

LA LEY DE BOYLE

En el año de 1662, el físico y químico inglés Robert Boyle realizó uno de los experimentos clásicos de la historia científica. Varias semanas antes de efectuar la demostración, Boyle solicitó a un vidriero de Londres que hiciera el tubo de dicho vidrio más largo y fuerte que jamás hubiera hecho.

Dicho tubo debería tener la forma de una J, con una rama mayor de cinco metros de longitud y una menor de un metro y medio, cerrado en la parte superior con una llave de paso.

El vidriero consiguió hacer lo que se le pedía. Boyle colocó el tubo en la escalera de su casa descansando la parte inferior en un recipiente de metal, a fin de recoger el mercurio en caso de que se rompiera el vidrio. Abrieron unos barriles que contenían mercurio; un ayudante comenzó a verter el mercurio en el extremo abierto del tubo, situado en la parte alta de la escalera. Al ir agregando más mercurio, este se iba introduciendo en la rama pequeña que contenía aire cerrado, el cual se iba comprimiendo.

Boyle continuó entonces su experimento abriendo la llave de paso de la rama corta y agregando mercurio, hasta que tuvo un espacio de 75 cm, entre la llave de paso y la parte superior de la columna de mercurio.

El nivel de mercurio era ahora igual en las dos ramas y la presión de aire en ambas columnas era igual. Entonces cerró la llave de paso, sabiendo que esta columna de aire encerrado tenía una presión que era igual a la presión atmosférica. Luego, su ayudante vertió más mercurio en la rama del tubo hasta que el aire encerrado se comprimió a 37.5 cm. Se agregó otra vez mercurio hasta que la columna de aire se produjo de 18.7 cm., es decir, la cuarta parte del volumen de la presión atmosférica. La cantidad de mercurio aumentó, al ir agregando más, mientras que proporcionalmente el volumen de gas disminuyó.

El experimento se siguió repitiendo, a veces se rompía el tubo, pero los resultados que obtenía Boyle siempre eran los mismos.

La ley de Boyle: a una temperatura constante y para una masa dada de un gas, el volumen del gas varía de manera inversamente proporcional a la presión absoluta que recibe.

El experimento de Boyle permite deducir lo siguiente:

- Al duplicar p , el volumen V queda dividida entre 2 y p se duplica
- Al triplicar p , el volumen V queda dividido entre 3 y p se triplica
- Al cuadruplicar p , el volumen V queda dividido entre 4 y p se cuadruplica, etc.

EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

Antiguo matemático griego, Arquímedes (287–212 A.C.), fue el primero que estudió el empuje vertical hacia arriba ejerciendo por los fluidos.

El principio de Arquímedes se enuncia en la siguiente forma:

Un objeto que se encuentra parcial o totalmente sumergidos en un fluido experimenta una fuerza ascendente (empuje) igual al peso del fluido desalojado.

El principio de Arquímedes se puede demostrar estudiando las fuerzas que ejerce el fluido sobre un cuerpo que se encuentra suspendido en él.

Considere un disco de área A y de altura H que esta totalmente sumergido en un fluido . Recuerda que la presión a cualquier profundidad h en el fluido esta dad por

$$P = pgh$$

Donde p es la densidad de más del fluido y g es la aceleración de la gravedad. Por supuesto, si deseamos representar la presión absoluta dentro del fluido, tenemos que sumar también la presión externa ejercida por la atmósfera . La presión total hacia abajo P1 ejercida sobre la parte superior del disco, según la figura , es por lo tanto:

$$P1 = Pa + pgh_1 \text{ (hacia abajo)}$$

Donde Pa es la presión atmosférica y h1 es la profundidad en la parte superior del disco es

$$P2 = Pa + pgh_2 \text{ (hacia arriba)}$$

Donde h2 es la profundidad medida en la parte inferior del disco. Puesto que h2 es mayor que h1 , la presión registrada en la parte inferior del disco es mayor que la presión superior, lo cual da por resultado una fuerza neta hacia arriba . Si representamos la fuerza hacia abajo como F1 y la fuerza hacia arriba como F2 , podemos escribimos

$$F1 = P_1 A \quad F2 = P_2 A$$

La fuerza neta hacia arriba ejercida por el fluido sobre el disco se llama empuje y esta dada por

$$F_B = F2 - F1 = A(P2 - P1)$$

$$= A(Pa + pgh_2 - Pa - pgh_1)$$

$$= Apg(h_2 - h_1) = ApgH$$

Figura 15–10. El empuje que se ejerce sobre el disco es igual al peso del fluido que se desaloja.

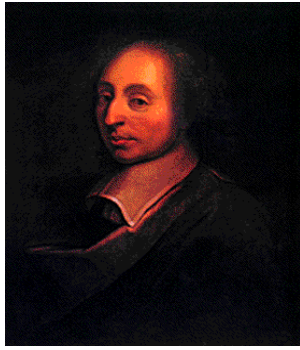
Donde H = h2 – h1 es la altura del disco. Finalmente, si recordamos que el volumen del disco es V = AH, obtenemos este importante resultado:

$$(15-10)$$

empuje = peso del fluido desalojado

que es el principio de Arquímedes.

Al aplicar este resultado debemos recordar que la ecuación (15–10) nos permite calcular únicamente el empuje ocasionando por diferencia de presiones. No representa en realidad la fuerza resultante. Un cuerpo se sumergirá si el peso del fluido que desaloja (el empuje) es menor que el peso de dicho cuerpo.



APORTACIONES DE BLAISE PASCAL

(Clermont–Ferrand, Francia, 1623–París, 1662) Filósofo, físico y matemático francés. Fue un genio precoz a quien su padre inició muy pronto en la geometría e introdujo en el círculo de Mersenne, la Academia, a la que él mismo pertenecía. Allí se familiarizó con las ideas de Girard Desargues y en 1640 redactó su Ensayo sobre las cónicas, que contenía lo que hoy se conoce como teorema del hexágono de Pascal. En Ruán, Pascal desarrolló un nuevo interés por el diseño y la construcción de una máquina de sumar. En Ruán comenzó también a interesarse por la física, y en especial por la hidrostática, y emprendió sus primeras experiencias sobre el vacío; intervino en la polémica en torno a la existencia del horror vacui en la naturaleza y realizó importantes experimentos (en especial el de Puy de Dôme en 1647) en apoyo de la explicación dada por Torricelli al funcionamiento del barómetro. La enfermedad lo indujo a regresar a París en el verano de 1647; los médicos le aconsejaron distracción e inició un período mundano que terminó con su experiencia mística del 23 de noviembre de 1654, su segunda conversión (en 1645 había abrazado el jansenismo); convencido de que el camino hacia Dios estaba en el cristianismo y no en la filosofía, suspendió su trabajo científico casi por completo. Pocos meses antes, como testimonio su correspondencia con Fermat, se había ocupado de las propiedades del triángulo aritmético hoy llamado de Pascal y que da los coeficientes de los desarrollos de las sucesivas potencias de un binomio; su tratamiento de dicho triángulo en términos de una «geometría del azar» lo convirtió en uno de los fundadores del cálculo matemático de probabilidades. En 1658, al parecer con el objeto de olvidarse de un dolor de muelas, elaboró su estudio de la cicloide, que resultó un importante estímulo en el desarrollo del cálculo diferencial. Desde 1655 frecuentó Port–Royal, donde se había retirado su hermana Jacqueline en 1652. Tomó partido en favor de Arnauld, el general de los jansenistas, y publicó anónimamente sus Provinciales. El éxito de las cartas lo llevó a proyectar una apología de la religión cristiana; el deterioro de su salud a partir de 1658 frustró, sin embargo, el proyecto, y las notas dispersas relativas a él quedaron más tarde recogidas en sus famosos Pensamientos (Pensées sur la religion, 1669). Aunque rechazó siempre la posibilidad de establecer pruebas racionales de la existencia de Dios, cuya infinitud consideró inabarcable para la razón, admitió no obstante que esta última podía preparar el camino de la fe para combatir el escepticismo. La famosa apuesta de Pascal analiza la creencia en Dios en términos de apuesta sobre su existencia, pues si el hombre cree y finalmente Dios no existe, nada se pierde en realidad. La tensión de su pensamiento entre la ciencia y la religión quedó reflejada en su admisión de dos principios del conocimiento: la razón (esprit géométrique), orientada hacia las verdades científicas y que procede sistemáticamente a partir de definiciones e hipótesis para avanzar demostrativamente hacia nuevas proposiciones, y el corazón (esprit de finesse), que no se sirve de procedimientos sistemáticos porque posee un poder de comprensión inmediata, repentina y total, en términos de intuición. En esta última se halla la fuente del discernimiento necesario para elegir los valores en que la razón debe cimentar su labor. «El corazón tiene sus razones que la razón ignora.» Pensamientos

Mecánica de fluidos: El pistón hidráulico.

GATO HIDRÁULICO.

<u>¿Una demostración de fuerza?</u>
--

¿Cómo es posible que pueda levantarse un coche de 800 kg accionando una palanquita con una sola mano, para cambiarle la rueda que se ha pinchado? ¿Puedes tú levantar a una o dos personas que se coloquen sobre la plataforma, moviendo casi sin esfuerzo la palanca? ¿Qué es un gato hidráulico?

Un gato hidráulico es un aparato que se sirve de un conocido principio físico, el de Pascal, para desempeñar su labor. Este principio establece que la presión ejercida en un punto de un fluido, encerrado en un recipiente, se transmite con igual intensidad a todos los puntos de él.

Imagina un montaje como el de la figura, con dos pistones, uno mucho mayor que el otro. Si sobre el pistón pequeño se ejerce una presión, ésta se transmite con igual intensidad a todos los puntos del líquido hasta llegar al pistón grande, y éste se desplaza hacia arriba. La particularidad está en que, ejerciendo una fuerza pequeña en el pistón menor, se pueden levantar grandes pesos, aunque más despacio.

PRENSA HIDRÁULICA

Es un dispositivo que, basado en el Principio de Pascal se utiliza para ahorrar fuerza. Está formado por dos recipientes cilíndricos unidos por su parte inferior. En su interior se coloca un líquido que toma el mismo nivel en ambos recipientes. Sobre la superficie libre del líquido se colocan sendos émbolos. Si S1 es la superficie del émbolo mayor, S2 la superficie del émbolo menor, F1 la fuerza que se hace sobre el émbolo mayor y F2 la fuerza que se hace sobre el émbolo menor, se cumple:

$$F1 / S1 = F2 / S2$$

Ley de Pascal

La Ley de Pascal, enunciada sencillamente, dice: la presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente en las paredes del recipiente. Esto explica por que una botella llena de agua se rompe si introducimos un tapón en la cámara ya completamente llena. El líquido es prácticamente incomprensible y transmite la fuerza aplicada al tapón a todo el recipiente. El resultado es una fuerza considerablemente mayor sobre un área superior a la del tapón. Así, es posible romper el fondo de la botella empujando el tapón con una fuerza moderada.

Aplicación de la Ley de Pascal por Bramah

En los primeros años de la revolución industrial, un mecánico británico llamado Joseph Bramah utilizó el descubrimiento de Pascal para desarrollar una prensa hidráulica.

Bramah pensó que si una pequeña fuerza, actuando sobre un área pequeña, crea una fuerza proporcionalmente mas grande sobre un área mayor, el único limite a la fuerza que puede ejercer una máquina es el área a la cual se aplica la presión.

La figura 1 muestra cómo Bramah aplicación el principio de Pascal a la prensa hidráulica. La fuerza aplicada es la misma que en el tapón y el pequeño pistón tiene el área de 1 cm². El pistón grande, sin embargo tiene un área de 10 cm². El pistón grande es empujado con 10 Kp de fuerza por cm² de forma que puede soportar un peso total o fuerza de 100K

Puede verse fácilmente que las fuerzas o pesos que equilibran este aparato son proporcionales a las áreas de los pistones. Así pues, si el área del pistón de salida es de 200 cm², la fuerza de salida será de 2000 Kp (suponiendo el mismo empuje de 10 Kp sobre cada cm²). Este es el principio del funcionamiento de la prensa hidráulica.

Es interesante notar la similitud entre esta prensa simple y una palanca mecánica (vista B). Como Pascal ya habla indicado, en este caso, también la fuerza es a la fuerza como la distancia es a la distancia.

Definición de presión

Para determinar la fuerza total ejercida sobre una superficie es necesario conocer la presión o fuerza sobre la unidad de área. Generalmente expresamos esta presión en Kp por cm². Conociendo la presión y el número de cm² de la superficie sobre la cual se ejerce, se puede determinar fácilmente la fuerza total. (fuerza en Kp = presión en Kp/cm² x superficie en cm²).

Conservación de la energía

Una ley fundamental de la física afirma que la energía no puede crearse ni destruirse.

Definición de oleohidráulica

Es un medio de transmitir energía empujando un líquido confinado. El componente de entrada se llama bomba; el de salida se denomina actuador.

El actuador puede ser lineal (cilindro), o rotativo (motor). Características especiales que destacan a la Hidráulica. Muchas razones hacen que la elección recaiga en un control y propulsión hidráulicos.

- Grandes fuerzas o momentos de giro producidos en reducidos espacios de montaje.

Las fuerzas se gradúan automáticamente a las necesidades. El movimiento puede realizarse con carga máxima desde el arranque.

Graduación continua simple (ya sea control o regulación) de la velocidad, momento o fuerza.

Protección simple contra sobrecarga.

Útil para movimientos rápidos controlados, así como para movimientos de precisión extremadamente lentos.

Acumulación relativamente sencilla de energía por medio de gases. Posibilidad de sistema de propulsión central con transformación en energía mecánica descentralizada (Gran economía).

Como se crea la presión

La presión se origina siempre que se produce una resistencia a la circulación de un líquido, o una fuerza que trata de impulsar el líquido. La tendencia a suministrar caudal (o empuje) puede originarse mediante una bomba mecánica o simplemente por el peso del fluido.

Es un hecho bien conocido que en una columna de agua la presión aumenta con la profundidad. La presión es siempre la misma a una profundidad determinada, debido al peso de la columna de agua sobre ella. En la época de Pascal, un científico italiano llamado Torricelli demostró que si se hace un agujero en el fondo de un tanque de agua, el agua se escapa a la máxima velocidad cuando el tanque está lleno y que el caudal disminuye a medida que baja el nivel de agua. En otras palabras a medida que disminuye la columna de agua sobre la abertura también se reduce la presión.

Torricelli pudo expresar la presión en el fondo del tanque solamente como "carga de agua" o sea la altura en metros de la columna de agua. Hoy en día, con el valor de Kp/cm² como unidad de presión, podemos expresar la presión en cualquier punto de un líquido o de un gas en términos más convenientes. Todo lo que se necesita es conocer el peso de un metro cúbico del fluido.

Una columna de un metro de agua es equivalente a 0,1 Kp; una columna de agua de 5 metros equivale a 0,5 Kp/cm², y así sucesivamente. Una columna de aceite de la misma altura es equivalente aproximadamente, a 0,09 Kp/cm². por metro.

En muchos lugares se utiliza el término "carga" para describir la presión, sin tener en cuenta cómo ha sido creada. Por ejemplo, se dice que una caldera crea una carga de vapor cuando la presión se origina vaporizando agua en un recipiente cerrado. Los términos presión y carga se utilizan, a veces, indistintamente.

Presión atmosférica

La presión atmosférica no es otra cosa que la presión ejercida por el aire de nuestra atmósfera, debida a su propio peso. Al nivel del mar, una columna de aire de 1 cm² de sección, y cuya altura es la atmosférica pesa 1,03 Kp.

Así pues, la presión es 1,03 Kp/cm². A alturas más elevadas, naturalmente la columna pesa menos y la presión es inferior. Bajo el nivel del mar la presión atmosférica es superior a 1 Kp/cm².

Cualquier condición donde la presión sea inferior a la presión atmosférica se denomina vacío o vacío parcial. Un vacío perfecto es la ausencia total de presión o sea 0 Kp/cm² absolutos.

La presión atmosférica también puede medirse en milímetros de mercurio (mm.Hg) mediante un aparato llamado barómetro.

El barómetro de mercurio (fig. 5), inventado por Torricelli, se considera generalmente como el punto de partida y la inspiración de los estudios de Pascal sobre la presión. Torricelli descubrió que cuando se invierte un tubo lleno de mercurio, sumergiéndolo en un recipiente abierto que contenga el mismo líquido, la columna del tubo desciende sólo una cierta distancia. Su razonamiento fue que la presión atmosférica sobre la superficie del líquido equilibraba el peso de la columna de mercurio al existir un vacío perfecto en la parte superior del tubo.

En una atmósfera normal, la columna tendrá siempre una altura de 760 mm. Así pues, 760 mm. de mercurio es otro equivalente de la presión atmosférica.

Medida del vacío

Como el vacío es una presión inferior a la atmosférica puede medirse con las mismas unidades. Es decir, el vacío puede expresarse en Kp/cm² o en mm de mercurio.

La mayoría de los vacuómetros, sin embargo, están calibrados en mm de mercurio. Un vacío perfecto, que equilibra una columna de mercurio de 760 mm de altura, es 760 mm. El vacío absoluto viene indicado con un

cero en la escala del vacuómetro.

Resumen de escalas de presión y vacío

Puesto que hemos mencionado varias formas de medir la presión y el vacío, sería conveniente resumir las diferentes unidades.

1– Una atmósfera es una unidad de presión equivalente a 1,03 Kp/cm² (el peso de una columna de aire de 1 cm² de sección sobre la superficie de la tierra o 760 mm de una columna de mercurio).

2– Los mm absolutos de mercurio son una escala que empieza en el vacío perfecto (cero). La presión atmosférica es 760 mm en esta escala.

3– Los mm manométricos de mercurio se calibran en las mismas unidades que los mm absolutos pero sin tener en cuenta la presión atmosférica.

4– Para pasar de mm absolutos a mm manométricos:

$$\text{mm manométricos} / 760 = \text{mm absolutos}$$

$$\text{mm absoluto} - 760 = \text{mm manométricos}$$

5–. La presión atmosférica en la graduación del barómetro es 760mmHg. Comparándolo a la escala absoluta de l<g/cm² es evidente que:

$$1 \text{ Kg/cm}^2 (\text{abs}) = 760 \text{ mm.Hg}$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 (\text{man}) = 1520 \text{ mm.Hg}$$

6– Una atmósfera es equivalente a la presión ejercida por una columna de agua de 10,3 m o de aceite de 11,2 m.

La presión atmosférica carga la bomba

Normalmente la entrada de una bomba está cargada con aceite, debido a la diferencia de presiones entre el depósito y la entrada de la bomba. Generalmente la presión en el depósito es la presión atmosférica, que es de 1,03 Kp/cm². Es, pues necesario tener un vacío parcial o una presión reducida a la entrada de la bomba, para que ésta pueda aspirar aceite.

Situación típica de una bomba manual, que es simplemente un pistón reciproco. En la carrera de aspiración, el pistón crea un vacío parcial en la cámara de bombeo . La presión atmosférica en el depósito impulsa al aceite hacia la cámara para llenar el vacío. (En un bomba rotativa las cámaras de bombeo sucesivas aumentan de tamaño a medida que pasan por la entrada creando, efectivamente, una condición de vacío).

Si fuese posible crear un vacío completo a la entrada de la bomba ,se dispondría de 1,03 Kp/cm² para impulsar al aceite. Sin embargo, prácticamente la diferencia de presión disponible es mucho menor. Uno de los motivos es que los líquidos se evaporan en un vacío. Esto introduce burbujas de gas en el aceite. Las burbujas son arrastradas a través de la bomba, desaparecen con fuerza considerable cuando se ven expuestas a la presión en la salida y causan daños que pueden perjudicar al funcionamiento de la bomba y reducir su vida útil.

Incluso si el aceite tiene buenas características de presión de vapor (como la mayoría de los aceites hidráulicos) , una presión en la línea de entrada demasiado baja (alto vacío) permite que se evapore el aire

disuelto en el aceite. Esta mezcla de aceite también desaparece al verse expuesta a la presión de la carga y provoca los mismos danos de cavitación. Si la bomba funciona a velocidad demasiado elevada, aumenta la velocidad en la línea de entrada y también la condición de baja presión, lo que incrementa la posibilidad de cavitación.

Si los racores de la línea de entrada no están bien apretados, el aire exterior, a la presión atmosférica, puede penetrar hacia la presión más baja (zona de más baja presión de la línea y puede llegar hasta la bomba. Esta mezcla aire-aceite también es causa de problemas y de ruido pero es diferente de la cavitación. Cuando se ve expuesto a la presión en la salida de la bomba, este aire adicional se comprime, formando una especie de "cojín", y no desaparece tan violentamente. No se disuelve en el aceite pero penetra en el sistema en forma de burbujas compresibles que provocan un funcionamiento errático de las válvulas y actuadores.

La mayoría de los fabricantes de bombas recomiendan un vacío, que no exceda de 127 mm de mercurio, el equivalente de aproximadamente 0,83Kp/cm² en la entrada de la bomba. Con una presión atmosférica de 1,03 Kg/cm² disponible en el depósito esto deja solamente una diferencia de presión de 0,20 Kp/cm² para impulsar al aceite hacia la bomba. Debe evitarse una elevación excesiva y las líneas de entrada de la bomba deben permitir que el aceite circule con un mínimo de resistencia.

$$FB = Vpg = mg$$