



Centro de Cálculo Paramétrico S.L.

Doc. N.º 21.0

Medición de caudales en instalaciones de vacío con medios existentes

Al arrancar una bomba de Vacío de paletas lubricadas, el caudal de salida inicial se va reduciendo, hasta cero al parar la bomba. El parámetro nivel de vacío es también variable a lo largo de un ciclo arranque- paro. El conjunto de ambas variables introduce confusión en determinadas circunstancias. Si una bomba no para, ¿hasta qué punto puede producirse un cero de suministro? , ¿Cuál es el límite correcto si la instalación esta correctamente diseñada y ajustada? , ¿Qué margen se dispone de incremento de consumo?. A estas y otras preguntas similares responderemos utilizando una de las bombas de vacío y un vacuómetro confiable. Queda para una segunda entrada, el conocer qué nivel de precisión se puede conseguir con la mayoría de las bombas utilizadas en Hospitales, las bombas de paletas lubricadas. También hemos incidido en cómo hacer instalaciones de vacío más amigables, analizando y desmontando leyendas urbanas, como la que indica que el coste se dobla al hacer instalaciones dobles en áreas de agudos.

jrenedo 10/11/2022



| N.º | Tema | CCP |
|------|--|---------|
| 21.0 | Medición de caudales en instalaciones de vacío con medios existentes | jrenedo |

Contenido

| | |
|--|-----------|
| PRUDENCIA EN LA APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS | 3 |
| 1.0- Introducción y metodología | 5 |
| Cálculos base | 6 |
| 2.0 Ciclos tipo de consumo..... | 6 |
| 3.0 Recta de carga de una bomba | 7 |
| 3.1-Repaso de algunos conceptos | 7 |
| 3.1.1-Vacío límite | 7 |
| 3.1.2-Número de ciclos arranque-paro/anuales | 7 |
| 3.1.3-Vacuómetro de medida | 9 |
| 4.0-GRAFICANDO | 11 |
| 4.1-Modos de representar el nivel del Vacío | 11 |
| 4.2- Recta de carga de una bomba de paletas lubricada | 11 |
| 5.0-PROCEDIMIENTOS DE MEDICION | 19 |
| 5.1-Procedimiento de medición 1 | 22 |
| 5.2-Procedimiento de medición 2 | 23 |
| 5.3- Procedimiento a explorar..... | 24 |
| 5.4.1- Chequeo de varias áreas..... | 26 |
| 5.4.2- Segunda parte esta entrada | 28 |
| 5.4.3-Pendiente caudal/vacío | 28 |
| 5.5-Detección de bombas excesivamente grandes | 30 |
| 5.6-Conclusiones generales y casos reales..... | 32 |
| NOTAS PARA TODAS LAS ENTRADAS DEL BLOG..... | 34 |
| Copy right..... | 34 |
| Advertencia..... | 34 |
| Ampliaciones sucesivas a esta entrada (21.1) | 34 |



| | |
|------------------------------|----|
| Agradecimientos | 34 |
| Invitación | 34 |
| Bibliografía | 35 |

Tabla de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Fig. 1- Posición de la válvula de 3 vías para medir Vacío | 9 |
| Fig. 2- Posición de reposo, vacuómetro a la atmósfera..... | 10 |
| Fig. 3- Equivalencia con los montajes anteriores con 2 válvulas | 10 |
| Fig. 4-Dos maneras de definir un valor de vacío..... | 11 |
| Fig. 5-Punto 1 Coordenadas (vacío -760 mm Hg, Caudal cero) | 12 |
| Fig. 6- Coordenadas Punto 2 (vacío 0 mm Hg, Caudal 100 m3/h) | 12 |
| Fig. 7- Recta de carga de una bomba de 100 m3/h | 14 |
| Fig. 8-Zona de trabajo arranque-paro y caudales..... | 16 |
| Fig. 9-Variabilidad de varios parámetros | 20 |
| Fig. 10- Instalación simplificada de vacío con los elementos más relevantes | 24 |
| Fig. 11 Evaluación de caudales..... | 27 |
| Fig. 12- Evaluador de caudales realizado en un Excel..... | 28 |



PRUDENCIA EN LA APLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

Los depósitos a presión disponen de gruesos de pared crecientes a medida que se fabrican para mayores presiones (PN 6, 8, 12, 15 bar etc.).

Los depósitos para vacío, independientemente de los valores arranque-paro, tienen un límite físico que es la presión absoluta cero (-1 bar de presión relativa).

Las paredes de los primeros (presión) trabajan a tracción y las de los segundos a compresión (vacío).

Un alambre de acero difícilmente se romperá a la tracción, pero se dobla con facilidad a la compresión.

Si hacen cálculos sencillos sobre depósitos, la fuerza ejercida sobre una de las tapas puede soportar fácilmente muchas toneladas en el caso de presión positiva y con las mismas medidas alcanzara un valor muy inferior con vacío. Veamos un ejemplo simplificado.

La tapa de un calderín de un depósito de 120 cm de diámetro trabajando a 15 barg (manométricos) soporta aproximadamente casi 170 Toneladas.

La misma tapa trabajando a una presión absoluta cero, soporta solo -11 Toneladas (el signo implica que la fuerza va en dirección opuesta a la del caso anterior)

En el caso de los depósitos de presión positiva, si se conectan más compresores y no paran, la protección mecánica contra una explosión correrá a cargo de las válvulas de seguridad.

En el caso de calderines de vacío, la presión absoluta cero en el interior, es un límite absoluto que no se puede sobrepasar. Por tanto, si se conectan más bombas de vacío, y el depósito esta dimensionado para una presión absoluta cero, no cambia nada. Las presiones absolutas negativas no existen.

Pero el diferente comportamiento entre trabajar a la tracción y a la compresión, aconseja a la prudencia en los planteamientos. Además, hablamos de temas muy específicos, alejados del común de los técnicos.

Históricamente tuvimos que instalar nuevas bombas de vacío en un área servida por compresores de una etapa (de solo ¼ CV) trabajando en aspiración. En su lugar dos bombas de 100 m³/h. El calderín era de antigüedad indefinida, pero con las tapas planas, atornilladas sobre el cuerpo cilíndrico. No existía documentación que pudiera orientar sobre prestaciones y características. Afortunadamente aconsejamos a la propiedad anular (desconectar) el calderín. Y así se hizo.

Las explosiones de depósitos de presión, pueden producir graves y grandes daños. **Las implosiones (colapsamiento) de los depósitos de vacío pueden**



producir daños mucho más reducidos. Pero dejar todo un hospital sin vacío es grave, pero si además destruye una pared anexa, llena con los reductores de presión de un área crítica lo es tanto o más). Según cuando se produzca, se puede estar sin vacío varios días. Y en el momento actual, no se dispone de muchos aspiradores portátiles en los hospitales. Un aspirador portátil es el fracaso de una instalación centralizada.

Los compresores trabajando en aspiración, tienen un vacío límite muy inferior a las bombas de vacío actuales. No tenemos datos fehacientes, pero si lo hemos observado en varias ocasiones. Lo observado también podría deberse a un mal estado de los compresores.

En varias ocasiones intentamos conocer datos técnicos de los calderines, pero no pasamos de un "Apto para vacío".

Por ello no sabemos:

- Si los calderines son aptos solo para el vacío habitual (≥ 500 y ≤ 680 mm Hg) o para una presión absoluta cero (-760 mm Hg de presión relativa para una presión atmosférica de 760 mm Hg absolutos).
- Los detalles de trabajar a compresión en los calderines de vacío.
- Que representa, haber pasado de bombas de vacío formadas por compresores trabajando en aspiración (Vacío límite pobre), con respecto a bombas de vacío actuales, con un vacío mayor en 2 órdenes de magnitud o más.

Hemos contactado con un experto en estructuras, pero no estará en España antes de 2 meses. Después ya veremos.

Mientras, continuamos consideramos muy positivo lo expuesto en esta entrada al blog, pero debemos advertir de los posibles riesgos que vemos.

Por otro lado, el 40% de los visitantes del portal Hospitecnia geográficamente se corresponden con Iberoamérica. Lo que técnicamente puede implicar diferencias según países, que no conocemos en profundidad. Datos que apoyan y aconsejan prudencia, al menos hasta tener más datos confiables. Tema que no es fácil si cada país a optado por soluciones propias.

En resumen, no conocemos los posibles efectos de dejar una bomba en marcha en continuo, que según el consumo que exista puede alcanzar un muy alto vacío, muy por encima del valor de paro del funcionamiento automático.

Para la segunda parte, revisaremos el BOE Lunes 11 Octubre del 2021, "Reglamento de aparatos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias", para ver el grado de afectación a los depósitos antiguos a este reciente reglamento.



1.0- Introducción y metodología

En España, con la democracia se realizaron inversiones de mejora o ampliaciones e incluso se construyeron muchos nuevos hospitales. En el proceso algunas centrales de vacío no se modificaron y después las bombas o no paraban o trabajaban por largos periodos.

Entonces surgieron dudas de si la central estaba al límite de su capacidad o no. Que una bomba no parara, podía ser un aviso de un gran peligro de quedarse sin vacío o de que la bomba se estropeará (sic).

Tiene interés:

- Conocer el margen de maniobra en las horas punta (en horario quirúrgico). Hasta cuanto puede aumentar el consumo sin problemas. Por problemas interpretamos salirse de las condiciones nominales.
- Obtener si se desea un perfil diario, realizando mediciones periódicas (p.e. cada 2 h).
- Conocer el consumo mínimo.
- Conocer si una central está o no muy sobredimensionada.
- Determinar el peso específico de áreas concretas en el consumo Etc.

En todos los casos el procedimiento es el mismo o muy parecido.

Los cuentahoras de las bombas son poco relevantes, porque cambiando los ajustes arranque-paro de la central, el número de horas variará substancialmente, pero el volumen total trasegado no.

En principio, el procedimiento que se describe es adecuado para las bombas de paletas lubricadas. Para otros tipos de bombas, de momento no se tienen en cuenta.

En una segunda entrada a este blog, sabremos de la mano de un prestigioso fabricante de bombas, el nivel de precisión con este método y sus límites. Los procedimientos, nos han sido de utilidad, como cálculo de primera aproximación, sobre los temas que aquí planteamos. Con la confianza de que es un método como mínimo repetitivo. Quedamos a la espera de esta segunda parte. Entre otras razones porque esta entrada se escribe en unas vacaciones lejos de España, y por ello lejos de mi biblioteca.

Es una ventana que abrimos y cuando tengamos los datos de la confiabilidad de las mediciones, podremos ampliar.

También aportamos algunas indicaciones en lo relativo a que las instalaciones deben ser amigables y de cómo llegar a materializar este concepto. Para áreas de agudos de difícil accesibilidad si se hacen por el método habitual.



Cálculos base

Existen varios sistemas normalizados de condiciones de medida, especialmente en cuanto a temperatura y presión (normal, STP de los fabricantes de gases, STP de USA, de los químicos...).

Los cálculos que se realizarán se harán con los siguientes criterios:

- El objetivo principal es conocer mejor los llenados y vaciados de los calderines como determinantes de la frecuencia máxima de arranques-paros de bombas.
- La temperatura será la del ambiente. Que en la mayoría de hospitales está regulada a través de sistemas de aire acondicionado. En buena parte del mundo desarrollado, estaría entre 23-25 °C.
- Esta temperatura es la de aspiración de los puntos de suministro. Tales como habitaciones, urgencias, UVIs, quirófanos
- La situación geográfica de la central de vacío, con respecto a los consumos puede modificar la temperatura final del aire que entra a lo largo de todo el hospital. Especialmente si la central no está resguardada de las inclemencias meteorológicas o está en zonas no climatizadas. En ocasiones parte de la tubería discurre por el exterior (pero puede aislarse).
- La presión si se parte del medidor de la central, trabajando con presiones absolutas bien. Si trabaja con presiones manométricas no tanto, si la presión atmosférica no está a 760 mm Hg.

2.0 Ciclos tipo de consumo

Los ciclos distorsionan la percepción y por ello vamos a intentar aclarar los conceptos involucrados, para tener un punto de vista más objetivo que nos ayude.

Los conceptos del vacío, no son difíciles, pero si sumamente resbalosos. Por ejemplo: caudal de consumo, caudal expulsado por una bomba, caudal aspirado, caudal geométrico, caudal de llenado/vaciado del depósito..... etc.

En los hospitales generales se presentan varios ciclos temporales de consumo, a saber:

- **Diarios laborables.** Con un máximo en horario quirúrgico y un mínimo durante la noche.
- **Diario festivo.** Mas parecido al nocturno de un día laborable, puntas menos acentuadas.
- **Semanal.** Según el país y calendario laboral. En España en centros públicos de lunes a viernes días punta. Sábado y domingo días valle.



- **Anual.** Valores punta en los meses de invierno y valle en verano

Cuando se realicen mediciones repetitivas, deben realizarse siempre en el mismo periodo conceptual y a ser posible a la misma hora, para que las mediciones sean comparativas y además pueda seguirse la posible variación de consumos en el tiempo sea por modificaciones de la instalación o degradación de la misma.

Un factor que distorsiona siempre son las fugas, también indicaremos como medirlas por áreas. Pero esta medición, si requiere de compra de equipamiento adicional.

3.0 Recta de carga de una bomba

3.1-Repaso de algunos conceptos

3.1.1-Vacío límite

Es una de las características constructivas de cada serie, de bombas de vacío y suele expresarse en mbar absolutos. Este valor es el del vacío máximo que puede obtenerse con una bomba concreta, en todos los modelos de la serie. Cuanto más bajo es el valor mejor es la bomba. Siempre que se necesite trabajar a vacíos elevados. Que no es precisamente lo que se necesita, en hospitales.

En función de la aplicación, se usan de diferentes vacíos límites. En hospitales son normales vacíos límites, en el rango de 20 mbar a 0,1 mbar, en bombas de paletas lubricadas. Valores muy sobrados para esta aplicación de vacío medico hospitalario. Hasta cierto punto, se asocia una bomba que alcanza un mayor vacío, a una bomba más frágil.

La curva caudal presión pierde su linealidad en las proximidades del vacío límite. Pero como se trabaja en valores muy alejados del vacío límite, esto no tiene mucha importancia.

3.1.2-Número de ciclos arranque-paro/anuales

La mayoría de personas de mantenimiento, valora mucho que las bombas paren en un tiempo prudencial. Existe una percepción errónea de que, si no para, no cumple su misión y por "no descansar", se puede estropear o no dar el servicio necesario.

Suponiendo que cada una de las 3 bombas arranque solo 4 veces por hora de media, ya se superan los 100.000 ciclos por año. Un ciclo arranque-paro cada 5 minutos.

Para las bombas sería un valor razonable (que no deseable, unos 35.000 arranques/año), para los vacuómetros tipo bourdon, un desastre. Hemos oído muchas quejas sobre "la calidad de los vacuómetros". La respuesta es siempre la misma; que cuenten las oscilaciones anuales y cambien los bourdon a la frecuencia que crean conveniente, en base a este dato, o como mínimo que



tomen otras medidas para conseguir una más larga vida mecánica. Para algunos tipos burdon la norma indica mínimos de vida con un numero de oscilaciones estandarizadas (en cuanto a forma de onda). Pero cuando la cantidad es muy similar a la que estamos hablando anualmente, algo chirría.

El número máximo de arranques por hora y bomba, tiene unos efectos sobre las bombas en el momento y además son acumulativos. Pero el número de arranques acumulado de las bombas, tiene unos valores límite, que no están en las documentaciones de uso público. Incluso en las soluciones en que no existen arranques-paros, sino que se trabaja mediante una electroválvula en la aspiración, abriendo y cerrando el paso a la bomba. Estas aperturas/cierres tienen una repercusión conocida en la vida mecánica de la bomba. Pero más light que en el caso de arranque paro. Por tanto, también es aconsejable limitar en lo posible el número.

El número de arranques de una central es un tema a mejorar. Ya hemos dicho en varias ocasiones que, con la llegada de la democracia, se instalaron de forma optimista/errónea, centrales mucho más grandes que el consumo real, con el resultado final de que el número de arranques empeoró. También en ocasiones, el sistema de gestión (PLC) es manifiestamente mejorable.

Uno de los montajes paliativos que no óptimo, era el que me explicaron como sistema americano. Si la bomba en marcha, no paraba, al cabo de un cierto tiempo (por ejemplo 6 minutos), entraba una segunda bomba en apoyo. Al doblar la capacidad de bombeo, se conseguía llegar al valor del paro.

El sistema que se propone ayuda a detectar numéricamente la situación real en un hospital concreto, midiendo el caudal máximo en horario punta, como por ejemplo día laborable, en la mitad del horario quirúrgico.

Otro error ha sido, ampliar una central, de forma que se iban poniendo en marcha cada vez más bombas en modo simultáneo, agravando la inestabilidad, superando en algunos casos los 3,5 millones de arranques por año (entre todas las bombas).

Con buena fe, se quejaban de la calidad de las bombas, porque había que enviarlas a revisar al fabricante cada año. Para mí, eran las mejores del mercado español en aquel momento.

Una solución económica temporal hubiera sido dejar en marcha continua 2 o 3 bombas (de las 10) en marcha manual continua y el resto en automático. Existen más y mejores soluciones, si se buscan.



3.1.3-Vacuómetro de medida

Para la medición aconsejamos tomar un vacuómetro nuevo, de buena calidad o mejor aún utilizar un vacuómetro digital.

Los vacuómetros analógicos es probable que den un error grande por fatiga de los materiales. Especialmente si arrastran consigo mucho tiempo funcionando, sin protecciones adecuadas. Si el colector de salidas dispone de varios vacuómetros y además tiene varios años de antigüedad, los diferentes medidores, difícilmente concordaran.

Cualquier vacuómetro instalado medirá y sufrirá las oscilaciones arranque-para del conjunto de arranques de todas las bombas.

Para proteger a los manómetros analógicos hay pocas soluciones.

1. Conectarlo a través de un amortiguador. Elemento donde se rosca el vacuómetro y que se conecta al fluido a medir mediante un orificio muy pequeño. Este orificio limita el caudal, por lo que el Bourdon no realiza movimientos bruscos, sino **amortiguados**.
2. Independientemente de lo anterior, la mayor parte del tiempo no hay nadie leyendo el valor del vacío. Por tanto, si se coloca una válvula a la entrada del vacuómetro y se cierra, aislara al equipo de las oscilaciones. Si además la válvula es de 3 vías mejor. El vacuómetro quedara a presión atmosférica (como si fuera nuevo, en su embalaje original).Y además si solo funciona , cuando se toman lecturas, al año solo estará expuesto unas pocas horas.

Veamos los siguientes esquemas de funcionamiento

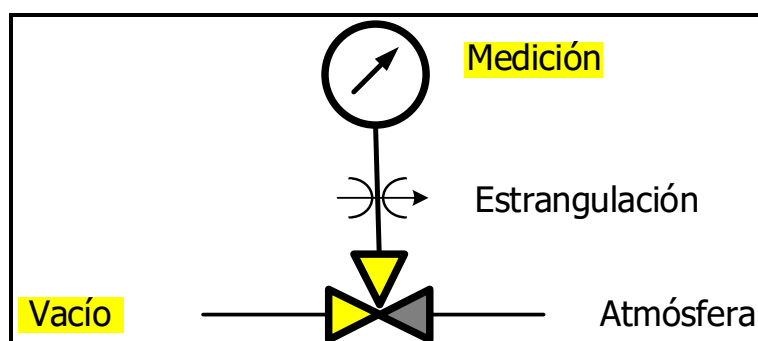


Fig. 1- Posición de la válvula de 3 vías para medir Vacío

En caso de diámetros pequeños, es posible que haya una cierta dificultad para encontrar válvulas de 3 vías.

Si no se encuentran, siempre queda el remedio de acogerse al montaje de la figura 3.

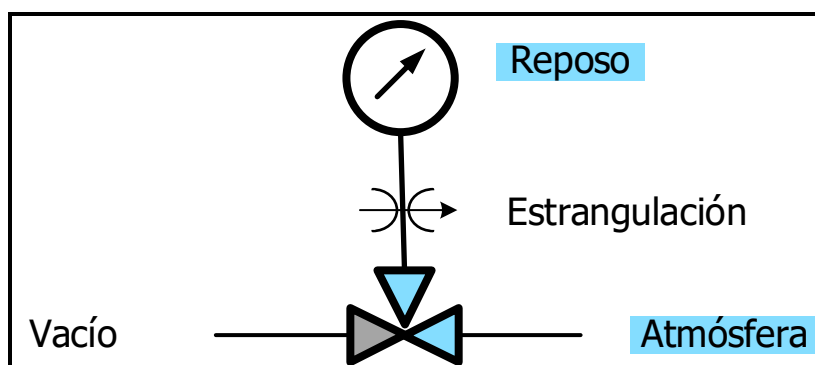


Fig. 2- Posición de reposo, vacuómetro a la atmósfera

Montaje con dos válvulas

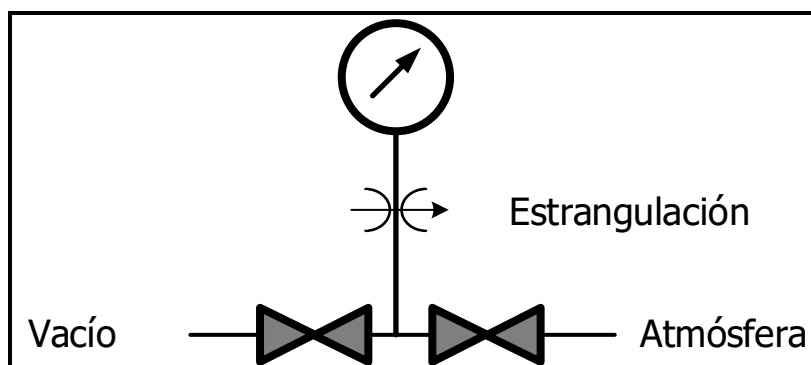


Fig. 3- Equivalencia con los montajes anteriores con 2 válvulas

Las estrangulaciones son piezas similares a las figuras 243 GCU en bronce, latón o inox. Son piezas de transición Soldadura-Rosca donde se pasa por ejemplo de un tubo de 12 (H-soldadura) a rosca hembra de 3/8", pero en el fondo de esta última tiene un diámetro de paso muy reducido.

La figura 3, es complicada porque puede desorientar inicialmente al personal de rutas de revisión. Será necesario un procedimiento detallado (con fotos) de como medir, como dejar en reposo el vacuómetro....

Montajes más sencillos serian:

- Una válvula, más la estrangulación.
- Una válvula sola.
- Medidores amortiguados con glicerina

De todas formas, muchas centrales nuevas ya suelen llevar vacuómetros digitales, lo que facilita el trabajo. Hay que conocer en lo posible tanto la linealidad de la curva de la bomba, como del medidor. Mejor si además miden presión absoluta. Ya que facilita los cálculos, aunque sea un poco más incomoda



en cuanto a saber el vacío en que estamos trabajando. Especialmente a las generaciones que han trabajado siempre con papel.

4.0-GRAFICANDO

4.1-Modos de representar el nivel del Vacío

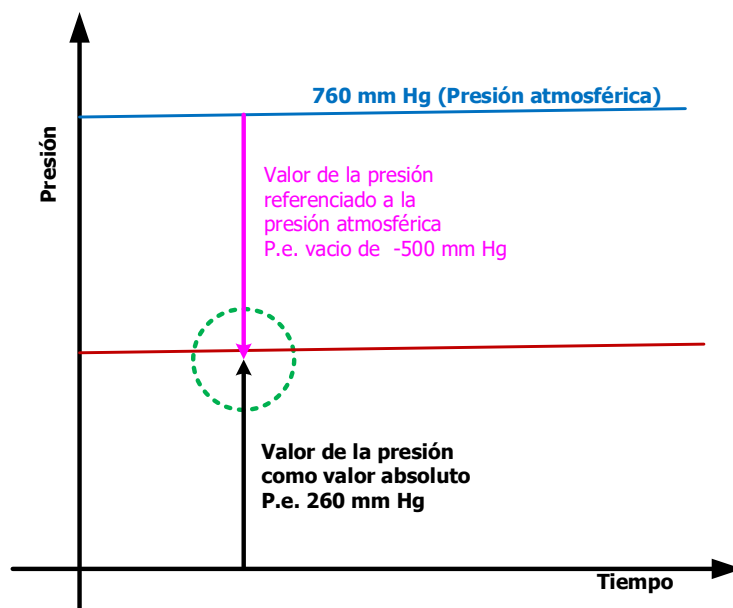


Fig. 4-Dos maneras de definir un valor de vacío

El vacío puede expresarse tanto como presión negativa respecto a la atmosférica, como presión absoluta respecto a la presión cero.

Para el caso, es indiferente definir un vacío como -500 mm Hg respecto a la presión atmosférica (también recibe el nombre presión manométrica), como decir presión absoluta de 260 mm Hg. Siempre que la presión atmosférica sea de 760 mm Hg.

Como el vacío tiene muchas aplicaciones aparte de las hospitalarias, según en que sector los datos se pueden expresar de una u otra manera. En realidad, los fabricantes de bombas dicen que los niveles de vacío en que trabajamos, no son tales, son solo depresiones.

4.2- Recta de carga de una bomba de paletas lubricada

La curva de una bomba de vacío de paletas lubricada es lineal en los tramos de trabajo hospitalario.

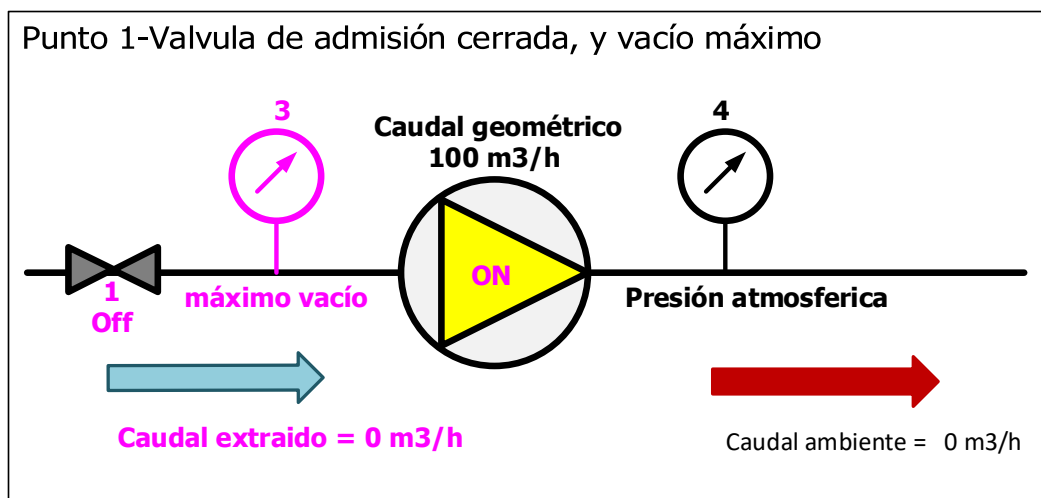


Fig. 5-Punto 1 Coordenadas (vacío -760 mm Hg, Caudal cero)

Punto 1

Las coordenadas del punto 1 son -760 mm Hg (= 0 mm Hg de presión absoluta) y caudal cero.

Existe un pequeño error sin importancia, ya que el vacío que se obtiene es el vacío límite. Si el vacío límite es de 1 mm Hg, la coordenada será de -759 mm Hg. Pero además se pierde la linealidad, cerca de este punto. Lo cual debe ser conocido, si queremos saber el nivel de error.

También la presión atmosférica puede variar ligeramente, e influye. Pero aun siendo más relevante que el vacío límite, consideramos que es poco importante. Puede ser de interés, en hospitales que estén a alturas medias o altas sobre el nivel del mar

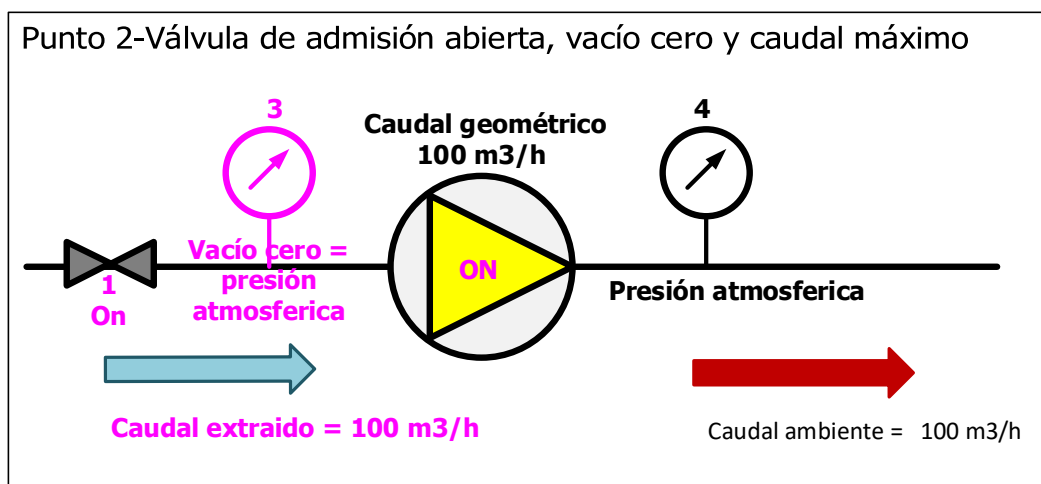


Fig. 6- Coordenadas Punto 2 (vacío 0 mm Hg, Caudal 100 m³/h)



Punto 2

Las coordenadas del punto 2 son presión absoluta 760 mm Hg (presión atmosférica) o lo que es lo mismo vacío cero y caudal 100 m³/h.

Las bombas de paletas lubricadas son de caudal geométrico constante, pero extraen un caudal ambiente diferente según sea el vacío en la aspiración.

Técnicamente los 100 m³/h aspirados, saldrán a una mayor temperatura, por el calor que recibe del proceso físico de compresión. Pero másicamente entra y sale la misma cantidad. Este punto es teórico y esta zona puede tener dificultades técnicas si se quiere llevar a la práctica, porque las bombas no están diseñadas para esta situación. Este punto va bien para definir la recta de carga, a nivel práctico no tiene utilidad. Únicamente ser referencia para el trazado.

Recta de carga definida por los dos puntos

La recta de carga, relaciona el caudal que vehicula la bomba, con el nivel de vacío que se alcanza en la boca de aspiración.

Por tanto, el caudal extraído instantáneo, (que numéricamente no conocemos) se corresponderá deslizándonos por esta recta, con un valor de vacío. El vacío se puede medir bien con un vacuómetro analógico (burdon) o mejor digital. Los vacuómetros digitales no tienen error de paralelaje. Este valor de vacío, con sencillos cálculos nos puede dar a conocer el caudal instantáneo extraído en un momento dado.

Veamos cómo se comporta la bomba en su franja de trabajo. Entre los valores de arranque y paro concretamente.

La norma inglesa HTM 22 de 1977, definía dos valores de interés en cuanto a ajustes de las centrales de vacío (un valor de arranque y varios valores de paro posibles), y otro valor que es para el proyecto de la instalación, las pérdidas de carga hasta la toma más desfavorable.

| Parámetros | Ajuste | Uds/notas |
|---|------------|-----------|
| Vacío de arranque | -500 | Mm Hg |
| Vacío de paro (variable) | p.e . -650 | Mm Hg |
| Pérdida de carga máxima en filtros | 50 mm Hg | máximo |
| Pérdidas de carga desde la central hasta la toma más desfavorable | 50 mm Hg | máximo |

Tabla 1- Ajustes de una instalación s/HTM 22 de 1977

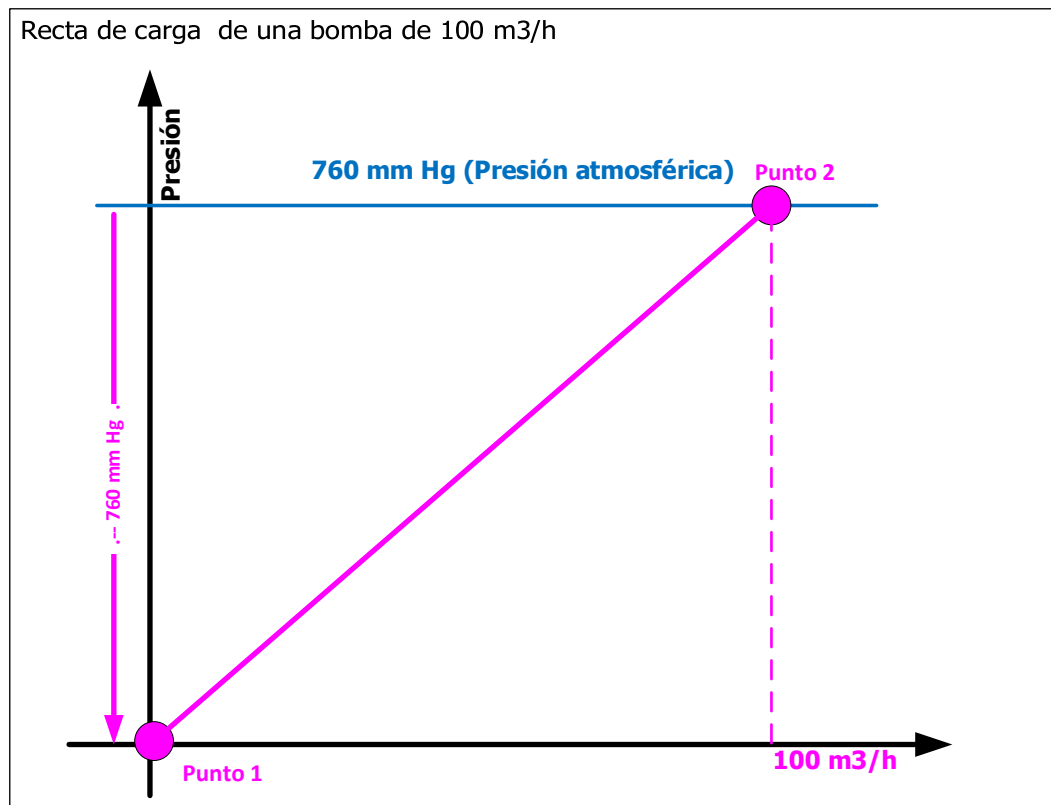


Fig. 7- Recta de carga de una bomba de 100 m³/h

4.4- Caudales en condiciones ambiente al arrancar y al parar

Los cálculos se deben realizar siempre con presión absoluta.

Ecuación básica de referencia

Presión ambiente x Volumen ambiente = Presión rarificada x Volumen rarificado

Dividiendo el volumen por tiempo, podemos cambiar volumen por caudal. Quedando la ecuación en

$$P_a \cdot Q_a = P_x \cdot Q_x \quad \text{suponiendo una temperatura constante}$$

Donde:

| Parámetro | Valor | Nota |
|--------------------|-----------------------|---|
| Presión ambiente | 760 mm Hg | Pa consideramos que es una constante |
| Caudal ambiente | Caudal extraído | Qa Variable por ciclos, en m ³ /h |
| Presión rarificada | 760 - vacío | mm Hg |
| Caudal rarificado | 100 m ³ /h | En este caso el caudal geométrico de la bomba |



Hoy por hoy existen medidores electrónicos que suministran lecturas con presión manométrica o absoluta a voluntad. En el arranque tendremos:

$$P_a \cdot Q_a = P_x \cdot Q_x$$

$$760 \cdot Q_a = (760 - 500) \cdot 100$$

$$Q_a \text{ al arrancar} = 34,21 \text{ m}^3/\text{h} \text{ en condiciones ambiente}$$

La bomba debe poder trabajar bien y continuamente en estas circunstancias. Si no es capaz de mantener este vacío mínimo a salida de central, las condiciones de estructuración del vacío se tambalean. Por esto es tan importante monitorizar el nivel de vacío antes o después de filtros (con ajustes distintos en un sitio y en el otro).

En el paro tendremos

$$760 \cdot Q_a = (760 - 650) \cdot 100$$

$$Q_a \text{ en el paro} = 14,47 \text{ m}^3/\text{h} \text{ en condiciones ambiente.}$$

El ajuste de la histéresis resulta afectado por el valor de paro. Si el caudal de consumo es mayor de 14,47 m³/h, la bomba no parará. La central dará un servicio correcto, ya que suministrará un nivel de vacío por encima del vacío de arranque.

Se precisará, de un mecanismo de alternancia de bombas adicional, para un funcionamiento optimizado (x software) y que la bomba no se quede en marcha continua sine die. Mecanismos correctores posibles hay varios, de diferente nivel de efectividad.

Incidimos de nuevo en las diferencias de conceptos que deben tenerse claras

Caudal aspirado por la bomba = caudal de consumo (que podemos considerar técnicamente constante en un momento dado) + caudal de vaciado del calderín

Solo el caudal aspirado por la bomba es igual al caudal de consumo, si no hay almacenamiento (si el calderín es irrelevante, si no se producen variaciones de nivel de vacío).

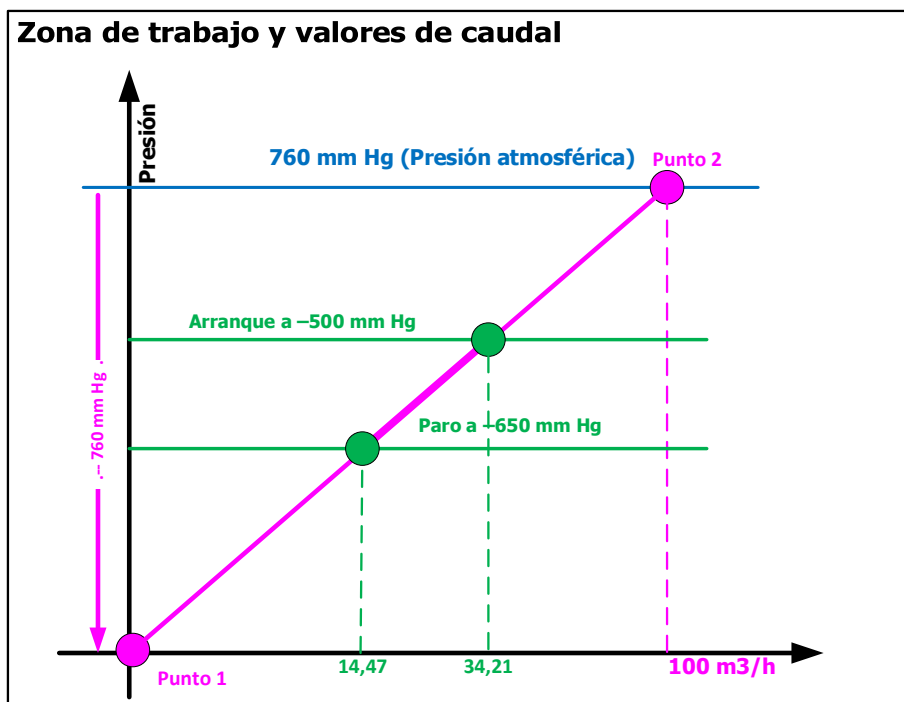


Fig. 8-Zona de trabajo arranque-paro y caudales

La Fig. 8, no está a escala para facilitar la comprensión

Si una bomba para, significa que el caudal de consumo es menor que el caudal nominal de paro, tal y como lo hemos calculado. Que la bomba extrae más caudal (instalación + calderín) que el caudal de la instalación sola.

Esta variabilidad de comportamiento dificulta la medición fácil.

Si la bomba no para, porque no alcanza el valor de paro, o se deja en manual y alcanza un vacío estable mayor, En ambos casos el caudal de consumo (de la instalación) será igual al caudal extraído por la bomba. Porque el calderín es irrelevante, ni se carga, ni se descarga. Para el caso es como si el calderín no existiera.

Para medir, hemos pues eliminado / atenuado la principal dificultad. Hemos conseguido una foto correcta, haciendo que los parámetros sean razonablemente fijos y no variables.

Se consigue que el caudal extraído sea continuo y estable. Con ciclos arranque paro el caudal extraído es discontinuo y además variable entre el valor de arranque y el de paro.



Vacuoreguladores

Los vacuoreguladores, tienen por misión, mantener un cierto valor de vacío preseleccionado sensiblemente constante. No el caudal.

Lo que sucede es que, si el nivel de vacío no se estabiliza, el caudal tampoco y variará en función del vacío de red y a la frecuencia de la red (ciclos de arranque-paro).

Una fuga alimentada a un vacío regulado, entregara menos aire ambiente, que si está conectado a un vacío primario mayor variable.

Con el vacío estabilizado, el caudal se reduce con respecto al que existiría según las condiciones de red y solo es función de la carga variable en el punto de utilización. De si aspira solo líquidos o mezcla líquidos más gases.

Los vacuoreguladores deberían conseguir mantener un vacío estable aun teniendo:

- Un caudal de consumo local (aguas abajo) variable
- Amplias variaciones del vacío primario a la entrada

Por ello el funcionamiento de los vacuoreguladores que tienen un vacío primario muy estable por cualquier método, trabajan en mejores condiciones y se averían menos.

Un vacío primario muy estable, puede conseguirse mediante electroválvulas. Que conectan bombas que están en marcha continua con un margen de vacío muy estrecho. O mediante la regulación progresiva, o la regulación por variación de frecuencia.

Véase bibliografía (al final) al respecto sobre la central de vacío de Bellvitge, donde según mediciones de su servicio de mantenimiento se consiguieron disminuir las averías de vacuoreguladores (en 3 Uds./semana). Al tener un vacío muy estable, con pocos arranques (<<100/día). Lo importante no era la cifra, sino el mejoramiento general de funcionamiento y además una reducción del 30% del consumo eléctrico.

Entre otras cosas, además porque la mayoría de los consumos están estabilizados por un vacuoregulador, o sea que son además consumos sensiblemente más estables en un momento dado. Pero variables en número según necesidades. Por ejemplo, los quirófanos tienen un horario, fuera del cual solo hay consumo si hay alguna urgencia o si hay algún equipo conectado.

Los únicos consumos discontinuos solían ser los carros de aspiración de quirófanos. Que no llevaban vacuoregulador, pero ahora muchos modelos ya lo



incorporan y además disponen de válvulas de corte. Con lo que se pueden conectar sin consumir.

Hace años. en alguna la medición caudal punta, de una central de vacío, se producía antes de empezar el horario quirúrgico. Cuando se conectaban los carros de aspiración sin carga. Aspirando solo aire. Si hubiesen aspirado solo líquidos la repercusión sobre la central hubiera sido muy inferior. O nula si hubieran dispuesto de válvula de aislamiento y se hubiera empleado.

Cuando hay pocos medios es aconsejable fijarse y analizar los detalles de funcionamiento.

Ejemplo en aire comprimido de un hospital, en este caso bien equipado (se disponía de un registro del caudal de consumo).

Las puntas de consumo de aire medicinal se producían entre las 11 y las 12 de los días laborables. Se correspondían con el secado con aire medicinal del material quirúrgico, del día, lavado en esterilización. Para empezar a esta hora, tenían que haber terminado una parte de las intervenciones, trasladar el material a esterilización, lavarlo y después poderlo empezar a secar.

Conocer estos detalles, permite tomar decisiones correctoras bien fundadas. En este caso pasar de una pistola de secado a presión de red a lo mismo a través de un regulador, a una presión más baja, Fue una muy buena solución técnica y económica.



5.0-PROCEDIMIENTOS DE MEDICION

Hay dos procedimientos, que en realidad son solo uno, solo dependen de si una bomba no para por sí misma, o la dejamos en marcha en manual, durante la prueba.

Los cálculos deben referenciarse a presiones absolutas y los caudales deben referenciarse a las temperaturas ambientes. La masa extraída depende de la temperatura de entrada.

Si después se quieren referenciar a valores normales o estándar, se puede, pero puede introducir ruido. Pero no le vemos mucho interés.

Una circunstancia que puede afectar bastante es la ubicación del hospital, si está a una altura considerable sobre el nivel del mar. Al respecto véase la bibliografía al final "Análisis físico matemático de la influencia de las condiciones climatológicas en las centrales de vacío" que se puede bajar desde el Google académico.

En cualquier caso, la altura representa un nivel de influencia relativamente constante. Las mediciones serán de interés, para monitorizar la variación de los consumos a lo largo del tiempo.

La altura si afecta bastante al caudal nominal de bombeo, que debe ser mayor para transmitir la misma potencia neumática. Porque el vacío es una potencia neumática que se usa para transportar sólidos, líquidos y gases.

La marcha intermitente de las bombas es un factor distorsionador para la medición del caudal. Ver Figura 9.

Porque en el tiempo en que no funciona ninguna bomba, continúa existiendo consumo desde la instalación contra el calderín "cargado". Cuando funciona una bomba en intermitencia, tenemos una variación de caudal y vacío simultáneamente.

Para medir, es necesario eliminar las incertidumbres de tantas variables que además se realimentan. Para ello medimos con una de las bombas en marcha continua. Bien sea por hacerla trabajar en manual o bien porque con el consumo existente, no pueda alcanzar el vacío de paro.

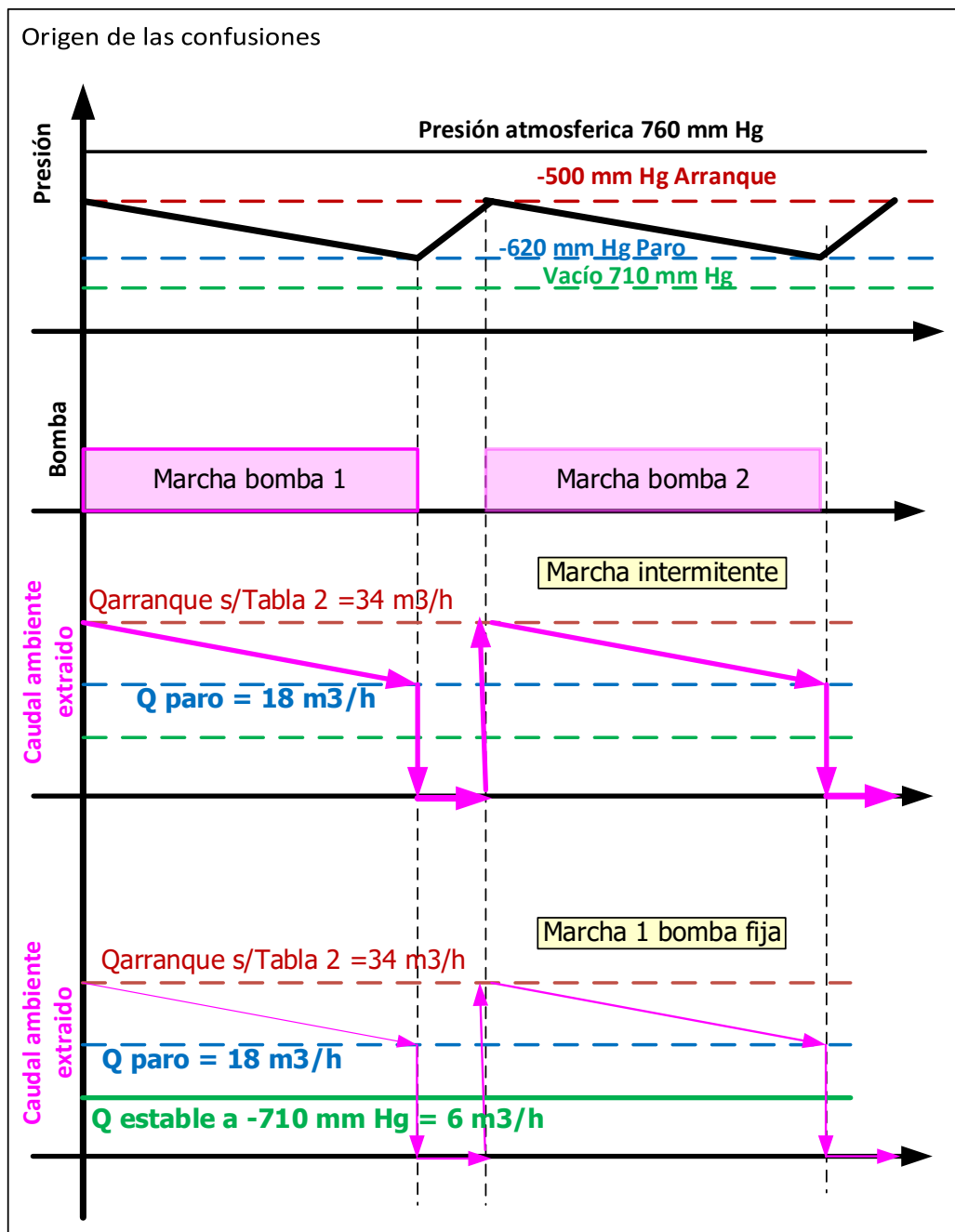


Fig. 9-Variabilidad de varios parámetros

Gráfico superior

Se puede observar cómo varía el vacío. En la franja entre los valores de arranque y paro.

En verde se establece un valor de vacío que se usa en otros gráficos como ejemplo de vacío estable para cálculos. Pero que podría ser cualquier otro.



La Figura 9, es un gráfico donde se manejan conceptos, con valores definidos por acciones mecánicas (arranque y paro).

Para los más estudiosos hay que matizar:

- Las líneas rectas que van de un punto a otro, no son rectas. A pesar de que empiezan y terminan en los puntos señalados.
- Cuando hablamos de almacenamiento, hay que considerar los volúmenes tanto del calderín como de la instalación. La suma de los dos volúmenes. Tanto más necesario, cuando que los calderines se diseñan en muchos casos, solo como soporte de las bombas y del armario eléctrico. Porque los fabricantes realizan conjuntos monobloc, y dejan al proyectista de la instalación decidir volúmenes adicionales si cree que hacen falta.
- La curva que va desde el paro al arranque, abarca un tiempo mucho más corto que el tramo desde el arranque al paro.
- Las formas de onda del vacío no las hemos podido observar, ni tenemos ningún gráfico, hacemos una interpretación sin contrastar con un registro.

Gráfico 2 Marcha de las bombas

Puede verse la marcha y paro de las bombas en función de los ajustes establecidos. Además, la rotación de las diferentes bombas iguales.

Gráfico 3 Caudal ambiente extraído

Están grafiados los caudales extraídos, **no el consumo**. A todos los valores numéricos de caudal, se les han eliminado los decimales para no sobrecargar el dibujo.

Gráfico 4 Caudal ambiente en marcha continua de una bomba

Se ha grafiado el valor de caudal que alcanzando los --710 mm Hg de vacío estable es de 6 m³/h ambiente. **Estos 6 m³/h si es caudal de consumo y caudal extraído al mismo tiempo.**

En tenue para orientación se han grafiado los caudales del gráfico 3, para resaltar las diferencias de funcionamiento.

En otros temas hemos tenido gráficos, extraídos por sensores 4-20 mA y recopilados por un PLC "amigable", pero en este caso lamentablemente no. Esperemos poder llegar a esta visualización para mejor analizar el comportamiento de determinados eventos.



5.1- Procedimiento de medición 1

Dentro de cada parte de los ciclos enumerados, los consumos son relativamente estables por un cierto tiempo prudencial. No necesariamente de un día para otro, ni mas allá de los ciclos comentados.

Si la bomba no para y el vacío alcanza el valor de -620 mm Hg estables, tendremos:

$$760 \times Q_a = (760 - 620) \times 100 \quad \text{asumiendo una presión atmosférica de 760 mm Hg}$$

$$Q_a \text{ estable} = 18,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

En el caso más desfavorable, aplicando la norma, la bomba debe poder trabajar continuamente en el valor de arranque. Porque en el ejemplo expuesto de la norma de UK y su antigua norma HTM 22 (de 1977) tendremos:

1. Disponiendo de -500 mm Hg en la aspiración de la bomba.
2. Si los filtros están al límite de sucios perderán 50 mm Hg, quedando -450 mm Hg antes de filtros.
3. Si la instalación esta correctamente diseñada, hasta la toma más desfavorable se perderán, otros 50 mm Hg. Llegando a la toma menos favorecida un vacío de -400 mm Hg. Tema difícil que se cumpla, en el bazar policromo de la realidad.
4. La norma inglesa especifica una pérdida de carga máxima en la toma (tema de aforos) de 100 mm Hg.
5. La norma especifica un vacío mínimo de -300 mm Hg después de toma y se cumple. Y con un determinado consumo especificado.

En estos 5 puntos, residen las condiciones de un buen funcionamiento.

A partir de esta secuencia de razonamientos, se ve que una instalación de vacío tiene una interrelación de ajustes quizás algo compleja. Se asemeja a una orquesta, en que cada instrumento tiene un ajuste propio (partitura) y una coordinación general. Lo que no puede ser es que diferentes instrumentos tengan diferentes partituras (Proyectos).

Volviendo al tema de la bomba de 100 m³/h que está en automático y alcanza un vacío estable de -620 mm Hg (por tener un vacío de paro mayor de -620 mm Hg) Recopilamos los siguientes datos

| Caudales de diseño y puntuales | Valor | Notas |
|-----------------------------------|------------------------------|--|
| Qa arranque ajustado | 34,24 m ³ /h | A -500 mm Hg |
| Qa estable de medición | 18,42 m ³ /h | A -620 mm Hg |
| Diferencia (34,82- 18,42=) | 15,82 m³/h | Margen para incremento de consumo hasta llegar al valor de arranque |



Tabla 2- Análisis de una bomba que no para

Conclusiones y notas del ejemplo:

- Vemos que el consumo puede casi doblarse sin problemas, si todo lo demás está bien ajustado y construido **con la misma norma**.
- Si los filtros están relativamente limpios o recién cambiados, el margen es aún mayor.
- Si los filtros están al límite de la suciedad admisible, nunca se debe quitar el cartucho, la bomba puede sufrir graves daños. El polvo de la sangre (hemoglobina= hierro) y los silicatos del polvo atmosférico son abrasivos. Si tienen dos filtros (s/norma) y están igual de sucios, al límite necesario para cambiarlos; dejen los dos abiertos. La pérdida de carga se reducirá a la mitad, y podrán trabajar bien hasta que lleguen los cartuchos de repuesto, si no se dispone de ellos. Sera casi el equivalente a un filtro nuevo y limpio.
- Si la red es mezcla de varias normas, instaladores, materiales, ajustes etc, el resultado puede ser cualquiera.
- Si en el límite se han producido cortocircuitos de consumo, por no haber "empezado" por reforzar las líneas generales (antes de reformar áreas), o establecer distribuciones primarias en anillo.... Etc, puede haberse empeorado la situación en algunas áreas.

5.2- Procedimiento de medición 2

Algunas personas tienen la percepción errónea de que el consumo varía mucho continuamente. Quizás por ver ciclos continuos arranque-paro. No es verdad.

La misma bomba se pone en marcha manual, el resto se paran y con el consumo existente se alcanza un vacío de 710 mm Hg estables.

Esta es una situación similar a la anterior, la bomba permanece en marcha deslizándose por la recta de carga superando el valor de vacío de paro.

$$760 \times Q_a = (760 - 710) \times 100$$

$$Q_a \text{ estable} = 6,57 \text{ m}^3/\text{h}$$

Esta puede ser la 2ª medición de un montante y la primera de 13,22 m³/h. La diferencia se correspondería con haber cerrado la llave de la planta 7 de un total de 10 plantas. Siendo horario nocturno, habrá que evaluar si está justificado. Nos da información relevante. También se puede contrastar en días sucesivos.

Ese segundo método es el mismo que el primero. Solo hemos eliminado el valor de paro, al poner la bomba en marcha manual. Por lo cual alcanzara un valor de vacío probablemente por encima del paro previo. Este método da más confianza de que no se producirá un cero.

5.3- Procedimiento a explorar

Durante el tiempo de paro, solo circula el caudal de consumo con algunos matices. Su efecto es pasar desde el nivel de vacío de paro al nivel de arranque.

Si analizamos la Figura 10 tendremos:

- La instalación tiene un cierto volumen (que llamamos volumen equivalente de la instalación) que puede alterar las condiciones del volumen del depósito de la central
- El filtro, en un momento dado, está en una cierta situación de suciedad. Pero en una instalación bien mantenida y correcta tiene una pérdida de carga variable en función del caudal que circule y unos límites definidos de pérdida de carga con el caudal nominal.

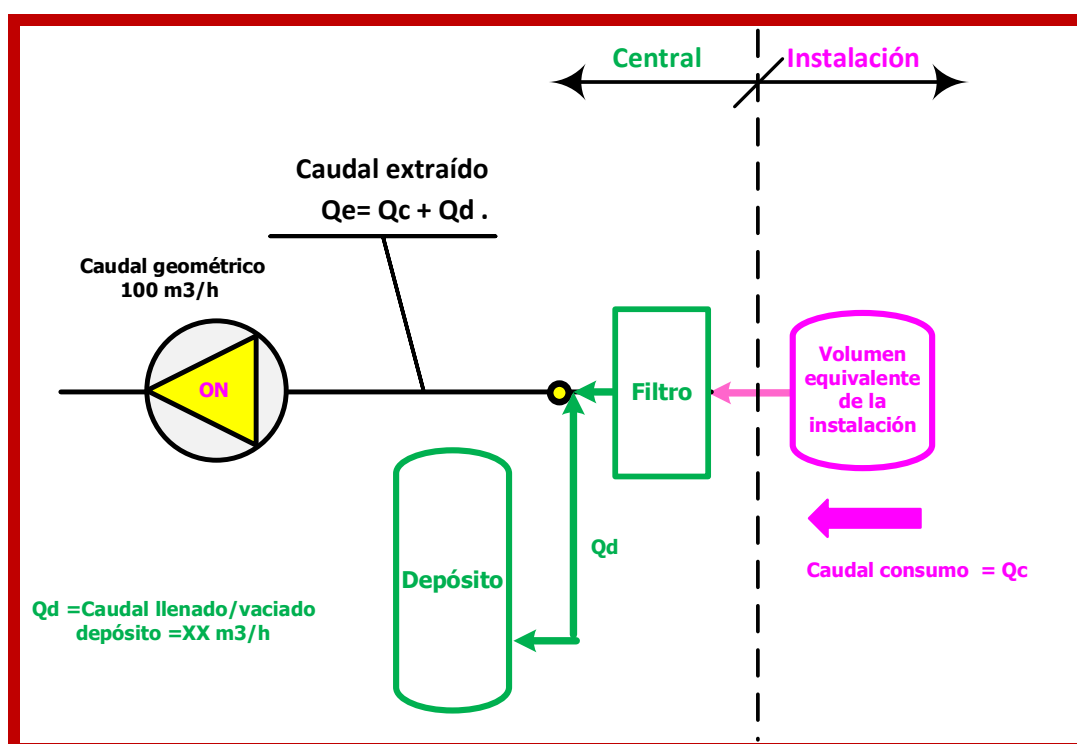


Fig. 10- Instalación simplificada de vacío con los elementos más relevantes

- Durante el tiempo de paro, no se extrae aire al exterior. Todo el aire está confinado y se mueve por el vacío residual que exista en el depósito de la central.
- No conocemos el volumen equivalente de la instalación. Tema difícil de conocer en instalaciones antiguas.

Creemos que el sistema de cálculo con una bomba en marcha continua es más claro. Pero añadimos este para mostrar que los métodos de cálculo pueden ser



variados, y por ver si alguien se anima a partir de los datos que expondremos a continuación, a terminar el procedimiento de medición por este método. Y además probarlo (no se ha probado) confrontar ambos sistemas.

Lo que mostramos es el cálculo del volumen en condiciones ambiente que existe en un calderín dado, en dos momentos fijos de funcionamiento; al arranque y al paro. En ambos casos en condiciones ambiente de presión y temperatura.

La diferencia entre ambos momentos es el volumen que ha entrado en el tiempo de tránsito desde el paro al arranque.

| | | | | |
|--|--------|---|--|--|
| Calderin | 1000 | litros geometricos o equivalentes de agua | | |
| Volumen aire en condiciones ambiente en el calderin | | | | |
| 760 x Vambiente = (760-620)x Volumen del calderin | | | | |
| En el momento de paro | 184,21 | litros ambiente a -620 mm Hg | | |
| 760 x Vambiente = (760-500)x Volumen del calderin | | | | |
| En el momento de arranque | 342,11 | litros ambiente a -500 mm ahg | | |
| Diferencia (Arranque-Paro) | 157,89 | litros de aire entrados | | |
| Tiempo transcurrido desde el paro al arranque | 42 | segundos | | |
| Caudal | 3,76 | LPS | | |
| | 225,56 | LPM | | |
| | 13,53 | m3/h | | |

Tabla 3-Método de cálculo del caudal de consumo por el tiempo de paro

En total han entrado 157,89 litros ambiente, que luego convertimos a LPS, LPM y finalmente en m3/h.

En estos cálculos iniciales, la capacidad de la bomba es irrelevante. Nos ceñimos a la variación de volumen en condiciones ambiente desde el paro al arranque.

Este cálculo también indica que, si doblamos la capacidad del calderín, el tiempo de paro también se dobla con estos ajustes. O que se puede aprovechar para reducir la histéresis en favor de una mejor eficiencia energética. Tema que hoy está de moda.



Algunos términos pueden inducir a confusión. Pasamos a refrescarlos

Litros geométricos o equivalentes de agua

Mas de una vez nos han indicado que los litros son siempre geométricos. ¿A qué viene pues el matiz de geométrico o equivalentes de agua?

Un volumen de 1 dm³, puede almacenar únicamente 1 litro de agua líquida en condiciones ambiente o una infinita variedad de gases según condiciones de presión y temperatura.

Un calderín tiene una capacidad de contener, que se puede concretar como litros geométricos o equivalentes de agua. Lo que contenga finalmente en forma de gas dependerá de la presión y de la temperatura

5.4-Otras posibilidades

5.4.1- Chequeo de varias áreas

El método de cálculo lo hemos usado muchas veces, con resultados satisfactorios. Ahora esbozaremos algunas posibilidades adicionales sin contrastar.

Cuando se quiera aprovechar al máximo el procedimiento, convendrá usar un vacuómetro digital. Pero en su momento definiremos las características con más precisión. Algunos pueden tener la idea de que siendo digital es maravilloso. Si, pero los juguetes son buenos para jugar, pero no necesariamente para trabajar.

Hemos visto comprar equipos de más de 6000 € y después no saber qué hacer con ellos.

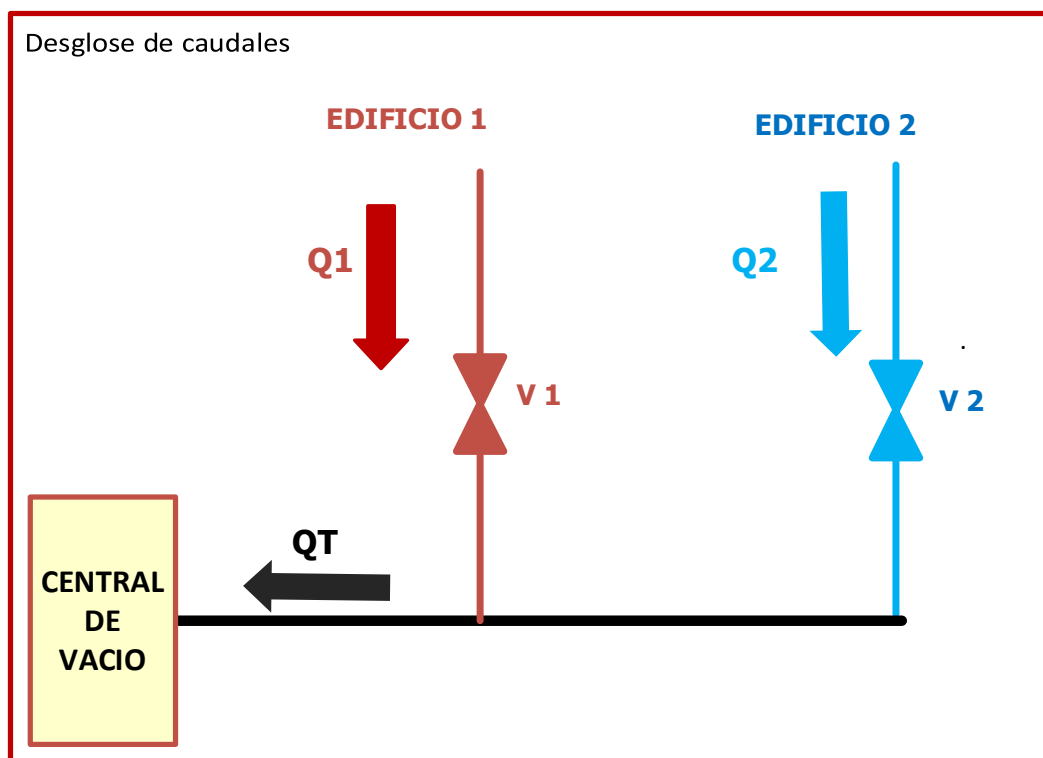


Fig. 11 Evaluación de caudales

En la Figura 11 tenemos

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Si hacemos referencia al caso de la Tabla 2

$$Q_T = 15,82 \text{ m}^3/\text{h}$$

Ahora cerrando una de las dos válvulas, por ejemplo, V_2 , midiendo tendríamos un caudal. por ejemplo, $Q_1 = 4,40 \text{ m}^3/\text{h}$ automáticamente tendríamos el valor de:

$$Q_2 = Q_T - Q_1 = 15,82 - 4,40 = 11,42 \text{ m}^3/\text{h}$$

A partir de aquí debería interpretarse si es un resultado coherente. La realización de varias mediciones temporales en varios días, puede aportar más datos para la interpretación.

Este método es muy rápido, pero debe experimentarse más. Solo existe el retardo que implican los cambios de presión (vacío). Implícitos en los cambios de caudal de consumo, por lo que el vacío puede tardar unos segundos en estabilizarse, no es instantáneo.



5.4.2- Segunda parte esta entrada

En la segunda parte de esta entrada esperamos conocer el punto de vista de un fabricante de bombas. La teoría siempre es correcta, con pocas variables y por ello puede ser una simplificación excesiva, alejada de la realidad. Después hay que ver en la realidad que otros factores tienen peso específico. Esta es la razón de poner reparos a bombas distintas a las rotativas de paletas lubricadas, como pistones o las bombas secas tipo uña (vacío límite muy inferior).

La primera aproximación ha sido muy positiva, mejores resultados de los esperados. Quedamos a la espera de sus datos para conocer la exactitud obtenible con bombas de la serie R5, muy común en Hospitales, sea general o por tramos.

5.4.3-Pendiente caudal/vacío

Una de las formas de definir una recta es mediante la ecuación

$$y = mx + n$$

donde

| Nº | Variable | Descripción |
|----|----------|---|
| 1 | y | Valor de la presión (vacío) |
| 2 | m | Pendiente de la curva según las figuras 3 y 4 en "m3/h por mm Hg" |
| 3 | x | Caudal de la bomba en m3/h |
| 4 | n | En este caso, consideramos n=0 |

Expresándose

- "m" en "(mm Hg)/m3 de bomba". En la figura 4, tomando el vacío como 760 mm Hg y el caudal en este caso el de la bomba
- "y" es el valor de vacío estable que se obtiene, **medido con un vacuómetro confiable.**

$$x = y/m$$

| Pres.local | Bomba | Vacío medido | Pendiente |
|------------------------|-------|---------------|-------------|
| mm Hg | m3/h | mm Hg | mm Hg/m3/h |
| 760 | 100 | 500 | 7,6 |
| Caudal medido = | | 34,21 | m3/h |
| | | 570,18 | LPM |

Fig. 12- Evaluador de caudales realizado en un Excel



5.4.4 Como convertir la red en más amigable

Soluciones amigables con redes dobles

En áreas críticas y por ello difícilmente evacuables, si queremos redes locales amigables hay que variar los planteos clásicos.

Muchos técnicos opinan que disponer de redes dobles desde la central es inviable. Porque implica modificar las líneas generales desde la central e implica acciones invasivas a lo largo de todo el recorrido intermedio.

Hemos vivido hospitales con aluminosis, que se han modificado. Otro caso invasivo, es reforzar líneas generales de distribución, o pasar de una red con regulación centralizada a instalar reductores locales área por área.

Pero hay otras soluciones factibles. Líneas dobles locales. Muchos técnicos opinan que no es de utilidad porque se depende de una sola línea.

La pregunta es ¿para qué queremos una línea doble?:

Para poder hacer una red amigable Para poder hacer mantenimiento, sin evacuar a los enfermos, por necesidad de realizar ceros.

Las válvulas de retención de las tomas dejan en ocasiones bastante que desear para hacer mantenimiento. Cosa que termina en ocasiones con equipos conectados a modo de tapón para reducir las fugas.

Una doble red local, con tomas independientes para cada enfermo, es una solución. O más tomas, con los sistemas suspendidos, con muchas tomas por enfermo.

En este caso, media red está disponible completa, a disposición del mantenimiento, pruebas o reparaciones de mayor envergadura.

¿Alguna condición especial?

Si, poder aislar la red en que trabajar más allá de la una única válvula de cierre tal y como pide la norma. Desde hace unos años, las cajas de cierre actuales disponen de este elemento. Al menos en los gases de presión positiva, y para el vacío también están disponibles sueltas.

De esta forma se pueden cambiar fungibles de mantenimiento, sin problemas. Solo después se podrán realizar pruebas de estanqueidad y las reparaciones si hacen falta.

¿Como se soluciona el problema de una única línea desde la central?



También en esto es necesario cambiar la manera de pensar. Los hospitales disponen de sus mangueras y de sus bombas contra incendios propias....

Pero no disponen de elementos para suministros de emergencias, que se puedan conectar en puntos clave a través de válvulas NIST.

ALM creó unas centrales pequeñas para instalaciones fijas, para sitios como quirófanos y Ucis y no tuvieron éxito. La idea es muy buena, y responde a un análisis de riesgos correcto. Pero también podrían haberse usado para centrales móviles internas del hospital. A día de hoy, y desde hace años pueden conectarse a través, de las válvulas NIST de los armarios de cierre y control.

Colectivamente decidimos que las mangueras las traigan los bomberos.

¿Es mucho más cara una instalación doble?

El coste no se dobla, veamos que se dobla y que no

| Concepto | ¿Se dobla? | Comentario |
|--------------------|------------|---|
| Tomas | No | Mismo Nº de Uds. Mínimo 2 uds/cama |
| Bajantes a tomas | No debería | No deberían puentearse tomas con un mismo bajante. Por tanto, son los mismos metros |
| Líneas de pasillo | Si | Pero probablemente con diámetros menores (con un factor de carga del 75-80% del caudal nominal en cada línea) |
| Armarios de cierre | Si | |
| Alarmas | Si | |

En el fondo hay que valorar el % de sobrecoste de los elementos que si se duplican entre una solución y otra. No es tan grande como se piensa.

Algunos hospitales disponen/disponían de muchas camas de UCI, y en verano secuencialmente iban parando las UCIs. Dando tiempo a operaciones de mantenimiento, reparación y haciendo vacaciones parte del personal. Es una solución al alcance de pocos hospitales.

5.5-Detección de bombas excesivamente grandes

Varias veces se ha indicado que se han instalado bombas excesivamente grandes, para centros pequeños. Generando inestabilidad en las centrales.

La secuencia que consideramos correcta es:

- En base a una norma de prestigio se asignan caudales en función de las áreas de consumo.
- La suma de caudales según el punto anterior es el caudal "raw" (bruto) de la instalación.



- Este caudal se debe matizar mediante la gestión operacional por parte del estamento asistencial. Este nuevo caudal será el caudal neto. Cada área asistencial tiene un caudal punta determinado acorde con las necesidades especificadas por la norma de referencia adoptada. La misión primordial de los estamentos médicos es determinar hasta que nivel de simultaneidad es razonable prever que se alcance el consumo neto. No vale decir el 100% como decisión correcta.
- Los caudales internos de cada área consideramos que no deben modificarse, no simultanearse a la baja. Porque en algún momento se alcanzará el caudal punta del área y no de otras. Este concepto es difícil de asumir, pero alguien debe hacerlo, con ayuda de otros estamentos de la Gestión Operacional. Siempre será mejor que lo decida el estamento asistencial. Aunque no siempre se puede prever el alcance de una pandemia siempre tienen la mente más preparada para estos conceptos
- Los estamentos técnicos no son ajenos, y pueden/deben ayudar. Si consideran que la bomba unidad causará problemas de inestabilidad, siempre podrán aportar otras soluciones:
 - fraccionarla de forma que se reduzca la inestabilidad, solo entrando una segunda bomba si es necesario.
 - O con la ayuda limitada del control de frecuencia.
 - O aumentando la capacidad del calderín.
 - O limitando por software el máximo número de arranques.
 - Pero esto implica más bombas, aunque más pequeñas.
- Se busca el caudal geométrico de bomba necesario para poder suministrar el caudal ambiente neto en el vacío de arranque. Pero en ocasiones los saltos comercialmente disponibles son excesivos lo que introduce inestabilidad adicional.
- El resto de ajustes fluyen desde el vacío de arranque

Si después de un tiempo prudencial de tomar lecturas semanales, el caudal de consumo es notablemente inferior al nominal neto. Las causas pueden ser varias, entre ellas:

- La red de distribución actual es insuficiente para dar paso a los caudales de la norma, a las necesidades estipuladas como necesarias.
- También es probable que los ajustes de las alarmas estén descalibrados y no nos avisen de excesivas pérdidas de carga. Entre otras razones por la falta de amigabilidad de las instalaciones. Y por falta del equipamiento adecuado para poder realizar correctamente estos ajustes.
- La red esta parcialmente obstruida por secreciones.
- El centro por ser específico, necesita un caudal muy inferior. Por ejemplo, mutuas de accidentes de trabajo o centros de cuidados paliativos. Lo que sucede es que puede optarse por dotaciones estándar por si el área o el



centro cambia de uso. Cambiar después es muy difícil e invasivo para la marcha diaria del centro.

- Se han realizado remodelaciones, que en principio desequilibran unas áreas en beneficio de otras.
-

En hospitales antiguos, una gran parte de las alarmas están descalibradas, por varios motivos:

1. Las primeras alarmas eran muy rudimentarias. Los vacuostatos con ajustes de solo 270° de giro.
2. No existe cultura de procedimientos escritos, y no se sabe cómo ajustar
3. Si la alarma se dispara, el operario de turno tiene muy poco margen de actuación, más allá de anular la alarma.
4. Si las alarmas no se disparan, lo más probable es que se hayan manipulado para que no se disparen más. **Un operario no tiene acceso a corregir una instalación deficiente**, ni se puede incordiar con nuevos disparos al personal asistencial.
5. Para descalibrar leves si hay soluciones paliativas, con medios suficientes adecuados.
 - a. Las instalaciones no son muy amigables. Cuando se ha podido hemos optado por conectar el sensor a la red a través de una toma. Esto permite sacar el sensor (sin realizar un cero de suministro), y después realizar los ajustes y pruebas necesarios sobre un tablero independiente y una bomba de vacío pequeña. Para volverlo a insertar después.
 - b. Por descalibrar leves entendemos subir el vacío de arranque por ejemplo en 25-50 mm Hg. Sabiendo que esto reduce la capacidad de la central, si es que se tienen los datos suficientes para reconocer sus repercusiones.
6. Falta formación para el personal disponible, aunque el nivel medio de formación base ha mejorado mucho, la formación específica es necesaria, aunque inexistente. Antes existían pocas especialidades, la de calefactor era una de ellas. Hoy se necesita algo más que saber soldar tubo de acero, por no decir que hoy, es mucho menos necesario que hace 30 años.

5.6-Conclusiones generales y casos reales

Para conocer los caudales puntuales globales o de un área, las bombas de paletas lubricadas son adecuadas. Siempre y cuando:

- Las bombas estén correctamente mantenidas. Algunas marcas de bombas han variado sus recomendaciones de mantenimiento programado. En la dirección clásica y además con el objetivo de reducir la contaminación al



mínimo en la expulsión, acorde con la legislación vigente. Por ejemplo, cambiando los filtros recuperadores de aceite, con una frecuencia mayor a la que se recomendaba hace solo unos años. Esto tiene otras ventajas.

- el vacuómetro de medición sea nuevo y de calidad.
- se conozca el caudal nominal de la bomba a emplear. Muchos fabricantes añaden un número a la serie que es orientativo con respecto al caudal medido con una cierta norma. Pero en ocasiones no es así. La bomba SV200, puede parecer que es de 200 m³/h, pero es de 180.
- se disponga de un punto fácil para conectar el vacuómetro, e instalar un amortiguador, más una válvula de cierre. En el caso de vacuómetros analógicos.
- alternativamente, se puede instalar una toma de vacío en las inmediaciones del propio calderín, aprovechando la salida para el vacuómetro que suelen llevar.

Debe tenerse en cuenta que los calderines, **no afectan** a la medición del caudal aspirado, lo mejoran en el caso de que se midiera con bombas de pistones o similar, porque atenuaría las pulsaciones. Una bomba de vacío lubricada suele rotar a 1500 RPM. Por lo que el caudal extraído se asemeja bastante a un flujo continuo.

Los calderines **si afectan** a la medición del caudal de consumo. La norma inglesa actual especifica 2 calderines y conectados solo, por un lado. De forma que:

- se pueden inspeccionar de forma independiente uno de otro.
- Se pueden limpiar, e incluso reparar si fuera necesario.
- es más fácil realizar las pruebas de caudal como las que aquí describimos.

Algunos técnicos de mantenimiento han visto o intuitido lo que estamos comentando, pero no saben cómo continuar. Y el día a día, no les permite moverse con facilidad.

Quizás si volvemos a la entrada anterior estaremos de acuerdo en que las instalaciones deben ser más amigables para que estas y otras pruebas sean fáciles de realizar, pensadas para este fin, tal como pide la norma ISO 7396-1.

Lo aquí expuesto es el equipamiento relativamente sencillo que vuelve más amigable la instalación a precios asequibles. Un vacuómetro digital no es algo costoso, no es un lujo, más bien una herramienta necesaria.

También es imprescindible disponer de personal formado. Que pueda entender lo que sucede. Aprender es como ir en bicicleta, se aprende trabajando, pedaleando y equivocándose, con la mercurina en el bolsillo, por si hace falta.



Las nuevas generaciones han conseguido llegar con una mayor formación base al mantenimiento. Solo falta darles la oportunidad y formarlos.

NOTAS PARA TODAS LAS ENTRADAS DEL BLOG

Copy right

Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial de esta publicación, ya sea por medios mecánicos o electrónicos. Incluyendo grabaciones, fotocopias videos o cualquier otro medio de almacenamiento y recuperación de información sin permiso escrito previo del autor/es

Advertencia

El contenido de este blog compartido con Uds., no tiene el suficiente detalle para una aplicación constructiva directa. No es un kit. La información aquí expuesta, puede parecer más sencilla de lo que realmente es. La reproducción de uno varios de los conceptos, procedimientos y esquemas desarrollados debe ser supervisada por profesionales competentes. En aras a la claridad conceptual, en ocasiones no se incluyen todos los elementos constructivos y detalles.

El contenido expuesto, tiene finalidades educativas y didácticas. No nos hacemos responsables de lo que se haga con la información aquí expuesta. Gracias

Ampliaciones sucesivas a esta entrada (21.1)

El tema no está agotado. Podrá continuar en varias líneas de trabajo tal y como ya se ha indicado

Agradecimientos

Agradecemos a todas las personas que han colaborado.

Invitación

Las empresas interesadas en dar a conocer sus productos, pueden enviarnos sus documentaciones técnicas lo más completas posibles (manuales de montaje, instrucciones de funcionamiento, mantenimiento, planos.... etc.). Además, en PDF y a ser posible con fotos ilustrativas. Pero lejos de los simples folletos comerciales.

Quisiéramos que, en cada tema, se dispusiera de 2 o 3 marcas representativas. Hoy por hoy, es difícil. También si se considera de interés agradeceríamos poder disponer de una ampliación de contenidos a demanda.

El objetivo final es dar a conocer productos y características de los mismos, y para ello nadie mejor que el propio fabricante. Consideramos que dar a conocer productos no es publicidad, con mesura es información técnica.



El uso de la documentación recibida es optativo. Y no es remunerado. Es necesario responder a las ampliaciones de información técnica que se les demanden.

En caso necesario se podrán solicitar muestras. Aunque no somos un laboratorio de ensayos.

Bibliografía

Normas sobre manómetros y vacuómetros

- **UNE-EN 837-1** octubre de 1997 o posterior
- **UNE-EN 837-2** enero de 1998 o posterior
- **Análisis físico-matemático de la influencia de las condiciones ambientales locales en las prestaciones del vacío médico**

I Renedo Rouco, J Renedo Puig - Todo Hosp, 2002 - pesquisa.bvsalud.org (se puede bajar desde el Google académico)

- **Una experiencia en regulación Progresiva, Central de vacío del Hospital de Bellvitge**

Vadri Miro J, López Gallego F. Perez Laporta C. Rouco Martínez I. Renedo Puig J.

XIII Seminario de Ingeniería Hospitalaria- Congreso Nacional -Toledo 18-20 octubre de 1995.

Entrada al blog N° 20 de 9/6/2021

- **Conducción amigable de instalaciones. Entradas de emergencia. Válvulas. Circuitos tipo. Mejoras en el tendido. Protecciones VIR y ARL en redes de vacío** JRenedo

Específicamente los epígrafes:

Desde el 1.1.1. hasta 1.1.4

Desde el 1.2. hasta al 1.2.2.