

# ESTATICA

## Sesión 1

### 1.- INTRODUCCIÓN

- 1.1. Aprendizaje de la mecánica.
  - 1.1.1. La mecánica y sus partes
  - 1.1.2. Resolución de problemas
- 1.2. Conceptos fundamentales
  - 1.2.1. Espacio, tiempo, masa y fuerza
  - 1.2.2. Leyes de Newton
  - 1.2.3. Gravitación de Newton
  - 1.2.4. Números
- 1.3. Unidades
  - 1.3.1. Sistema internacional de unidades
  - 1.3.2. Sistema inglés de unidades
  - 1.3.3. Unidades angulares
  - 1.3.4. Conversión de unidades
- 1.4. Fuentes de consulta.

### 1. Introducción

La estática se desarrolló muy temprano en la historia de la humanidad porque los principios de ésta fueron formulados a partir de mediciones de geometría y fuerza.

La estática es una ciencia (gr. στατική [ἐπίστήμη]) que la Real Academia de la Lengua Española la define como la parte de la mecánica que estudia las leyes del equilibrio.

Para estudiar la estática es necesario comprender el significado de los conceptos de longitud, tiempo, masa y fuerza, también llamados cantidades básicas. Al igual que realizar modelos e idealizaciones para simplificar las aplicaciones de la teoría.

Es importante conocer qué es una fuerza y que puede ser representada a través de vectores, así como cargas que actúan sobre un cuerpo. En este caso considerado cuerpo rígido.

Todo el tema de la mecánica del cuerpo rígido está formulado con base en las tres leyes experimentales del movimiento de Newton. Estas leyes se aplican al movimiento de una partícula medido desde un marco de referencia no acelerado.

El alumno aprenderá el efecto que tienen las cargas y fuerzas tanto de tensión como de compresión en elementos integrantes de estructuras, para el diseño estructural realizado en materias que cursarán más adelante.

### **1.1. Aprendizaje de la mecánica.**

La mecánica consiste en principios amplios que rigen el comportamiento de los cuerpos. En el presente documento se describirán esos principios y se darán ejemplos que muestran algunas aplicaciones. Aunque es esencial que se resuelvan problemas similares a esos ejemplos, nuestro objetivo es ayudar a entender esos principios suficientemente bien para aplicarlos a las nuevas situaciones que se presenten.

#### **1.1.1. La mecánica y sus partes**

La mecánica de los cuerpos rígidos se divide en estática y dinámica, tratan acerca del reposo y movimiento de los cuerpos. En el estudio de la mecánica, se supone que los cuerpos son perfectamente rígidos. Aunque las estructuras nunca son completamente rígidas y se deforman bajo la acción de las cargas, tales deformaciones son pequeñas y no afectan de manera apreciable las condiciones de equilibrio o de movimiento.

1. La estática analiza las cargas en un sistema físico en equilibrio estático, esto quiere decir que las posiciones relativas de los subsistemas no varían con el tiempo.
2. La dinámica describe la evolución en el tiempo de un sistema físico en relación con las causas que provocan cambios y movimientos

#### **1.1.2. Resolución de problemas**

En el estudio de la mecánica se aprenden procedimientos para resolver problemas que se usarán en cursos posteriores de Física. Aunque diferentes tipos de problemas requieren distintos métodos, los siguientes pasos se aplican a muchos de ellos:

- ✓ Identificar la información dada o respuesta que se debe determinar. Suele ser útil que usted reformule el problema en sus propias palabras. Cuando sea apropiado, asegúrese de que entiende el sistema físico o el modelo implícito.

- ✓ Desarrollar una estrategia para el problema. Esto es, identifique los principios y ecuaciones aplicables y decir cómo se usarán. Si es posible, dibujar diagramas para visualizar el problema.
- ✓ Siempre que pueda, trate de predecir la respuesta. Esto desarrollará su intuición y lo ayudará a reconocer una respuesta incorrecta.
- ✓ Resuelva las ecuaciones y, cuando sea posible, interprete sus resultados y compárelos con su predicción. El último paso se llama verificación realista. ¿Es razonable la respuesta que propuso?

## **1.2. Conceptos fundamentales**

Algunos temas de la mecánica les serán familiares debido a la experiencia diaria o por haberlos estudiado en cursos previos de física. En esta sección repasamos brevemente los fundamentos de la mecánica elemental.

### **1.2.1. Espacio, tiempo, masa y fuerza.**

Espacio, tiempo, masa y fuerza son conceptos usados en la mecánica, éstos no pueden ser definidos exactamente, pero debemos aceptarlos con base en experiencia e intuición, y utilizarlos como marco de referencia para el estudio de la mecánica.

La longitud es necesaria para localizar la posición de un punto en el espacio y así describir el tamaño de un sistema físico. Una vez definida su unidad estándar, podemos establecer cuantitativamente distancias y propiedades geométricas de un cuerpo.

El tiempo es necesario para definir un evento, y es concebido como una sucesión de eventos.

La masa es un concepto que compara a los cuerpos en términos de experimentos de la mecánica.

La fuerza representa la acción de un cuerpo sobre otro, que pueden ser a través de contacto directo o a distancia, como el caso de las fuerzas gravitacionales y magnéticas. Una fuerza se define por su punto de aplicación, magnitud y dirección, y utilizamos vectores para representarlas.

### 1.2.2. Leyes de Newton

La mecánica elemental se estableció sobre una base sólida con la publicación, en 1687, de *Philosophiae naturalis principia mathematica* de Isaac Newton. Este trabajo se basó en conceptos fundamentales desarrollados durante una larga y difícil lucha por entender la naturaleza. Newton estableció tres “leyes” del movimiento que, expresadas en términos modernos, son:

1. PRIMERA LEY: Cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre una partícula es igual a cero, su velocidad es constante. En particular, si inicialmente la partícula se halla en reposo. En otras palabras, esta ley se puede enunciar diciendo que todo cuerpo tiende a permanecer en su estado de reposo o de movimiento hasta que una fuerza desequilibre el sistema y lo saque de dicho estado de reposo o equilibrio.
2. SEGUNDA LEY: Cuando la suma de las fuerzas que actúan sobre una partícula no es igual a cero, la suma de las fuerzas es igual a la razón de cambio de la cantidad de movimiento de la partícula. Si la masa es constante, la suma de las fuerzas es igual al producto de la masa de la partícula y su aceleración. En otras palabras, al aplicar una fuerza en desequilibrio a una masa esta sufrirá un cambio de velocidad, conocido como aceleración.
3. TERCERA LEY: Cada fuerza que actúa sobre un cuerpo (empuje), este realiza una fuerza de igual intensidad, pero de sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo. Dicho de otra forma, las fuerzas, situadas sobre la misma recta, siempre se presentan en pares de igual magnitud y de dirección, pero con sentido opuesto.

Observar que no definimos fuerza ni masa antes de enunciar las leyes de Newton. La concepción moderna es que estos términos se definen con la segunda ley. Para demostrarlo, supongamos que se escoge un cuerpo arbitrario y se especifica que tiene masa unitaria. Luego se define una unidad de fuerza como la fuerza que imparte a esta masa unitaria una aceleración de magnitud unitaria. En principio, se puede determinar la masa de cualquier cuerpo: se le aplica una fuerza unitaria, se medirá la aceleración resultante y se usará la segunda ley para determinar la masa. Se puede también determinar la magnitud de cualquier fuerza: se le aplica a la masa

unitaria, se medirá la aceleración resultante y se usará la segunda ley para determinar la fuerza.

De esta manera, la segunda ley de Newton proporciona significados precisos a los términos **masa y fuerza**. En unidades SI (Sistema Internacional), la unidad de masa es el kilogramo (Kg). La unidad de fuerza es el newton (N), que es la fuerza requerida para impartir a una masa de un kilogramo una aceleración de un metro por segundo cada segundo ( $m/s^2$ ). En las unidades del sistema inglés, la unidad de fuerza es la libra (lb). La unidad de masa es el slug, que es la cantidad de masa acelerada a un pie por segundo cuadrado por una fuerza de una libra.

Aunque los resultados que se analizarán son aplicables a muchos problemas que surgen la práctica, hay límites para la validez de la leyes de Newton. Por ejemplo, éstas no dan resultados precisos si un problema implica velocidades que no son pequeñas comparadas con la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s). La teoría de la relatividad especial de Einstein se aplica a tales problemas. La mecánica elemental también falla en problemas que implican dimensiones que no son grandes comparadas con las dimensiones atómicas. Para describir los fenómenos en la escala atómica se debe usar la mecánica cuántica.

### 1.2.3. Gravitación de Newton

Otra de las contribuciones fundamentales de Newton a la mecánica es su postulado sobre la fuerza gravitatoria entre dos partículas en función de sus masas  $m_1$  y  $m_2$  y de la distancia  $r$  entre ellas. Su expresión para la magnitud de la fuerza es

$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$F$ , es el módulo de la fuerza ejercida entre ambos cuerpos, y su dirección se encuentra en el eje que une ambos cuerpos.

$G$ , es la constante de la Gravitación Universal.

Es decir, cuanto más masivos sean los cuerpos y más cercanos se encuentren, con mayor fuerza se atraerán.

El valor de esta constante de Gravitación Universal no pudo ser establecido por Newton, que únicamente dedujo la forma de la interacción gravitatoria, pero no tenía suficientes datos como para establecer cuantitativamente su valor. Únicamente dedujo que su valor debería ser muy pequeño. Sólo mucho tiempo después se desarrollaron las técnicas necesarias para calcular su valor, y aún hoy es una de las

constantes universales conocidas con menor precisión. En 1798 se hizo el primer intento de medición y en la actualidad, con técnicas mucho más precisas se ha llegado a estos resultados:

$$G = 6.67 \times 10^{11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

en unidades del Sistema Internacional.

#### **1.2.4. Números**

Las mediciones, cálculos y resultados se expresan en números. Es necesario que sepa cómo se expresan los números en los ejemplos y problemas, y cómo deberá expresar los resultados de sus propios cálculos.

El término CIFRA SIGNIFICATIVA se refiere al número de dígitos significativos (o sea, exactos) en un número, contando hacia la derecha a partir del primer dígito no nulo. Los números 8.930 y 0.008930 están expresados con cuatro cifras significativas. Si se sabe que sólo los primeros cuatro dígitos del número 8 930 000 son exactos, esto se puede indicar escribiendo el número en notación científica como  $8.930 \times 10^6$ .

Si un número es el resultado de una medición, los dígitos significativos que contienen están limitados por la exactitud de la medición. Si el resultado de una medición es 4.23, esto significa que el valor real estará más cercano a 4.23 que a 4.22 o 4.24.

Los números se pueden redondear a cierta cantidad de dígitos significativos. Por ejemplo, el valor de  $\pi$  se puede expresar con tres dígitos significativos, 3.14, o con seis dígitos significativos, 3.14159. En una calculadora o una computadora, el número de dígitos significativo está limitado según el diseño de la máquina.

#### **1.3. Unidades**

Describir únicamente una cantidad con números, no es idóneo, dado que si sólo lo hacemos con dígitos no sabremos qué es lo que estamos describiendo. Expresiones como una distancia de 5 metros, un volumen de 5 litros o un tiempo de 5 horas son claro ejemplo de la importancia que tienen las unidades.

En este sencillo ejemplo, queda claro que aunque todas las medidas mencionadas tienen un valor numérico de 5 cada una es diferente y habla de conceptos diferentes. 5 metros, representa una longitud, 5 litros un volumen y 5 horas un tiempo.

Las unidades son esenciales al hacer la medición de cualquier magnitud pues nos dan idea de lo que se está midiendo.

### 1.3.1. Sistema internacional de unidades

El Sistema Internacional de Unidades (SI) es el sistema coherente de unidades adoptado y recomendado por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

Hasta antes de octubre de 1995, el Sistema Internacional de Unidades estaba integrado por tres clases de unidades: Unidades SI de base, Unidades SI suplementarias y Unidades SI derivadas.

Las unidades fundamentales del Sistema Internacional de Unidades están concentradas en la tabla (1.1):

MAGNITUD BASE	NOMBRE	SIMBOLO
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
corriente eléctrica	Ampere	A
temperatura termodinámica	Kelvin	K
cantidad de sustancia	mol	mol
intensidad luminosa	candela	cd

**Tabla 1.1 Unidades base del SI**

Ciertas unidades derivadas han recibido unos nombres y símbolos especiales. Estas unidades pueden así mismo ser utilizadas en combinación con otras unidades base o derivadas para expresar unidades de otras cantidades. Estos nombres y símbolos especiales son una forma de expresar unidades de uso frecuente como el newton (N), que es la fuerza que, aplicada a un cuerpo que tiene una masa de 1 kilogramo, le comunica una aceleración de 1 metro por segundo, cada segundo.

Para expresar cantidades por medio de números de tamaño conveniente, los múltiplos de unidades se indican por medio de prefijos. En la actualidad existen 20 prefijos

(tabla 1.2), debido al gran número de ellos se dificulta su utilización; en un tiempo estuvieron sujetos a desaparecer para substituirlos por potencias positivas y negativas de base 10. Los prefijos no contribuyen a la coherencia del SI pero se ha visto la necesidad de su empleo para facilitar la expresión de cantidades muy diferentes.

Nombre	Símbolo	Valor	
Yotta	Y	$10^{24} =$	1 000 000 000 000 000 000 000 000
Zetta	Z	$10^{21} =$	1 000 000 000 000 000 000 000
Exa	E	$10^{18} =$	1 000 000 000 000 000 000
Peta	P	$10^{15} =$	1 000 000 000 000 000
Tera	T	$10^{12} =$	1 000 000 000 000
Giga	G	$10^9 =$	1 000 000 000
Mega	M	$10^6 =$	1 000 000
Kilo	K	$10^3 =$	1 000
Hecto	H	$10^2 =$	100
Deca	Da	$10^1 =$	10
Deci	D	$10^{-1} =$	0.1
Centi	C	$10^{-2} =$	0.01
Mili	m	$10^{-3} =$	0.001
Micro	$\mu$	$10^{-6} =$	0.000 001
Nano	n	$10^{-9} =$	0.000 000 001
Pico	p	$10^{-12} =$	0.000 000 000 001
Femto	f	$10^{-15} =$	0.000 000 000 000 001
Atto	a	$10^{-18} =$	0.000 000 000 000 000 001
Zepto	z	$10^{-21} =$	0.000 000 000 000 000 000 001
Yocto	y	$10^{-24} =$	0.000 000 000 000 000 000 000 001

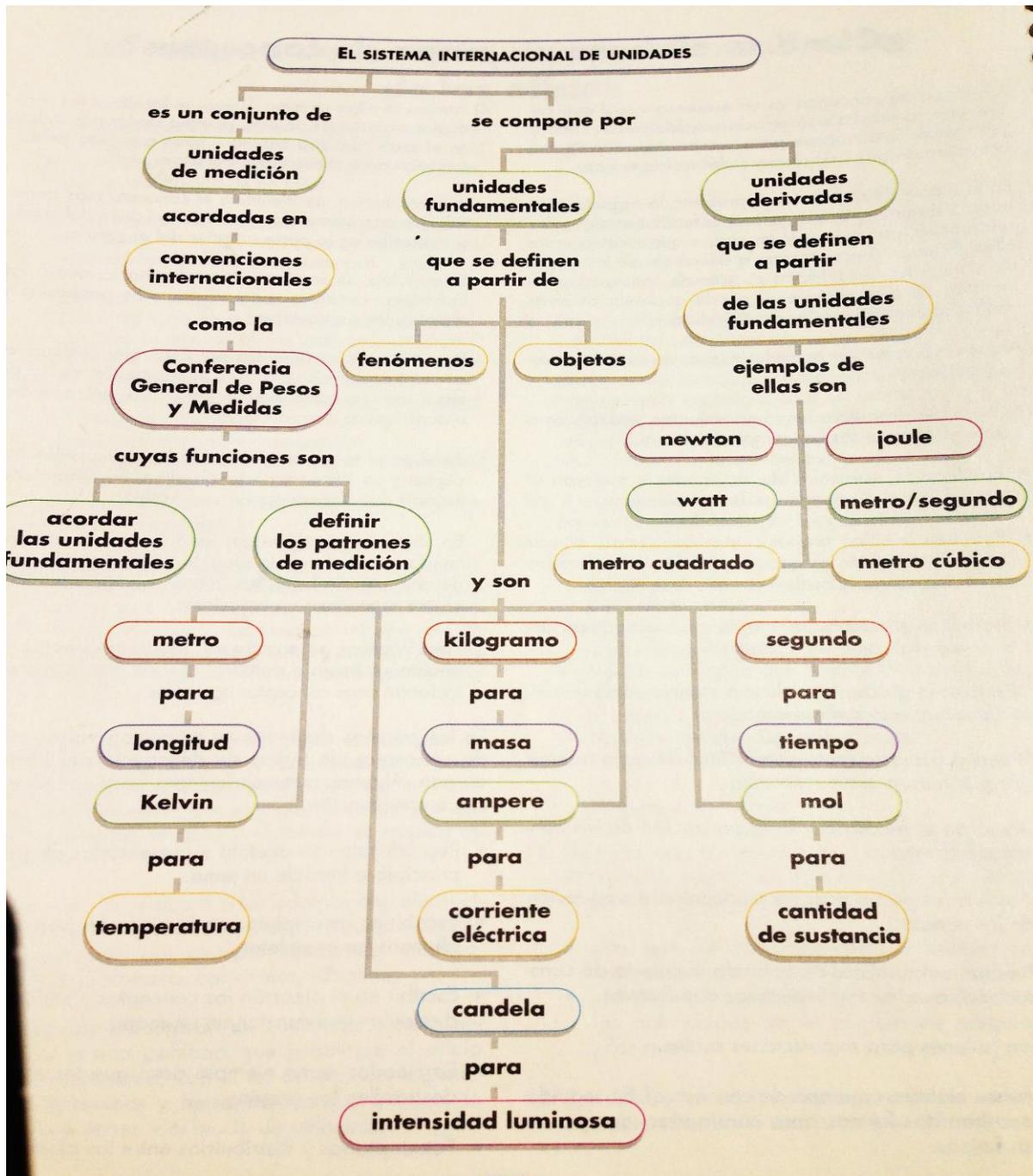
**Tabla 1.2 Prefijos del SI**

### 1.3.2. Sistema inglés de unidades

El sistema anglosajón, inglés o imperial de unidades es el conjunto de las unidades no métricas que se utilizan actualmente como medida principal en solo tres países en el mundo, (Estados Unidos, Liberia y Birmania), además de otros territorios y países con influencia anglosajona pero de forma no oficial,

como Bahamas, Barbados, Jamaica, Puerto Rico o Panamá, y en menor grado (particularmente en ingeniería y tecnología) en Latinoamérica.

El sistema para medir longitudes se basa en pies (ft), la fuerza en libras (lb) y el tiempo en segundos (s). En este sistema de unidades la masa es una unidad derivada. La unidad de masa es el slug, que es se define como la masa que se desplaza a una aceleración de  $1 \text{ ft/s}^2$  cuando se ejerce una fuerza de una libra sobre ella.



### 1.3.3. Unidades angulares

En ambos sistemas de unidades los ángulos se expresan por lo general en radianes (rad). Los radianes se definen como la razón entre la parte de la circunferencia sustentada por  $\theta$  y el radio del círculo. Los ángulos también se expresan en grados. Como hay 360 grados en un círculo completo y la totalidad de la circunferencia del círculo es  $2\pi R$ , entonces  $360^\circ$  equivalen a  $2\pi$  radianes.

Las ecuaciones que contienen ángulos casi siempre se obtienen suponiendo que los ángulos se expresan en radianes. Por consiguiente, cuando se desee sustituir el valor de un ángulo expresado en grados en una ecuación, primero deberá convertirse a radianes. Una excepción notable a esta regla es que muchas calculadoras, cuando se usan para evaluar funciones como  $\sin \theta$ , aceptan ángulos expresados ya sea en grados o en radianes.

### 1.3.4. Conversión de unidades

Con frecuencia se requieren conversiones de valores expresados en unidades de una clase a valores en otras unidades. Si algunos datos de un problema están dados en unidades SI y otros en unidades del sistema inglés, todos ellos se deben expresar en términos de un solo sistema de unidades. En los problemas expresados en unidades SI, ocasionalmente se darán datos en unidades diferentes de las unidades básicas: segundos, metros, kilogramos y newtons. Estos datos se deben convertir a las unidades básicas antes de resolver el problema. Así mismo, en problemas planteados en unidades del sistema inglés, los valores se deberán convertir a las unidades básicas de segundos, pie, slug y libra.

La conversión es sencilla pero se debe hacer con cuidado. Por ejemplo, convertir 1 km/h en metros por segundo.

$$1 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \frac{5}{18} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.2777... \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

En la siguiente tabla (1,3) se incluyen algunas conversiones útiles entre unidades.

<b>Tiempo</b>	1 minuto	=	60 segundos
	1 hora	=	60 minutos
	1 día	=	24 horas
<b>Longitud</b>	1 pie	=	12 pulgadas
	1 milla	=	5280 pies
	1 pulgada	=	25.4 milímetros
	1 pie	=	0.3048 metros
<b>Ángulo</b>	2 $\pi$ radianes	=	360 grados
<b>Masa</b>	1 slug	=	14.59 kilogramos
<b>Fuerza</b>	1 libra	=	4.448 newtons

**Tabla 1.3 Conversión de unidades**

### 1.3. Fuentes de consulta

1. Barry, Patrick L.. (2007). LUNA MÉTRICA. 6 de agosto de 2014, de NASA Sitio web: [http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2007/08jan\\_metricmoon/](http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2007/08jan_metricmoon/)
2. Bedford, A. y Fowler, W.. (1996). ESTÁTICA, MECÁNICA PARA INGENIERÍA. México: Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.
3. Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston, Jr., Elliotr. Eisenberg. (2007). MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS ESTÁTICA. México: McGraw-Hill.
4. Fuentes Guzmán, José E. (2012). ESTÁTICA. Estado de México: RED TERCER MILENIO S.C.
5. Nava Jaimes, Héctor. Pezet Sandoval, Félix. Mendoza Illescas, Jorge. Hernández Gutiérrez, Ignacio. (2001). EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI). Querétaro, México.: PUBLICACIÓN TÉCNICA CNM-MMM-PT-003.