ELABORATORIO DE MOTORES

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE Nº 01

Unidades en la Técnica y, Parámetros Fundamentales

GENERALIDADES

METROLOGIA

Es la ciencia de las medidas, en su generalidad trata del estudio y aplicaciones de todos los medios propios para la medida de magnitudes, tales como: longitudes, masas, tiempo, temperaturas, intensidad de corriente, etc.

Trataremos únicamente del estudio de su aplicación en la verificación geométrica y dimensional de piezas mecanizadas y órganos montados que entran en la construcción de máquinas, así como en los vehículos y maquinarias.

Este control es una de las bases fundamentales de la organización racional de las fabricaciones. La calidad de una fabricación, su constancia y la buena reputación de una fábrica no pueden adquirirse más que por un control riguroso en todas las mediciones de la fabricación.

Para que un producto industrial, tal como una maquina por ejemplo pueda controlarse correctamente, importa definir bien este producto, así como sus condiciones de fabricación y control. Esta es la misión de los planos de ejecución, acompañados de las especificaciones técnicas relativas a dicho producto.

Control de piezas mecánicas

SENTENCIAS BREVES	
Medir ¿qué es?	Es comparar una magnitud con una unidad (y sus múltiplos y submúltiplos).
Medir ¿qué?	Es medible todo lo cuantificable en términos de una unidad.
Medir ¿para qué sirve?	Para referir inequívocamente, para traficar con volúmenes, masas, para reproducir cantidades o estados, para controlar, etc.
Medir ¿cómo?	Estableciendo una relación de orden cuantificada con una referencia universalmente aceptada.
Medir ¿cuándo?	Cuando no se tenga fe en los datos y ante situaciones nuevas.
Medir ¿lo no observable?	Quien dice que sólo deberían tratarse las magnitudes "observables" es que no se ha parado a pensar qué es la luz. Quien dice que hay que distinguir entre variables "observables" como el peso o la temperatura, y variables "hipotéticas" como la carga del electrón o la entropía, es que no se ha parado a pensar qué es el conocimiento y cómo se ratifica (sanciona).
¿Por qué medir en moles?	Porque hay muchos fenómenos naturales que se comportan según el número de entidades atómico-moleculares que contengan, y como hay un número de éstas tan gigantesco en cada cuerpo, en lugar de contarlas por docenas o por gruesas (12 docenas) se cuentan en grupos de unos seiscientos mil trillones, que se llama número de Avogadro (o mejor constante de Avogadro), NA=6,022·1023. El número de Avogadro es el factor de escala antropométrico elegido para contabilizar entidades atómico-moleculares.
¿Por qué medir en kelvin y no en ºC?	Porque en las fórmulas de la Termodinámica (para el trabajo con gases, rendimientos de máquinas, etc.) la magnitud que aparece es la temperatura absoluta T, y si no, habría que poner siempre T+To °C. Sin embargo, ningún termómetro de mercurio viene graduado en kélvines, todos vienen en grados Celsius, porque el mayor uso de la termometría es simplemente para comparación y no para cálculos derivados. Hay que reconocer de todas formas que la temperatura es una magnitud básica especial porque es la única unidad básica no aditiva.

I. MAGNITUDES Y UNIDADES SI

SI significa “Systeme International d’ unites” (Sistema Internacional de Unidades). El sistema viene especificado en ISO 31 el ISO 1000 (ISO: International Organization for Standardization) y en DIN 1301 (DIN: Deutsches Institut fûr Normung).

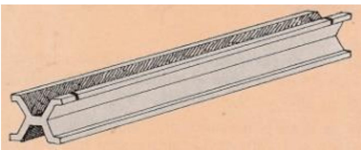
Las unidades SI son las siete unidades básicas SI y las coherentes con las mismas, es decir, las unidades que se derivan con el coeficiente1.

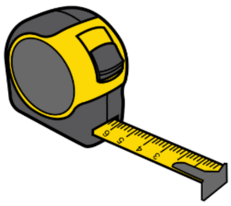
1.1. UNIDADES BÁSICAS SI

Ítem	Magnitudes Básicas	Unidades SI	
		Nombre	Símbolo
1	Longitud	Metro	m
2	Masa	Kilogramo	kg
3	Tiempo	Segundo	s
4	Intensidad de Corriente eléctrica	Ampere	A
5	Temperatura	Kelvin	k
6	Cantidad de materia	Mol	mol
7	Intensidad de luz	Candela	cd

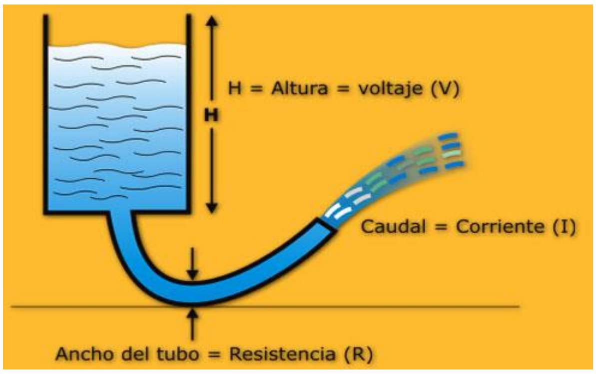
1.2. DEFINICIONES DE LAS UNIDADES SI

1) **metro**, es la longitud de trayecto que recorre la luz el vacío durante un tiempo de 1/299972458 segundos 17° CGPM, 1983[1].El metro se define con ello por medio de la velocidad de la luz en el vacío, c=299972458m/s; ya no se define por la longitud de onda de la radicación del átomo de criptón ^{38}Kr. Antiguamente se definía el metro como la millonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre que pasa por Paris (metro patrón, Paris, 1875).





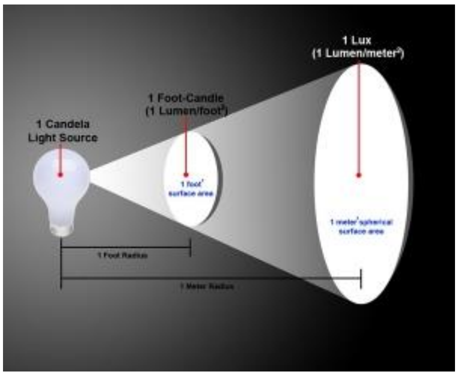
2) **Amperio,** es la intensidad de una corriente eléctrica que, al circular en el mismo sentido por dos conductores paralelos infinitamente largos, situados en el vacío y a un metro de distancia, hace que se atraigan con una fuerza de 2 · 10-7 newton por cada metro de longitud. El instrumento de medida que utilizamos para medir la intensidad de corriente es el amperímetro.



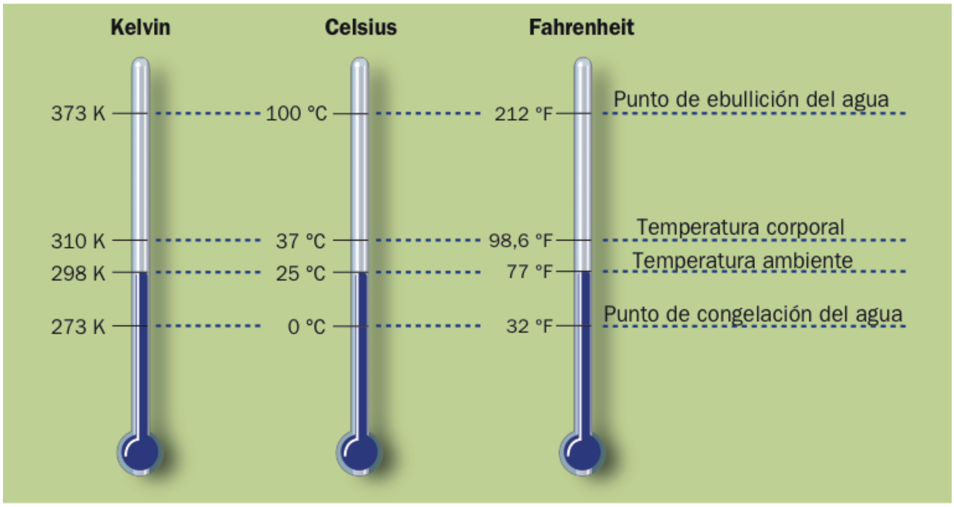
3) **kilogramo**, Es la masa de un cilindro de platino e iridio de 39 milímetros de diámetro y 39 milímetros de altura y que se conserva en la oficina de Pesas y Medidas de París. El instrumento que utilizamos para medir masas es la balanza.

4) **Segundo**, en la actualidad se define como la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación que corresponde a la transición entre dos niveles energéticos hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio-133. El instrumento que utilizamos para medir el tiempo es el cronómetro.

5) **Candela**, es la intensidad luminosa de una fuente que, en una dirección dada, emite una radiación monocromática de frecuencia 540 · 1012 Hz, y cuya intensidad energética en esa dirección es de 1/683 vatios/estereorradián.



6) <u>kelvin</u>, La escala termodinámica de temperaturas se adoptó en la XI Conferencia General de Pesos y Medidas celebrada en París en 1960, y se define como la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Con esto, la temperatura de congelación del agua a la presión de 1 atm se tomó como 273,15 K, y la de ebullición, 373,15 K. Por tanto, y al igual que la escala Celsius (llamada así en honor del astrónomo sueco Anders Celsius, quien la propuso en el siglo XVIII), la escala Kelvin tiene 100 divisiones; cada una de ellas es un Kelvin.



7) <u>Mol</u>, Es el número de partículas representativas (átomos, moléculas, iones...) como las que hay en 12 gramos de carbono-12 puro (6,023x1023). Este número es el que conocemos como número de Avogadro. A través de años de experiencia, se ha establecido que un mol de cualquier sustancia contiene 6,023x10^23 partículas representativas.

La fotografía muestra un mol de diferentes sustancias: agua, fósforo, cinc y dicromato de potasio. Aunque la masa es diferente para cada una de ellas, todas contienen el mismo número de entidades elementales (la misma cantidad de sustancia).

De las magnitudes y unidades básicas se derivan todas las demás magnitudes y unidades. Así se obtienen la unidad internacional de fuerza, aplicando en la ley de Newton las unidades básicas correspondientes:

1.3. UNIDADES DERIVADAS

MAGNITUD	DEFINICIÓN	FORMULA	NOMBRE	SIMB
Frecuencia	Un hercio es un ciclo por segundo.	$Hz = \frac{1}{s} = s^{-1}$	Hertz o hercio	**Hz**
Fuerza	Un newton es la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 m/s² a un objeto cuya masa sea de 1kg.	$N = \frac{kg.m}{s^2}$	Newton	**N**
Presión	Un pascal es la presión normal (perpendicular) que una fuerza de un newton ejerce sobre una superficie de un metro cuadrado.	$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{s^2.m}$	Pascal	**Pa**
trabajo y energía	Un julio es el trabajo realizado por una fuerza de 1 newton para desplazar 1 m en la dirección de la fuerza a un objeto cuya masa sea de 1kg.	$J = \frac{kg.m^2}{s^2}$	Julio o Joule	**J**
Potencia	Un vatio es la potencia que genera una energía de un julio por segundo. En términos eléctricos, un vatio es la potencia producida por una diferencia de potencial de un voltio y una corriente eléctrica de un amperio.	$W = \frac{J}{s} = V.A = \frac{m^2.kg}{s^3}$	Vatio	**W**

MAGNITUD	DEFINICIÓN	SIMBOLO
Volumen	Un metro cúbico es el volumen equivalente al de un cubo de un metro por lado	m^3
Velocidad	Un metro por segundo es la velocidad de un cuerpo que, con movimiento uniforme, en un segundo recorre una longitud de un metro	$\frac{m}{s}$
Cantidad de movimiento	Es la cantidad de movimiento de un cuerpo con una masa de un kilogramo que se mueve a una velocidad instantánea de un metro por segundo.	$N.s = kg.\frac{m}{s}$
Aceleración	Es el aumento de velocidad regular -que afecta a un objeto- equivalente a un metro por segundo cada segundo.	$\frac{m}{s^2}$
Número de onda	Es el número de onda de una radiación monocromática cuya longitud de onda es igual a un metro.	$\frac{1}{m}$
Velocidad angular	Es la velocidad de un cuerpo que, con una rotación uniforme alrededor de un eje fijo, en un segundo gira un radián	$\frac{rad}{s} = \frac{1}{s}$
Aceleración angular.	Es la aceleración angular de un cuerpo sujeto a una rotación uniformemente variada alrededor de un eje fijo, cuya velocidad angular, en un segundo, varía un radián.	$\frac{rad}{s^2} = \frac{1}{s^2}$
Torque	Es el momento o torque generado cuando una fuerza de un newton actúa a un metro de distancia del eje fijo de un objeto e impulsa la rotación de éste.	$N.m = \frac{m^2.kg}{s^2}$
Viscosidad dinámica.	Es la viscosidad dinámica de un fluido homogéneo, en el cual, cuando hay una diferencia de velocidad de un metro por segundo entre dos planos paralelos separados un metro.	$Pa.s = \frac{kg}{m.s}$
Entropía.	Es el aumento de entropía de un sistema que -siempre que en el sistema no ocurra transformación irreversible alguna- a la temperatura termodinámica constante de un kelvin recibe una cantidad de calor de 1 julio.	$\frac{J}{K} = \frac{m^2.kg}{s^2.K}$
Calor específico	Es la cantidad de calor, expresada en julios, que, en un cuerpo homogéneo de una masa de un kilogramo, produce una elevación de temperatura termodinámica de un kelvin.	$\frac{J}{kg.K} = \frac{m^2.kg}{s^2.K}$
Conductividad térmica.	Es el flujo térmico de 1 vatio, en un cuerpo homogéneo isótropo en la que una diferencia de temperatura de un kelvin entre dos planos paralelos de un metro cuadrado y distantes 1metro.	$\frac{W}{m.K} = \frac{m.kg}{s^3.K}$

1.4. PREFIJOS PARA MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS

Múltiples y Submúltiples	Prefijo	Símbolo
1 000 000 000 000 = 10^{12}	Tera	T
1 000 000 000 = 10^{9}	Ciga	G
1 000 000 = 10^{6}	Mega	M
1 000 = 10^{3}	Kilo	k
100 = 10^{2}	Hecto	h
10 = 10	Deca	da
0,1 = 10^{-1}	Deci	d
0,01 = 10^{-2}	Centi	c
0,001 = 10^{-3}	Mili	m
0,000 001 = 10^{-6}	Micro	μ
0,000 000 001 = 10^{-9}	Nano	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	Pico	p

Radian (rad) (Unidad complementaria) Un ángulo plano de un radian delimita un arco de circunferencia igual al radio del círculo.

1 rad = 57,296˚ = 570˚ 17' 45".

Circunferencia = 2 π rad

II. SISTEMA INGLES ABSOLUTO

2.1. UNIDADES DE BASE

2.1.1. Masa

kg (SI), g (cgs), lb (avoirdupoids), tonelada métrica.

1 g = 10^{-3} kg　　　1 lb = 0,453 kg

1 ton met = 1000 kg　　　1 ton US = 1016,047 kg

1 oz (avoirdupoids) = 0,02835 kg

2.1.2. Longitud m (SI), cm (cgs), in (as), ft (as), yd, km, mile, mile n.

1 cm = 0,01 m　　　1 km = 1000 m

1 in = 0,0254 m　　　1 in = 2,54 cm

1 ft = 0,3048 m = 12 in　　　1 yd = 0,9144 m = 36 in = 3 ft

Otras unidades de longitud

1 Angstrom (Å) = 10^{-10} m
1 año luz = 9,46070 10^{15} m

2.1.3. Tiempo

En todos los sistemas s, min, h, día, año

1min = 60 s 1 h = 3600 s 1 día = 88400 s

1 año solar = 365,24219 días = 365 d 5 h 49 min

1 año sideral = 365,25636 días = 365 d 6 h 9 min

2.1.4. Temperatura K (SI), ˚C, ˚K, ˚F, ˚R

La escala Kelvin (K, ˚K) de temperatura termodinámica es absoluta; el cero de la escala corresponde al cero absoluto.

Ya no se usa el símbolo ˚K, ni la palabra grado Kelvin, sino **K**: Kelvin.

1˚ C = 1 K y la escala Celsius está desplazada de 273,15˚C respecto a la escala Kelvin.

Los **puntos fijos** de la escala internacional de temperatura son:

Punto triple del hidrógeno: - 259,34 ˚C
Punto de ebullición (eq) del hidrógeno: - 252,87 ˚C
Punto de ebullición del neón: - 246,048 ˚C
Punto triple del oxígeno: - 218,789 ˚C
Punto de ebullición del oxígeno: - 182,962 ˚C
Punto triple del agua: 0,01 ˚C
Punto de ebullición del agua: 100 ˚C

La escala **Fahrenheit** es tal que hay 180 ˚F entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, los cuales se definen respectivamente por 32˚F y 212˚F.

Así 1 ˚C = 5/9 ˚F

Temp (˚C) = 5/9 (Temp. (˚F) - 32)
Temp (˚F) = 32 + 9/5 Temp (˚C)

T ºC	T + 273,15 K
T ºF (Fahrenheit)	$\frac{5}{9}(T-32)+273{,}15$ K
T ºR (rankine)	5/9 K

a) DIFERENCIA DE TEMPERATURA

1 ºC	1 K
1 ºF (Fahrenheit)	5/9 K
1 ºR (rankine)	5/9 K

2.2. UNIDADES DERIVADAS DEL SISTEMA INGLES

Velocidad: ft/s

Aceleración: ft/s^2

Aceleración de la gravedad (estandard), **gs** = 32,174 ft/s^2

Fuerza: poundal (pdl), 1 pdl = 1 lb. ft/s^2

Presión: debería ser el pdl/ft^2, pero esta unidad no se utiliza; se usa lbf/ft^2 ó lbf/in^2 (psi).

Energía: ft.pdl poco utilizado; se prefiere usar ft.lbf, y más que todo Btu, Hp.h, kW.h

Potencia: ft.pdl/s, que no se utiliza; se prefiere usar el caballo vapor Hp, o la Btu/h.

2.3. UNIDADES DE PROPIEDADES MÁS UTILIZADAS

Energía: Btu (British thermal unit): cantidad de energía requerida para elevar 1lb de agua de 1˚F.
1 Btu = 252 cal = 1055,06 J

2.3.1. Entalpia Específica

1 KJ/Kg = 0.42992 Btu/lbm = 0.23885 kcal/Kg = 334.55 lbf.ft/lbm
1 Btu/lbm = 2.3260 KJ/Kg = 0.55556 kcal/Kg = 778.16 lbf.ft/lbm
1 kcal/Kg = 4.1868 KJ/Kg = 1.800 Btu/lbm = 1400.7 lbf.ft/lbm
1 lbf.ft/lbm = 2.9891 x 10^{-3} KJ/Kg = 1.2851 x 10^{-3} Btu/lbm = 7.1394 x 10^{-4} kcal/Kg

2.3.2. Entropía específica, calor específico, constante de los gases

1 KJ/Kg K = 0.23885 Btu/Lbm ºR = 0.23885 kcal/Kg K
1 Btu/Lbm ºR = 4.1868 KJ/ Kg K = 1.0000 kcal/ Kg K
1 kcal/ Kg K = 4.1868 KJ/ Kg K = 1.0000 Btu/ Lbm ºR

2.3.3. **Potencia:** Horse power (Hp)

1 W = 1 J/s 1 W = 3.4122Btu/h = 0.85987 kcal/h = 1.34102 x 10-3 hp
1 Btu/h = 0.29307 W = 0.25200 kcal/h = 3.9300 x 10-4 hp
1 kcal/h = 1.1630 W = 3.9683 Btu/h = 1.5595 x 10-3 hp = 0.85778 lbf.ft/s
1 horsepower (hp) = 550 lbf.ft/s = 2544.5 Btu/h = 745.70 W
1 lbf.ft/s = 4.6262 Btu/h = 1.3558 W = 1.8182 x 10-3 hp

2.3.4. **Área** (SI), cm^2 (cgs), in^2 y ft^2 (as), área, hectárea, km^2, $mile^2$, etc.

1 in^2 = 6,4516 10^{-4} m^2
1 ft^2 = 9,2903 m^2
1 hectárea = 10^4 m^2
1 km^2 = 10^6 m^2
1 yd^2 = 0,836127 m^2

2.3.5. **Volumen** m^3 (SI), cm^3 ó cc (cgs), in^3 y ft^3 (as), litro (l), galón (gal), barril (bbl), onza (oz).

1 cm^3 = 10^{-6} m^3
1 in^3 = 1,63871 10^{-5} m^3
1 ft^3 = 0,028 3168 m^3
1 l = 1000 cm^3 = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3
1 gal (UK) = 4,54609 10-3 m^3
1 gal (US) = 3,78544 10-3 m^3
1 bbl (petróleo) = 42 gal (US) = 0,15899 m^3
1 oz (US fluid) = 29,57 10^{-6} m^3

2.3.6. Presión

1 kp/cm^2 = 98 000 Pa
1 atm = 760 mm Hg
1 atm = 101 300 Pa.
1 bar = 14,5038 lb/in^2 (psi)
1 bar = $1x10^5$ N/m^2
1 bar = 0,98692 atm
1 bar = 1,01972 kp/cm^2

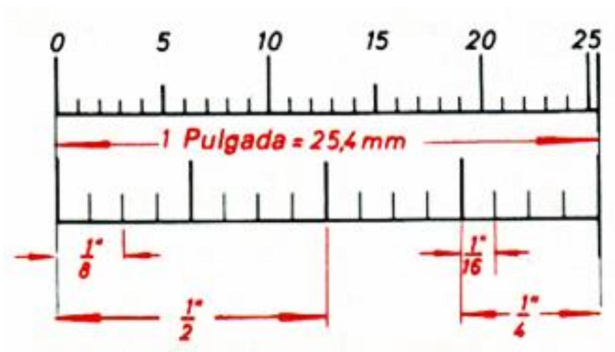
2.3.7. Viscosidad Dinámica

1 kps/m^2	9,80665 Pa s
1 kph/m^2	$3,532.10^{-4}$ Pa s
1 Poise = 1 glcm^5	$1,0000.10^{-1}$ Pa s
1 lb/fthr	$4,1338.10^{-4}$ Pa s
1 lb/ft ^{5}	1,4882 Pa s

2.3.8. Viscosidad Cinemática

1 Stoke = 1 cm^2/s	$1,0000.10^{-4}$ m^2/s
1 dm^3/hrin	$1,0936.10^{-5}$ m^2/s
1 ft^2/hr	$2,5806.10^{-5}$ m^2/s
1 ft^2/s	$9,2903.10^{-2}$ m^2/s

III. CONVERSION DE PULGADAS A MILIMETROS Y VICEVERSA



$$\text{Pulgadas} = \frac{\text{Número de milímetros}}{25,4}\ [\text{"}]$$

$$\text{Milímetros} = \text{Número de pulgadas} \times 25,4\ [\text{mm}]$$

a) ¿Cuántas pulgadas son 12,7 mm?

$$12,7 \text{ mm} \triangleq \frac{12,7}{25,4} = 0,5$$

$$12,7 \text{ mm} \triangleq \frac{1}{2}''$$

b) ¿Cuántos milímetros son 2 ½”

$$2\frac{1}{2}'' \triangleq 2\frac{1}{2}'' \cdot 25,4$$

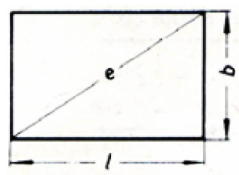
$$2\frac{1}{2}'' \triangleq \underline{63,5 \text{ mm}}$$

IV. CALCULO DE SUPERFICIES

a) Calcular A y U de un rectángulo que tiene l=40 mm y b= 25 mm, en cm2 y cm, respectivamente.

Rectángulo

$$A = l \cdot b$$
$$U = 2 \cdot (l + b)$$



$$A = 4 \cdot 2,5 = \underline{10 \text{ cm}^2}$$

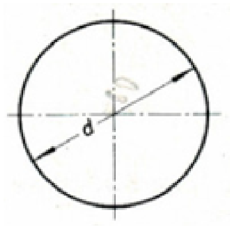
$$U = 2 \cdot (4 + 2,5) = 13\text{cm}$$

b) Calcular la superficie y el perímetro de un circulo de diámetro d= 80 mm, en cm^2 y cm, respectivamente.

Círculo

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$U = d \cdot \pi$$



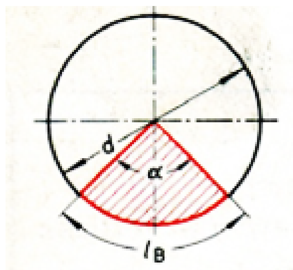
$$A = \frac{8 \cdot 8 \cdot \pi}{4} = \underline{50{,}27\ cm^2}$$

$$U = 8 \cdot \pi = \underline{25{,}13\ cm}$$

c) Determinar la superficie A en mm2 de un sector circular de d=100 mm y α = 50°

Sector circular

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360°}$$



$$A = \frac{100^2 \cdot 3{,}14 \cdot 50°}{4 \cdot 360°}$$

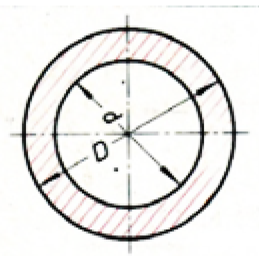
$$A = \underline{1090\ mm^2}$$

d) ¿Cuánto vale, en cm^2, la superficie de un anillo con D = 90 mm y d = 80mm?

Corona circular

A = Círculo mayor — círculo menor

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

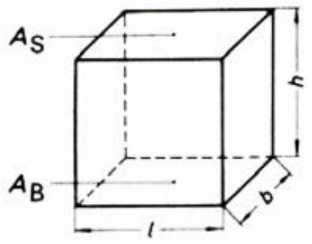


$$A = \frac{3{,}14}{4} \cdot (9^2 - 8^2)$$

$$A = \underline{13{,}35\ cm^2}$$

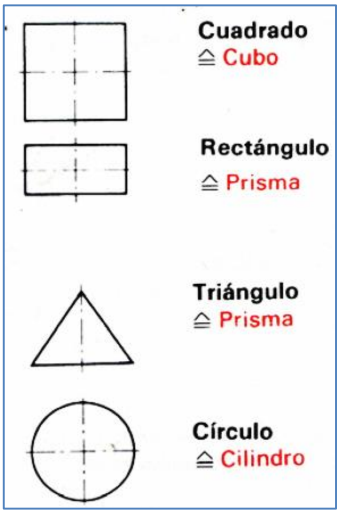
V. VOLÚMENES

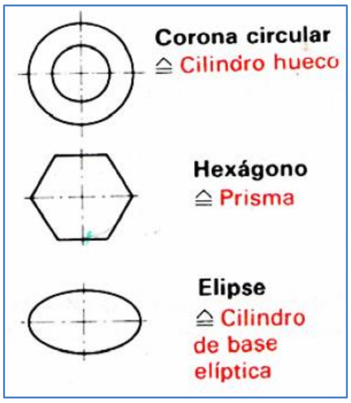
Forma básica:



Volumen = Base · Altura

$$\boxed{V = A_B \cdot h}$$





VI. CÁLCULO DE MASA Y DENSIDAD

6.1. MASA

Todo cuerpo está formado por una cantidad determinada de materia, que se denomina masa.

La masa (cantidad de materia) de un cuerpo depende de su volumen y su densidad.

Nota: 1 Litro de agua pura = 1 dm^3 de agua pura a 4° C, tiene una masa de 1 kg.

Masa = Volumen · Densidad

$$\boxed{m = V \cdot \rho \ [kg]}$$

6.2. DENSIDAD

La densidad da la cantidad de masa por unidad de volumen.

Ejm: 1 dm^3 de agua tiene 1 kg de masa, luego su densidad es 1kg/dm^3.

1 dm^3 de acero tiene 7,85 kg de masa, luego su densidad es 7,85 kg/dm^3.

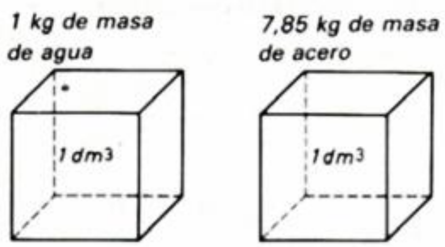


Tabla de densidades de algunas substancias (sin indicación de la temperatura)

Cuerpos sólidos	$\left[\frac{kg}{dm^3}\right]$	Cuerpos líquidos	$\left[\frac{kg}{dm^3}\right]$	Cuerpos gaseosos	$\left[\frac{kg}{Nm^3}\right]$
Aluminio	2,7	Éter	0,73	Acetileno	1,71
Plomo	11,3	Alcohol	0,79	Amoníaco	0,77
Bronce	8,7	Gasolina	0,68—0,81	Gas alto horno	1,28
Cromo	7,1	Benceno	0,87—0,89	Monóxido carbono	1,75
Hierro	7,86	Diesel	0,86	Dióxido carbono	1,98
Oro	19,36	Glicerina	1,13—1,26	Gas alumbrado	0,61
Fundición gris	7,25	Ácido carbónico	0,94	Aire	1,29
Cobre	8,8	Petróleo	0,81	Propano	2,02
Latón	8,5	Aceite mineral	0,9—0,92	Oxígeno	1,43
Platino	21,3	Mercurio	13,95	Nitrógeno	1,25
Acero	7,85	Agua	1,0	Hidrógeno	0,09
Tungsteno	19,1			Vapor de agua	0,78
Cinc	7,2				

VII. PES0 (Fuerza pesante)

Por peso (como fuerza) se entiende la fuerza con que una masa es presionada (o atraída) contra su base por la atracción terrestre.

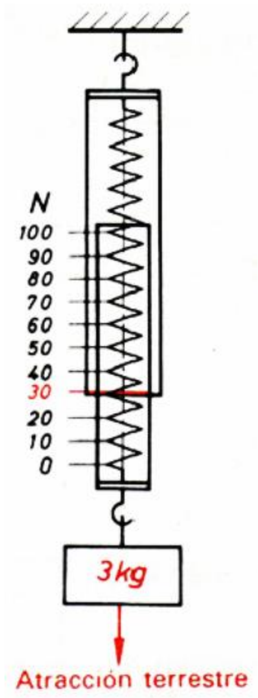
Fuerza = Masa · Aceleración

g = 9,81 m/s² Aceleración de la gravedad

$$F_G = m \cdot g \; [kg \cdot m/s^2 \text{ o } N]$$

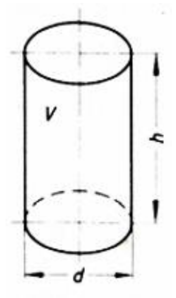
OBSERVACIÓN

Las sustancias gaseosas tienen igualmente masa y densidad. La densidad en ellas es la que corresponde a un volumen de 1m^3 a 0°C de temperatura y presión de 1 bar.



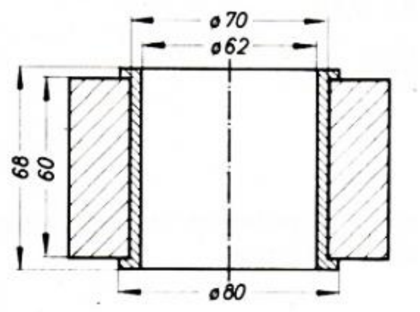
EJERCICIOS:

1) El diámetro de una lata de aceite 15W40 de 2.5 L es de 120 mm. ¿Cuál es su altura en mm? Ver figura 8.20 – 8,21.
2) Un camión cisterna lleva un depósito cilíndrico que cubica 25,12 m³ y su longitud es de 8 m. ¿Cuántos metros tiene de diámetro el depósito? Ver figura 8.20 – 8,21.

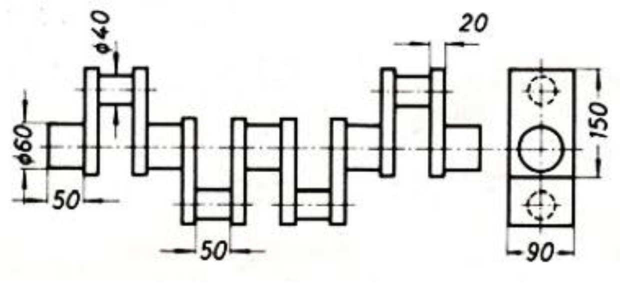


8.20-8.21

3) Se recubre de metal blanco 5 cojinetes ¿Cuantos gramos y kilogramos de metal blanco hacen falta si la densidad de este es 7,5 kg/dm³?



4) ¿Cuantos N se necesitan para levantar el cigüeñal del dibujo? (ρ= 7,25 kg/dm³).



VIII. CÁLCULO DE FUERZAS

Fuerza es la causa de la deformación o variación de movimiento de un cuerpo.

8.1. Representación de una fuerza.

Una fuerza se representa gráficamente como una flecha.

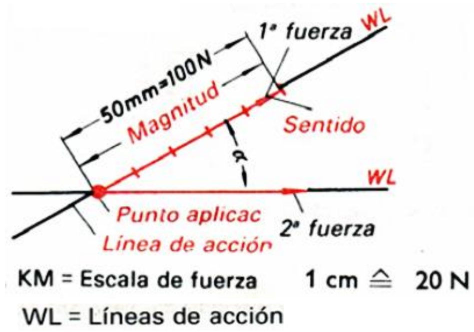
Fuerza *F*

8.2. Determinación de una fuerza

Una fuerza queda determinada unívocamente mediante:

a) Magnitud

Se obtiene de la longitud de la flecha medida en la escala de fuerzas (KM).



b) Sentido

Se da por la punta de la flecha.

c) Punto de aplicación

Es el punto en el cual la fuerza ataca al cuerpo.

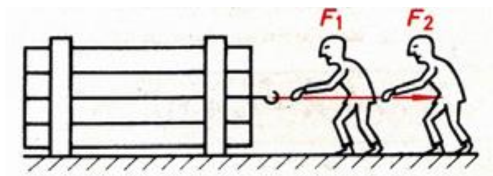
d) Línea de acción

Es la recta que pasa por la flecha de la fuerza.

8.3. Composición de fuerzas

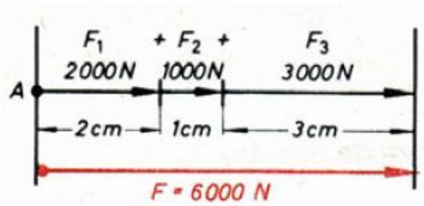
a) Las fuerzas que actúan sobre la misma línea de acción y en el mismo sentido, se componen por suma.

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \ldots$$



Suma de fuerzas

Ejemplo



KM 1 cm ≙ 1000 N

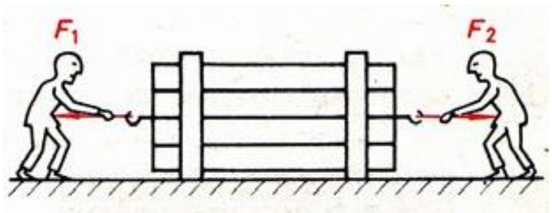
$F = F_1 + F_2 + F_3$

$F = 2000\ N + 1000\ N + 3000\ N$

$F = \underline{6000\ N}$

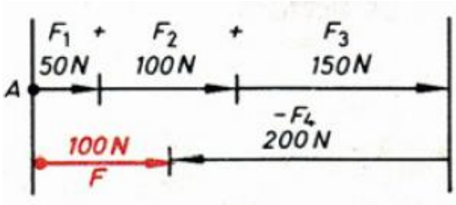
b) Las fuerzas que actúan sobre la misma línea de acción, pero en sentidos contrarios, se componen por resta.

$$F = F_1 + F_2 + F_3 - F_4$$



Resta de fuerzas

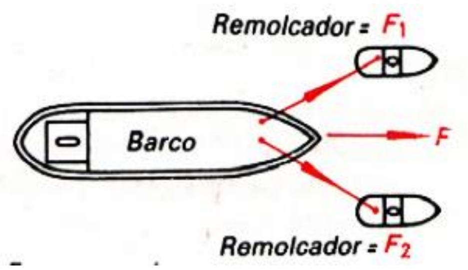
Ejemplo

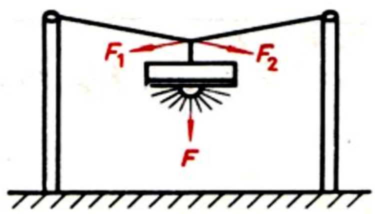


KM 1 cm $\triangleq$ 50 N

$F = F_1 + F_2 + F_3 - F_4$
$F = 50\ \text{N} + 100\ \text{N} + 150\ \text{N} - 200\ \text{N}$
$F = \underline{100\ \text{N}}$

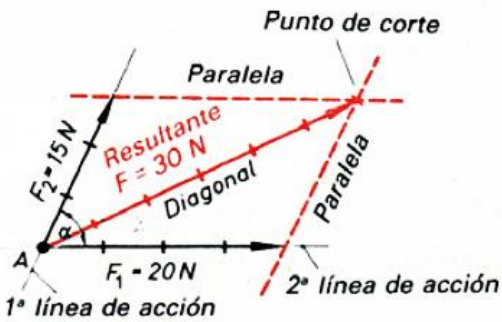
c) Las fuerzas que actúan sobre distintas líneas de acción (distintos sentidos) pueden componerse gráficamente mediante el paralelogramo de fuerzas. La diagonal del paralelogramo da la resultante (la fuerza componente).





Fuerzas parciales

Ejemplo. Las fuerzas F_1 = 20N y F_2=15N actúan en el punto A formando el ángulo α=65° ¿Cuánto vale la resultante? **KM 1cm = 5N**



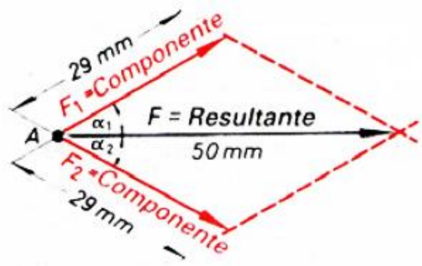
Medición: 6 cm $\triangleq$ 6 · 5 N
$F = 6 \cdot 5\ \text{N} = \underline{30\ \text{N}}$

8.4. Descomposición de una fuerza

Mediante el paralelogramo de fuerzas se puede invertir la operación anterior, es decir: una resultante se puede descomponer en componentes si se conocen las líneas de acción y sentido de éstas. La diagonal es la fuerza que se quiere descomponer y los lados sus componentes.

Ejemplo

Una fuerza F=500 N ha de descomponerse en dos parciales F_1 y F_2. Los ángulos α_1 y α_2 son ambos 30°. KM 1mm = 10N



$$F_1 \triangleq F_2 \triangleq 29\ \text{mm} \triangleq 29 \cdot 10\ \text{N}$$
$$F_1 = F_2 = \underline{290\ \text{N}}$$

OBSERVACIÓN

Los problemas sobre composición y descomposición de fuerzas se resuelven de dos maneras:

a) **Gráficamente**.- Se elige una escala de fuerzas según el tamaño del dibujo y la magnitud de las fuerzas.

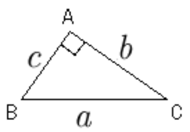
b) **Analíticamente**.- Utilizando la “Ley de Senos” y la “Ley de Cosenos”.

8.5. Ley de Senos y, Ley de Cosenos

Para resolver triángulos que no son rectángulos, se utiliza la Ley de Cosenos y/o la Ley de Senos. Todo dependerá de los valores conocidos.
Resolver un triángulo significa obtener el valor de la longitud de sus tres lados y la medida de sus tres ángulos internos.

8.5.1. Teorema de Pitágoras

En un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de sus catetos.



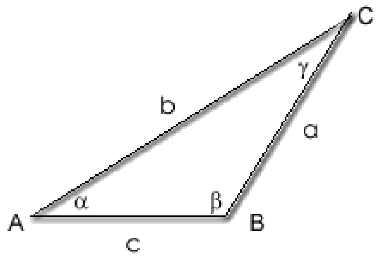
$$a^2 = b^2 + c^2$$

8.5.2. **Ley de Senos**

La ley de senos nos dice que la razón entre la longitud de cada lado y el seno del ángulo opuesto a él en todo triángulo es constante.

La ley de los Senos es una relación de tres igualdades que siempre se cumplen entre los lados y ángulos de un triángulo cualquiera.

$$\frac{\boldsymbol{a}}{\boldsymbol{sen\alpha}} = \frac{\boldsymbol{b}}{\boldsymbol{sen\beta}} = \frac{\boldsymbol{c}}{\boldsymbol{sen\gamma}}$$



8.5.3. **Ley de Cosenos**

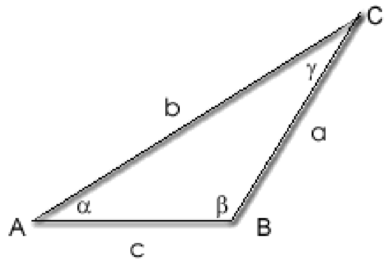
La ley de cosenos se puede considerar como una extensión del teorema de Pitágoras.

a) Para resta de componentes:

$$\boldsymbol{a^2 = b^2 + c^2 - 2.b.c.sen\alpha}$$

$$\boldsymbol{b^2 = a^2 + c^2 - 2.a.c.sen\beta}$$

$$\boldsymbol{c^2 = a^2 + b^2 - 2.a.b.sen\gamma}$$



b) Para suma de componentes:

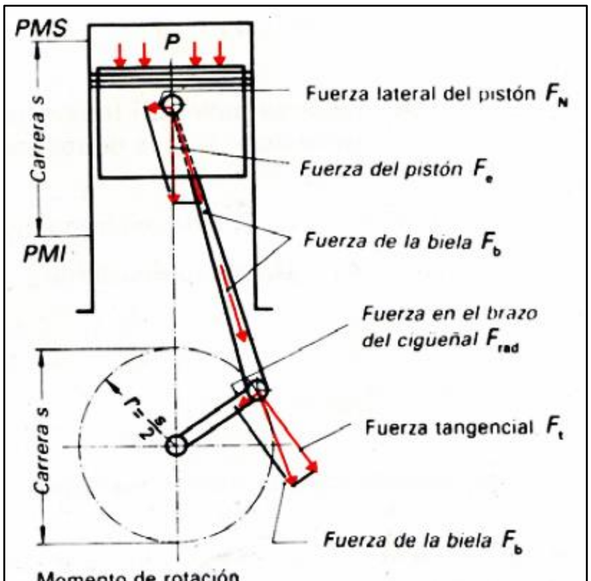
$$\boldsymbol{a^2 = b^2 + c^2 + 2.b.c.sen\alpha}$$

$$\boldsymbol{b^2 = a^2 + c^2 + 2.a.c.sen\beta}$$

$$\boldsymbol{c^2 = a^2 + b^2 + 2.a.b.sen\gamma}$$

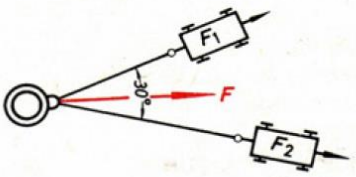
OBSERVACIÓN:

El par motor es la acción de la fuerza tangencial $\mathbf{F_t}$ en el brazo del cigüeñal o radio de giro **r** (**r** = 1/2 de la carrera **s**).

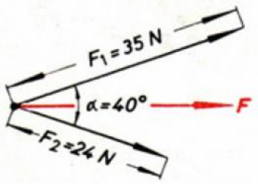


Momento de rotación (par) de un motor

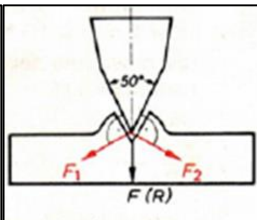
8.6. Ejercicios propuestos



10.6 Dos tractores tratan de arrastrar un árbol mediante dos cables. Uno de los tractores tiene una fuerza de tracción F_1 = 18 000 N y el otro una fuerza de tracción F_2 = 24 000 N. Ambos cables forman entre sí un ángulo de 30°.¿Qué magnitud tiene la fuerza resultante? (*KM* 1 cm ≙ 3 000 N.)

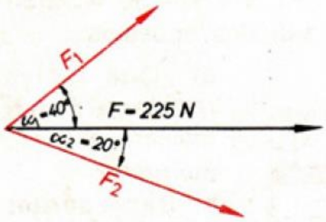


10.7 Determinar por medio del paralelogramo de fuerzas la fuerza resultante *F* en los siguientes ejercicios.
El dibujo eş ejemplo del ejercicio a)



KM 1 mm ≙ 10 N

10.8 Se golpea un cincel con una fuerza *F* = 300 N para cortar una chapa de acero. Determinar mediante el paralelogramo de fuerzas la magnitud de las fuerzas componentes F_1 y F_2 que cortan la chapa.



El dibujo es ejemplo del ejercicio a)
KM 1 mm ≙ 5 N

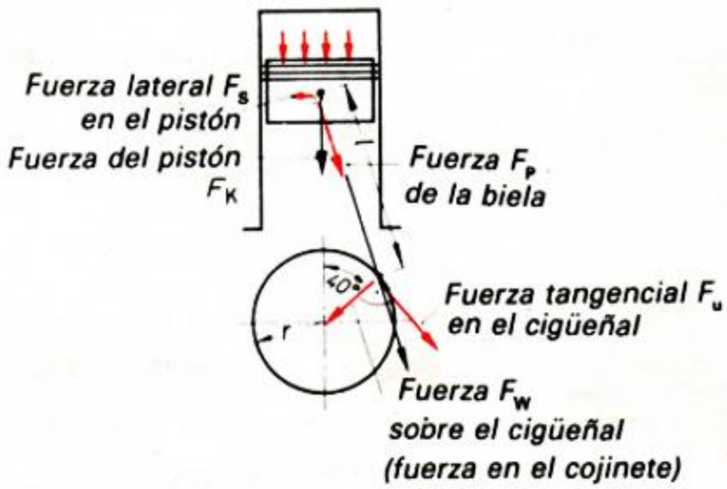
10.9 La fuerza *F* tiene que descomponerse mediante el paralelogramo de fuerzas en las componentes F_1 y F_2 en los siguientes ejercicios. ¿Cuáles son sus magnitudes en N?

10.10 Un motor de explosión tiene una biela de longitud *l*=240 mm y un radio de cigüeñal r=60 mm. En la cabeza del pistón actúa una fuerza F_k=18 kN.

Determinar gráficamente y analíticamente para un ángulo de biela de 40°:

a) La fuerza F_p en la biela, en N y kN.
b) La fuerza lateral F_s en el pistón, en N y kN.
c) La fuerza F_w que actúa sobre el cigüeñal (fuerza en el cojinete), en N y kN.
d) La fuerza tangencial Fu en el cigüeñal, en N y kN.

KM 1mm = 400N

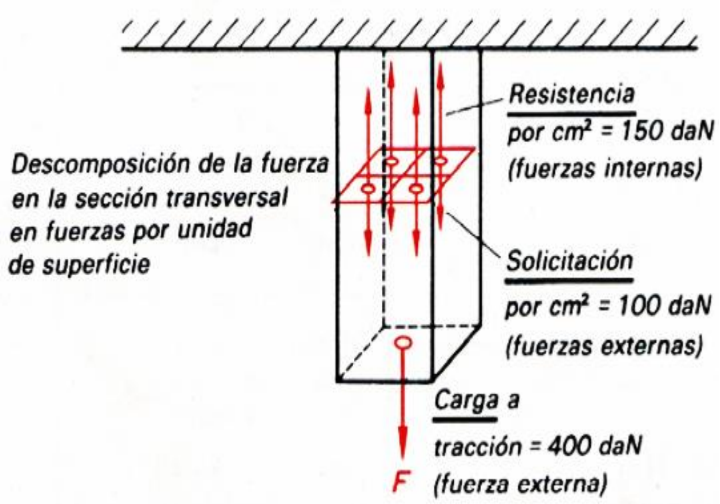


IX. CALCULO DE RESISTENCIAS

Explicación

La teoría de la resistencia se ocupa del comportamiento de los materiales y de las piezas de las máquinas bajo la influencia de fuerzas externas.
Por medio del cálculo de resistencias se determinan las dimensiones de las piezas de las máquinas de modo que soporten las cargas que se les exijan.
Para comprender la teoría de la resistencia conviene explicar algunos conceptos (ver también el dibujo):

9.1. Definiciones fundamentales.



1. Carga

Carga es la acción de una fuerza sobre un cuerpo.
(Se denomina fuerza externa, como la tracción de un peso de 400 daN.)

2. Solicitación

Solicitación es la acción o efecto de una fuerza externa (carga) sobre un cuerpo teniendo presente su magnitud (superficie de la sección transversal).
En el dibujo, por ejemplo, 100 daN/cm².

3. Resistencia

Resistencia es la fuerza interna que se opone a la destrucción o deformación de un cuerpo.
Las fuerzas internas se basan en la cohesión de las partículas más pequeñas de los cuerpos (moléculas). En el dibujo, la resistencia es de 150 daN/cm².

4. Tensión

Tensión es la relación entre la fuerza y la sección de la superficie solicitada. Es la medida de la resistencia (por ejemplo, 150 daN/cm²) y de la solicitación (por ejemplo, 100 daN/cm²).

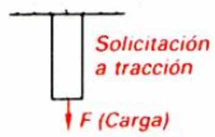
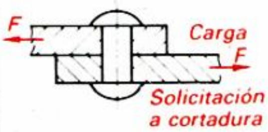
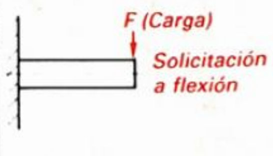
5. Resistencia a la rotura (carga de rotura)

La resistencia a la rotura es la tensión a la cual se rompe un cuerpo por la acción de una fuerza externa.
En la práctica suele hablarse únicamente de resistencia (a la tracción, compresión, etc.)

6. Tensión admisible (solicitación admisible)

Tensión admisible o solicitación admisible es aquella a la cual ninguna fuerza externa altera permanentemente la forma de un cuerpo ni lo rompe.

Se habla también de solicitación admisible y se entiende con ello aquella que no produce ninguna deformación ni rotura. La tensión admisible es pues la tensión máxima a que puede cargarse una pieza.

Clases de solicitación	Resistencia a la rotura	Tensión	Ejemplo
	Resistencia a la tracción $= \sigma_{zB} =$ sigma tracción B $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	Tensión a tracción $= \sigma_z =$ sigma tracción $\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]$	Tornillos Cables remolque Cadenas Anillas de suspensión
	Resistencia a la compresión $= \sigma_{dB} =$ sigma compresión B $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	Tensión a compresión $= \sigma_d =$ sigma compresión $\left[\frac{N}{min^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]$	Cimientos Cojinetes Émbolos Columnas bajas
	Resistencia a la cortadura (o cizalladura) $= \tau_{sB} =$ tau cortadora (o cizalladura) B $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	Tensión a cortadura (o cizalladura) $= \tau_s =$ tau Cortadura (o cizalladura) $\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]$	Tornillos Remaches Corte (o cizallado) de chapas Pernos
	Resistencia a la flexión $= \sigma_{bB} =$ sigma flexión B $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	Tensión a flexión $= \sigma_b =$ sigma flexión $\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]$	Ejes motores Llaves de tuercas Ejes Resortes de lámina
	Resistencia a la torsión $\tau_{tB} =$ tau torsión B $\left[\frac{N}{mm^2}\right]$	Tensión a torsión $= \tau_t =$ tau torsión $\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]$	Tornillos Ejes Barras torsión Brocas

σ (se pronuncia sigma) = Indica resistencia, tensión o solicitación, a tracción, compresión y flexión.

τ (se pronuncia tau) = Indica resistencia, tensión o solicitación, a cargas de cortadura y torsión.

A_s = Superficie de la sección transversal del cuerpo B = Límite de rotura (= Rotura)

τ_{ad} = Tensión admisible (solicitación) σ_{ef} = Solicitación efectiva

Subíndices de las solicitaciones

z = Tracción
s = Cizalladura
d = Presión, compresión
t = Torsión, rotación

Fórmula con ejemplo

Resistencia → Tensión ← Solicitación efectiva

Resistencia a la rotura ↙ ↘ Solicitación admisible

$$\frac{\textbf{Carga por alguna fuerza}}{\textbf{Superficie sección transversal}}$$

Observación: σ_{ad} ha de ser mayor que la solicitación efectiva σ_{ef}

1. Resistencia a la tracción

$$\text{Tensión a tracción} = \frac{\text{Fuerza a tracción}}{\text{Sección transversal}}$$

$$\boxed{\sigma_z = \frac{F}{A_S}\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]}$$

Una barra de ∅ 30 mm se carga con una fuerza a tracción de 6 000 daN. Calcular la tensión a tracción.

$$\sigma_z = \frac{F}{A_S} \qquad A_S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{3^2 \cdot 3{,}14}{4} = 7{,}065 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_z = \frac{6000}{7{,}065} = \underline{849 \text{ daN/cm}^2}$$

2. Resistencia a la compresión

$$\text{Tensión a compresión} = \frac{\text{Fuerza a compresión}}{\text{Sección transversal}}$$

$$\boxed{\sigma_d = \frac{F}{A_S}\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]}$$

Una columna de base cuadrada, de l = 80 mm se carga a compresión con 800 000 N. ¿Cuál es el valor de la tensión a compresión?

$$\sigma_d = \frac{F}{A_S} \qquad A_S = l \cdot l = 80 \cdot 80 = 6400 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{800\,000}{6400} = \underline{125 \frac{N}{mm^2}}$$

3. Resistencia a la cortadura (cizalladura)

$$\text{Tensión a la cortadura} = \frac{\text{Fuerza de corte (cizallado)}}{\text{Sección transversal}}$$

$$\boxed{\tau_s = \frac{F}{A_S}\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]}$$

¿Cuál es la tensión a la cortadura de un perno de ∅ 10 mm con una carga transversal de 200 daN?

$$\tau_s = \frac{F}{A_S} \qquad A_S = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{1^2 \cdot 3{,}14}{4} = 0{,}785 \text{ cm}^2$$

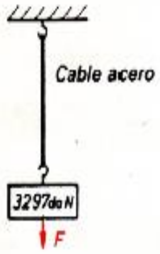
$$\tau_s = \frac{200}{0{,}785} = 255 \frac{daN}{cm^2} = 25{,}5 \frac{N}{mm^2}$$

Nota:

1. La resistencia a la cortadura del acero es aproximadamente $\frac{4}{5}$ de la resistencia a la tracción.
2. La superficie de corte A_s se obtiene multiplicando la longitud de la arista de corte por el espesor del material. (Excepciones: Pernos y remaches.)
3. Los valores de las resistencias de los distintos materiales vienen recopilados en tablas.
4. A veces se hacen los cálculos con un coeficiente de seguridad, que da la seguridad con que una pieza de máquina está hecha. El coeficiente de seguridad es la relación entre la resistencia a la rotura y la tensión admisible.

$$\boxed{\text{Coeficiente de seguridad} = \nu \text{ (se pronuncia nu)} = \frac{\sigma_B}{\sigma_{ad}}}$$

9.2. EJERCICIOS



11.6 Un cable de acero consta de 30 alambres de Ø 2 mm cada uno. Su resistencia a la tracción es σ_B = 1 500 N/mm². La solicitación a tracción del cable es de 3 297 daN.

a) ¿Cuál es la sección transversal del cable en cm² y mm²?

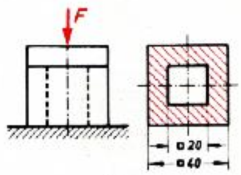
b) ¿Cuál es la solicitación a tracción en daN/cm² y N/mm²?

c) ¿Con qué carga puede romperse el cable?

d) ¿Cuál es la tensión admisible y la solicitación, con una seguridad triple que la calculada?

11.7 En una construcción de acero la tensión admisible no debe superar 500 daN/cm² con un coeficiente de seguridad = 7 ¿Qué resistencia en N/mm² y daN/cm² ha de tener ese acero?

11.14 Una pieza lleva una abertura cuadrada y se carga con F = 123,6 kN. ¿Cúal es la tensión a compresión en daN/cm² y N/mm²?



11.14

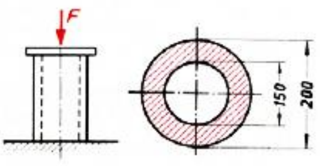
11.15 Una viga en I está cargada con 40 000 N y descansa (presiona) sobre un apoyo cuadrado.

a) ¿Qué longitud de lado l tiene el apoyo si la tensión a compresión admisible entre apoyo y muro es σ_d = 10 daN/cm²?

b) ¿Cuál es la tensión a compresión entre viga y apoyo si el ancho de ala de la viga es de 106 mm?

11.16 La columna hueca de fundición gris del dibujo de abajo se carga con F = 1 373,75 kN. Calcular en daN/cm² la tensión a compresión que se origina.

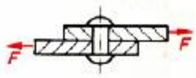
11.15



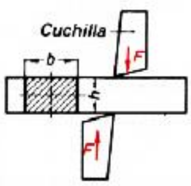
11.16

11.17 Una columna hueca se carga con 314 000 daN. Su diámetro interior d tiene que ser de 100 mm. ¿Cuál debe ser su diámetro exterior D si σ_d = 800 daN/cm²?

11.19 Un remache de 6 mm de diámetro ha de soportar una fuerza cortante de 628 daN. ¿A qué tensión a la cortadura en daN/cm² y N/mm² corresponde?



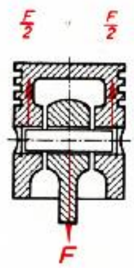
11.20 Una platina de acero con sección transversal de 15 × 10 mm se ha de cortar con cizalla. Calcular la tensión a cortadura que se origina si la fuerza de corte F es de 45 750 N.



11.21 Sobre un émbolo actúa una fuerza de 1 800 daN. Determinar:

a) La tensión a cortadura en un bulón macizo de d = 30 mm, en daN/cm².

b) La tensión a cortadura en un bulón perforado de D = 30 mm y d = 16 mm, en daN/cm².

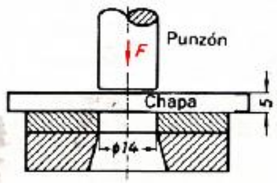


11.22 Un punzón debe perforar una chapa de acero de 5 mm de espesor que tiene una resistencia a la tracción de 42 daN/mm².

a) Calcular la superficie de corte en mm² y cm².

b) ¿Cúal es la fuerza de corte para el punzonado en N y daN?
(Observación: $\tau_{sB} = \frac{4}{5}\,\sigma_{zB}$.)

c) Determinar la solicitación a compresión en el punzón en daN/cm² y N/mm².



X. CÁLCULO DE PRESIONES

1. Presión en cuerpos sólidos

Cuando una fuerza F actúa sobre un cuerpo sólido, éste presiona sobre su apoyo. La acción de una fuerza sobre una superficie se llama presión.

Fundamentalmente se pueden combinar a voluntad las unidades para fuerza (daN, N, ...) y superficie (m^2, cm^2, mm^2, ...).

En la industria del automóvil la unidad que se emplea generalmente es el bar (1 bar $\triangleq$ 1 daN/cm^2).

Otra unidad de presión, el pascal (Pa), se emplea menos en la industria del automóvil (1 Pa $\triangleq$ 1 N/m^2 $\triangleq$ 0,00001 bar).

1. Presión en cuerpos sólidos (presión de superficie)

$$\boxed{p = \frac{F}{A}\left[\frac{N}{mm^2} \text{ o bien } \frac{daN}{cm^2} \text{ o bien } \frac{N}{m^2}\right]}$$

Por lo tanto: Superficie grande → Presión baja
Superficie pequeña → Presión alta

3. Cálculo de la presión

$$\text{Presión superficial} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Superficie}}$$

$$\boxed{p = \frac{F}{A}\left[\text{bar o bien } \frac{daN}{cm^2}\right]}$$

Observación

La fuerza debe expresarse en decanewtons. Para ello hay que dividir por 10 el valor en newtons.

Notaciones

1. Presión en cuerpos sólidos

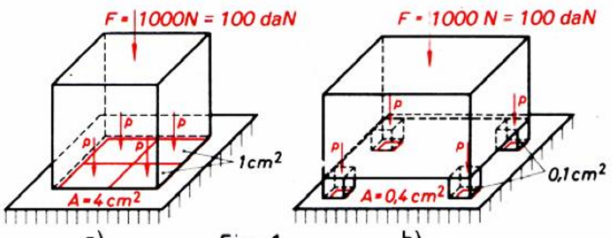


Fig. 1

F = Fuerza (de compresión) (daN ó N)
A = Superficie (comprimida, presionada) (cm^2 ó mm^2)
p = Presión (en la superficie) $\left[\frac{daN}{cm^2} \text{ ó } \frac{N}{mm^2}\right]$

(Ver también 4.3)

3. Presión en los gases

$$p = \frac{F}{A} \left[\frac{daN}{cm^2} = bar \right]$$

La presión y el volumen de un gas están en relación inversa

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$
$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2$$

de donde se deduce la ley de Boyle-Mariotte
El producto de la presión de un gas por su volumen a igual temperatura es constante.

$$V \cdot p = \text{Constante}$$

La cabeza de un pistón de motor de explosión tiene 60 cm^2. El gas de la combustión efectúa una fuerza de 24 000 N. ¿Cuál es la presión p del gas?

$$p = \frac{F}{A} = \frac{24000\ N}{60\ cm^2} = \frac{2400\ daN}{60\ cm^2} = \underline{\frac{40\ daN}{cm^2}}$$

Calcular p_2 con los valores de la figura 3 de "Presión en los gases"

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

$$V_1 \cdot p_1 = V_2 \cdot p_2$$

$$p_2 = \frac{V_1 \cdot p_1}{V_2} \ [bar]$$

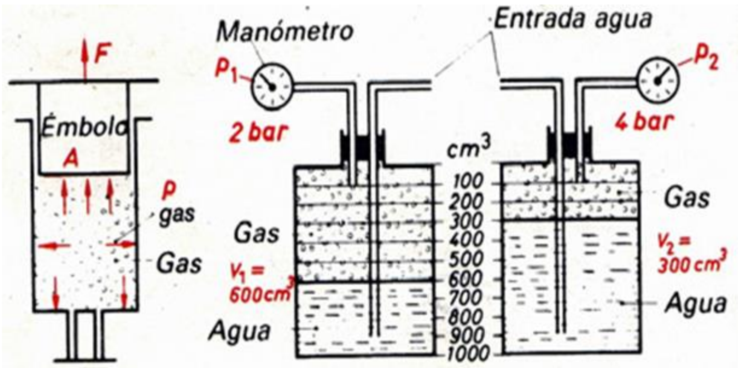
$$p_2 = \frac{600 \cdot 2}{300} = \underline{4\ bar}$$

Fig. 3
pág. 97

Observación

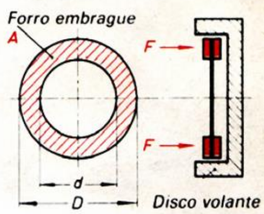
1. El principio de Pascal encuentra aplicación en las prensas, frenos y embragues hidráulicos. En todos ellos se gana fuerza (multiplicación hidráulica).
2. Las botellas de gas pueden guardar gran cantidad comprimida.
   Contenido de la botella = Volumen de la botella × Presión del gas encerrado.

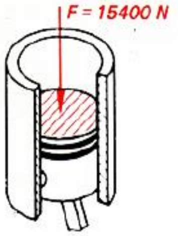
$$V = V_{bot} \cdot p \ [l]$$



EJERCICIOS DE PRESIONES

17.4 El forro de un embrague de fricción tiene D = 200 mm y d = 130 mm.
a) Calcular la superficie del embrague (superficie de fricción) en cm^2.
b) ¿Cuál es la presión en la superficie si la fuerza de compresión F de los resortes del embrague es de 326,5 daN?





17.8 a) La cabeza de un pistón de motor Otto tiene un diámetro de 70 mm y por la combustión del gas se carga con 15 400 N. ¿Cuál es la presión en la cabeza del pistón, en bar?
b) Un motor Diesel tiene un pistón de 110 mm de diámetro y se carga con 61 750 N. Determinar la presión en bar.

17.9 Una botella de oxígeno tiene una cabida de 40 litros y una presión $p = 150$ bar. ¿Cuántos litros de oxígeno caben en la botella llena?
b) ¿Cuántos litros de oxígeno se han gastado cuando la presión en la botella ha bajado a 30 bar?

17.10 La fuerza de presión en los pistones de los cilindros (bombines) de los frenos de las ruedas ha de ser de 750 (820, 1 000) daN en un cilindro de $\varnothing = 40$ (44;50). ¿Cuál ha de ser la presión hidráulica p en daN/cm²?

17.11 El diámetro efectivo de una bomba de combustible es de 35 (40;46) mm. La presión de alimentación es $p = 0{,}17$ (0,19;0,18) daN/cm². ¿Cuál es la fuerza de resorte de la membrana, en N?

17.12 Sobre un émbolo actúan 17 590 (15 384) N con lo cual la presión asciende a $p = 35$ (40) daN/cm². Calcular el diámetro del émbolo.