

## Prefacio

Este libro es creado como una herramienta didáctica para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en estudiantes de ingeniería, durante el curso de Física General, enfocado en la revisión de los fundamentos de la mecánica de fluidos. Se presentan los conceptos y las leyes de una manera clara y detallada, abarcando situaciones de la vida cotidiana que facilitan su comprensión. Para el desarrollo de las temáticas, *se incluyen discusiones y enfoques originales que no son expuestos en los libros de física general convencionales*, preservando la formulación original de los conceptos y las leyes que son comunes a todos los textos de física.

El enfoque del libro está dirigido al fortalecimiento de las competencias necesarias para la resolución de problemas en física. Esto exige una asimilación amplia de las leyes y los conceptos que se van a emplear, entendiendo los axiomas, las suposiciones y los contextos físicos en los que estos se formulan e identificando aquellas situaciones que están fuera del alcance del modelo teórico. Para asegurarse de que el alumno comprende a cabalidad las leyes fundamentales de los fluidos, se

formulan a lo largo del texto *preguntas de afianzamiento*, en las que se debe dar respuesta a unos interrogantes planteados empleando la temática desarrollada previamente. Las preguntas están diseñadas de tal manera que el estudiante debe analizar si la situación presentada posee todos los criterios de validez para la aplicación de la teoría aprendida con anterioridad. También se plantean muchos interrogantes en los que la teoría física pierde su rango de validez, para que el estudiante tenga bien delimitado el radio de acción de los modelos físico-matemáticos que describen los fenómenos físicos de interés.

Asimismo, se desarrollan unos *ejemplos modelos* que permiten el análisis, la comprensión y la aplicación de los fundamentos teóricos estudiados. A lo largo del libro se exponen unos *ejercicios prácticos parcialmente resueltos*, cuyo objetivo es desarrollar destrezas y habilidades en la manera en que se deben abarcar los problemas básicos de la mecánica de fluidos para una óptima resolución. Estos ejercicios también tienen un componente interpretativo y argumentativo basado en la elaboración de nuevas conclusiones a partir del resultado obtenido. Para la resolución de problemas se plantea el siguiente procedimiento:

- **Comprensión del enunciado:** se responde a unos ítems que garantizan que el educando realmente comprende lo que se plantea en el enunciado, sin intentar resolver el problema. Es decir, reconoce la información suministrada, la situación planteada

y las variables físicas por calcular o los interrogantes por resolver.

- Esquema: es una representación visual del enunciado. En este punto se debe realizar una figura que recoja el contexto en el cual se desarrolla el problema, detallando toda la información suministrada y los interrogantes por resolver. Además, sobre este dibujo se representarán algunos elementos que serán necesarios en el proceso de resolución.
- Identificación del fenómeno, de las leyes y de los conceptos físicos por emplear: este paso busca reconocer el fenómeno físico sobre el cual se formula el ejercicio, detallando las leyes y los conceptos que relacionan las variables involucradas.
- Ejecución: es la parte operacional en donde se aplican las leyes para relacionar las variables involucradas y, con ayuda de herramientas matemáticas, encontrar las cantidades deseadas.
- Discusión: se compara el resultado que se obtiene con otros calculados previamente (cuando aplique), además de hacer conjeturas y razonamientos pertinentes con el dato hallado.

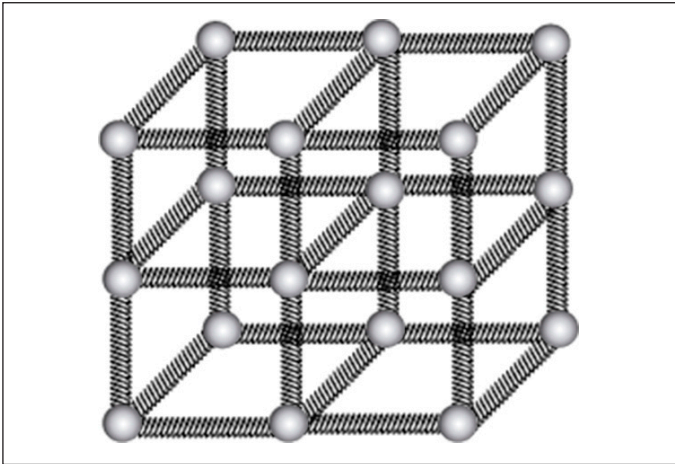
# Capítulo 1. Estática de fluidos

## Definiciones básicas

### *Módulos de elasticidad*

Los sólidos, aunque son rígidos, también presentan un grado de elasticidad, deformándose levemente cuando se les aplica una fuerza y volviendo a su forma original cuando esta se retira. Esto puede entenderse por medio de la figura 1.1, la cual es un modelo simple de la estructura microscópica de un sólido. En este modelo las fuerzas entre átomos o moléculas se representan por fuerzas elásticas ejercidas por resortes, las cuales se oponen a la deformación. El esfuerzo es una medida de la fuerza causante de la deformación, y esta última se puede entender como la medida relativa de qué tanto cambia la forma por la aplicación de un esfuerzo.

**Figura 1.1.** Esquema simplista de un sólido: se simula el sólido como puntos (átomos o moléculas), unidos por resortes elásticos que reemplazan las fuerzas intermoleculares



Fuente: elaboración propia.

El *esfuerzo* se define como  $F / A$ , donde  $F$  es la magnitud de la fuerza aplicada sobre una superficie de área  $A$ :

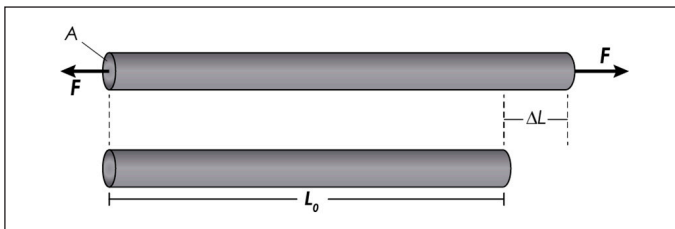
$$\text{Esfuerzo} = \frac{F}{A}. \quad (1.1)$$

Las unidades del esfuerzo en el Sistema Internacional (SI) son newton por metro cuadrado ( $\text{N}/\text{m}^2$ ).

Según la dirección en la que se aplique la fuerza, podemos definir los siguientes módulos de elasticidad:

**Módulo de Young.** La figura 1.2 muestra una varilla de sección transversal  $A$  y longitud inicial  $L_o$ , la cual se alarga en  $\Delta L$  cuando se le aplica la fuerza de magnitud  $F$  perpendicularmente sobre sus extremos. En este caso la ecuación 1.1 recibe el nombre de *esfuerzo por tensión*.

**Figura 1.2.** Esfuerzo de tensión: se aplican fuerzas de magnitud  $F$  a cada extremo de una varilla que tiene sección transversal de área  $A$  y sufre el alargamiento  $\Delta L$  después de ser sometida al esfuerzo por tensión



Fuente: elaboración propia.

La *deformación* es la relación entre el alargamiento ( $\Delta L$ ) y la longitud inicial ( $L_o$ ):

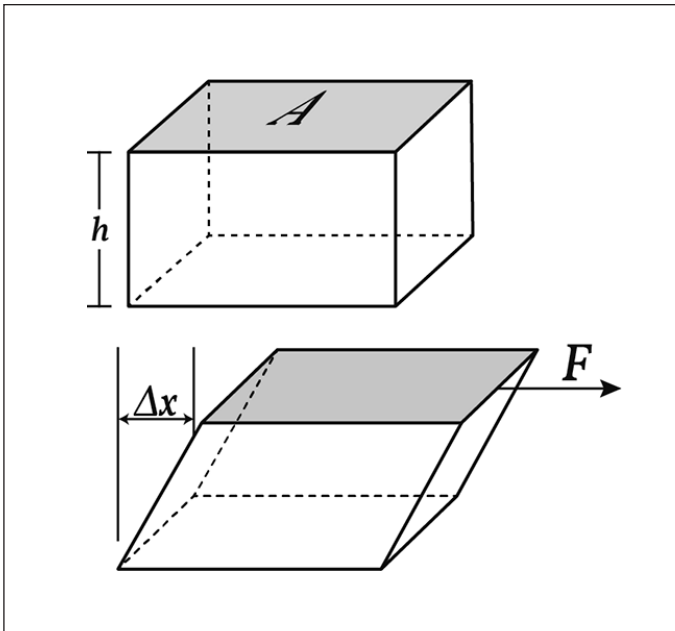
$$\text{Deformación} = \frac{\Delta L}{L_o}. \quad (1.2)$$

En el caso de esfuerzos pequeños, estos son directamente proporcionales a la deformación, y la constante de proporcionalidad se denomina *módulo de Young* ( $Y$ ):

$$\frac{F}{A} = Y \frac{\Delta L}{L_o}. \quad (1.3)$$

**Módulo de corte.** Cuando la fuerza se aplica de forma tangencial a la superficie (ver figura 1.3), la ecuación (1.1) recibe el nombre de *esfuerzo cortante*.

**Figura 1.3.** Esfuerzo de corte: se aplica una fuerza de magnitud  $F$  tangencial a la cara superior de área  $A$  del paralelepípedo. Este esfuerzo de corte causa una deformación  $\Delta x / h$



Fuente: elaboración propia.

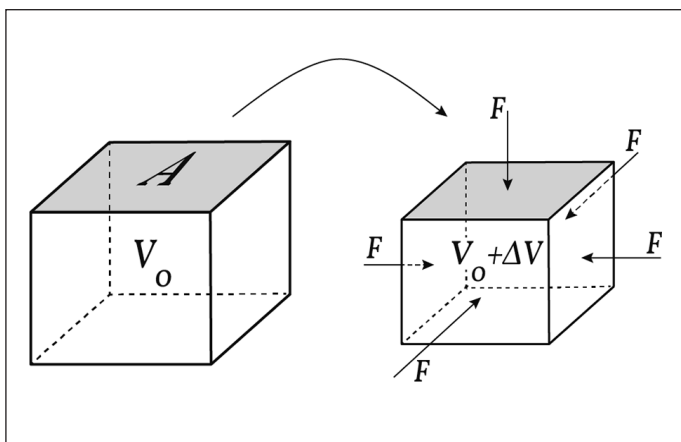
La deformación es  $\Delta x / h$ , y para pequeños esfuerzos se introduce la constante de proporcionalidad ( $S$ ) por medio de la expresión:

$$\frac{F}{A} = S \frac{\Delta x}{h}, \quad (1.4)$$

donde es el *módulo de corte*.

**Módulo de volumen.** La figura 1.4 muestra fuerzas aplicadas perpendicularmente en cada una de las caras de un cubo de volumen inicial.

**Figura 1.4.** Esfuerzo de volumen: se aplican fuerzas de magnitud  $F$ , perpendiculares a cada cara del cubo de área  $A$ . Este esfuerzo de volumen  $F / A$  causa una deformación  $\Delta V / V_o$



Fuente: elaboración propia.

El *esfuerzo volumétrico*  $F/A$  produce una *deformación*  $\Delta V/V_o$ . Para pequeños esfuerzos, estas cantidades son directamente proporcionales, y a la constante de proporcionalidad se le da el nombre de *módulo de volumen* ( $B$ ):

$$\frac{F}{A} = -B \frac{\Delta V}{V_o}, \quad (1.5)$$

siendo  $\Delta V$  la variación de volumen.

La tabla 1 muestra los módulos de elasticidad para diversos materiales y sustancias.

**Tabla 1.** Módulos elásticos

Sustancia	Módulo de Young (N/m <sup>2</sup> )	Módulo de Corte (N/m <sup>2</sup> )	Módulo Volumétrico (N/m <sup>2</sup> )
Tungsteno	$35 \times 10^{10}$	$14 \times 10^{10}$	$20 \times 10^{10}$
Acero	$20 \times 10^{10}$	$8.4 \times 10^{10}$	$6 \times 10^{10}$
Cobre	$11 \times 10^{10}$	$4.2 \times 10^{10}$	$14 \times 10^{10}$
Latón	$9.5 \times 10^{10}$	$3.5 \times 10^{10}$	$6.1 \times 10^{10}$
Aluminio	$7.0 \times 10^3$	$2.5 \times 10^{10}$	$7.0 \times 10^{10}$
Vidrio	$6.5 - 7.8 \times 10^{10}$	$2.6 - 3.2 \times 10^{10}$	$5.0 - 5.5 \times 10^{10}$
Cuarzo	$5.6 \times 10^{10}$	$2.6 \times 10^{10}$	$2.7 \times 10^{10}$
Agua	-	-	$0.21 \times 10^{10}$
Mercurio	-	-	$2.8 \times 10^{10}$

Fuente: Serway y Beichner (2001).

### **Densidad absoluta ( $\rho$ )**

Está definida como la masa ( $m$ ) por unidad de volumen ( $V$ ):

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1.6)$$

En el SI tiene unidades de  $\text{kg}/\text{m}^3$ . La tabla 2 muestra las densidades de algunas sustancias comunes.

### ***Volumen específico ( $\nu$ )***

Se define como volumen por unidad de masa:

$$\nu = \frac{V}{m}. \quad (1.7)$$

Es el recíproco de la densidad absoluta. Sus unidades en el SI son  $\text{m}^3/\text{kg}$ .

### ***Densidad relativa ( $S$ )***

Algunas veces la densidad de una sustancia se da como relativa a la de otra bien conocida. Por lo tanto, se llama densidad relativa al cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad de alguna sustancia estándar a una temperatura específica (normalmente agua a  $4^\circ\text{C}$ , para la que su densidad es aproximadamente,  $\rho_{\text{agua}} = 1.000 \text{ kg}/\text{m}^3$ ). Se define como:

$$S = \frac{\rho}{\rho_{\text{agua}}}. \quad (1.8)$$

La densidad relativa es una cantidad adimensional, y también se le conoce como gravedad específica.