimiento.

Estas inspecciones de campo permitirán establecer una muestra representativa de los sistemas de impulsión y su funcionamiento actual, tomando también en cuenta racionamientos de agua, concluyendo con el análisis y recomendaciones en base a distintas experiencias in situ de personal calificado en el área.

Es importante señalar que, aunque las propuestas son en función a una problemática general de abastecimiento de agua en la Capital, el sistema hidroneumático “mejorado” es recomendado para cualquier caso ya que incorpora dispositivos y mecanismos que en general facilitan la operación, ofrecen mayor seguridad a personas y equipos e incrementan vida útil disminuyendo costos de mantenimiento.

CAPÍTULO I. PROBLEMA EN ESTUDIO

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la situación país ha generado importantes inconvenientes en cuanto a los servicios públicos, como son los racionamientos en el suministro de agua y electricidad, presentando fallas permanentes, lo cual obliga a un suministro no constante con interrupciones continuas de los sistemas de bombeo en ciclos reducidos de gran consumo por parte de los usuarios, generando puntos de operación extremos y mayor manipulación de los equipos.

Muchos de esos sistemas son operados no sólo por personal técnico; sino también por personal no calificado (usuarios operadores) y entre los equipos que se manipulan se encuentran tanques de presión, bombas, compresores de aire, componentes de control eléctricos, mecánicos, hidráulicos, electrónicos, válvulas y tuberías. La maniobra de todos ellos puede generar un gran riesgo tanto para las personas como para los equipos si no se encuentran bien diseñados, calculados, instalados y luego si no son manejados de forma correcta, teniendo reportes de accidentes durante el funcionamiento o simplemente fallas de las instalaciones o daños a equipos.

Considerando la disponibilidad actual de un gran abanico de elementos que pueden mejorar significativamente el control, la seguridad, simplificar la operación y a su vez permiten modernizar y actualizar el diseño e instalación de dichos sistemas, se puede optimizar el funcionamiento general realizando adaptaciones con la tecnología disponible. Las características de estos nuevos dispositivos permiten su incorporación en el diseño, incluso tomando en cuenta fallas sucesivas en el suministro de agua o en los parámetros de electricidad.

OBJETIVO GENERAL

Plantear mejoras para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas hidroneumáticos en edificaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Actualizar el diseño, operación y mantenimiento de sistemas de impulsión.
2. Comparar el diseño actualizado con el método planteado en la Gaceta Oficial 4044.

3. Evaluar el funcionamiento de una muestra representativa de sistemas actualmente operativos.
4. Comparación técnico-económico del diseño actualizado en diversas variantes como lo son “sistemas hidroneumáticos”, “sistemas de presión constante” o “grupos de presurización electrónica”.
5. Recomendar los parámetros óptimos para el diseño, operación y funcionamiento del sistema hidroneumático.

ALCANCE Y LIMITACIONES

Presentar las propuestas para actualizar el diseño, instalación, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua planteados en la Gaceta Oficial 4044 y catálogos de fabricantes de estos equipos. Los sistemas hidroneumáticos se evaluarán mediante investigación aplicada en edificaciones existentes ubicadas en el Distrito Capital, considerando la experiencia acumulada en la incorporación de equipos y dispositivos como controles de presiones máximas, alivios de seguridad de presiones máximas, controles de temperatura y de consumo eléctrico de los equipos y sensores del nivel de líquidos, para actualizar el control y seguridad de los sistemas, considerando lo mencionado sobre los ciclos de racionamiento, modificando algunos aspectos en diseño, dimensionamiento, y comparación económica del sistema hidroneumático con otros sistemas como los sistemas de presión constante con variadores de frecuencia o grupos de presurización electrónica.

Para el trabajo de grado, se pretende hacer una recopilación de normas y manuales existentes para diseño e instalación de los sistemas de abastecimiento de agua en edificaciones, y luego otra colección de experiencias en diversos sistemas en funcionamiento con empresas especializadas que prestan servicio en el mantenimiento correctivo y preventivo de esas instalaciones.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Para el trabajo de grado se utilizaron como soporte y referencia los siguientes trabajos de grados:

Linares S. Fernando D. (2007). Universidad Central de Venezuela. En su trabajo especial de grado para la obtención de título “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN UN CENTRO AMBULATORIO “, donde se realiza un estudio a fondo sobre las condiciones actuales del funcionamiento del sistema hidroneumático y se efectúa un nuevo planteamiento óptimo con hidroneumático; entre sus diversas conclusiones se hace énfasis en una de las causas del deterioro del sistema hidroneumático como lo es el mantenimiento erróneo, donde se extraen piezas funcionales de otros equipos para instalarlas en el sistema hidroneumático del caso en estudio, y se carece de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo. Además, concluye que puede permitirse un ligero incremento en el número de arranques por hora sin colocar en riesgo la integridad del mismo, a diferencia del diseño tradicional para calcular tanques hidroneumáticos, donde los equipos eran más susceptibles a riesgos y daños.¹

Francisco J. Fernández F. (2012). Universidad de San Carlos de Guatemala. “GUÍA GENERAL PARA EL CÁLCULO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS” donde se explica que, para lograr un funcionamiento óptimo de las instalaciones hidráulicas, no basta con un cálculo correcto, sino es necesario brindarle un mantenimiento adecuado y profesional a cada uno de sus componentes; el cual debe ser realizado por personal capacitado sometido a un programa de inducción sobre seguridad. También plantea para los casos de problemas de suministro de agua que lo recomendable es operar con un sistema hidroneumático para el bombeo del agua almacenada en tanque, donde su cálculo e instalación sea avalada por un profesional capacitado.²

Bruno D. Samaniego O. y Luis M. Taco C. (2012). Escuela Politécnica Nacional de Ecuador. “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL PARA REGULAR LA PRESIÓN DE SUMINISTROS DE AGUA POTABLE Y DE MITIGACIÓN DE INCENDIOS PARA EL EDIFICIO DE LA CORPORACIÓN GPF”, en el cual se realizaron una serie de pruebas de sistemas de controles de presión conectados a bombas directas a las instalaciones o a un hidroneumático, obteniéndose como

resultado satisfactorio la combinación de los controles a los sistemas de bombeo como una medida de seguridad que controla la presión de bombeo y desactiva el sistema en caso de presentar alguna falla.³

BASES TEÓRICAS

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

Linares Fernando en su trabajo de grado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN UN CENTRO AMBULATORIO” establece que: “Es aquel sistema que se encarga de almacenar y abastecer el agua potable que se distribuye en las instalaciones. Tiene como función principal suministrar el agua en la cantidad y presión requerida además de mantener una reserva para un periodo de tiempo establecido. Este sistema está conformado por bombas, tanques subterráneos, tanques de almacenamiento, tanques hidroneumáticos, tuberías, etc.”.¹

TANQUES A PRESIÓN (HIDRONEUMÁTICOS)

Francisco Fernández en su trabajo de grado “GUÍA GENERAL PARA EL CÁLCULO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS” establece que: “Los tanques a presión o tanques hidroneumáticos son recipientes cerrados donde se acumula agua bajo presión”.²

SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

Son sistemas de abastecimiento que operan con tanques a presión aire/agua bajo la acción de bombas y compresor.

FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LOS SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS

Funciona bajo el principio de fluidos compresibles y la Ley de Boyle-Mariotte, en donde, el aire inyectado por tener partículas más separadas, se comprime más fácil y, por ende, primero que el fluido a distribuir. Esta ley establece que el volumen que ocupa un gas es inversamente proporcional a la presión aplicada, siempre y cuando la temperatura no sea modificada.

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad (1)$$

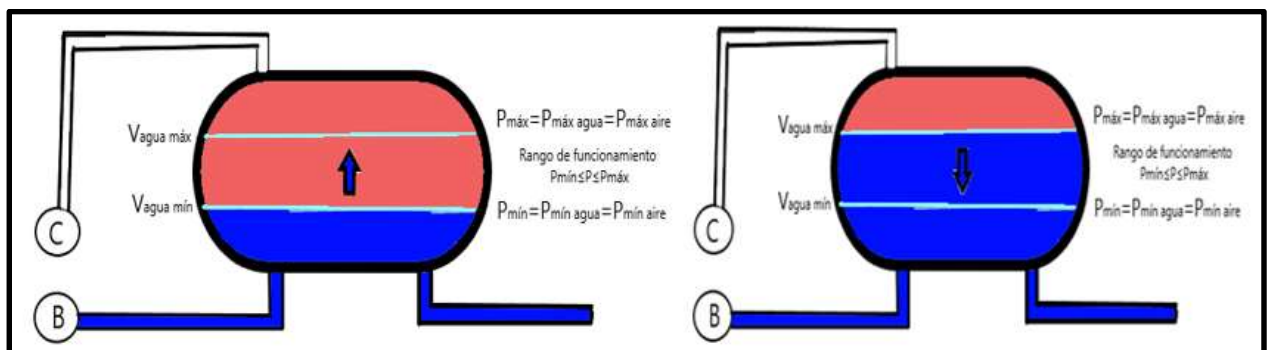
Donde P_1 es la presión inicial del gas y V_1 es el volumen inicial del gas. Al variar el volumen hasta obtener uno nuevo " V_2 ", cambiará la presión aplicada " P_2 ".

Para colocar en marcha el sistema, el compresor se enciende e inyecta aire al hidroneumático hasta llegar a la presión deseada de dicho gas, posteriormente, se encienden las bombas para incrementar el nivel de agua hasta el volumen indicado para la presión máxima deseada (ver anexo A).

El sistema funciona con dos presiones, presión mínima y presión máxima; cuando la presión es mínima el presostato se acciona encendiendo las bombas y surten al hidroneumático, aumentando progresivamente el nivel de líquido dentro del mismo y comprimiendo el aire en su interior. Una vez alcanzada la presión máxima, los grupos de bombas se apagan por el accionamiento del mismo presostato y el hidroneumático abastece a las redes en todo momento por la acción de la compresión del aire dentro del mismo.

A medida que el nivel de agua del hidroneumático disminuye, la presión dentro del mismo se reduce producto de la expansión del aire hasta llegar a la presión mínima de trabajo. Durante estos ciclos, el aire interior se pierde en alguna medida por dilución con el agua (y por posibles fugas dentro del sistema, que requiere corrección inmediata); por esta razón la empresa "Sistemas Hidroneumáticos C.A." en su publicación "MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE SISTEMA DE BOMBEO" en la página 31 establece que. "Los compresores deben estar accionados por interruptores de nivel y de presión, para asegurar el mantenimiento de las proporciones debidas de agua y aire".⁴

Imagen 1. Rango de volumen útil del hidroneumático.



Fuente: Elaboración propia.

Existen en el mercado otros modelos de tanque a presión o hidroneumático, los cuales contienen una membrana interna precargada que separa los volúmenes de aire y agua sin permitir contacto directo entre ellos y evitan la dilución o absorción del aire con el agua. Con una limitación en el mercado referente a la capacidad máxima disponible de los tanques a presión precargados y los requerimientos de las edificaciones (ver anexo B).

COMPRESOR DE AIRE

El compresor de aire es controlado por medio de una combinación de sensores de nivel y de presión de aire, los cuales en serie accionan/desactivan al mismo.

Siendo la función del compresor la de reemplazar el aire que se pierde por absorción del agua y por posibles fugas, su potencia es sensiblemente inferior a la de los equipos de bombeo. No obstante, en capacidad deben vencer una presión superior a la máxima del sistema, y la misma no pasa de pocos pies cúbicos de aire por minuto, debido a que el agua logra absorber un pequeño porcentaje de aire dentro del hidroneumático.

Francisco Fernández en su trabajo de grado “GUÍA GENERAL PARA EL CÁLCULO, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRONEUMÁTICAS” establece que: “...La experiencia indica que el compresor debe ser relativamente pequeño y el mismo se encenderá esporádicamente...”.²

Según la firma PEERLES PUMP DIVISION ha sido satisfactorio seleccionar compresores con capacidad de 1 a 2 pies cúbicos por minuto por cada 1000 galones de capacidad del hidroneumático.⁶

Los compresores se utilizan en hidroneumáticos sin membranas.

BASES TEÓRICAS ELÉCTRICAS

TABLERO DE CONTROL

Según, Carlos Cardozo Galvis (2011). “El tablero de control es una caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, protección, señalización y medición, para realizar una tarea específica dentro de un sistema tipo eléctrico”.⁷

Según Roberto Xavier Aman (2015). “La fabricación y ensamblaje de un tablero de control eléctrico debe cumplir con criterios de diseño y normativas de seguridad que

permiten su correcto funcionamiento, tomando en cuenta que una vez energizado debe garantizar la seguridad de operadores e instalaciones en la cuales se encuentra ubicado”.⁸

PRESOSTATOS

Se debe controlar el funcionamiento del sistema según la presión adecuada para el mismo. Este dispositivo controla el rango de presiones de operación del tanque hidroneumático. Cuando el agua ejerce una presión igual a cierta elongación del resorte, se activará o desactivará el dispositivo. También es graduable en presión máxima/mínima y/o en rango diferencial; cuando la presión en el sistema baja, se activará el presostato encendiendo el compresor y/o bombas hasta llegar a la presión indicada para su funcionamiento.

Existen presostatos electrónicos o digitales los cuales poseen la misma función del presostato electromecánico.

Las mejoras integradas en estos últimos son:

- Display donde visualizar el valor de la presión en el punto instalado.
- Mayor facilidad para ajustar el rango de presiones.
- Señal análoga que permite monitorear la presión.

Normalmente se deben colocar tres presostatos, uno para el compresor, otro para la activación de las bombas y uno de emergencia.

El presostato de emergencia permite activar una segunda bomba en caso de alcanzar una presión por debajo del rango de trabajo, causado por un mayor consumo en el sistema, lo cual requiere incremento de caudal y aporte de más de una bomba en simultáneo (ver anexo C).⁹

PROTECTORES TÉRMICOS Y/O DE AMPERAJE

Existen varios tipos, algunos de ellos:

- **Relé térmico**

Estos dispositivos se utilizan para controlar el amperaje de los motores de las bombas, evitando un exceso de consumo en amperios por alguna falla mecánica o eléctrica en el conjunto motor-bomba. Se ubica en la parte de comando, después del contactor.

- **Sensor bimetalico térmico**

Dispositivo de abrir/cerrar circuitos por temperatura que puede ir ubicado en el motor eléctrico y/o en la carcasa de impulsión de la bomba con la función de proteger el impulsor cuando ocurren sobre calentamientos por falta de fluido o por causas mecánicas, y otro para proteger el motor cuando ocurre sobre calentamiento por fallas mecánicas o eléctricas.

- **Guardamotor**

Al igual que los relés térmicos se utilizan para controlar el amperaje, protegiendo contra sobrecargas en la línea de alimentación y motor y cortocircuitos, ubicado al inicio de la parte de potencia.

PROTECTOR/SUPERVISOR DE VOLTAJE

Es un dispositivo electrónico diseñado para supervisar y controlar las fluctuaciones de voltaje en las fases eléctricas de alimentación al tablero de control. Si se encuentran fuera del rango adecuado desactiva cualquier tipo señal de alimentación eléctrica a los equipos. Si existe alguna falla de alimentación y la misma se regulariza, el supervisor solo la reconectara transcurrido un tiempo de protección, después que el valor del voltaje regrese al rango adecuado de trabajo.

Casos de funcionamiento:

- **Voltaje Bajo:** Para mantener el mismo nivel de trabajo en voltaje bajo, el motor aumenta el consumo de corriente, lo cual genera calentamiento.
- **Desbalance de tensión:** Esta se produce en los sistemas trifásicos, cuando hay líneas que alimentan más carga que otras. Esta situación no la pueden percibir los relés térmicos, por lo cual el motor se degrada y se quema a la primera sobrecarga.
- **Arranques sucesivos debido a interrupciones en el suministro:** Los motores en general no deben exceder un número específico de arranques sucesivos por hora, ya que cada arranque genera un nivel de calor que se acumula sobre el motor.
- **Fase Invertida:** En caso de equipos trifásicos (la gran mayoría) si por motivos de fallas en el servicio eléctrico algunas de las fases se invierten en orden, originaria un sentido de giro contrarios en los motores de los equipos, operando de forma

totalmente incorrecta y peligrosa. El supervisor detecta esta condición y desactiva la alimentación de control.¹⁰

RELÉ TRIFÁSICO DE PROTECCIÓN

Es un relé de protección trifásico para motores, a base de microcontrolador. Cumple la función de protección contra sobrecarga, sobre voltaje/bajo voltaje, desbalance, pérdida de fase, fase invertida, rotor bloqueado, temperatura, variación de frecuencia y arranques continuos.

Este sistema, le muestra al operador a través de su pantalla led la siguiente información: reporte de corriente y voltaje, reporte de FP/kV/kWH/kW y frecuencia, reporte de valores de ajuste, reporte de tiempo acumulado de trabajo del motor, reporte de modo de encendido, reporte de últimas 80 fallas, reporte de frecuencia de red, tiempo de apagado del equipo, reinicio de valores por defecto, arranque forzado, encendido/apagado remoto.

Especificaciones

- Alimentación trifásica, conexión de 3 hilos (delta), 50/60 Hz.
- Bajo voltaje -20% a -5% voltaje nominal.
- Sobre voltaje 5% a 20% voltaje nominal.
- Desbalance de voltaje 2% a 10% voltaje nominal.
- Variación de frecuencia: $\pm 2\%$ a $\pm 10\%$ frecuencia nominal.
- Corriente nominal 1-4A, 3,5-12,5A, 10-32, 25-80A
- Desbalance de corriente CUB>48%.
- Clase térmica IEC 60255-8, Clase 10 fija.
- Tiempo de reconexión por sobrecarga 10 a 60 min.¹¹

Imagen 2. Relé trifásico de protección.



Fuente: Catálogo. Recuperado de: <http://www.genteca.com.ve/rele-trifasico-de-proteccion-para-bombas-en-general.r.aspx>. Consultado el: 30/09/21

CONTACTORES

Aparato eléctrico del mando cuya función es abrir o cerrar circuitos eléctricos. La selección básica de los contactores va en función de la potencia de los equipos en HP y kW y además del voltaje requerido por los mismos; actualmente, cada empresa de fabricación de contactores cuenta con tablas de dimensionamiento y fichas técnicas que ayudan a seleccionar el correcto contactor (ver anexo D).

El principal condicionante para colocar uno o más contactores e inclusive, cambiar de equipo eléctrico por otro, es el tipo de arranque de las bombas del sistema.¹²

Imagen 3. Contactor.



Fuente: Catálogo. Recuperado de: <https://www.prodemic.net/producto/contactor-andeli-cjx2-d5011-220v-2/>. Consultado el: 30/09/21

RELÉ DE ALTERNANCIA

Dispositivo electrónico de control que opera activando dos cargas eléctricas en forma alterna. Diseñado para ser usado en cualquier aplicación de automatización general y principalmente para alternar bombas en sistemas hidroneumáticos. Cada vez que el

dispositivo detecta un cambio, de cerrado a abierto entre sus entradas 1 y 2, generará una actuación sobre los contactos de su etapa de salida, cambiando de posición.¹⁴

TIPOS DE ARRANQUES

Existen diferentes tipos de arranques para diferentes tipos de motores, pero los más usados en motores trifásicos son:

- **Arranque directo**

El encendido del motor es directo; al momento de realizar el arranque, el motor consume de 5 a 8 veces la corriente nominal para lograr girar al inicio, esto implica un mayor desgaste del mismo y de los componentes eléctricos del tablero (ver anexo E).

- **Tipo Estrella-Triángulo**

El encendido del motor es de dos tiempos para reducir el consumo eléctrico en el encendido. Para este tipo de arranque se necesita un relé temporizador y un mayor número de contactores en comparación al arranque directo. El primer contactor se alimenta directamente del breaker de potencia, un contactor realiza el arranque estrella mientras que el último hace el arranque triángulo (ver anexo F).

- **Arrancador suave**

Es un dispositivo eléctrico que sustituye el tipo estrella triángulo integrado en 1 solo aparato, que controla el encendido del motor cuando se requiere una elevada corriente de arranque. Haciendo que el arranque tenga un bajo consumo de corriente, en función a lo que se desee graduar el dispositivo (ver anexo G).

- **Variador de frecuencia**

Este tipo de arranque se realiza con un dispositivo eléctrico de potencia. El encendido es progresivo por lo cual no existe pico de consumo eléctrico durante el mismo. Además, permite tener un control de la velocidad (rpm) de rotación del eje del motor durante todo el tiempo de funcionamiento del motor-bomba (ver anexo H).¹⁵

BASES TEÓRICAS HIDROMECAÑICAS

VÁLVULA DE SEGURIDAD DE SOBREPRESIÓN

Por algunos motivos excepcionales, la presión puede alcanzar niveles peligrosos para el sistema hidroneumático, por lo que normalmente se coloca en el tanque hidroneumático una válvula liberadora de presión, de seguridad o de alivio para evitar daños en el sistema y limitar la presión máxima en el tanque.

Estas válvulas evitan que un hidroneumático falle drásticamente por un exceso de presión (condición muy peligrosa), puesto alivia a la presión calibrada previamente, permitiendo liberar exceso de presión existente en el sistema. Dichos dispositivos se graduarán de modo que inicien su operación a una presión 10% mayor que la del funcionamiento máximo normal del sistema.

TIPOS DE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN

Se pueden clasificar como:

- **Tipo De Ascensión**

Válvulas de seguridad de apertura instantánea: Cuando en la línea se supera la presión de tarado, la válvula abre instantáneamente y al 100% (On).

Válvulas de alivio de presión: Cuando en la línea se supera la presión de tarado, la válvula abre proporcionalmente al aumento de presión.

- **Tipo De Actuación**

Válvulas de actuación directa: Son válvulas cargadas en el eje, al alcanzar la presión de tarado abren automáticamente debido a la acción del fluido a presión sobre el cierre de la válvula.

Válvulas de actuación indirecta: Este tipo de válvulas actúan sin ayuda de ninguna fuente alterna que le proporcione energía, también llamado piloto "se gobierna así mismo".

- **Número De Asientos**

Válvulas de seguridad sencilla: En el interior de su cuerpo contiene un solo asiento.

Válvulas de seguridad dobles o múltiples: En el interior de su cuerpo contienen dos o más asientos.¹⁶

PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE VÁLVULA DE ALIVIO

1. Tamaño y tipo de conexión

El tamaño o capacidad de la válvula debe corresponder al tamaño de la tubería de entrada y descarga. La “National Board” de Estados Unidos especifica que tanto la tubería de entrada como la tubería de descarga conectadas a la válvula deben tener el mismo diámetro en su abertura de entrada y para la descarga de la válvula misma.

Es importante tomar en cuenta el tipo de conexión, macho o hembra, y si está conectado por bridas.

2. Ajuste de la presión de disparo

La presión de abertura de la válvula se debe ajustar al punto donde no exceda la presión de trabajo máxima permitida (MAWP) del recipiente de presión. Quiere decir, que la válvula debe abrirse en o por debajo del MAWP del equipo. A su vez, el MAWP del equipo debe ser al menos un 10% mayor que la presión de funcionamiento más alta esperada en circunstancias normales. Para el caso de usar más de una válvula, puede tomarse como 16% mayor que la presión de funcionamiento y, para el caso donde la válvula es sometida a fuego, puede tomarse como 21% mayor.

Esta presión se mide en libras por pulgada cuadrada (PSIG).

3. Temperatura

La temperatura afecta el volumen y la viscosidad del gas o líquido que fluye a través del sistema, por lo que se debe considerar tanto la de funcionamiento como la de alivio. También ayuda a determinar el material de construcción ideal para la válvula.

4. Contrapresión

Es la presión en el lado de salida de la válvula de alivio de presión como resultado de la presión en el sistema de descarga, y esta puede ser constante o variable. Puede afectar la presión de ajuste de la válvula aguas arriba y hacer que se abra repetidamente, lo que puede dañar la válvula.

Para instalaciones con altos niveles de contrapresión constante, es posible que se requiera una válvula sellada con fuelle o una válvula operada por piloto.

5. Servicio

Los diferentes tipos de servicio (vapor, aire, gas, etc.) requieren diferentes válvulas. Además, el material de construcción de la válvula debe ser apropiado para el servicio.

6. SET

Existen dos tipos de presión de set; Simmer, el cual es el punto justo cuando la válvula abre, es decir, la primera descarga continua del fluido y, Pop, siendo este cuando la válvula abre totalmente.

Estas presiones de set dependen del fabricante. Si el set es Pop, por cada prueba o ensayo, se deteriorará más la válvula debido a su apertura total.¹⁷

CRITERIOS PARA ELEGIR EL TIPO DE VÁLVULA

- Si la descarga se puede realizar directamente a la atmósfera y se envía a depósitos colectores con contrapresión muy baja: válvulas no equilibradas.
- Si la descarga se envía a depósitos colectores con contrapresión elevada (hasta el 25% de la presión de tarado): válvulas equilibradas.
- Si los productos son inocuos (nitrógeno, CO₂, vapor de agua, etc.): válvulas de seguridad con sombrerete abierto a la atmósfera.

El proyectista también debe poder contestar a las preguntas:

- ¿La presión de tarado está muy próxima a la presión de trabajo?
- ¿Se considera esencial la apertura rápida de la válvula de seguridad?
- Válvula de seguridad accionada por piloto o Válvula de seguridad de presión suplementaria o Válvula de seguridad de apertura asistida.

Después de esta selección previa, se debe consultar al fabricante de válvulas de seguridad, dando detalles de la situación concreta del proceso.¹⁸

DIMENSIONADO DE VÁLVULA DE SEGURIDAD

Para el cálculo del volumen de descarga deseado, se requiere conocer el área superficial del tanque hidroneumático.

Para tanques a presión con cabezas semiesféricas, se utiliza la siguiente fórmula.

$$A = L * D * \pi \quad (2)$$

Donde:

A: Área total en m² L: Longitud total en m D: Diámetro en m

Figura 1. Área superficial de hidroneumático.



Fuente. Estructplan. Cálculo Válvulas De Seguridad. Recuperado de: <https://estructplan.com.ar/calculo-valvulas-de-seguridad/>. Consultado el: 19/08/2021.

Para obtener el área en pies² se multiplica el área total por la conversión de la unidad al cuadrado (3.281²).

Si dicho valor no se encuentra dentro de las tablas de los distintos catálogos de fabricantes (Ver anexo I), se calculará con la siguiente fórmula:

$$PCM = 53.632 * A^{0.82} \quad (3)$$

Donde el área está en pies². PCM es pie cúbico por minuto.

Las válvulas de seguridad deben inspeccionarse periódicamente. Para inspeccionar correctamente una válvula de alivio de presión, el fabricante realiza una serie de recomendaciones detalladas en el anexo J.¹⁹

NOTA TÉCNICA: TANQUES HIDRONEUMÁTICOS. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD.²⁰

El objetivo del método es establecer con exactitud el tamaño del tanque hidroneumático, disminuyendo el tamaño de los equipos del sistema en comparación con otras metodologías. Además de esto, el método equilibra la reducción de capacidad de los equipos con mayor tiempo de operación.

Los equipos actuales al ser más resistentes permiten un mayor número de arranques por hora, por dicha razón, el método permite hacer una evaluación de los equipos para elegir los mejores tomando en cuenta los costos de inversión inicial y operación:

El método se basa en dos ecuaciones fundamentales. En la primera ecuación se establece el tiempo de funcionamiento continuo de la bomba en el intervalo operativo, con base en la relación de caudales de la bomba y del sistema, y en consideración a la máxima frecuencia de arranques por unidad de tiempo permitida para el motor eléctrico de accionamiento. En la segunda se calcula el volumen útil de agua que deberá almacenar el tanque durante un ciclo, en función de la relación de caudales y del tiempo total del intervalo operativo. (Herán, 2013, p. 164).²⁰

Además, toma en cuenta la Ley de Boyle-Mariott para, en conjunto con las presiones máximas y mínimas del sistema, calcular los volúmenes necesarios del tanque a presión.

Se busca obtener el caudal demandado por el sistema a través de métodos previos, junto con las condiciones de presiones mínimas que alcanzan al tanque hidroneumático.

Luego se multiplicará por la relación “f”, en un rango de 1.25 a 2.0, para obtener el caudal de bombeo “Q_b” que debe ser mayor a caudal del sistema “Q_s”.

Debido a que el caudal suministrado por las bombas, debe tener la capacidad de alimentar la red y llenar el hidroneumático:

En todo caso, la bomba o bombas de la instalación deberán suministrar un Q_b nominal superior a Q_s, tal que una parte de Q_b alimente el sistema y la parte restante alimente de modo simultáneo el tanque hidroneumático. En el caso límite, en el cual Q_b sea igual a Q_s, no será necesario el tanque hidroneumático, pues toda el agua enviada por la bomba al sistema será continuamente consumida por éste. (Herán, 2013, p. 164).²⁰

Donde:
$$f = \frac{Q_b}{Q_s} \quad (4)$$

$$f = 1,5 \text{ (normalmente asumido)}$$

Despejando la relación de caudales, se obtiene:

$$Q_b = Q_s * f \quad (5)$$

Se establece el número de arranques requeridos por hora. Mientras menos arranques, mayor su capacidad, tomando siempre en cuenta las dimensiones del espacio físico al instalar el tanque de presión.

Establecido el número de arranques se obtiene un tiempo teórico de operación del conjunto moto bomba-hidroneumático “ t_i ”, este tiempo permite estimar el volumen del hidroneumático a instalar, y luego seleccionar uno comercial adecuado al mismo. Se obtiene mediante la siguiente forma:

$$t_i = \frac{1}{\# \text{ de arranques/h}} \quad (6)$$

Posteriormente se calcula el tiempo teórico de operación de la bomba “ t_b ”, en donde $t_b < t_i$.

$$t_b = \frac{t_i}{f} \quad (7)$$

Mediante los parámetros de tiempos teóricos ya establecidos se procede al cálculo del volumen útil “ V_u ” que determinarán las condiciones de trabajo del tanque

$$V_u = Q_s(t_i - t_b) \quad (8)$$

$$V_u = Q_s t_i \left(1 - \frac{1}{f}\right) \quad (9)$$

Una vez calculado el volumen útil, se procede a determinar la relación de volúmenes que van definir las dimensiones finales del tanque hidroneumático.

$$V_{ef} = \left(\frac{P_{m\acute{a}x} + P_b}{P_{m\acute{a}x} - P_{m\acute{i}n}}\right) * V_{\acute{u}t} \quad (10)$$

$$V_a = V_{ef} - V_{\acute{u}t} \quad (11)$$

$$V_{rem} = 0.25 * V_{ef} \quad (12)$$

$$V_t = (V_{ef} + V_{rem}) \quad (13)$$

En donde:

V_{ef} : Volumen efectivo o volumen variable.

V_a : Volumen de aire dentro del tanque hidroneumático.

V_{rem} : Volumen remanente de agua que debe tener el tanque a presión como medida de seguridad para garantizar el contenido de aire dentro del mismo y evitar su escape hacia el sistema durante las operaciones de abastecimiento. Este debe ser al menos el 25% del volumen efectivo.

V_t : Volumen total del tanque hidroneumático.

Verificadas las condiciones del hidroneumático, y adaptando el volumen total a un hidroneumático comercial. Se determinan los tiempos reales del funcionamiento, como se muestra a continuación:

- Tiempo de llenado del tanque por la bomba

$$t = \frac{2 * V_u}{Q_b * N^{\circ}_{bomba}} \quad (14)$$

- Tiempo de vaciado

$$t = \frac{2 * V_u}{Q_s} \quad (15)$$

- Tiempo entre arranque consecutivo.²⁰

$$t = \text{tiempo de llenado} + \text{tiempo de vaciado} \quad (16)$$

CÁLCULO DE UN SISTEMA DE HIDRONEUMÁTICO CON LA GACETA 4044

1. Para el cálculo de un sistema de hidroneumático de cualquier edificación en proyecto o ya construida, se debe partir del cómputo de la dotación que dependerá del uso de la edificación, cantidades de áreas de las habitaciones y las dimensiones de áreas extras existentes. Luego se efectúa la sumatoria de las distintas dotaciones obtenidas en el “Capítulo VII De Las Dotaciones de agua para las edificaciones”. Posterior al conteo de dotación por área y uso, se deberá obtener el caudal a suministrar para dicha edificación en un lapso de tiempo dado. Ese valor se expresa en gastos instantáneos (lpd) o en volumen (m³/d).
2. Se aplica el Método de Hunter. Un método probabilístico que relaciona unidades de gasto con gasto probable. Se procede a:

- a. Con los planos de la edificación se define y analiza la cantidad de piezas sanitarias por piso y total en la edificación. Se le asigna un gasto según sea de pieza instalada en sitio y se identifica el gasto mínimo que debe tener cada pieza (Ver anexo K).
 - b. A Cada pieza se asigna una unidad de gasto asignada (U.G.) que corresponderá a uso privado o uso público (Ver anexos L y M); con las cuales se determinará la cantidad de unidades de gasto de estas por piso de acuerdo al tipo de pieza sanitaria y las unidades totales que tendrá la edificación.
 - c. Con la tabla de Hunter suministrada en dicha gaceta (tabla 37) se define el gasto probable de la edificación (ver anexo N).
 - d. El cálculo para de la estimación de caudales se realiza por tramo entre piezas sanitarias en función de las U.G. donde se busca, a través de los planos de la edificación, la pieza más lejana debido a la predominancia a ser la más exigente por energía requerida y presión necesaria para su correcto funcionamiento. Luego de determinar el gasto probable por tramo, desde la pieza más exigente hasta la entrada del sistema de impulsión, se debe realizar una verificación de energía y presión con la segunda pieza más exigente, a fin de comprobar cuál pieza rige el cálculo en el sistema. Este procedimiento se realiza a través de la red de distribución recorriendo tramo a tramo de aguas abajo a aguas arriba, es decir, el recorrido para calcular los gastos probables será desde la pieza más exigente en toda la edificación hasta llegar al sistema de impulsión.
3. Se ha calculado el gasto probable de la edificación.
 4. Se determina el caudal que será suministrado por el sistema de impulsión. Éste se obtiene al multiplicar el gasto medio (producto de dividir la dotación por la cantidad de segundos en un día) por 8 y por 10, para luego tomar el promedio entre los dos o el considerado para un diseño más conservador, dentro del rango de ambos.
 5. Con la mínima presión requerida, definida como la presión en la entrada del sistema de impulsión, obtenida con el método de Hunter, se determina la presión máxima como la sumatoria de la presión mínima (en mca) más 14 mca.

6. Con dicho rango de presiones se asume un volumen mínimo (en porcentaje, usualmente un 10%) de agua en el tanque hidroneumático y se obtiene el volumen máximo de agua del hidroneumático antes de bombear contra la red (ver anexo O).
7. La diferencia de dichos volúmenes es el volumen útil " V_u ", con el V_u se determina el factor de mayoración, (Ver anexo P); según el número de arranques por hora, el cual incrementará en dicha proporción el gasto de bombeo obteniéndose el volumen requerido del hidroneumático.
8. Con el volumen obtenido y la presión de trabajo (presión máxima) se podrá seleccionar las medidas comerciales del hidroneumático. Es importante destacar el número de arranques por hora; un menor número de arranque por hora implica un hidroneumático con mayor V_u y, por lo tanto, mayores dimensiones.
9. Una vez definido el hidroneumático se determina la curva del sistema para poder ubicar el mejor modelo de equipos de bombeo disponibles en el mercado. La curva del sistema se desplaza hacia arriba y abajo simétricamente (aproximadamente paralela) sin alteraciones acorde a la presión existente dentro del hidroneumático.
10. Para dicha curva, se debe tomar en cuenta el desnivel estático de la bomba con el nivel mínimo de operación del tanque y, además, el desnivel estático entre las alturas de la tubería y ejes de las bombas, asignando valores dentro del rango del gasto de bombeo con el fin de obtener las pérdidas totales y calcular la energía final requerida en el sistema.
11. Con la curva desarrollada del sistema se realiza la búsqueda de la curva característica de bomba que mejor se adapte al sistema.²¹

SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA

CARGAS DEL SISTEMA

Según el Arq. Luis López (1990). En su libro. Instalaciones sanitarias para edificaciones, "para el funcionamiento del sistema, las bombas deben vencer una serie de cargas para impulsar el fluido, ello gracias a la aplicación de una energía formada por la sumatoria de todas cargas" (pág. 140):

$$H = (h_s + h + h_{fs} + h_{fd} + 7.00) \text{ en metros} \quad (17)$$

Donde:

Cargas estáticas:

h_s : altura de succión, desde estanque hasta eje de la bomba

h : Altura total hasta la salida de la pieza más desfavorable

Cargas de fricción:

h_{fd} : Sumatoria de pérdidas por cada pieza y conexión desde la más lejana hasta la bomba

h_{fs} : Sumatoria de todas las pérdidas por fricción desde la succión hasta la descarga

7.00 m: Presión requerida en las tomas más desfavorables

CAUDAL DE BOMBEO

$$Q = \frac{(\text{dotación día}) * (8 \text{ ó } 10)}{86400} \quad (18)$$

El caudal se reparte porcentualmente entre dos o más bombas del equipo. Estas se dividen en piloto y de servicio, los porcentajes de división más comunes son:

Tabla 1. Relación de % de caudal de bomba piloto y de servicio

Número de bombas	%Qb Piloto	%Qb Servicio
2 bombas de servicio		50% C/u
1 piloto + 2 servicio	De 10 a 35%	50% C/u
3 bombas de servicio		35% C/u
1 piloto + 3 servicio	De 10 a 35%	35% C/u
4 bombas de servicio		25% C/u

Fuente: Arq. Luis López (1990). Instalaciones sanitarias para edificaciones.

Maracay-Venezuela. Pag 140

POTENCIA DE BOMBEO

$$HP_{bomba} = \frac{Q * H}{75 * ef} \quad (19)$$

$$Hp_{motor} = 1.44 * HP_{bomba} \quad (20)$$

Tabla 2. Factores de cálculo de Hp de motor según Hp de bomba

Potencia de la Bomba	Fórmula
Hasta 2 Hp	$Hp_{motor} = 1.5 * HP_{bomba}$
2 Hp – 5 Hp	$Hp_{motor} = 1.3 * HP_{bomba}$
5 Hp – 10 Hp	$Hp_{motor} = 1.2 * HP_{bomba}$
10 Hp – 20 Hp	$Hp_{motor} = 1.15 * HP_{bomba}$
Superiores a 20 Hp	$Hp_{motor} = 1.1 * HP_{bomba}$

Fuente: Arq. Luis López (1990). Instalaciones sanitarias para edificaciones.
Maracay-Venezuela. Pág. 140

VELOCIDAD ESPECÍFICA

Es un indicador útil para tener una idea general del tipo de bomba que se debe seleccionar. La relación entre las características de rendimiento, capacidad, carga y velocidad de rotación se denomina velocidad específica y se obtiene:

$$N_s = \frac{N * Q}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (21)$$

Donde:

N: velocidad en rpm, Q: caudal y H: Carga total

NPSH (Net Positive Suction Head)

Para el funcionamiento de las bombas, estas requieren determinada carga neta positiva de succión (NPSH), para permitir que el fluido fluya hacia el impelente. Esta se clasifica en dos, requerida y disponible. Siendo la requerida la necesaria por el fabricante, según la bomba seleccionada y la curva con la que vaya a ser diseñada para evitar cavitación. Mientras que la disponible viene por la fórmula:

$$NPSH = Patm - T_c^\circ - H_s \quad (22)$$

Donde:

Patm: Presión atmosférica,

T_c[°]: Tensión del vapor de agua a la temperatura ambiente

H_s : Altura dinámica de la succión. Siendo la diferencia de altura entre la válvula de retención y el eje de la bomba, más las pérdidas por fricción y localizadas.

Durante el bombeo no se debe permitir que la presión en cualquier punto dentro de la bomba caiga por debajo de la presión de vapor del líquido, a la temperatura de bombeo. Siempre se debe tener suficiente energía disponible en la succión de la bomba para hacer que el fluido llegue al impulsor y contrarrestar las pérdidas entre la boquilla de succión y la entrada al impulsor de la bomba (ver anexo Q).

VALVULAS DE SOBREPRESION

Las válvulas se seleccionan en función del caudal de la bomba, si todas las bombas son iguales, se toma el Q_b de la bomba de servicio, si la bomba piloto y la bomba de servicio son diferentes, se toma la bomba piloto.

Tabla 3. Diámetro de válvulas y tuberías de alivio.

Caudal a recircular LPS	Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de la válvula de alivio
Hasta 1.01	1"	½"
1.01 - 1.25	1 ¼"	¾"
1.26 – 2.25	1 ½"	1"
2.26 – 5.00	2"	1 ¼"
5.01 – 10.00	2 ½"	1 ½"

Fuente: Arq. Luis López (1990). Instalaciones sanitarias para edificaciones.

Maracay-Venezuela. Pág. 141

Si el sistema instalado no presenta válvulas de sobrepresión o alivio, se requiere de tuberías de enfriamiento de las carcasas de los motores mediante la recirculación al tanque de 4 litros/minuto por cada HP de la bomba.²²

Implementos y equipos para el correcto funcionamiento del sistema de impulsión:

- Interruptores de flotante para detener el funcionamiento de las bombas en caso de faltar agua en el estanque bajo

- Conexiones flexibles para absorber las vibraciones, en la succión y en la descarga de cada bomba.
- Válvula de retención y llave de compuerta en la descarga de cada bomba.
- Válvula de retención en la succión de cada bomba.
- Manómetro metálico en la tubería de descarga de cada bomba.
- Sistema automático de control de presión para arranques y paradas de cada bomba a las presiones mínimas y máximas en la distribución de acuerdo con las fluctuaciones de la demanda.
- Variadores de frecuencia.
- Tablero de control automático y manual del sistema, incluyendo interruptores y señales de alarma, por descenso de la presión mínima, por exceso sobre la presión máxima, y por elevación de la temperatura en las bombas y en los motores.
- Cualquier otro aditamento o equipo que se considere necesario para garantizar el servicio de agua regular a la edificación y prestado por el sistema.

VENTAJAS SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA

- Sencillez de operación.
- Espacio físico reducido.
- Reduce los riesgos de daños del motor durante el encendido y apagado.
- Al girar el rotor en función de la demanda del sistema, el variador permite ahorrar energía.

DESVENTAJAS SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA.

- Presenta mayor nivel de ruido.
- Requiere encendido de 24 horas, por lo cual, requiere suministro continuo de agua y electricidad.
- La instalación, programación y mantenimiento, debe ser realizada por personal más calificado que el de los sistemas hidroneumáticos.
- Las averías del variador, no se pueden reparar in situ (hay que enviarlos a la casa del fabricante o servicio técnico).

- La vida útil de los variadores de frecuencia es inferior a la de los hidroneumático, por lo que, estos se deben cambiar por lo menos 2 veces en la vida útil de todo el sistema.

SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA

Es el nuevo sistema integrado para la presurización hidráulica en instalaciones domésticas y residenciales, no requiere ningún elemento adicional para su instalación salvo tuberías de entrada y salida del sistema de impulsión (ver anexos R y S).

VENTAJAS DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA

- Instalación sencilla, se pueden colocar equipos en serie y/o paralelo.
- Mínimo aprendizaje de cómo operar con el sistema.
- Es silencioso, la potencia de trabajo instantánea varía según la demanda de la red de forma automática.
- Permite ahorrar considerable espacio debido a que todos los componentes mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos se encuentran en un solo equipo.

DESVENTAJA DEL SISTEMA DE PRESURIZACIÓN ELECTRÓNICA

- Aún limitados en cuanto a potencia máxima requerida en edificaciones, dependiendo de la capacidad o potencia demandada su uso se limita generalmente hasta 7 HP. No obstante, pueden combinarse, resultando mejor alternativo o no en base al factor económico.
- El mantenimiento debe realizarlo personal calificado por fabricante,
- En caso de fallas, mayor tiempo sin servicio durante el periodo de evaluación, reparación.

MARCA Y RANGO DE POTENCIA

De la principal casa que las fábricas: “DAB WATER TECHNOLOGY” los modelos se pueden visualizar en anexos (ver anexos T, U y V). Además, se puede encontrar un modelo de presurización electrónica en la casa Pedrollo (ver anexo W).

BASES LEGALES

Gaceta Oficial N° 4044. Normas sanitarias, para el proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones

Artículo 152: Cuando el abastecimiento de agua público garantice servicio continuo y presión suficiente, el sistema de abastecimiento de las edificaciones podrá servirse directamente desde el tubo matriz a las piezas, instalando en la entrada de la aducción, para evitar el posible refluo del agua, una válvula de retención

Artículo 155: En ningún caso se permitirá la conexión directa de las bombas con el sistema de abastecimiento público de agua. En el diseño del sistema de abastecimiento de agua, para edificaciones de gran altura no se sobrepasará las presiones previstas en el Capítulo XIX de estas normas.

Artículo 181: Cuando en los sistemas de abastecimiento de agua de las edificaciones, se requiera la instalación de bombas y motores, éstos deberán ubicarse en ambientes adecuados que satisfagan como mínimo, los siguientes requisitos:

- a.- Altura mínima del local: 2,10 metros.
- b.- Pisos impermeables con pendiente mínima del 2% hacia desagües previstos.
- c.- Puerta de acceso con posibilidad de apertura total y dotada de cerradura.
- d.- Iluminación y ventilación adecuada.
- e.- Espacio libre mínimo de 50 cm por lo menos en dos de los lados del conjunto bomba-motor, para permitir su fácil reparación o remoción.
- f.- Con acceso libre desde áreas comunes de la edificación. En caso de edificaciones unifamiliares, los ambientes que aloje a las bombas y motores podrán tener dimensiones, en cuanto a la altura inferior a la anotada.

Artículo 182: Las bombas y motores deberán ubicarse a una distancia mínima de un metro de los linderos de las parcelas, e instalarse sobre fundaciones de concreto, adecuadamente proyectadas para absorber las vibraciones. La altura mínima de estas fundaciones, deberá ser de 0,20 metros sobre el nivel del piso. Los equipos se fijarán sobre las fundaciones, mediante pernos de anclaje.

Artículo 183: Para el bombeo de agua en las edificaciones se recomienda la utilización de bombas centrífugas, preferentemente a las de cualquier otro tipo.

Artículo 186: En la tubería de impulsión e inmediatamente después de la bomba, deberán instalarse una válvula de retención y una llave de compuerta.

Artículo 187: En el caso de que la tubería de succión no trabaje bajo carga, deberá instalarse una válvula de pie en su extremo para prevenir el descebado de las bombas.

Artículo 188: En los componentes de las bombas centrífugas sin acople directo, el eje deberá unirse al del motor mediante un acoplamiento flexible, debidamente alineado, vertical y horizontalmente.

Artículo 189: Salvo en el caso de viviendas unifamiliares o bifamiliares y para sistemas hidroneumáticos y con estanque bajo y elevado, el equipo de bombeo deberá instalarse por duplicado, manteniéndose ambos equipos permanentemente en condiciones adecuadas de operación. Se recomienda la instalación de interruptores alternadores para garantizar el funcionamiento alternativo de las unidades de bombeo.

Artículo 190: Cuando el sistema de distribución de agua esté provisto de estanque bajo y estanque elevado, la capacidad del equipo de bombeo deberá ser tal, que permita llenar el estanque elevado en un tiempo no mayor de dos horas.

Artículo 191: La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución.

Artículo 192: La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula siguiente: $HP = \frac{Q \cdot h}{75 \cdot ef}$ donde, HP = Potencia de la bomba en caballos.

Q = Capacidad de la bomba en faros por segundo

h = Carga total de la bomba en metros

ef = Eficiencia de la bomba

Artículo 194: En lugares donde se disponga de fuerza eléctrica, se recomienda que la bomba sea accionada por un motor eléctrico, debidamente seleccionado de acuerdo con las características de la bomba.

Artículo 195 Los motores eléctricos que accionen bombas deberán tener una potencia normal del 130% de la absorbida por la bomba, si son trifásicos, y del 150% si son monofásicos. En caso de que se disponga de datos técnicos precisos, podrá calcularse la potencia requerida, tomando en cuenta tales características.

Artículo 198: En zonas donde el abastecimiento público de agua no garantice presión suficiente, podrán instalarse en las edificaciones equipos hidroneumáticos, para mantener una presión adecuada en el correspondiente sistema de distribución de agua.

Artículo 201: El equipo de bombeo deberá instalarse por duplicado, salvo el caso de viviendas unifamiliares y bifamiliares. Cada Unidad tendrá una capacidad igual a la demanda máxima estimada para el sistema, la cual puede considerarse de 8 a 10 veces

el consumo medio por hora, en todo caso podrá calcularse la capacidad de las bombas en función del número de piezas sanitarias servidas.

Artículo 202: Las bombas deben seleccionarse para trabajar contra una carga por lo menos a la presión máxima en el tanque hidroneumático.

Artículo 203: Bajo la condición de máxima demanda, las bombas deberán tener intervalos adecuados de reposo entre las paradas y los arranques. Se recomienda que el promedio de estos no sea mayor de 4 a 6 horas. En todo caso se tomarán en cuenta la capacidad y las características de las bombas del sistema y el número de arranques y paradas que permitan el las especificaciones del equipo a instalar.

Artículo 205: La presión mínima en el estanque hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida según la Tabla 36 en la pieza más desfavorable del sistema. Se recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14,00 metros.

Artículo 207: Los estanques hidroneumáticos se construirán de láminas de acero remachadas o soldadas de espesor suficiente para soportar con adecuado margen de seguridad, las presiones a que el estanque estará sometido.

Artículo 208: Los estanques hidroneumáticos se apoyarán sobre el suelo en soportes adecuados y en los horizontales, se colocará sobre los soportes de lámina de material aislante, tipo empackadura, para absorber las expansiones a que estarán sometidos. Estos estanques horizontales se instalarán con pendiente mínima de 1% hacia el drenaje o limpieza previsto.

Artículo 209: El volumen total del tanque hidroneumático y los volúmenes de agua y de aire requeridos, podrán determinarse utilizando los gráficos que aparecen en el Apéndice de estas normas, Figuras 17 y 18. Igualmente, dichos volúmenes podrán ser determinados por otros métodos de cálculo y en función del tipo de sistema o equipo a instalar mediante justificación técnica confiable, debidamente sustentada.

Artículo 210: Se recomienda la instalación de interruptores alternadores para garantizar el funcionamiento alternativo de las unidades de bombeo.

El equipo hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

- a.- Interruptor del flotante para detener el funcionamiento de las bombas y del compresor, si lo hubiere, en caso de faltar el agua en el estanque bajo.
- b.- Llaves de purga en las tuberías de drenaje y el lavado de los estanques.

- c.- Válvulas de retención en cada una de las tuberías de descarga de cada bomba al tanque hidroneumático.
- d.- Conexiones flexibles para absorber las vibraciones.
- e - Llaves de paso entre la bomba y el hidroneumático, entre este y el sistema de distribución y entre la bomba y el estanque bajo.
- f.- Manómetro
- g.- Válvula de seguridad.
- h.- Dispositivo para control automático de volúmenes de aire y agua.
- i.- Interruptor de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima.
- j.- Indicador exterior de los niveles con definición de máximos y mínimos del agua y del aire, dentro del tanque hidroneumático.
- k.- Tablero de control automático y manual.
- l.- Dispositivos de drenaje o purga del tanque hidroneumático, con su correspondiente llave de paso.
- m.- Compresor u otro equipo que reponga el aire perdido en el tanque hidroneumático.
- n.- Filtro para el aire, en el compresor u equipo de inyección.

Artículo 211: Para mantener en todo momento el volumen de aire necesario en el tanque hidroneumático, deberá preverse un compresor fijo de capacidad adecuada u otro equipo de inyección, dotado de filtro. En instalaciones pequeñas se podrá omitir el equipo de inyección.

Artículo 218: La carga mínima de cada una de las bombas a instalar será tal que garantice en todo momento la presión mínima requerida, según la tabla 36 del Capítulo XIX de estas normas, en la pieza sanitaria más desfavorable del sistema y tomando en cuenta las pérdidas de carga de las tuberías de succión y de distribución, la diferencia de cotas entre el nivel medio del agua en el estanque bajo la pieza más altas del sistema, y las pérdidas de carga debidas a válvulas y a piezas de conexión.

Artículo 222: Los sistemas de bombeo directo deberán ser dotados de los implementos que se indican a continuación:

- a.- Interruptores de flotante para detener el funcionamiento de las bombas en caso de faltar agua en el estanque bajo.
- b.- Conexiones flexibles para absorber las vibraciones, en la succión y en la descarga de cada bomba.
- c.- Válvula de retención y llave de compuerta en la descarga de cada una de las bombas.
- d.- Manómetro metálico en la tubería de descarga de cada bomba.

e.- Sistema automático de control de presión para arranques y paradas de cada bomba a las presiones mínimas y máximas en la distribución de acuerdo con las fluctuaciones de la demanda.

f.- Tablero de control automático y manual del sistema, incluyendo interruptores y señales de alarma, por descenso de la presión mínima, por exceso sobre la presión máxima, y por elevación de la temperatura en las bombas y en los motores.

g.- Cualquier otro aditamento o equipo que se considere necesario para garantizar el servicio de agua regular a la edificación y prestado por el sistema.

Artículo 277: Las bombas instaladas en las edificaciones y destinadas al abastecimiento de agua de las mismas, incluyendo las de los sistemas hidroneumáticos y las de los sistemas de bombeo directo, no podrán conectarse directamente con el abastecimiento de agua público sino en forma indirecta a través de un estanque de almacenamiento o tanquilla de bombeo. Se exceptúan las bombas de sistemas contra incendio.

Artículo 300: La presión estática máxima en las bocas de alimentación de las piezas sanitarias servidas, no debe ser superior a 40 metros de altura de agua. En caso de presiones mayores, el sistema de distribución de agua deberá dividirse en zonas y/o instalarse válvulas reductoras de presión.

Artículo 301: Para el cálculo de las tuberías de distribución se recomienda una velocidad mínima de 0,60 metros por segundo para asegurar el arrastre de partículas y una máxima de 3,00 metros por segundo, para evitar ruidos en las tuberías.

EXPLICACION DE DISEÑO

Caso 2. Para el cálculo del sistema de distribución de agua para edificaciones que utilicen estanques hidroneumáticos se recomienda el siguiente procedimiento:

a.- Asúmase una velocidad en el sistema de distribución, y en función de los gastos probables, determínese todos los diámetros.

b.- Determínese la pérdida de carga desde el estanque hidroneumático hasta la pieza más desfavorable.

c.- Al valor obtenido, súmese la presión requerida en la pieza más desfavorable y la diferencia de cota entre el nivel inferior del estanque y el punto de alimentación de dicha pieza, con lo cual se obtendrá la presión mínima requerida en el hidroneumático.²⁰

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

La finalidad de este capítulo es establecer el nivel de profundidad que se busca mediante el conocimiento propuesto, así como la forma de acceder a la información referente al estudio. Para cumplir con tal fin, el primer aspecto a definir debe ser el tipo y diseño de la investigación, se escoge la población y muestra, se relacionan las técnicas e instrumentos, seguidamente se describe el procedimiento seguido por los investigadores para la realización del trabajo con el respectivo cronograma de actividades.

Según Balestrini (2005) "...el marco metodológico es la instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas, y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real". (p.126).²⁵

La metodología del proyecto es el cómo se realizará el estudio para responder al problema planteado. En el caso específico de esta investigación se analizó cuál era el tipo y diseño de investigación que se correspondía mejor a la propuesta planteada.²⁷

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Stracuzzi, S. (2006), Define el tipo de investigación como: "se refiere a la clase de estudio que se va a realizar" (pág.97).²⁵

El tipo de investigación del presente trabajo especial de grado es la de Proyecto Factible y es definida según Stracuzzi, S. (2006), de la siguiente manera: "Consiste en elaborar una propuesta viable destinada a necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica" (pág.107).²⁵

A su vez, según las pautas estipuladas en la guía metodológica del Instituto Universitario de Tecnología Venezuela, (2011) "Se entenderá por investigación de tipo proyecto factible la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos." (pág.19).²⁶

De otro modo, dicho autor hace hincapié en la forma de solucionar una necesidad o un problema que pueda presentar una determinada organización.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se refiere al plan adoptado para obtener las respuestas al problema planteado.

Desde el punto de vista de los datos de la información que se requieren para la profundización y desarrollo de la investigación, apoyado en el diseño de campo, señalando a la vez que Arias, detalla la investigación de campo como “aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero altera las condiciones existentes” (pág.31).

NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Según Arias, F (1997), “Investigación Proyectiva: intenta proponer soluciones a una situación determinada”. (pág.104)

Según Hurtado, J (2008), “La investigación proyectiva tiene como objetivo diseñar o crear propuestas dirigidas a resolver determinadas situaciones. Los proyectos de arquitectura e ingeniería, el diseño de maquinarias, la creación de programas de intervención social, el diseño de programas de estudios, los inventos, la elaboración de programas informáticos, entre otros. Siempre que estén sustentados en un en un proceso de investigación, son ejemplos de investigaciones proyectivas. Este tipo de investigación potencia el desarrollo tecnológico.” (pág.38-49).²⁷

En otras palabras, el nivel de la investigación hace referencia de cómo debemos identificar el problema y proponer la solución correcta, ya que en la medida que podamos ir solucionando las contrariedades se hará el trabajo más fácil, y la toma de decisiones no será tan difícil en inconvenientes futuros.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Según la Guía Metodológica del Instituto Universitario de Tecnología Venezuela. (2011).” Una población se define como un conjunto completo de individuos, objetos o medidas que conforman el contexto de investigación los cuales poseen unas características o cualidades comunes, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.”. (pág.11).²⁶

Es decir, lo que se denomina comúnmente como población en una investigación, es el conjunto que brindará los datos para recolectar toda la información necesaria y cumplir a cabalidad los objetivos planteados. Cabe destacar que, en el trabajo de investigación

realizado, manejaremos como población los cuartos hidroneumáticos ubicados en la zona de Caracas distribuidos de la siguiente forma: cinco (5) en el Distrito Capital y cinco (5) sistema en la Zona Metropolitana de Caracas, ordenados de la siguiente manera:

- 1) Caricuao UD-4 Terraza Carabobo, bloque 42
- 2) Caricuao UD-4 Terraza Yagual, bloque 17
- 3) UCAB
- 4) UCAB
- 5) UCAB
- 6) Chacaíto, Residencias Vera
- 7) La Alameda, Residencias Avilambra
- 8) Los Ruices, Fábrica de galletas.
- 9) CVA – Las Mercedes
- 10) Residencias, Caurimare Tepuy

Si bien se presentan en el siguiente trabajo reportes de diez (10) cuartos de bombas, se realizaron visitas a otros cuartos en otros sectores como Edificios de El Llanito, El Márquez, Palo Verde, La Unión, Los Cortijos, Manzanares, la candelaria, entre otros.

Según Stracuzzi, S. (2006), “Cuando se propone un estudio, el investigador tiene dos opciones: abarcar la totalidad de la población, lo que significa hacer un censo o un estudio de tipo censal o seleccionar un número determinado de unidades de la población, es decir, determinar una muestra”. (pág.116).²⁵

Según la Guía Metodológica del Instituto Universitario de Tecnología Venezuela, (2011) “Muestra, subconjunto de una población”.

Para la presente investigación será tomado el criterio, según la guía metodológica del Instituto Universitario de Tecnología Venezuela, (2011) “Cuando la población es menor que 30 se investigan todos sus elementos”. (pág.11).²⁶

A esta población de diez (10) cuartos hidroneumáticos de edificaciones, le serán aplicados dichas técnicas e instrumentos de recolección de datos para la culminación de este proceso.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas a utilizar para la presente investigación serán la entrevista y la observación directa.

Según Stracuzzi, S. (2006), “la técnica de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información” (pág.126).

La técnica de recolección de datos se refiere a los procedimientos empleados para dar información relacionada con el sistema actual y el sistema a proponer.

Según Stracuzzi, S. (2006), “un instrumento de recolección de datos es, en principio cualquier recurso del cual pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos informaciones” (pág.137).

Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso del que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información o los datos requeridos.

Según Stracuzzi, S. (2006),” La entrevista es una técnica que permite obtener datos mediante un diálogo que se realiza entre dos (02) personas cara a cara: el entrevistador (investigador) y el entrevistado; la intención es obtener información que posea este último” (pág.130).

Se puede decir que la entrevista consiste en una conversación o serie de preguntas entre dos (02) o más personas para tratar un asunto determinado.

Según Stracuzzi, S. (2006),” la observación consiste en el uso sistemático de nuestro sentido orientado a la captación de la realidad que se estudia” (pág.126).

La observación es uno de los principales instrumentos para acumular información acerca de un evento que está sucediendo, es un lugar determinado y una vez aplicada resulta eficaz el proceso de análisis.

Para la presente investigación se utilizará la entrevista la cual será aplicada a todos los encargados del manejo de cuartos hidroneumáticos y al encargado de empresa de instalación de sistemas hidroneumáticos, por cuanto serán los responsables del sistema de control y registro en las edificaciones en estudio, así de esta manera podrán analizar ciertas ideas y obtener la visión general de las necesidades de los sistemas de bombeo.²⁵

TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos es necesario definir una técnica de análisis, como lo son el análisis cuantitativo y el análisis cualitativo. Luego de la recopilación de los datos, que se obtuvo como resultado de las diferentes técnicas aplicadas para tal fin, es necesario analizarlos de forma clara para así poder determinar cuáles son los requerimientos y necesidades del departamento.

Según Castro, (2001), las técnicas de procesamiento para los datos que se extraerán “...no son más que las diferentes operaciones que se pueden realizar con los datos obtenidos a través de los instrumentos...”, (pág.70). De las que se utilizarán en el presente estudio se mencionan las siguientes:

UPEL (2008), “el análisis cualitativo es una técnica que indaga para conseguir información de sujetos, comunidades, contextos, variables o ambientes en profundidad, asumiendo una actitud abierta y previniendo a toda costa no involucrar sus afirmaciones o práctica” (pág.56).

Para poder entender los datos que se procesarán de una forma cuantitativa, se le tendrá que hacer un posterior análisis cualitativo para poder lograr razonar el porqué de los resultados arrojados por dicho estudio cuantitativo de cada una de las preguntas hechas en las encuestas. Esto permitirá tener una idea más clara de lo que se tendrá que hacer para lograr los objetivos propuestos.²⁵

Según Delwyn Goodrick, (2014), “Los estudios de caso comparativos implican el análisis y la síntesis de las similitudes, diferencias y patrones de dos o más casos que comparten un enfoque o meta común. Para hacerlo correctamente, deben describirse en profundidad las características específicas de cada caso al comienzo del estudio. La justificación de la selección de los casos específicos está directamente vinculada a las preguntas clave de evaluación y, por tanto, a lo que hay que investigar”.²⁸

Después de aplicado el instrumento y realizada la recolección de la información, se procede a su análisis de acuerdo al siguiente orden, tomando en cuenta que ya previamente se han realizado las primeras fases de la investigación referente a la selección de problemas.

- Tabulación de la información a partir de los cuestionarios revisados.
- Presentación de la información en matrices estadísticas con cálculo frecuencia y porcentaje igualmente se representaron gráficas (elaboración de cuadros y gráficos estadísticos).
- Interpretación de los resultados (análisis de cada uno de los ítems).
- Elaboración las conclusiones después de los análisis de cada ítem
- Comparativa de costos del sistema a diseñar y otro sistema.
- Elaboración de las conclusiones y las recomendaciones para darle cumplimiento a los objetivos de la investigación.²⁷

CAPÍTULO IV. CÁLCULOS DE DISEÑO OPTIMIZADO

En capítulos posteriores se resumen los principales problemas detectados en las visitas de campo realizadas, así como sus condiciones de operación, riesgos, deficiencias en el abastecimiento y también mejoras verificadas en ciertos sistemas. Y en base a todo ello se culmina el proceso de propuesta de un diseño optimizado.

Para el caso de estudio se toma una edificación constituida por 4 niveles, de 3 apartamentos por piso de 10 piezas sanitarias cada uno. Desnivel entre nivel mínimo de operación del tanque y bomba de 3.55 metros. Se hace el estudio correspondiente al método de Hunter, para la estimación del gasto máximo probable que el sistema de distribución puede exigir, en función del número de piezas sanitarias conectadas al sistema de impulsión. (Ver anexo X)

En base a todos los problemas observados en el abastecimiento de las edificaciones visitadas, existen algunos días (muy pocos) en los cuales el sistema hidroneumático se encuentra en operación continua, luego de haber recuperado el nivel del tanque de almacenamiento y existiendo aún servicio de abastecimiento público. En esos casos, salvo los sistemas con fallas estructurales y sin mantenimiento y poca inversión, el servicio a los usuarios en presión/caudal es adecuado.

No obstante, esa condición no es la usual en el tiempo, predominan los ciclos de racionamiento de cortos periodos de tiempo (muchas veces 30 minutos) una, dos, o tres veces al día. En este caso, la mayoría de los sistemas no cubre la demanda de ese caso más extremo por varios aspectos: falta de capacidad de equipos para cubrir esos picos de operación más extremos, la mayoría de los usuarios poseen unidades de almacenamiento propias para acumular sus requerimientos diarios de agua en pocos minutos, en esa condición mientras los pisos bajos surten sus unidades el fluido demora en alcanzar pisos más altos y reciben muy poco suministro durante esos periodos.

CÁLCULO DEL DISEÑO SEGÚN GACETA N°4044

Se aplica el paso a paso desarrollado en el "CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO", en la sección "CÁLCULO DE UN SISTEMA HIDRONEUMÁTICO CON LA GACETA 4044".

$$\text{Dotación} = 14660 \text{ lpd}$$

$$\begin{cases} Q_m * 8 = 1,36 \text{ lps} \\ Q_m * 10 = 1,70 \text{ lps} \end{cases} \therefore Q_{\text{bombeo}} = 1,5 \text{ lps}$$

$$P_{\text{mín}} = 17,63 \cong 18 \text{ mca} \text{ y } P_{\text{máx}} = P_{\text{mín}} + 14 = 32 \text{ mca}$$

Del anexo O, se obtiene: $\%V_u = 27\%$

$$\# \text{Arranques/h} = 6$$

Del anexo P, se obtiene un factor a multiplicar de: 560

$$Vol = 560 * 6 = 840 \text{ lts}$$

$$Vol_{\text{requerido}} = 840 \text{ lts} = 222 \text{ galones}$$

$$Vol_{\text{comercial}} = 1136 \text{ lts} = 315 \text{ galones}$$

$$\text{Diámetro comercial} = 0,91 \text{ m y Longitud comercial} = 1,83 \text{ m}$$

$$\text{Presión de trabajo} = 60 \text{ psi}$$

$$V_u = \%V_u * V_t = 0,27 * 1136 = 306,7 \text{ lts} = 0,3067 \text{ m}^3$$

SELECCIÓN DE BOMBA SEGÚN GACETA N°4044

Aplicando los pasos de cálculo establecido por la gaceta N° 4044 y obtenido la red de distribución de hunter (ver anexo Y), se busca en los catálogos, la mejor bomba que se adecúe al punto de operación necesario (ver anexo Z), mostrando los datos a continuación:

$$Q = 5,4 \text{ m}^3/\text{h} \quad H = 56,72 \text{ m} \quad Hp = 5$$

Donde, para el punto de operación deseado, la eficiencia está entre 23-24%, cumple con el NPSH disponible, y requiere 5 hp de potencia, para dicho modelo.

Posteriormente a la selección de la bomba, se verifica la velocidad de flujo en el tramo de impulsión, donde no debe ser mayor a 3 m/s.

Diámetro: 1 ½", cuyo diámetro interno para tuberías PPR (50mm) es de 33,40mm.

$$V = \frac{0,0015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi * (\frac{33,40}{1000})^2}{4} \text{ m}^2} = 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

CÁLCULO DE DISEÑO PARA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO

Luego, considerando los ciclos de racionamiento diario existentes en cada edificación y tomando en consideración varias consultas con calculistas, se adopta el valor de 85% del gasto total del método de Hunter, como máximo caudal probable demandado por la red. Este será suministrado por la bomba del sistema de impulsión. Se multiplicará por la relación "f", en un rango de 1,25 a 2,0, para obtener el caudal de bombeo, según fórmula N°4.

$$Q_s = 5,66 \text{ lps} * 0,85 = 4,81 \text{ lps} * 3,6 = 17,316 \frac{m^3}{h}$$

$$f = 1.5 \text{ (asumido)}$$

$$Q_b = 1,5 * 4,81 = 7,22 \text{ lps} * 3,6 = 25,97 \frac{m^3}{h}$$

Conocido el caudal de la bomba, se establece el número de arranques requeridos por hora; se debe tomar en función de las dimensiones que se desee para el hidroneumático según el espacio disponible. Mientras menos arranques, mayor su tamaño debido al almacenamiento de agua.

Con el número de arranques establecido se obtiene un tiempo teórico de operación del conjunto moto bomba-hidroneumático "ti", este tiempo permite estimar el volumen del hidroneumático a instalar para luego seleccionar el hidroneumático comercial cercano a este. Se obtiene mediante la fórmula N° 6.

$$t_i = \frac{1}{6} = 0,1667 \text{ h} = 10 \text{ min}$$

Seguidamente se calcula el tiempo teórico de operación de la bomba "tb", en donde $t_b < t_i$.

$$t_b = \frac{10 \text{ min}}{1,5} = 6,7 \text{ min}$$

Con los parámetros previamente definidos se calculan los volúmenes correspondientes con las fórmulas N°9,10,11,12 y 13, para el dimensionamiento del hidroneumático y su selección.

Mediante el procedimiento de cálculo de Hunter, se obtiene la presión mínima con la que el sistema debe contar para poder suplir la demanda, y la presión máxima establecida por la gaceta que debe ser al menos 14 mca mayor.

$$V_u = 17,316 \frac{m^3}{h} * 0,1667 h * \left(1 - \frac{1}{1,5}\right) = 0,962 m^3$$

$$V_{efectivo} = \left(\frac{313,8kPa + 89,9kPa}{313,8kPa - 172,9kPa}\right) * 0,962 m^3 = 2,756 m^3$$

$$V_a = (2,756 - 0,962) m^3 = 1,794 m^3$$

$$V_{rem} = 0,25 * 2,756 m^3 = 0,689 m^3$$

$$V_t = (2,756 + 0,689) m^3 = 3,445 m^3 = \frac{3,445 * 1000}{3,785} = 910 \text{ galones}$$

$$Vol_{comercial} = 1000 \text{ galones}$$

Se selecciona un tanque hidroneumático comercial de 1000 galones, de características:

$$Vol_{comercial} = 1000 \text{ galones}$$

$$Diámetro comercial = 1,22m \text{ y } Longitud comercial = 3,23 m$$

$$Presión de trabajo = 60 \text{ psi}$$

Determinadas las condiciones del hidroneumático. Se calculan los tiempos reales del funcionamiento, como se muestra a continuación:

- Tiempo de llenado del tanque por la bomba

$$t = \frac{2 * V_u}{Q_b * N^{\circ}_{bomba}} = \frac{2 * 0,962 * 1000}{7,22 * 1} = 266,5 \text{ seg} = 4,4 \text{ min}$$

- Tiempo de vaciado

$$t = \frac{2 * V_u}{Q_s} = \frac{2 * 0,962 * 1000}{4,81 \text{ lps}} = 400 \text{ seg} = 6,6 \text{ min}$$

- Tiempo entre arranque consecutivo

$$t = \text{tiempo de llenado} + \text{tiempo de vaciado} = 6,6 + 4,4 = 11 \text{ min}$$

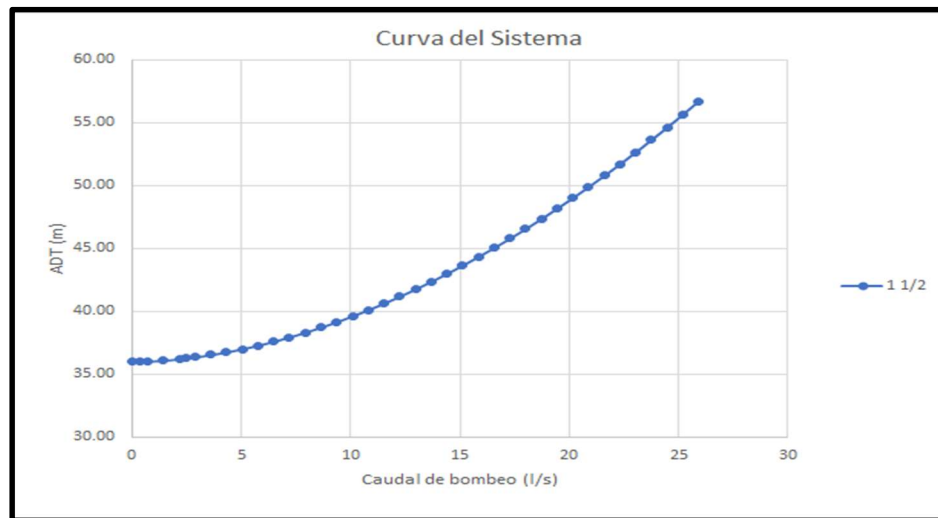
Sin embargo, se elige un hidroneumático comercial de 500 galones de volumen útil es $0.5677m^3$, como intermedio entre el cálculo del mismo por normativa y el cálculo del fabricante. Debido a que actualmente, se construyen equipos más resistentes capaces de permitir un mayor número de arranques por hora. Se establecen como máximo 12 arranques por hora.

Dicho hidroneumático tiene dimensiones de 2,13 metros de longitud, 1,07 metros de diámetro y presión de trabajo de 60 Psi.

SELECCIÓN DE BOMBA DISEÑO OPTIMIZADO

Conocida la curva del sistema, obtenida mediante la tabla sobre el cálculo de la curva del sistema, se intercepta con la curva de la bomba para hallar el punto de operación (ver anexos AA y BB).

Gráfico 1. Curva del sistema.



Fuente: Elaboración propia.

El punto de operación obtenida a través del corte de la curva del sistema con la curva de la bomba es:

$$Q = 20 m^3/h \quad H = 50 m \quad Hp = 6,5$$

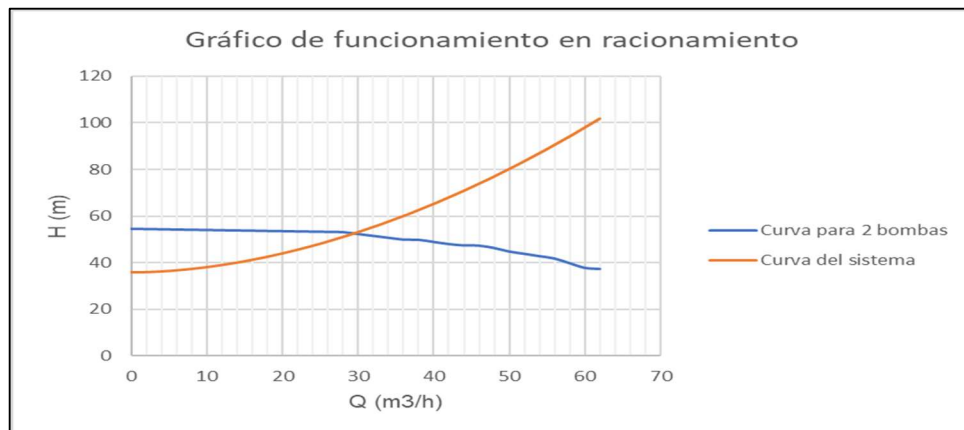
Es importante señalar que, si bien desea verificar el funcionamiento de los sistemas en esa condición de ciclos de racionamiento y realizar propuestas para operación que incluyen esos casos, todas las incorporaciones adicionales que se

realizarán para un diseño optimizado aplican y mejoran el funcionamiento general del sistema en todos los casos, en operación, protección y seguridad.

Se calcula el punto de operación de la bomba para un evento extremo de 30 minutos de suministro. Formando la curva del sistema por la combinación de pérdidas, primero el tramo de succión desde la válvula check hasta la bomba, tomando el caudal para este tramo como $Q/2$, posteriormente el tramo de impulsión de bomba a tanque a presión siendo la suma de los caudales provenientes de las bombas. Esta nueva curva del sistema nos permite tener una aproximación real de los caudales esperados al activar en conjunto las dos bombas. Cuando se encienden las dos bombas el caudal de bombeo incrementa. Mediante este procedimiento se pudo determinar un caudal de bombeo de 30 m³/h. Como se observa en la figura N°3, dicho caudal no representa el doble del caudal impulsado a través del sistema. (Ver anexos CC, DD y EE).

Se verifican los tiempos de funcionamiento de llenado y vaciado del hidroneumático. Para evaluar si el número de arranques aumenta o el sistema opera con equipo de bombeo directo continuo para cubrir la demanda del racionamiento. Este tiempo es calculado con el caudal del punto de operación de la bomba seleccionada, según la curva del sistema.

Grafico 2. Punto de operación del sistema en condición de funcionamiento de dos bombas en paralelo.



Fuente: Elaboración propia.

$$\Delta Q = 8,33 - 4,68 = 3,65 \text{ lps} \quad f = \frac{8,33}{4,68} = 1,77 > 1,25$$

A continuación, se muestran los cálculos de tiempo para el hidroneumático de 500 galones.

- Tiempo de llenado

$$t = \frac{2 * 567,7}{3,65 * 1} = 311,06 \text{ seg} = 5,18 \text{ min}$$

- Tiempo de vaciado

$$t = \frac{2 * 567,7}{4,68 \text{ lps}} = 242,6 \text{ seg} = 4 \text{ min}$$

- Número de arranques

$$0,567 = 3,5 \text{ lps} * 3,6 * \frac{1}{\frac{\#arranques}{h}} * \left(1 - \frac{1}{1,77}\right) \text{ donde, } \frac{\#arranque}{h} = 10$$

El número de arranques menor a 12 por hora son aceptables como condición de funcionamiento.

CÁLCULO DE VÁLVULA DE ALIVIO

Para el hidroneumático establecido, las dimensiones del hidroneumático son:

$$L = 2,13\text{m} \quad D = 1,07\text{m}$$

$$\text{Donde: } A = 2,13 * 1,07 * \pi = 7,16\text{m}^2 * 3,281^2 = 77,077\text{ft}^2$$

$$PCM = 53,632 * 77,077^{0.82} = 1891,05 \text{ PCM/Aire}$$

Se seleccionan 5 válvulas de ¾" de 90 Psi, de la marca "WALWORTH" (Ver anexo FF).

Aunque la capacidad de las 5 válvulas para el modelo seleccionado del fabricante Walworth, no alivia la totalidad del volumen requerido (1100 PCM/Aire), es suficiente para evitar daños severos durante un breve período de tiempo, en el cual, el operador es alertado para apagar el sistema, en caso de fallar otros controles de seguridad.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS COMPARATIVO

VISITAS A CUARTOS DE BOMBAS.

Tabla 4. Descripción de visitas realizadas a cuartos de bombas.

1) FÁBRICA GALLETAS PUIG, LOS RUICES. (11/06/2021). (Ver anexo GG)	
TABLERO DE CONTROL	En los relés de mayor importancia para la seguridad del funcionamiento del sistema de impulsión, se pueden observar los relés térmicos, que brindan una protección por consumo en amperaje, además, un supervisor de voltaje que protege al equipo de altas o bajas tensiones producidas.
MOTOR Y BOMBAS	En este sistema podemos ver instalados protectores térmicos bimetálicos que están ubicados en la carcasa de impulsión, los cuales sirven como protectores en caso de sobrecalentamiento por falta de fluido en circulación (pérdida de ceba) o una falla mecánica.
TANQUE HIDRONEUMÁTICO	Sistema hidroneumático instalado, cuyo volumen de fluido es controlado por el cabezal porta electrodos, activando y desactivando el compresor según sea el volumen que tenga, pudiéndose observar el nivel de fluido a través de visor de nivel de líquido. Posee válvula de alivio de sobrepresión.
2) RESIDENCIAS VERA, CHACAÍTO. (04/09/2021). (Ver anexo HH)	
TABLERO DE CONTROL	Debido a una fuga de agua direccionada justo sobre el tablero de control se produjo un corto circuito que provocó la avería parcial del tablero y daño severo eléctrico de una bomba. Otro de los equipos de bombeo se perjudicó por falta de fluido en la succión debido a la pérdida de ceba en check de succión, en ambos casos hubo que rebobinar los motores de 25 HP.
TABLERO DE CONTROL	El tablero cuenta con una conexión de tres contactores por bomba, que, junto con el relé de retardo, permite tener un arranque tipo estrella-triángulo que disminuye el consumo pico de amperaje en el encendido, generando un arranque suave, evitando el sobrecalentamiento de cables, de componentes eléctricos y del embobinado del motor por el alto consumo generado en arranques.
BOMBAS	Fue retirada la tercera bomba para mantenimiento, además, se hizo el rebobinado de la segunda bomba debido al daño producido por el corto circuito.

VALVULA DE ALIVIO	Se integra una válvula de regulación de presión para pisos bajos, junto con otras válvulas de maniobras debido al sistema de distribución dividido en una línea para pisos bajos y otra para pisos altos, y de esta forma garantizar una presión adecuada en cada piso.
PRESOSTATOS	Sistema cuyas presiones están controladas por tres presostatos; uno controla el apagado y encendido del compresor (junto con el nivel aire/agua del cabezal porta electrodos), un segundo controla el apagado y encendido de las bombas en operación normal y el tercero es el presostato de emergencia que activa la segunda bomba como respaldo si la demanda de agua se incrementa sensiblemente y la presión alcanza un valor menor que la mínima de trabajo.
3) RESIDENCIAS AVILAMBRA, LA ALAMEDA. (10/09/2021). (Ver anexo II)	
TABLERO DE CONTROL	Cuenta con un tablero eléctrico de control para pozo, sistema de hidroneumático de tres bombas, tablero eléctrico de bombas de trasvase con dos equipos, bombas para control de incendio con su respectivo tablero. Además de ello cuenta con seis filtros para mejorar la calidad del agua proveniente del pozo, la cual se mezcla con el suministro de Hidrocapital. Hay un trasvase de agua mixta entre tanques de almacenamiento que también es filtrada.
BOMBAS	Arreglo de bombas en paralelo, debido a dos relés de alternancia (o alternador) les permite tener una combinación de encendido bomba 1 – bomba 2 – bomba 1 – bomba 3, durante operación normal. Permitiendo que las bombas funcionen en alternancia y tengan mayor vida útil.
TRASVASE	Bombas de trasvase de un tanque de aguas mixtas a tanque principal, a través de un filtro desbarrador, ablandador y rayos UV.
TANQUE H.	Sistema cuyas presiones en el sistema son controladas por los tres presostatos ubicados en la parte superior del hidroneumático, y posee válvula de alivio de sobrepresión.
4) UD-4 TERRAZA CARABOBO BLOQUE 42, CARICUAO (19/09/2021). (Ver anexo JJ)	
TABLERO DE CONTROL	El tablero cuenta con un contactor para el encendido de la única bomba en operación, debido a los altos racionamientos de la zona, el sistema trabaja en manual por tiempos limitados porque no cuenta con los controles adecuados para funcionamiento en automático.

BOMBAS	<p>Este cuarto de bombas cuenta con una antigüedad de más de 60 años, presentando falta de mantenimiento. Se encuentra en funcionamiento una de las tres bombas con las que el sistema contaba, tiene una capacidad de 15 HP Meganorm WKL de KSB. Al encender el sistema demora unos 20 minutos en cargar el hidroneumático (una muy mala operación para descargar el pulmón). El equipó actual no suministra la presión necesaria para el apagado automático del equipo. Al momento de la apertura de la llave del tanque hidroneumático el equipo opera constantemente sin desactivarse.</p>
TANQUE H.	<p>Tanque hidroneumático de 1200 galones instalado hace 18 años sin ningún tipo de mantenimiento. El sistema se enciende pocas veces por semana (dos períodos), y se descarga completamente, obligando a los equipos de bombeo a arrancar desde cero en cada oportunidad.</p>
PRESOSTATO	<p>En el sistema de presostatos, solo se encuentra uno en funcionamiento, el cual controla la operación de la bomba. La operación del compresor es manual.</p> <p>El rango de trabajo en condiciones normales es 80-100 Psi, no obstante, debido al estado de los componentes, la bomba enciende de forma continua sin desactivarse en los ciclos de abastecimiento.</p>
5) UD-4 TERRAZA YAGUAL BLOQUE 17, CARICUAO (25/09/2021). (Ver anexo KK)	
TABLERO DE CONTROL	<p>El tablero cuenta con tres (3) contactores, uno (1) por cada bomba para el encendido, aunque existen solo dos equipos. Debido a los altos razonamientos de la zona y falta de controles adecuados el sistema trabaja en manual, no opera de forma automática. No cuenta con un supervisor de voltaje y tampoco con relés térmicos.</p>
BOMBAS	<p>Se encuentran en funcionamiento dos equipos de capacidad de 40 HP, y una carga de bombeo nominal de 50 m, pertenecientes a la casa KSB. Al encender el sistema demora un aproximado de 30 minutos en cargar el tanque hidroneumático (muy mala operación). Mientras el compresor con una capacidad de 1.50 hp, enciende dos horas de forma manual, maniobra en extremo perjudicial para el equipo.</p>
TANQUE H.	<p>Tanque hidroneumático de 1640 galones instalado hace 20 años. Opera pocas veces a la semana (aproximadamente dos ciclos por semana), y al momento del apagado se descarga completamente. Ello obliga a encender el equipo una hora antes de suministrar agua para cargar el sistema, forzando el rango de operación de los equipos.</p>

PRESOSTATO	Del sistema de presostatos, solo se encuentra uno en funcionamiento, el cual controla los equipos de bombeo. El encendido del compresor es manual, y el de emergencia tampoco funciona.
	El rango de operación normal es entre 80 y 100 PSI, en operación continua encienden en rangos de cinco minutos. También presenta una válvula de alivio de 3/4".
6) SISTEMA DE TANQUE DE POZO, UCAB, MONTALBÁN (04/10/2021). (Ver anexo LL)	
TABLERO DE CONTROL	La configuración del encendido de las bombas es controlada por el sistema PLC instalado en tablero, este le permite alternar el encendido de los tres equipos por igual, posee registro del funcionamiento de las bombas y permite conocer si algún equipo presenta fallas.
	Cada bomba cuenta con su tablero de control y puesta en marcha, con un sistema de encendido estrella-triángulo.
BOMBAS	Cuenta con tres equipos operativos y de funcionamiento alterno, modelo Megabloc de capacidad de 15 Hp y una altura nominal de bombeo de 160 m. Al momento de activarse demoran dos minutos en cargar el tanque hidroneumático. El número de arranques es de seis por hora y cuenta con cuatro presostatos de funcionamiento, tres para las bombas entre los cuales se encuentra el de emergencia y uno para el compresor.
TANQUE H.	Es un tanque ubicado a la intemperie que permite alimentar a tanques elevados aproximadamente 70 metros y al edificio Loyola. Posee un rango de trabajo de 120-100 Psi y es cargado por un compresor de 3 Hp.
MANUAL DE OPER.	El sistema hidroneumático presenta un manual de operatividad que permite al operador conocer las instrucciones para colocar en marcha el sistema y acciones en casos de emergencias.
7) SISTEMA DE BOMBEO PARA ÁREA DE CANCHAS DE LA UCAB, MONTALBÁN (04/10/2021). (Ver anexo MM)	
TABLERO DE CONTROL	El tablero de control de bombas y compresor del sistema tiene una conexión de arranque directo para los 3 componentes instalados (2 bombas y 1 compresor), cada uno de ellos con 1 contactor con su respectivo protector térmico, ya que ninguno de los equipos pasa de 10 Hp. Un sistema sencillo sin muchos controles de seguridad que tampoco funciona todo el día, debido a que la ubicación de la zona a surtir tiene un horario de apertura y cierre que normalmente es de 10 horas.

BOMBAS	Sistema de bombas de 7,5 Hp Megabloc que cargan el tanque hidroneumático. No se tiene un registro del número de encendido de las mismas.
TANQUE H.	Este tanque se usa para surtir los baños del edificio de deporte de la UCAB, pero se encuentra ubicado 1 nivel, por encima de los baños, quiere decir que trabaja con presión positiva. También se usa para el riego de la grama de la cancha de fútbol que está a 6 metros por debajo del nivel del tanque. Tiene un rango de trabajo de 80-60 Psi. Cuenta con cabezal porta electrodo, visor (sin marca de volumen útil) y tres (3) presostatos para su funcionamiento.
8) CUARTO DE BOMBEO PARA FERIA DE LA UCAB, MONTALBÁN (04/10/2021). (Ver anexo NN)	
TABLERO DE CONTROL	Tablero de control con sistema de arrancado directo, como consecuencia de bombas cuyas potencias son menores a 10 hp.
TANQUE H.	Contiene con un tanque hidroneumático de 600 galones, instalado según placa en el año 2004. Aunque el cuarto cuenta con dicho tanque a presión, este trabaja solamente en casos de bajo consumo ya que el sistema cuenta con un by-pass, permitiendo trabajar como presión constante. Todo esto mediante el cierre de llaves para evitar el contraflujo del agua cuando se coloque en funcionamiento.
BOMBAS	En total son 3 bombas instaladas más 1 de incendios, cada bomba es de 7,5 Hp y surten el agua a toda la feria, tanto locales como a los baños.
PRESOSTATO	El sistema cuenta con tres (3) presostato, dos (2) para caso de emergencia y bombas y uno (1) del compresor, el rango de trabajo es de 80-60 Psi. El tanque hidroneumático no cuenta con válvula de alivio, esta fue retirada colocando un tapón.
9) CVA, LAS MERCEDES (09/10/2021). (Ver anexo OO)	
TABLERO DE CONTROL	Se observan los distintos relés de protección como los relés térmicos y supervisor de voltaje trifásico. Además, cuenta con relé de nivel de líquido, para el tanque de almacenamiento donde se encuentra un flotante eléctrico y el relé alternador.
	Como se puede observar en el tablero, el sistema cuenta con cantidad de equipos de protección como los sensores bimetálicos localizados en las carcasas del motor y bomba y flotante eléctrico para tanque vacío.
	Durante operación normal, se activa la alternancia de los equipos de bombeo con el relé alternador. No se conoce el tiempo de maniobra entre bombas.

BOMBAS	Sistema con dos bombas en paralelo, con tapón superior para cebado de las mismas y con sus respectivas llaves y válvulas de normativa.
SENSORES	Cuentan con sensores bimetálicos térmicos colocados en las carcasas del motor y las bombas, con el fin de proteger los equipos de sobrecalentamientos por falta de fluido en circulación o fallas mecánicas.
PRESOSTATO	El sistema funciona con presión máxima de trabajo de 80 Psi suficiente para el correcto funcionamiento de todas las piezas sanitarias dentro de la institución. Además, sólo cuenta con dos presostatos, donde uno (1) se utiliza para el accionamiento de las bombas y el compresor y el segundo para caso de emergencia; asimismo, no se logró visualizar válvula de alivio del hidroneumático.
FILTROS	Ubicado justamente después del sistema de impulsión, este filtro de carbón activado tiene una capacidad de 100 galones.
10) CAURIMARE TEPUY, CAURIMARE (09/10/2021). (Ver anexo PP)	
TABLERO	Tablero de grandes dimensiones; el personal de mantenimiento y seguridad de las instalaciones, no permitió tomar visual del tablero por dentro.
BOMBAS	Cuenta con dos (2) bombas ubicadas lateral al tanque de almacenamiento, de 40 hp cada una y dos (2) compresores de 5.5 hp. Dicho tanque compuesto por dos celdas, tiene una capacidad total de 1500m3, controlados por flotantes eléctricos.
TANQUE H.	Tiene una capacidad de 3200 galones, diseñado para una presión de servicio y de prueba de 60 y 90 psi respectivamente.
PRESOSTATO	Sistema de impulsión en funcionamiento con dos presostatos, uno para caso de emergencia y otro para funcionamiento de bombas y compresores, además, contiene dos porta electrodos, que controlan las relaciones de volumen agua/aire dentro del pulmón.
FILTROS	Posterior al sistema de impulsión, se cuenta con un sistema de filtrado en paralelo, con conexiones para retrolavado y con ventaja para extraer un filtro sin afectar el suministro de agua.
ESPACIOS	Como se observa, en la planta inferior se ubica el sistema de filtrado y de impulsión; con grandes espacios lo que permitió una buena distribución. Cuenta con una fosa y bomba de achique con su respectivo flotante.

EVALUACIÓN GENERAL DE LOS CUARTOS VISITADOS

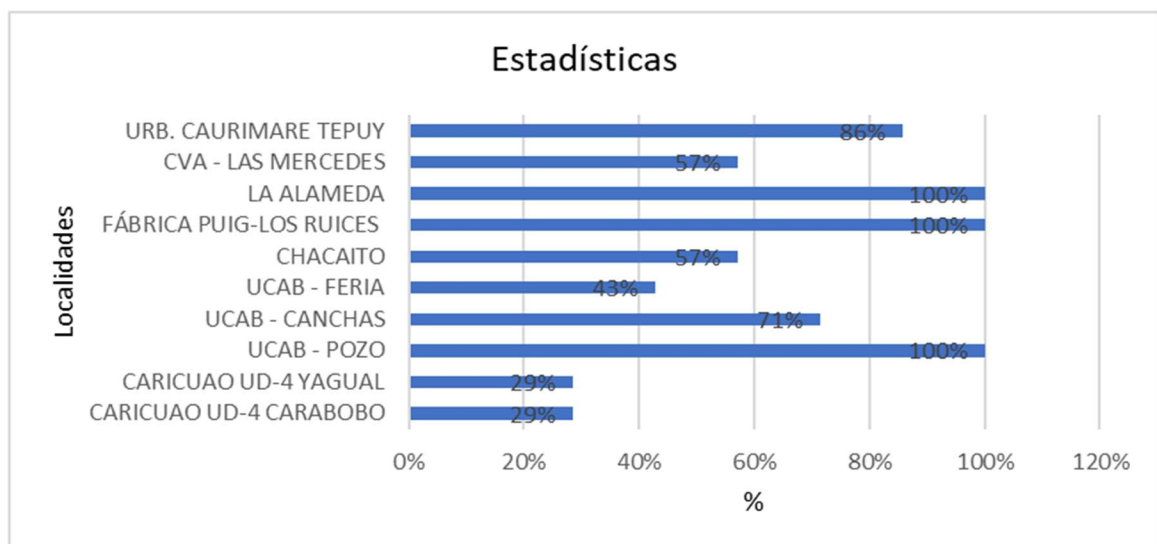
Se hace una evaluación a todos los cuartos visitados en base a una serie de preguntas que, para efectos propios de este trabajo, son de suma importancia para determinar en qué condiciones trabaja el sistema instalado y cuáles son las condiciones de funcionamiento del mismo durante el año en curso. Cada una de las preguntas es respondida por el operador correspondiente del cuarto de bombeo y algunos fueron evaluados en sitio ya que se pudo estar al momento de la puesta en marcha de los mismos (ver anexo QQ).

Tabla 5. Preguntas realizadas para evaluar las condiciones de los cuartos

Preguntas
1) ¿Es manejado por un personal capacitado?
2) ¿Cuenta con un manual de operación?
3) ¿Tiene válvulas de alivio?
4) ¿Presenta controles térmicos?
5) ¿Es revisado por un técnico periódicamente?
6) ¿Las instalaciones del sistema están en buenas condiciones?
7) ¿El sistema satisface la demanda en los picos de consumo?

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3. Evaluación de los cuartos visitados en términos de % de calidad



Fuente: Elaboración propia

Principales problemas detectados en las visitas de campo:

1. Permitir el vaciado completo del tanque hidroneumático, forzando los equipos en cada encendido y puesta en marcha del sistema, disminuyendo la vida útil de los mismos y aumentando costos de mantenimiento.
2. Es muy común el sobrecalentamiento de impulsores y daños mecánicos de bombas (a veces muy graves) por pérdida de ceba debido a fugas en las válvulas check de succión,
3. Los dispositivos de protección de sobrecalentamiento de motores o cables por control de amperaje, como relés térmicos o guardamotores, tienen ciertas limitaciones ante algunas fallas específicas, como por ejemplo una súbita fuga de aire del pulmón que obliga a sucesivos encendidos de bombas con sus correspondientes picos de amperaje en arranque, los cuales incrementan la temperatura del embobinado del motor pero no activan la protección de los relés térmicos de amperaje, que según su condición de fábrica requieren un mínimo de tiempo de consumo eléctrico superior al graduado para activar control del protección. Se han comprobado varias pérdidas de motores por esta condición.
4. En prácticamente en el 100% de los casos que se activa el presostato de emergencia no se debe a altos consumos en caudal que disminuyen la presión del sistema por debajo del mínimo, sino motivado a que el equipo que debe cumplir con el ciclo de operación no envía flujo y se pierde la presión (por ejemplo, pierde ceba). En esos casos se activa el presostato de emergencia y se suministra con el segundo equipo (a unas presiones por debajo de las normales pero similares según normas) y el primer equipo que debe cumplir el ciclo no se desactiva en ningún momento, y mientras el servicio es continuo en oportunidades no hay aviso que un equipo de bombeo permanece en operación continua sin enviar fluido porque no culmina su ciclo. Se han encontrado equipos con 24 horas en esta condición sin aviso, generando daños graves en el mismo.
5. En condiciones de racionamientos de cortos períodos de tiempo y gran demanda por deficiencia en abastecimiento público, durante los ciclos reducidos de envío de agua en edificaciones existen muchos casos en los cuales el suministro no es igual a todos los usuarios, sobre todo en pisos más elevados. Esto también resulta del

almacenamiento propio al cual se han visto obligados los vecinos para tratar de recolectar en poco tiempo lo que requieren en el día, generando condiciones de operación extremas de los equipos de forma puntual.

6. Control de tensiones y voltajes adecuados debido a fallas en suministro eléctrico, de no contar con los supervisores adecuados generarán daños a equipos.

7. Falta de válvulas de alivio en algunos casos.

8. Mal estado de los tableros de control.

9. Deterioro de los cuartos.

10. Instalación de dispositivos eléctricos no adecuados en el tablero, colocados por economía.

11. Falta de mantenimiento preventivo.

12. Operadores no calificados.

13. Falta de manual de operación.

14. Manipulación constante de los tableros de control.

COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DEL SISTEMAS HIDRONEUMÁTICO PLANTEADO EN LA GACETA 4044 CON EL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO

Se realizo un análisis comparativo (ver anexo RR), con el que nos permite conocer las condiciones con las que se diseña cada sistema. Para posteriormente poder plantear las ventajas y desventajas de cada uno (ver anexo SS).

ANALSIS DE COSTO

Con el fin de poder hacer una comparación viable y realista, se realizaron bajo las mismas condiciones de edificación.

Se observa en la tabla 6 la inversión inicial para cada sistema, además de los precios por HP instalado para aproximarse a una estandarización de precios.

La diferencia de costo para la ejecución de ambos sistemas es de \$2.193,43 y en términos porcentuales (%) es del 22.86%

Tabla 6. Comparación en costos de inversión inicial y por Hp instalado (1)

Sistema de impulsión	Inversión	Precio por Hp
Sistema hidroneumático establecido en la Gaceta N°4044	\$9.593,89	\$819,99
Diseño optimizado de hidroneumático	\$11.787,3	\$1.007,46

Fuente: Elaboración propia

COMPARACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO OPTIMIZADO CON EL SISTEMA DE PRESIÓN CONSTANTE CON VARIADORES DE FRECUENCIA

COSTOS

Para una edificación, bajo las mismas condiciones de espacio físico y de consumo, ya establecidas anteriormente, se realizaron los presupuestos pertinentes, tomando en cuenta todas las variables, con el fin de determinar la diferencia en costos de ambos sistemas de impulsión y poder compararlos.

Ambas inversiones son mostradas en la tabla 7, además de esto, se trata de estandarizar a una aproximación real los costos por potencia instalada o HP instalada.

Tabla 7. Comparación en costos de inversión inicial y por Hp instalado (2).

Sistema de impulsión	Inversión	Precio por Hp
Presión constante con variador de frecuencia	\$13.803,60	\$6.901,80
Diseño optimizado de hidroneumático	\$11.787,3	\$1.007,46

Fuente: Elaboración propia

La diferencia en costo (\$) entre ambos sistemas de impulsión es de \$ 2016,28 y en términos porcentuales (%) es del 14.61%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Con la ayuda de la investigación realizada pudimos constatar, que parte de los cuartos de bombeo que tiene instalado sistemas con hidroneumáticos ubicados en la zona oeste de Caracas específicamente la parroquia Caricuao, presentan un gran déficit en su funcionamiento. En su mayoría estos son manipulados por personal no capacitado, respectivamente personal encargados de la administración del edificio; no preparado en cuanto al manejo de un tablero o el funcionamiento correcto de los mismos. Tampoco existe un manual con información donde se puedan informar, cómo actuar en los diferentes casos en los que el sistema pueda trabajar en operación normal o con ciclos de racionamiento.

Este aumento de la manipulación de los equipos se debe al gran racionamiento de los servicios públicos como el agua y la electricidad que existe actualmente en el país. Sin embargo, en los cuartos visitados en la zona sur-este de Caracas, se presentan sistema del mismo diseño que los anteriores, pero que cuentan con más sistemas de control y seguridad que brindan un funcionamiento más óptimo y la mayor parte de esta zona opta por la implementación de pozos subterráneos de agua para poder surtirse de durante los racionamientos ya mencionados.

El mal manejo de los controles del sistema va causando daños que poco a poco se van haciendo mayores. Solo un 40% de los cuartos visitados cuentan con un mantenimiento preventivo y correctivo mensual. Esto alarga la vida útil del sistema de impulsión y brinda mayor seguridad a la integridad de la estructura que lo resguarda o que lo soporta (si está en el techo).

Se pudo constatar durante las visitas a los cuartos de la UCAB, la mala calidad con la que el agua llega a los tanques, un agua turbia sin ningún tipo de estudio que determine la calidad de la misma y que tampoco cuenta con una norma establecida para la condición de instalar un filtro o ablandador u otro sistema que permita mejorar la calidad de la misma.

El sistema de hidroneumáticos tradicional se planteó aproximadamente hace 33 años, exceptuando factores que, en su momento, no tenían relevancia o forma de implementar y mejorar. En la actualidad, con el avance tecnológico en distintos ámbitos y sobre todo en las áreas de la ingeniería, seguridad y automatización, se han desarrollado nuevos dispositivos y componentes para instalar y mejorar en distintos aspectos, los sistemas de impulsión.

Con todos los dispositivos, tablas de selección y procedimiento planteados en este trabajo se buscó mejorar significativamente el diseño y funcionamiento del sistema hidroneumático.

Este diseño optimizado tiene una amplia ventaja con el sistema hidroneumático tradicional. Requiere menos interacción con el operador, una selección más real del principal mecanismo de seguridad (válvula de seguridad) y facilidad para su diseño.

Como se puede observar en las estadísticas, en general, los cuartos de máquinas no funcionan óptimamente a pesar de ser diseñados y construidos para ello. Esta muestra representativa da indicios del estado de funcionamiento de ciertos cuartos con sistema hidroneumático ubicados en la zona de Caracas. Por lo cual es necesario evaluar a fondo cada sistema de hidroneumáticos para establecer mejoras para su funcionamiento, maniobrabilidad y seguridad.

El sistema planteado es más costoso que los sistemas de hidroneumáticos cálculos por la gaceta oficial N°4044, y menos costoso que un sistema de presión constante con variadores de frecuencia. Sin embargo, en comparación con los demás sistemas, tiene distintos beneficios mencionados en el presente T.G, que lo hacen una opción atractiva y válida para su implementación.

Se proponen una serie de recomendaciones pertinentes para cumplir con los parámetros; estas recomendaciones fueron dadas por distintas empresas e ingenieros independientes cuya especialidad es el diseño, mantenimiento e instalación de cuartos de bombes y, además, de experiencias adquiridas durante la realización del T.G.

RECOMENDACIONES

A continuación, se muestran una serie de recomendaciones basadas en las distintas experiencias de campo, diseño y funcionamiento:

Recomendaciones del T.G.

1. Utilizar un sólo presostato para el encendido/apagado de los equipos de bombeo y el compresor debido a que deben trabajar en el mismo rango de presiones, utilizar un segundo presostato de emergencia siempre y cuando se tengan controles de temperatura en la carcasa de impulsión y del motor.
2. Instalar relé trifásico de protección, el cual adicional al supervisor trifásico usual posee otras características como control de amperaje de potencia por máximos y mínimos, entre otras.
3. Colocar sensores de temperatura o termostatos, sean digitales (preferiblemente) o térmicos bimetálicos tipo fusibles.
4. Instalar un switched de alternancia mediante un selector de dos posiciones, para desactivar o activar dicha condición de alternancia de las bombas. Por ejemplo, en caso de ciclos cortos de racionamiento el sistema puede operar con dos equipos en simultáneo en automático (sin alternar), y en caso de falla de un equipo de bombeo y se requiera operar únicamente el otro equipo en automático, se utiliza el mismo switched para evitar el riesgo de una operación manual obligatoria sin control automático de presión.
5. El equipo de bombeo dimensionado debe tener una presión máxima en caudal cero, menor a la presión máxima de prueba del tanque pulmón.
6. De tener un by-pass del tanque de almacenamiento hacia el hidroneumático, se debe instalar una válvula reguladora de presión, con el fin de evitar posibles daños en el mismo producto de las presiones.
7. Incluir en la medida de lo posible la siguiente propuesta del sistema.

Sistema optimizado propuesto

1. Adoptar la capacidad de bombas y diámetros de hidroneumático según método de Hunter.
2. Adoptar capacidad de pulmón intermedio entre lo que dicta la gaceta y el método de la nota técnica, verificando el número de arranque de los equipos.
3. Termostato control de temperatura en carcasa de impulsión (en caso de equipo sin ceba o desgaste de rodamientos, u otra falla mecánica), graduado a temperatura entre 30-35 °C.

4. Termostato control de temperatura en motor (en caso de sobrecalentamiento del mismo en condiciones donde los relés térmicos no se activan), graduado según datos del motor.
5. Supervisor trifásico de protección con control de amperaje de potencia ya que adicional a lo que hace un supervisor de voltaje, éste brinda mayor seguridad al sistema ante otras fallas que se puedan presentar.
6. Definir correctamente las válvulas de seguridad.
7. Luces indicadoras en tablero que indiquen: voltaje y amperaje cuando un equipo enciende, falla de fase, tanque vacío, térmico disparado, temperatura de motor, temperatura de bomba.
8. Switched interruptor de dos posiciones para dejar el sistema en alternancia o no. Es decir, una posición de alternancia “Sí”, otra alternancia “No”.

Es importante el switched interruptor de dos posiciones junto con el relé alternador ya que, en caso de daño de uno de los equipos, cualquiera que sea, se puede apagar y desactivar la alternancia y opera una bomba sola en automático. Esto evita que los usuarios enciendan manualmente el equipo que no está dañado sin control de presiones automático, que ha generado daños. Al momento de apagar una bomba por estar averiada, el relé de alternancia envía una señal a las bombas, si una está dañada, el usuario puede apagarla y colocar “ALTERNANCIA SÍ”. Y así trabajar en automático con una mientras llegan técnicos.

Otro punto importante de esta mejora del switched de alternancia, es que cuando se envía agua en racionamiento de media hora, si ambas bombas están operativas y se desactiva la alternancia, “ALTERNANCIA NO”, se activarán las dos bombas en simultáneo, ayudando a enviar más fluido a todos los usuarios al mismo tiempo. Es decir, en ciclos muy cortos de racionamiento, y con dos equipos se envía mayor cantidad de agua a los usuarios de forma más equitativa, ya que si la mayoría o muchos tienen tanques con una sola bomba el agua demora mucho en llegar a los pisos más altos. Cuando ya cuentan con suministro de agua continua, se coloca, “ALTERNANCIA SÍ”, y funcionan en condiciones normales y operación un ciclo cada una.

Recomendaciones de la empresa Corporación hidroeléctrica Fraynel

1. Se recomienda cambiar o revisar anualmente la válvula de alivio del hidroneumático, debido a que la integridad de todo el sistema depende de esta.

2. Cambiar las válvulas check anualmente, debido a los golpes de ariete a las que son sometidas, generan daños en la misma.
3. Revisar el funcionamiento del flotante eléctrico.
4. Al momento de instalar el tanque de presión, se debe realizar una buena graduación del cabezal porta electrodos.
5. El cable de la acometida debe soportar un amperaje mayor al amperaje nominal del sistema.
6. El tablero eléctrico debe tener breakers magnéticos térmicos.
7. Dimensionar el hidroneumático con el 85% del caudal obtenido por el método de Hunter.
8. Los cuartos deben tener personal calificado para su maniobra y, sobre todo, se requiere de personal técnico especializado para el mantenimiento de los equipos de bombeo.
9. Tener un manual de operatividad, mantenimiento y de acción en caso de emergencia del sistema como guía para el operador encargado del sistema.

Recomendaciones del Ing. Andrés Marcano

1. El ingeniero proyectista debe formar parte de la procura del equipo validando con el cliente, en base a lo que ofrece el proveedor, porque cuando se eligen los equipos se hace con los catálogos y no a la disponibilidad del mercado. Manejar las alternativas viables puede facilitar la selección de la bomba o tanque hidroneumático.
2. Diseñar todos los sistemas de impulsión con visión de mantenimiento durante la operación, pero previniendo el corte del suministro de agua, durante las labores de corrección o prevención en el sistema.
3. Durante la etapa de diseño, realizar un ensayo de calidad de agua para incorporar al diseño ablandadores, filtros u otros elementos para tratamiento básico del líquido y asegurar calidad mínima para funcionamiento óptimo de la red.
4. Se deben retomar por parte de los arquitectos el cumplimiento de las dimensiones y condiciones mínimas de los cuartos de bomba (Artículo 181). Cumpliendo dichas condiciones facilita las labores de mantenimiento, reparación y alarga la vida útil de los equipos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Abastecimiento de agua: Sistema que permite llevar agua con parámetros potables a determinadas edificaciones.
- Abastecimiento de agua privado: Abastecimiento de agua destinado al servicio de una sola edificación determinada, cuya fuente es para uso exclusivo de dicha edificación.
- Agente de desinfección: Químicos usados en el agua para eliminar microorganismos patógenos de un material. Uno de los más usados es el cloro.
- Agua potable: Agua que es destinada al consumo humano y que satisface las características físicas, químicas, bacteriológicas, biológicas y radiológicas que establezca la Autoridad Sanitaria Competente con sus correspondientes normas y que abastece una edificación
- Amperaje: Unidad de medida de la intensidad de corriente eléctrica.
- Arranque de motor: Instante de tiempo en el cual, a través del accionamiento de encendido, el motor empieza a girar.
- Automatización: Aplicación de equipos y elementos electromecánicos y electrohidráulicos para realizar una determinada tarea sin la implicación de un operador.
- Bar: Unidad de presión en el sistema inglés.
- Caudal: Volumen de líquido por unidad de tiempo que pasa por una sección determinada.
- Ceba: Este proceso consiste en llenar de agua la tubería de succión y la carcasa de la bomba, con el propósito de provocar la succión del agua; evitando que queden bolsas de aire en su interior.
- Centipoises: Una unidad de medida de la viscosidad equivalente a la centésima parte de un poise, cuya abreviatura es "cp". En unidades métricas, un cp equivale a una mili pascal por segundo.
- Condición extrema: El término permite hacer referencia a un evento que se encuentra en su grado más intenso o elevado fuera de parámetros normales.
- Conexión flexible: Cualquier conexión hidráulica diseñada para absorber golpes de ariete en el sistema y presiones extremas.
- Contrapresión: Es la presión se encuentra a la salida de la válvula de alivio.
- Corriente nominal: Corriente que consume un equipo, previamente establecido desde su fabricación.
- Cortocircuito: Corriente por fuera de los límites normales de conducción, pueden ocasionar daños severos en los equipos eléctricos.
- Curva característica: Es la representación gráfica, donde se observa la relación única de altura – caudal que garantiza el equipo de bombeo a determinada velocidad de giro del impulsor. Esta curva es única para cada equipo de bombeo.
- Curva del sistema: Representación gráfica de la altura en función del caudal.
- Densidad relativa: Medida adimensional de comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia.
- Desbalance: Indicador de cuán diferentes son las tensiones de un sistema trifásico entre sí.
- Desnivel estático: Diferencia de altura, que existe entre una pieza y otra del sistema con flujo estático.
- Dilución: Es la reducción de la concentración de una sustancia.

- Dispositivo eléctrico: Son aquellos que, para cumplir sus tareas, se aprovechan de la energía que aporta la corriente.
- Dispositivo electromecánico: Son aquellos que combinan partes eléctricas y mecánicas para conformar su mecanismo, y así cumplir con una función determinada.
- Dotación de agua: Es la estimación del consumo promedio diario de agua de una edificación de acuerdo con el uso y la ocupación a que está destinada.
- Edificación: Es cualquier estructura pública o privada y sus dependencias, cualquiera sea su uso, sin importar el tipo de material utilizado en su construcción; se encuentre o no ocupada.
- Edificación particular: Es la edificación utilizada por una persona o de un grupo determinado de personas. Edificación pública: Es cualquier edificación destinada a uso público o que es frecuentada por un conglomerado de personas.
- Fase invertida: Situación en la cual los picos de frecuencia no coinciden.
- Flujo a presión: Hace referencia a la conducción forzada del fluido producto de diferenciales de presión, dentro de una tubería a sección plena.
- Frecuencia nominal: Frecuencia que se muestra en las especificaciones del equipo.
- Gas: Fluido que carece de volumen y forma, cuyas partículas están más separadas que la de los líquidos.
- Gasto probable: Medida en litros por segundo de la demanda hidráulica probable en el sistema de distribución de agua de una edificación, ocasionado por el funcionamiento de las piezas sanitarias por él servidas y que se utiliza para el cálculo de la red de distribución que constituyen el sistema.
- Golpe de ariete: Onda de compresión producida por una brusca desaceleración del flujo en una tubería y debida al cierre rápido de una válvula a la detención de una bomba.
- Guardamotor: Dispositivo electromecánico compuesto por un contactor y un relé térmico que corta toda corriente eléctrica al motor.
- Intensidad o consumo eléctrico: Cantidad de carga eléctrica que transita por un conductor por unidad de tiempo.
- Inversión inicial: Suma de dinero necesaria para construir un sistema de impulsión.
- Juntas abiertas: Juntas que no son herméticas que permiten una separación entre las tuberías que la forman.
- Línea de alimentación: Instalación eléctrica que suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de los motores.
- Membrana: Pieza dentro de un hidroneumático pequeño cuya función es captar el agua proveniente de las bombas, evitando el contacto del agua con la superficie interna del hidroneumático.
- Metros cúbicos por hora: Unidad de caudal o flujo en el sistema internacional.
- Motor: Equipo que usa para mover el impelente de una bomba a través de energía eléctrica.
- Niple: Fracción de tubería, generalmente de reducida longitud.
- Nivel de líquidos: Nivel de líquidos dentro del hidroneumático.
- Nivel mínimo de operación: Es el nivel de agua que tiene el tanque de agua por debajo del cual el equipo de impulsión deja de operar.
- Operador: Persona encargada del manejo y control de los equipos del sistema de impulsión y cuarto de bombas.
- Optimizar: Conjunto de acciones y estudios enfocados a mejorar el funcionamiento de un equipo o sistema.

- Pérdida de carga: Disipación de energía hidráulica causada por un fluido al escurrir a través de un conducto y que se manifiesta por una disminución de la presión.
- Pico de consumo: Es la cantidad de caudal requerido por los usuarios en una hora determinada del día.
- Pies cúbicos por segundo: Unidad de caudal o flujo en el sistema inglés.
- Pieza sanitaria: Cualquier equipo que este dotado de agua, recibe líquidos o residuos y descargue líquidos residuales o residuos en una edificación y que sea de uso para los usuarios.
- Potencia eléctrica: Potencia que el motor eléctrico toma de la red a la cual está conectado, con el objetivo de transformar en energía eléctrica en energía mecánica
- Potencia hidráulica: Energía por unidad de tiempo que se le aplica a un fluido para moverlo.
- Presión atmosférica: Fuerza ejercida por el aire por unidad de longitud de superficie que ejerce sobre una determinada región o zona.
- Presión de tarado: Presión manométrica de ajuste predeterminedada en la que se activa la válvula de alivio.
- Presión de vapor de líquidos: Presión a la que a cada temperatura la fase líquida y vapor se encuentran en equilibrio dinámico.
- Presión estática: Altura a la que alcanzaría un líquido en un piezómetro instalado en cualquier punto de una tubería, cuando el fluido no esté en movimiento.
- Presión máxima: Presión máxima de operación de la red hidráulica y detiene el equipo de bombeo. Esta presión es igual a la presión manométrica más la presión diferencial.
- Presión mínima: Es conocida también como presión manométrica y hace operar el equipo de bombeo. Esta presión es la suma de los siguientes factores: la altura de succión y las pérdidas de energía en la tubería de succión de la bomba, las pérdidas de energía en la tubería hasta la descarga más alejada del hidroneumático y la presión mínima de operación requerida en la descarga más alejada.
- Presión residual: Presión que resulta de restar de la cota piezométrica en un punto dado de un sistema de distribución de agua de una edificación, la cota o altura del mismo punto referida al datum adoptado.
- Presostato: Dispositivo electromecánico que abre o cierra circuitos según la presión ajustada al sistema.
- Presurización electrónica: Equipos de impulsión de uso doméstico y residencial.
- PSIG: Presión en psi (libras por pulgadas cuadradas) por encima de la presión atmosférica medida directamente en el manómetro.
- Punto de operación: Posición de un punto de la curva característica
- Red de distribución: Red interconectada de tuberías que permite el suministro de agua de las piezas sanitarias de la edificación.
- Relé térmico: Dispositivo de protección para evitar sobrecalentamientos o sobrecargas.
- Resistividad o resistencia: Es la dificultad en mayor o menor medida de un conductor para oponerse al paso de la corriente eléctrica.
- Rotor bloqueado: Hace referencia al consumo eléctrico que tiene el motor cuando éste está detenido y se aplica el voltaje nominal.
- Sensor bimetálico térmico: Dispositivo electromecánico que abre o cierra circuitos eléctricos en función de la temperatura.

- Sistema de impulsión: Conjunto de equipos, aparatos y conexiones cuya función es cumplir con el abastecimiento de agua.
- Sistema hidroneumático: Sistema de abastecimiento de agua para una edificación que consiste en un estanque de almacenamiento de agua, de un sistema de bombeo y de un estanque de presión que contiene volúmenes variables de agua y de aire. La presión ejercida por el aire sobre el agua, permite que ésta abastezca las piezas sanitarias instaladas, con gasto y presión adecuados de diseño.
- Sistema trifásico (está demasiado trifásico explicar): Sistema de creación, distribución y consumo de energía eléctrica formada por tres corrientes alternas, acopladas que presentan una diferencia de fase de 120° entre ellas.
- Sobrecalentamiento: Aumento excesivo de temperatura de un equipo, conllevando a daño potencial del equipo.
- Sobrecarga: Aumento excesivo de corriente en comparación con la corriente nominal.
- Sobrepresión: Es el incremento de presión sobre la presión de tarado durante el ascenso de la válvula.
- Sobrevoltaje: Aumento del voltaje por encima del límite máximo establecido.
- Tanque de almacenamiento: Estructura construida en cada edificación con el fin de regular la presión de entrada y almacenar la cantidad necesaria de agua para el consumo de esta.
- Tubería de aducción: Tubería de alimentación de un sistema de distribución de agua de una edificación.
- Tubería de descarga: Tubería por donde el agua impulsada por el impelente es canalizada.
- Unidades de gasto: Es un número abstracto a través del cual se mide la demanda hidráulica probable que ejercen varios tipos de piezas sanitarias sobre el correspondiente sistema de distribución de agua.
- Válvula de retención: Dispositivo instalado en la tubería para impedir el reflujo.
- Válvula de seguridad: Dispositivo que evita la elevación de presión por encima del límite puesto por el operador, previamente determinado con la presión de funcionamiento.
- Variador de frecuencia: Dispositivo eléctrico cuya función es aumentar o disminuir la velocidad del motor de acuerdo al consumo para mantener la presión deseada y ahorrar energía.
- Vida útil: Hace referencia al tiempo estimado durante el cual un equipo puede trabajar de óptimamente.
- viscosidad cinemática: Se relaciona con la densidad del fluido; hace referencia a la oposición del fluido a dejarse cortar por la fuerza de la gravedad.
- viscosidad dinámica: Es la resistencia interna entre las moléculas de un fluido en movimiento y determina las fuerzas que lo mueven y deforman.
- Voltaje: Diferencia de potencial entre dos puntos.
- Voltaje nominal: Voltaje de un aparato con la que fue fabricado.
- Volumen máximo: Volumen de agua que contiene el hidroneumático al momento de apagarse las bombas.
- Volumen mínimo: Volumen de agua que contiene el hidroneumático al momento de encender las bombas; evitando el paso del aire a la red de distribución.
- Volumen útil: Volumen de agua almacenable y desplazable dentro del hidroneumático que es suministrado a la red de distribución.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Linares S. Fernando D. (2007). Universidad Central de Venezuela. En su trabajo especial de grado para la obtención del título “Diseño de un sistema de abastecimiento y distribución de agua potable en un centro ambulatorio. Trabajo de grado.

[2] Francisco J. Fernández F. (2012). Universidad de San Carlos de Guatemala. “Guía general para el cálculo, instalación y mantenimiento de bombas hidroneumáticas”. Trabajo de grado.

[3] Bruno D. Samaniego O. y Luis M. Taco C. (2012). Escuela Politécnica Nacional de Ecuador. “Diseño e implementación del sistema de control para regular la presión de suministros de agua potable y de mitigación de incendios para el edificio de la corporación gpf”. Trabajo de grado.

[4] Sistemas Hidroneumáticos C.A. “Manual de procedimiento para el cálculo y selección de sistema de bombeo”. Ficha. Página 31. Recuperado de: <http://www.sishica.com/sishica/download/Manual.pdf>. Consultado el: 12/09/2021.

[5] Ing. Eduardo Reynoso. Seminario de: Equipos Hidroneumáticos. Corporativo VALSI S.A. de C.V. Presentación. Imagen 34. Página 57.

[6] J.K.J de wekker V. (2004). Sistemas de bombas características y dimensiones. Ficha. Página 10.

[7] Carlos Cardozo Galvis (2011). “Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos”. Trabajo de grado. Pág. 16. Recuperado de: http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_21151.pdf. Consultado el: 04/10/2021.

[8] Roberto Xavier Aman (2015). “Diseño y construcción de dos tableros eléctricos de control para el funcionamiento automático y manual de cuatro bombas eléctricas, para el abastecimiento de agua en la comunidad alamor”. Trabajo de grado. Pág. 7. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9104/3/CD-6058.pdf>. Consultado el: 04/10/2021.

[9] Junta de Andalucía. Presostato, sus tipos, reglaje y funcionamiento. Esquema. Recuperado de: [Presostatos \(juntadeandalucia.es\)](http://www.juntadeandalucia.es). Consultado el: 20/08/2021.

[10] Generación de tecnología. Cómo proteger las bombas de las fallas eléctricas y el mal funcionamiento. Ficha. Recuperado de: <http://www.genteca.com.ve/como-proteger-las-bombas-de-las-fallas-electricas-y-el-mal-funcionamiento.a.aspx>. Consultado el: 30/09/2021.

[11] Generación de tecnología. Relé Trifásico de Protección para Bombas en General. Catálogo. Recuperado de: <http://www.genteca.com.ve/rele-trifasico-de-proteccion-para-bombas-en-general.r.aspx>. Consultado el: 30/09/21.

- [12] Recuperado de: <https://www.prodimic.net/producto/contactor-andeli-cjx2-d5011-220v-2/>. Consultado el: 30/09/21.
- [13] Manual electrotécnico. Telesquemario Telemecanique. Recuperado de: <https://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>. Consultado el: 17/09/2021.
- [14] Relé de alternancia. Ficha. Recuperado de: <http://www.maresa.com/pdf/12%20reles%20electronicos%20supervision%20y%20control/p%2012-12%20rel%C3%A9s%20de%20control.pdf>. Consultado el: 10/10/2021.
- [15] Electrotec. Formas de arrancar un motor eléctrico. Artículo. Recuperado de: <https://electrotec.pe/blog/ArranqueDeMotoresElectricos>. Consultado el: 21/09/2021.
- [16] Ferretería SANTEL (febrero, 2019). Válvula de alivio de presión y/o seguridad. Blog. Recuperado de: https://blog.satelimportadores.com/valvulas/valvula-de-alivio-de-presion_y_o_seguridad/. Consultado el: 19/08/2021.
- [17] Master SI. Cómo seleccionar y dimensionar válvulas de seguridad y válvulas de alivio de presión. Blog. Recuperado de: <https://mastersi.com.pe/blog/207-como-seleccionar-y-dimensionar-valvulas-de-seguridad-y-valvulas-de-alivio-de-presion>. Consultado el: 19/08/2021.
- [18] Emilio Turmo Sierra (1999). Válvulas de seguridad. Ficha. Recuperado de: https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_510.pdf/98694ac4-8c0b-4c4c-b30b-29fd880121e7. Consultado el: 19/08/2021.
- [19] Estructplan. Cálculo Válvulas De Seguridad. Recuperado de: <https://estructplan.com.ar/calculo-valvulas-de-seguridad/>. Consultado el: 30/09/2021.
- [20] Alfonso Herrán Sandoval (2014). Tanques hidroneumáticos. Cálculo de la capacidad. Ingetec, S.A. Nota técnica. Colombia.
- [21] Gaceta Oficial N° 4044. Normas sanitarias, para el proyecto, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones. Caracas. Venezuela, 8 de septiembre de 1988.
- [22] Arq. Luis López (1990). Instalaciones sanitarias para edificaciones. Maracay-Venezuela.
- [23] Sistema electrónico de presurización. DAB WATER TECHNOLOGY. Catalogo. Recuperado de: <https://www.dabpumps.es/sites/dabpumps.es/files/2020-10/esybox%20-%20Cat%C3%A1logo.pdf>. Consultado el: 26/08/2021.
- [24] Pedrollo. Sistema de presurización automático. Recuperado de: <https://www.pedrollo.com/es/dg-ped-sistema-de-presurizacion-automatiko-con-inverter/349>. Consultado el: 26/08/2021.
- [25] Palella Stracuzzi, Santa. (2006). Metodología de la investigación cualitativa. FEDUPEL. 2a. ed. Caracas – Venezuela.

[26] Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2008) Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales, Fedupel, Caracas.

[27] Avila Baray (2006) Introducción a la Metodología de la Investigación, Disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2006c/203/index.htm>. Consultado el: 5/10/2021.

[28] Delwyn Goodrick (2014). Estudios de casos comparativos. Ficha. Recuperado de: <https://www.unicef-irc.org/publications/pdf/MB9ES.pdf> Consultado el: 04/10/2021.

[29] Manual de curvas características KSB.

[30] Catálogo WALWORTH. Recuperado de: http://www.trevisa.com.mx/100+pdf/PDF2especialidades/seguridad_alivio_bronce_2011_1.pdf. Consultado el: 5/10/2021.