

HIDROSTÁTICA.

Hidrostática es la parte de la Mecánica que trata del equilibrio de los flúidos.

Los flúidos, segun la opinion de algunos físicos, pueden dividirse en compresibles é incompresibles. Los flúidos compresibles ó elásticos son aquellos que se dejan comprimir reduciéndose á menor volúmen cuando se sujetan á una presion determinada, como el aire, el vapor, etc. ; y los flúidos incompresibles son los que no pueden reducirse sensiblemente á menor volúmen por mas que se les comprima, como el mercurio, el agua, el vino y la mayor parte de los líquidos. Sin embargo, los vapores pierden su forma de flúidos elásticos cuando se les comprime hasta cierto punto, pues entonces se reducen á incompresibles ó líquidos.

Los flúidos que llenan vasos enteramente cerrados, transmiten integras, y en todos sentidos, las presiones que reciben en cualquier punto de su superficie. Porque la experiencia manifiesta que si en un vaso cerrado y lleno de una masa flúida se aplican presiones iguales por medio de dos émbolos iguales situados en cualquier punto de su superficie producen equilibrio. Este principio fundamental de la Hidrostática se designa con la denominacion de *principio de igualdad de presion.*

De este principio se deduce, que si los émbolos fuesen desiguales ó una abertura fuese mayor que la otra, la presion aplicada al émbolo menor seria transmitida integra sobre cada parte de la superficie del mayor igual á la

del menor : de modo que, para obtener equilibrio, las presiones deberán guardar la misma relacion que las superficies de los émbolos. Por esto, es un principio admitido en Hidrostática, que *las presiones sufridas por dos porciones de fondo ó paredes de una vasija son proporcionales á las superficies de dichas porciones.*

Cuando un líquido contenido en un vaso está sujeto á la fuerza de gravedad, ejerce en las paredes del vaso una presion que es debida á su peso y varia de un punto á otro de dichas paredes : y si el líquido está contenido en una vasija abierta en su parte superior, permanecerá en equilibrio cuando su superficie sea horizontal ó perpendicular á la direccion de la pesantez ó gravedad. De modo, que cuando un líquido contenido en un vaso abierto está en equilibrio, su superficie es perfectamente horizontal.

Tambien se verifica, que muchos líquidos pesados de diferentes densidades colocados en una vasija abierta por su parte superior, permanecerán en equilibrio estable cuando todos los líquidos estén superpuestos en capas horizontales, de modo que el mas denso ocupe la parte inferior y el de menos densidad se halle en la parte superior.

La presion que sufre el fondo de una vasija es constantemente igual al peso de una columna de líquido que tenga por base la de la vasija y por altura la del nivel del mismo líquido sobre esta base. De aquí resulta que la presion ejercida sobre el fondo de la vasija es independiente de la figura de esta. En efecto, si se comparan las tres vasijas de la (fig. 32), cuyas bases se suponen iguales, colocadas sobre un plano horizontal y llenas de igual líquido hasta la misma altura, se hallará que sus bases sufren igual presion. La experiencia confirma plenamente esta propiedad.

La presión total del líquido sobre las paredes del vaso que lo contiene es la resultante de las presiones elementales ejercidas en las mismas paredes, y el punto de aplicación de esta resultante se llama *centro de presión*.

El centro de presión se halla siempre algo más bajo que el centro de gravedad de la pared, y por esto, si la pared es rectangular y el líquido llega al borde superior, el *centro de presión* se hallará á los dos tercios de la recta que une los puntos medios de los lados horizontales, contando de arriba á bajo, ó desde el nivel del líquido. Si la pared es triangular y la base horizontal está en la parte superior, el centro de presión se hallará á la mitad de la recta que une el vértice con el punto medio de la base; pero si el vértice estuviese á flor de agua, el centro de presión se hallaría á las tres cuartas partes de la misma recta contando desde el vértice. Para determinar en general el *centro de presión* correspondiente á una cara cualquiera de un vaso que contenga líquido, se supondrá dividida en fajas ó zonas horizontales, se hallará la presión ejercida por el líquido en cada una de ellas, y el punto de aplicación de la resultante de todas estas presiones ó fuerzas elementales será el centro de presión pedido. El centro de presión de la base horizontal de un vaso coincide con su centro de gravedad.

La presión ejercida por el líquido en una porción de las paredes del vaso que lo contiene, se medirá por el peso de una columna de líquido que tenga por base la superficie de aquella porción y por altura la distancia del centro de gravedad de dicha superficie hasta el nivel superior del líquido. *La presión que en todos sentidos sufre una molécula cualquiera de un fluido que permanece en equilibrio dentro de un vaso, es igual al peso de una columna vertical del mismo fluido, cuya altura sea la distancia de la molécula*

á la superficie superior del fluido. Porque esta molécula sostiene el peso de dicha columna fluida, y necesariamente debe experimentar igual presión en todos sentidos, ó de lo contrario no permanecería en equilibrio, y adquiriría un movimiento hácia la parte en que la presión fuese menor.

De lo dicho resulta que las superficies de un mismo fluido en equilibrio, contenido en vasos que anteriormente se comunican, estarán en un mismo plano horizontal y pertenecerán á la misma superficie de nivel. Es decir, que si muchos tubos de diámetro y forma arbitraria se comunican entre sí, el fluido que se halle en su interior se elevará en todos á la misma altura. En esta propiedad se funda el nivel de agua, y la construcción de sifones subterráneos para conducir las aguas á la misma altura de su origen, sin necesidad de los puentes acueductos de que se valían los antiguos.

Todo cuerpo introducido en un líquido pierde tanto de su peso como es el peso del volumen líquido que desaloja.

En este principio se funda el que muchos cuerpos se sumerjan completamente en el líquido en que se les abandona, como sucede con el hierro, plomo, etc., y que otros como el corcho, el saúco y muchas maderas se queden flotando en la superficie. En efecto, todo cuerpo cuya densidad sea mayor que la del agua quedará desde luego sumergido en esta, porque su peso será mayor que el de la cantidad de líquido que desaloja y el exceso de pesantez le obligará á bajar en virtud de la gravedad: si la densidad del cuerpo fuese igual á la del agua, el cuerpo flotaría, y le sería indiferente permanecer en equilibrio en cualquier punto de la masa fluida; pero si su peso específico fuese menor que el del líquido, quedaría flotando en la superficie, porque el exceso de peso del líquido en igual vo-

lúmen seria una fuerza que obraría constantemente de abajo arriba, y no permitiría el descenso del cuerpo.

Para que un cuerpo pueda flotar con facilidad y goce la condicion de equilibrio sobre el flúido, es preciso : 1.º *Que el peso entero del cuerpo sea igual al peso del volúmen de flúido que desaloja ; y 2.º que el centro de gravedad del cuerpo y el del flúido desalojado se hallen en una misma linea vertical.*

Un cuerpo flotante tendrá mas estabilidad en cuanto su centro de gravedad se halle mas bajo y el centro de presion del líquido desalojado esté mas alto. En una calma completa el buque estará en la mejor condicion de equilibrio, pero en el balance disminuirá esta condicion á medida que la vertical del centro de gravedad se separe mas del centro de presion. El punto en que la vertical que pasa por el centro de presion del líquido desalojado encuentra el eje del buque se llama *metacentro*. Cuando, por razon del balanceo, el centro de gravedad de un buque coincida con el metacentro, quedará en equilibrio en la posicion inclinada que tenga ; y si por una causa cualquiera el centro de gravedad se coloca mas alto que el metacentro, tendrá lugar la inversion completa del buque : de lo cual resulta ; *que el equilibrio de un buque será estable cuando su centro de gravedad se halle mas bajo que el metacentro, y la estabilidad será tanto mayor cuanto mas disten entre si estos dos puntos.* Estos principios deben tenerse en cuenta para la construccion de los buques y para el armamento y carga de los mismos.

En la misma propiedad se funda la construccion de algunos instrumentos destinados á determinar el peso específico de muchas sustancias sólidas, pero cuando estas son flúidas se hace uso del *areómetro* ó *pesa-licores*. La forma de esta clase de instrumentos es arbitraria, y pueden ser

de volúmen constante y peso variable, ó de peso constante y volúmen variable. El areómetro mas usado en el comercio es el de Beaume (fig. 33), y pertenece á la clase de los de peso constante y volúmen variable. Para graduarlo, si se destina á *pesa-sales* ó *pesa-ácidos*, se da al areómetro un peso tal que introducido en el agua destilada se sumerja hasta la parte superior del tubo, cuyo punto se señala con cero. Se le introduce luego en una disolucion que contenga 15 partes de sal marina por cada 85 partes de agua, y en el punto de enrasamiento se pone el número 15. Se divide el intervalo en 15 partes iguales llamadas grados y se continúan las divisiones hasta la esfera de su parte inferior. Si se destina á *pesa-licores*, se carga la esfera con mercurio ú otra sustancia de mucho peso, para que introducido en una mezcla de 90 partes de agua por cada 10 de sal marina, se mantenga en posicion vertical y quede sumergido hasta el nacimiento del tubo, en cuyo punto se pone cero. Se señalan 10 grados en el punto de enrasamiento en el agua destilada, y dividiendo el intervalo en 10 partes iguales se prolongan las divisiones hasta el extremo del tubo.

El alcohómetro centesimal de Gay-Lussac se gradúa sumergiéndole sucesivamente en mezclas de agua y alcohol puro en diversas proporciones, y se señala 100, 95, 90, 85, etc., en los puntos de enrasamiento en las mezclas artificiales que de 100 partes en volúmen contengan, 100, 95, 90, 85, etc. de alcohol puro.

Para determinar el peso específico de muchas sustancias se usa el *areómetro de Nicholson* (fig. 34), que consiste en un tubo de hoja de lata ó de metal con una espiga en su parte superior que lleva una cazoleta ó platillo. En la parte inferior tiene suspendido un cono inverso cóncavo, lastreado por dentro con plomo ó mercurio para

que sumergido en el agua, el instrumento guarde la posición vertical y sobrenade una parte del tubo en que habrá una señal *a*.

Para hallar el peso específico de un cuerpo se coloca el areómetro en el agua destilada y se ponen pesas en la cazoleta hasta que el punto *a* coincide con la superficie del líquido, y la cantidad de pesas que para lograrlo se han tenido que poner constituyen la primera carga. Se quita esta carga, y se coloca en el platillo el cuerpo cuyo peso específico se busca, añadiendo las pesas necesarias para hacer bajar á flor de agua el mismo punto *a*, y estas pesas formarán la 2.^a carga. Se saca luego el barómetro del agua y se pone el cuerpo en la cubeta ó cono de la parte inferior, y las pesas que deban colocarse en el platillo para que el punto *a* vuelva á coincidir con la superficie determinarán la 3.^a carga. La diferencia entre la primera y segunda carga es el peso del cuerpo en el aire, y la diferencia entre la segunda y tercera expresa el peso de un volumen de agua igual al volumen del cuerpo; luego partiendo la primera diferencia por la segunda se tendrá el peso específico que se buscaba.

Para conocer el peso verdadero de los cuerpos sería preciso pesarlos en el vacío; pues si dos cuerpos de volumen distinto se equilibran en el aire por medio de una balanza exacta, no son iguales en peso, porque introducidos en el fluido que nos rodea desalojan diferentes cantidades de aire, y sus pesos son por esta circunstancia disminuidos desigualmente. Esta verdad queda probada pesándolos en el vacío.

BARÓMETRO. El barómetro consiste en un tubo de cristal cerrado en su parte superior y sumergido por el extremo inferior en una cubeta que contiene mercurio (fig. 35). También hay barómetros sin cubeta, en cuyo caso el tubo

se encorva y el instrumento presenta dos brazos, uno largo herméticamente cerrado y otro corto en que hay una pequeña abertura por donde se introduce el aire (fig. 36): estos se llaman *barómetros de sifon*.

El barómetro bien construido indica con exactitud la presión ejercida por la atmósfera en el paraje en que está colocado: porque gravitando el aire sobre la superficie del mercurio de la cubeta hace subir el líquido por el interior del tubo en donde debe haber el vacío perfecto.

En el barómetro se equilibra con la presión de la atmósfera una columna de mercurio de 76 centímetros de altura, que equivalen próximamente á 32 pulgadas españolas ó á 28 pulgadas francesas; por cuya razón la escala que acompaña estos instrumentos está graduada muchas veces en pulgadas y líneas francesas ó españolas. Si en lugar de mercurio se hiciese uso del agua, el tubo debería tener más de 10 metros de altura ó de 37 pies de Castilla; pues la presión atmosférica se equilibra en el nivel del mar con una columna de agua de 10 metros 336 milímetros de altura.

De lo expuesto se infiere, que el barómetro señalará constantemente la presión ejercida por la atmósfera, porque la altura del mercurio en su interior será constantemente la misma para un lugar determinado, cualquiera que sea el diámetro y la forma del tubo, mientras no sea capilar.

Cuando la presión atmosférica aumenta, la columna de mercurio sube; y cuando disminuye la presión, la columna barométrica baja. De aquí resulta, que si uno se eleva en la atmósfera, la columna barométrica bajará, porque las capas de aire colocadas debajo dejarán de gravitar sobre el mercurio, y la presión disminuirá. Esta propiedad ofrece un medio para medir alturas con el barómetro.

Por el peso del mercurio contenido en el barómetro, se puede calcular el valor de la presión atmosférica en kilogramos; y de las observaciones y experiencias más delicadas se ha deducido que aquella presión es de 1'0335 kg. por cada centímetro cuadrado de superficie. Así el peso de una columna de aire que tenga por base un centímetro cuadrado y por altura la de la atmósfera es de 1 kg. y 335 diezmilésimos de otro kg. *Para hallar, pues, la presión que por término medio ejerce la atmósfera sobre una superficie cualquiera, se multiplicará el número de centímetros cuadrados que comprenda por 1'0335 kilogramos.*

Por esta regla se ha encontrado que un hombre de mediana talla sufre una presión de 18,000 kg. próximamente; y si tan enorme presión no embaraza sus movimientos, es porque se equilibra en todos sentidos y porque en el interior del cuerpo existen gases cuya fuerza expansiva contraresta la presión exterior.

LEY DE MARIOTTE. La ley de Mariotte consiste en que la tensión ó fuerza elástica de un gas está en razón inversa del volumen que se le hace ocupar sujetándole á diferentes presiones. De modo, que si un gas en un volumen dado tiene una tensión como uno, reduciendo su volumen á la mitad adquirirá una tensión doble; si el volumen se reduce al tercio, la tensión será triple, etc.

Para demostrar esta ley se toma un tubo encorvado (figura 37) cerrado por el brazo corto y abierto en la parte superior del brazo largo. Se invierte mercurio por la abertura *c* hasta que el nivel del líquido en los dos brazos se halle en una misma altura: entonces la fuerza elástica del aire encerrado en el brazo corto es igual á la presión atmosférica, pues que se equilibra con ella. Si después se invierte mercurio en el tubo hasta que el volumen de aire contenido en el brazo corto se reduce á la mitad, se verá

que la presión ejercida es doble, esto es, que equivale á dos atmósferas; si el volumen del aire se reduce á la tercera parte, la presión será triple, y así siguiendo: de modo, que hasta la presión de 27 atmósferas se demuestra: *que los volúmenes ocupados por el aire, están en razón inversa de las presiones que sufre.*

El aire es un compuesto que resulta de la combinación del gas oxígeno y del azoe, y por esto las propiedades demostradas para el aire se aplican igualmente á toda clase de gases y vapores.

En estos experimentos el peso del gas no varia; luego, su densidad estará en razón inversa del volumen: y como el volumen se halla en razón inversa de la presión, se sigue, *que la densidad de los gases es proporcional á las presiones que sufren.*

Para medir la fuerza expansiva ó la elasticidad de los gases y vapores debe saberse: 1.º que en toda masa gaseosa en equilibrio, como la atmósfera, la tensión ó fuerza elástica equivale en cada punto á la presión ejercida por la pesantez de la columna que tiene encima; y 2.º que si la masa gaseosa se halla comprimida en el interior de un vaso, la tensión estará en razón inversa de su volumen. La presión atmosférica es la que sirve de unidad de medida para valuar la fuerza elástica de los gases y vapores.

Aplicaciones. En un vaso hay 96 litros de aire á la presión de 72 centímetros de mercurio, y se desea saber cuál será el volumen del mismo aire, cuando la presión sea de 78 cents. conservando igual temperatura.

Segun la ley de Mariotte se tendrá la proporción $78 : 72 : : 96 : x$, que dará $x = 88'615$ litros. Es decir, que llegando la presión á 78 cents., el volumen se reducirá á 88 litros 615 mililitros.

Se tienen 30 litros de gas bajo la presión de una atmós-