2)ESTÁTICA:

2-1)EL CONCEPTO DE FUERZA.

A diferencia de los objetos concretos, la fuerza, (así como ciertos entes de la física y la matemática), es un concepto de difícil definición.

Un objeto concreto no presenta problemas para su descripción, ya que se lo ve, se lo toca, etc. La fuerza sólo puede evidenciarse a través de lo que ella es capaz de hacer o de lo que podemos hacer con ella, o sea a través de sus efectos. Así decimos que:

Fuerza es todo aquello que es capaz de modificar la velocidad de un cuerpo (en módulo, dirección o sentido) y/o deformarlo o sea cambiarle la forma (aplastarlo, abollarlo, estirarlo, romperlo)

La fuerza es una magnitud vectorial ya que, requiere de los cuatro elementos de un vector para ser expresada completamente.

Existen en el universo, cuatro fuerzas fundamentales, a saber:

1)la fuerza de atracción gravitatoria.

2)la fuerza de atracción o repulsión electromagnética.

3)la fuerza nuclear débil.

4)la fuerza nuclear fuerte.

También percibimos la acción de fuerzas que obedecen macroscópicamente a factores meteorológicos o geológicos (fuerzas provocadas por vientos, mareas, terremotos, volcanes, etc.), las generadas por seres vivos (la fuerza muscular, etc.) y las producidas por mecanismos (motores eléctricos y de combustible, así como turbinas a vapor, etc.) aunque en lo microscópico sus causas se fundan en una o más de las cuatro fuerzas fundamentales antes enunciadas.

2-1.1)LA MEDICIÓN DE FUERZAS.

Existen muchas maneras de medir fuerzas. Algunos métodos son estáticos y otros son dinámicos. En este módulo, veremos un procedimiento estático basado en el estiramiento de un resorte.

Ciertos dispositivos llamados dinamómetros, emplean la propiedad que tienen los resortes de alargarse o acortarse (deformarse) de modo directamente proporcional a la fuerza aplicada. La ley de deformación de un resorte se conoce como "Ley de Hooke" y su expresión vectorial es:

$$\vec{F} = -k \,.\, \Delta\vec{x}$$

donde k representa la "constante elástica del resorte" y $\Delta\vec{x}$ (se lee "delta equis") es la deformación del resorte y el signo menos indica que el sentido de la fuerza $\vec{F}$ (fuerza recuperadora elástica) es contrario al sentido de la deformación del resorte.

2-1.1.a)UNIDAD: El kilogramo fuerza.

En la industria, el comercio y la actividad técnica en general, se emplea como unidad de fuerza, el ***kilogramo fuerza.*** Se suele simbolizar entre otras maneras con el símbolo “kgf”. Su valor unitario (1 kgf) equivale al peso de un cuerpo llamado *“kilogramo patrón”.* En el módulo de dinámica se aborda este concepto con más extensión.

El Newton, es la unidad de fuerza del Sistema Internacional de unidades (S.I.), adoptado por el Sistema Métrico Legal Argentino (SI.ME.L.A.), para su uso en las especificaciones técnicas de máquinas, equipos y automotores. Su empleo es cada vez mayor en la industria y el comercio, aunque por costumbre se siga empleando aún el kilogramo fuerza.

2-2)ESTÁTICA DE LOS CUERPOS .

2-2.1)ESTÁTICA DEL CUERPO PUNTUAL.

2-2.1.a)DEFINICIÓN DE CUERPO PUNTUAL.

Se denomina ***CUERPO PUNTUAL*** a todo cuerpo cuyas dimensiones (medidas, forma) pueden despreciarse o no tenerse en cuenta, en una situación dada.

De esta manera, todas las fuerzas que actúen sobre él, serán concurrentes en alguno de sus puntos. Así por ejemplo podemos considerar a la Tierra como un cuerpo puntual cuando se estudia su rotación alrededor del Sol, mientras que ello no es posible cuando queremos describir la rotación sobre su propio eje. La estática del cuerpo puntual, estudia las situaciones de equilibrio, las que están regidas por la siguiente:

2-2.1.b)PRIMERA CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.

UN CUERPO PUNTUAL, SE HALLA EN EQUILIBRIO DE TRASLACIÓN, CUANDO LA SUMA VECTORIAL DE TODAS LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE ÉL, ES NULA

Supongamos que sobre una partícula actúen ***n*** fuerzas, entonces esta primera condición se expresa matemáticamente así:

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0 \quad \{1\}}$$

Es decir que, para que una partícula se halle en equilibrio, es condición necesaria y suficiente que se cumpla la ecuación vectorial {1} antes expresada.

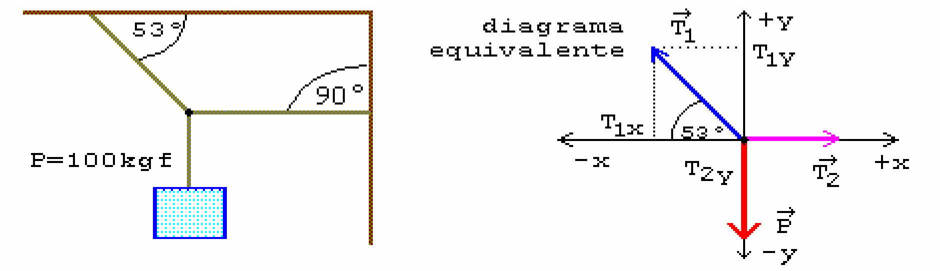
Verificar si el sistema de fuerzas: F_1 = 140 N; F_2 = 210 N; F_3 = 350 N; F_4 = 280 N, y cuyas direcciones forman entre sí los siguientes ángulos: $\alpha_{1,2}$ = 45º; $\alpha_{2,3}$ = 82º; $\alpha_{3,4}$ = 90°, está en equilibrio, aplicando la regla del polígono y el método de las proyecciones (analítico).

En caso de no estarlo, agregar una fuerza de igual módulo, de igual dirección y de sentido contrario a la resultante, (que llamaremos equilibrante), para establecer el equilibrio.

El ejemplo que sigue es un sistema de 3 fuerzas concurrentes en equilibrio: F_1 = 300 N, F_2 = 400 N y F_3 = 500 N, $\alpha_{1,2}$ = 90º; $\alpha_{2,3}$ = 143º. Verificarlo gráfica y analíticamente.

EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA PRIMERA CONDICIÓN DE EQUILIBRIO

Determinar las tensiones en las cuerdas que soportan al cuerpo suspendido.



Consideramos como cuerpo puntual, a la unión de las tres cuerdas, y dicho punto es nuestro objeto de estudio, cuyo equilibrio analizaremos.

Descomponiendo las tensiones de las cuerdas, en dos direcciones perpendiculares, obtenemos dos grupos de fuerzas en equilibrio.

En x) $T_2 - T_{1x} = 0 \quad \Rightarrow \quad T_2 - T_1.\cos 53^o = 0$

En y) $T_{1y} - P = 0 \quad \Rightarrow \quad T_1.\text{sen } 53^o - P = 0$

Resolviendo el sistema de ecuaciones planteado antes:

$$\begin{cases} -0{,}6\,.\,T_1 + T_2 = 0 \\ 0{,}8\,.\,T_1 - 100\text{ kgf} = 0 \end{cases}$$

Obtenemos: $T_1 = 125$ kgf y $T_2 = 75$ kgf

2-2.2)ESTÁTICA DEL CUERPO RÍGIDO (CUERPO EXTENSO).

2-2.2.a)CONCEPTO DE CUERPO RÍGIDO.

Un cuerpo rígido, es todo cuerpo que conserva su forma y tamaño, cualquiera sea la intensidad de las fuerzas que soporta.

Esto es ideal, y a los efectos prácticos supondremos rígidos a todos los cuerpos extensos que se involucren en este módulo.

2-2.2.b)DEFINICIÓN DE VINCULO.

Se llama vínculo, a todo aquello que limita la libertad de movimiento de un cuerpo.

Ejemplos de vínculo son: las vías del tren, que lo obligan a moverse sobre ellas; el piso, que limita nuestro movimiento a un plano horizontal; las bisagras que obligan a una puerta a girar a su alrededor; etc.

2-2.2.c)DEFINICIÓN DE REACCIÓN DE VINCULO.

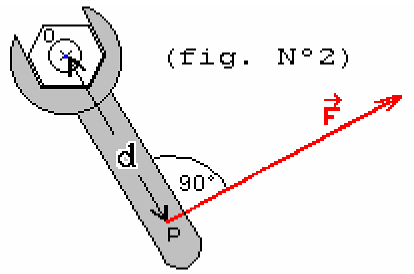
Reacciones de vínculos son las fuerzas que los vínculos ejercen sobre los cuerpos a ellos vinculados. Ejemplos de reacción de vínculo son: la fuerza que el piso ejerce sobre nuestros pies para soportarnos; la fuerza que actúa sobre la lámpara colgada del techo (vínculo), para que no se caiga; etc.

2-2.2.d)DEFINICIÓN DE MOMENTO DE UNA FUERZA.

El **momento de una fuerza** (F) con respecto a un punto (O), es igual al producto del módulo de la fuerza, por la distancia (d) medida entre dicho punto y la recta de acción de la fuerza.

Matemáticamente se expresa así:

$$\boxed{M_{(F)}^{(o)} = F.d}$$



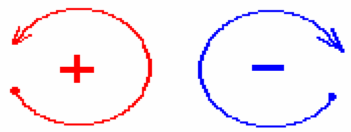
(fig. N°2)

En la práctica, se trata de multiplicar al módulo de la fuerza (F) por la distancia (d) medida desde el centro de momentos (O) hasta el pié de la perpendicular a la fuerza (P).(Ver fig. N°2).

Conceptualmente, el momento de una fuerza, es una medida de la capacidad que dicha fuerza tiene para producir rotaciones.

2-2.2.e)SIGNOS DE LOS MOMENTOS.

Una fuerza puede producir un momento que genere una rotación en el mismo sentido que el movimiento de las agujas del reloj o bien en sentido contrario. Se adopta como positivo al sentido antihorario, mientras que será negativo el sentido horario. (Ver fig. N°3)



(fig. N°3)

2-2.2.f)SEGUNDA CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.

UN CUERPO EXTENSO, SE HALLA EN EQUILIBRIO DE ROTACIÓN, CUANDO LA SUMA DE LOS MOMENTOS DE TODAS LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE ÉL, ES NULA

Matemáticamente se expresa así:

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} M_{Fi}^{(o)} = M_{F1}^{(o)} + M_{F2}^{(o)} + M_{F3}^{(o)} + \cdots\cdots\cdots\cdots + M_{Fn}^{(o)} = 0}$$

CONDICIONES GENERALES DE EQUILIBRIO DEL CUERPO EXTENSO.

Para asegurar completamente el equilibrio de un cuerpo extenso es condición necesaria y suficiente que se cumplan conjuntamente la primera y la segunda condición de equilibrio (2-2.1.b) y (2-2.2.f).

Ejemplo: Una barra rígida de 75 cm de largo, está apoyada en A (Ver fig. N°4). En su extremo izquierdo (I), se ejerce una fuerza $\mathbf{F_1}$ de 24 N y en su extremo derecho (D), actúa una fuerza $\mathbf{F_2}$ de 12 N. El vínculo A ejercerá una reacción $\mathbf{R_V}$ igual a la suma de $\mathbf{F_1}$ y $\mathbf{F_2}$ pero de sentido contrario.

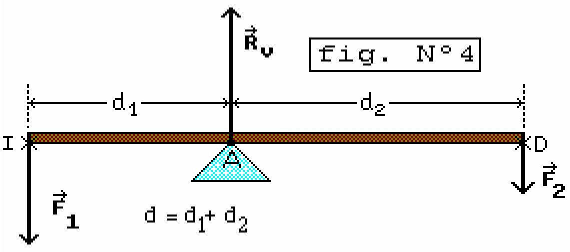
Dicha reacción de vínculo hace las veces de equilibrante para permitir que se cumpla con la 1º condición de equilibrio. De esta manera:

$\Sigma F = -F_1 - F_2 + R_v = 0 \Rightarrow R_v = F_1 + F_2 = 36$ N. (Se desprecia el peso propio de la barra). El punto de aplicación de la reacción de vínculo será la posición del apoyo A. Dicho apoyo estará en un punto tal que cumpla con la 2º condición de equilibrio. Así:

$$\sum M_F^{(A)} = M_{F1}^{(A)} + M_{F2}^{(A)} + M_{Rv}^{(A)} = 0$$

$$\sum M_F^{(A)} = F_1.d_1 - F_2.d_2 + R_v.0 = 0$$

Luego será: $F_1.d_1 = F_2.d_2$



Para conocer los valores de d_1 y de d_2 se puede resolver el sistema de ecuaciones formado por:

$$\begin{cases} F_1.\, d_1 = F_2.\, d_2 \\ d = d_1 + d_2 \end{cases}$$

con lo que queda: $24\ N.d_1 = 12\ N.d_2$

simplificando y sustituyendo d_2 por $(0{,}75\ m - d_1)$

$$2.d_1 = (0{,}75\ m - d_1)$$

distribuyendo y agrupando

$$2\ .d_1 + d_1 = 0{,}75\ m$$

$$3\ d_1 = 0{,}75\ m$$

$$d_1 = 0{,}75\ m / 3 = 0{,}25\ m$$

luego $d_2 = 0{,}75\ m - 0{,}25\ m = 0{,}5\ m$

2-2.3)FUERZAS PARALELAS.

Son aquellas que tienen sus direcciones paralelas, y pueden tener el mismo sentido o sentido contrario.

En cuanto al módulo de la suma de dos fuerzas paralelas, su cálculo es igual al visto en el módulo de errores y vectores, para vectores colineales.

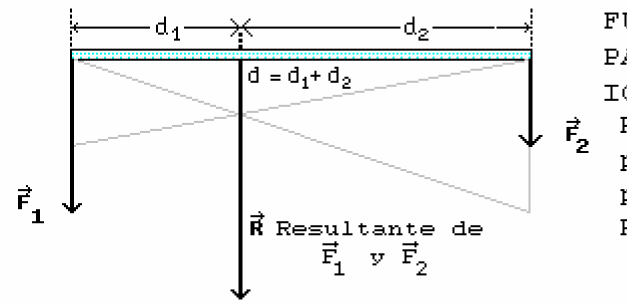
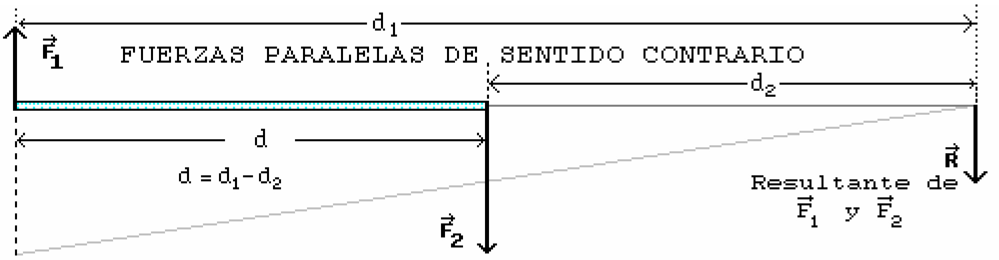


fig.Nº4-bis

La posición de la resultante, se obtiene transportando la medida de F_1 sobre la recta de acción de F_2 y viceversa y uniéndolas, su intersección nos da la posición de dicha resultante.

Para el caso de dos fuerzas paralelas de sentido contrario, la posición de la resultante se obtiene uniendo el extremo de F_2 transportado en sentido contrario a F_1 con F_1 transportado sobre F_2. (Ver fig. siguiente).



Para ambos casos, la solución analítica surge de aplicar la relación de STEVIN.

$$\boxed{\frac{F_1}{d_2} = \frac{F_2}{d_1} = \frac{R}{d}}$$

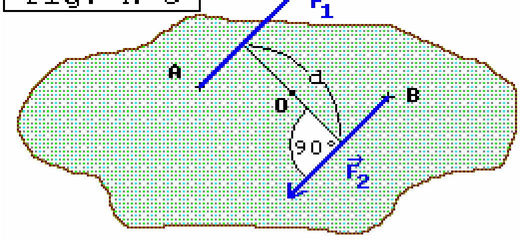
2-2.4)CUPLA.

Se denomina cupla a todo par de fuerzas paralelas de sentido contrario y de igual módulo.

La particularidad de las cuplas es que solo provocan rotación pura, es decir, una cupla no tiene resultante y por lo tanto no puede producir traslaciones.(Ver fig. Nº 5).

Puede verse que las dos fuerzas F_1 y F_2, aplicadas en A y B respectivamente, y separadas entre sí una distancia d, pueden hacer girar al cuerpo alrededor del punto “O” o de cualquier otro punto donde se vincule al cuerpo o aún sin estar vinculado.

fig. Nº5



Aplicamos una cupla al abrir o cerrar una canilla, al girar el volante del auto para doblar, al entrar al banco por la puerta giratoria, aunque en algunos casos, aplicamos una sola de las fuerzas que componen la cupla.

La otra, en general es aportada total o parcialmente por el vínculo, a través de la reacción de vínculo.

2-2.4.a)MOMENTO DE UNA CUPLA.

El momento de una cupla es igual al producto de una sola de las fuerzas que la integran multiplicada por la distancia “d” que las separa (medida perpendicularmente a la dirección de las fuerzas).

Es independiente del centro de momentos elegido para calcularlo.

$$\boxed{M_c = F_1.d}$$

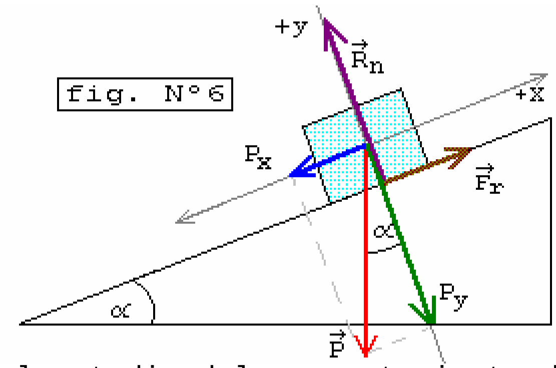
2-2.5)APLICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO.

2-2.5.a)EQUILIBRIO EN UN PLANO INCLINADO.

Un plano inclinado es un dispositivo empleado generalmente para resolver distintas situaciones prácticas. Así tenemos que una calle con pendiente permite enlazar dos puntos de una ciudad que tienen distinta altura. Del mismo modo las rampas en los garajes conectan dos plantas de distinto nivel y una cinta transportadora lleva materiales desde la puerta de un depósito hasta la caja del camión, la que se halla a distinta altura.

En la fig. Nº 6, se ve el esquema de un plano inclinado con un cuerpo apoyado sobre él.

fig. N°6



Para facilitar el estudio del comportamiento de dicho cuerpo sobre el plano, vamos a descomponer al vector representativo del peso del cuerpo (P), en dos direcciones perpendiculares entre sí. Una de ellas, paralela al plano (dando lugar a la componente paralela o tangencial del peso (P_x)) y la otra perpendicular (dando lugar a la componente perpendicular o normal del peso (P_y)). [Aquí "normal" es sinónimo de perpendicular].

El vector R_n representa a la reacción normal del plano inclinado (es una reacción de vínculo), que equilibra a la componente normal del peso (P_y). Es la fuerza con la que el plano responde al contacto, porque le apoyaron un objeto sobre él.

Por su parte F_r es la fuerza de fricción (rozamiento) que actúa entre el cuerpo y el plano, y equilibra a la componente paralela del peso (P_x). El rozamiento siempre existe (en la práctica es muy difícil de eliminar, cuando no imposible), y su valor puede no ser suficiente para equilibrar la acción de P_x. De hecho cuando un cuerpo desliza por un plano inclinado (cual lo hace un niño por un tobogán), se está dando esta última situación.

Matemáticamente: $P_x = P.\text{sen}\ \alpha$; $P_y = P.\cos\alpha$

A menos que actúen otras fuerzas sobre el cuerpo, en una situación como la descripta, será:

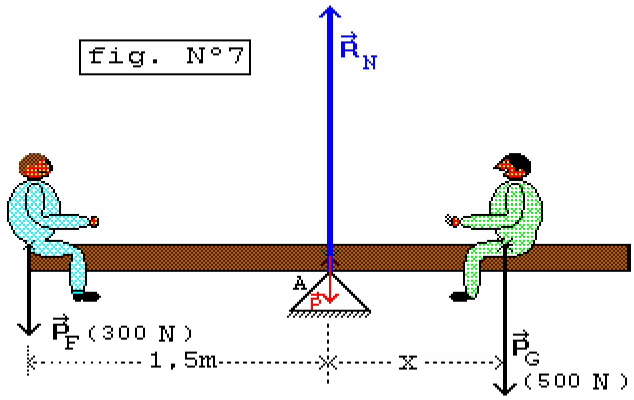
$$R_n = P_y \qquad F_r \le P_x$$

Ejemplo: Supongamos un tobogán inclinado un ángulo α = 37º y sobre su pendiente está sentado un chico que pesa 450 N. Para permanecer en equilibrio, deberá soportar sobre sí, una fuerza de rozamiento de:

$F_r = P_x$ = 450 N.sen 37º = 270 N, paralelos al tobogán y con sentido hacia arriba. A su vez el plano reacciona normalmente sobre el chico con una: R_n = 450 N.cos 37º = 360 N.

2-2.5.b)EQUILIBRIO DE BARRAS RÍGIDAS VINCULADAS.
BARRA RÍGIDA APOYADA SOBRE UN SOLO VÍNCULO

Veamos el caso de un sube y baja, apoyado en su punto medio, que mide 3 m, y pesa P = 150 N, con dos chicos jugando en él. Uno de ellos pesa P_G = 500 N y el otro P_F = 300 N.



Suponiendo que el chico más flaco se ubica en un extremo del tablón, se desea saber dónde deberá ubicarse el más gordo para lograr mantener al tablón en equilibrio, en posición horizontal. (Ver fig. 7)

Aplicando la primera condición de equilibrio:

$R_n - P_F - P - P_G = 0$

R_n = 300 N + 150 N + 500 N = 950 N

El apoyo "A" deberá reaccionar con 950 N para mantener el equilibrio de traslación. Aplicando la 2º condición de equilibrio:

$\Sigma M^{(A)} = M_F^{(A)} + M_R^{(A)} + M_P^{(A)} - M_G^{(A)} = 0 \Rightarrow [\ M_R^{(A)} = M_P^{(A)} = 0\ ]$

$\Sigma M^{(A)} = P_F .1{,}5\ m - P_G.x = 0$

$\Sigma M^{(A)} = 300\ N.1{,}5\ m - 500\ N.x = 0$

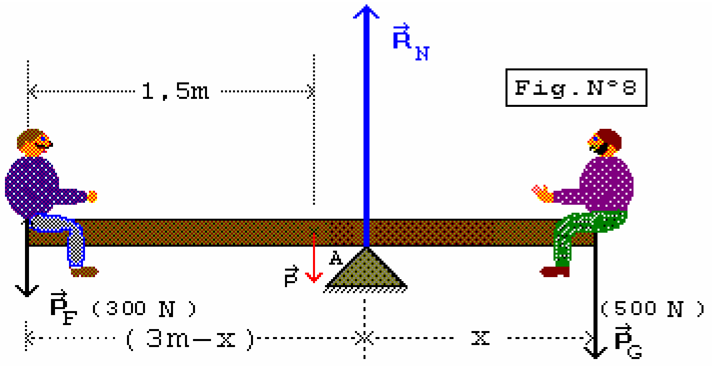
$$x = (^{450\ N.m}/_{500\ N}) = 0{,}9\ m = 90\ cm$$

Entonces el chico más pesado deberá acercarse al apoyo, a una distancia de 90 cm, para que la tabla del sube y baja quede en equilibrio horizontal.

Como ejercicio, resuelvan este mismo caso nuevamente, pero con la condición de que ambos chicos se tengan que sentar en el borde del tablón.

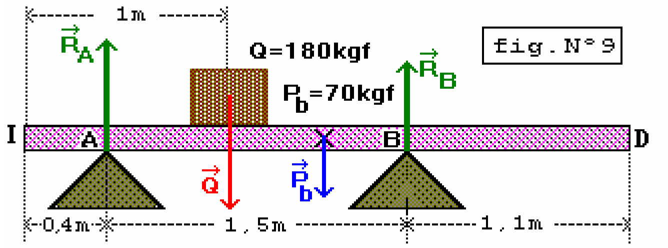
Para lograr el equilibrio, se deberá correr el apoyo "A" hacia el más gordo. Se trata de determinar a que distancia del gordo hay que colocar el apoyo "A" (no es 90 cm).

Se recomienda emplear el método que se utilizó al ejemplificar la 2º condición de equilibrio (ver pag. Nº 5) tomando como centro de momentos a alguno de los extremos del tablón.(ver fig. Nº8)



BARRA RÍGIDA CON DOS APOYOS.

Para el caso de la barra que se muestra en la fig. Nº 9, se trata de determinar las reacciones en los apoyos "A" y "B", provocadas por el peso de la barra y por la carga que hay sobre ella.



1)Aplicando la primera condición de equilibrio, tendremos:

$R_A + R_B - Q - P_b = 0 \Rightarrow R_A + R_B = Q + P_b$

$R_A + R_B = 180 \text{ kgf} + 70 \text{ kgf} = 250 \text{ kgf}$

2)Aplicando la segunda condición de equilibrio y tomando como centro de momentos al punto "A", tendremos:

$\Sigma M^{(A)} = M_{(R_A)} - M_{(Q)} - M_{(P_b)} + M_{(R_B)} = 0$

$\Sigma M^{(A)} = -180 \text{ kgf}.0,6 \text{ m} - 70 \text{ kgf}.1,1 \text{ m} + R_B.1,5 \text{ m} = 0$

$\Sigma M^{(A)} = -108 \text{ kgf.m} - 77 \text{ kgf.m} + R_B.1,5 \text{ m} = 0$

$\Sigma M^{(A)} = -185 \text{ kgf.m} + R_B.1,5 \text{ m} = 0 \Rightarrow R_B = {}^{185\text{kgf.m}}/_{1,5\text{m}} = 123,3 \text{ kgf}$

Despejando el valor de R_A de la ecuación planteada en la primera condición de equilibrio tendremos:

$R_A = 250 \text{ kgf} - R_B = 250 \text{ kgf} - 123,3 \text{ kgf} = 126,7 \text{ kgf}$

2-4)MAQUINAS SIMPLES.

2-4.1)POLEAS Y APAREJOS

2-4.1.a)POLEA FIJA:

La polea fija es un simple disco que presenta una acanaladura por la que puede pasar una cuerda, o soga, o una cadena. Su principal función es la de modificar la dirección de las fuerzas al trasmitirlas por cuerdas.

La denominación "fija" se debe a que su eje permanece fijo, mientras el disco gira a su alrededor.

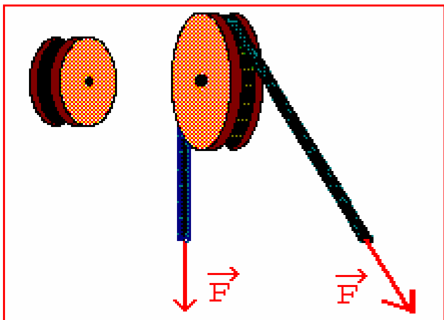


Fig. Nº12

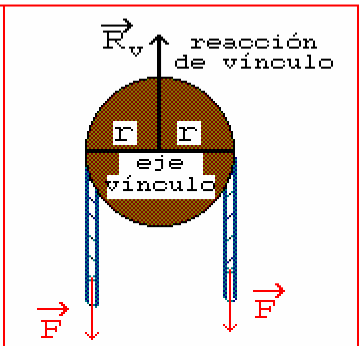


Fig. Nº13

En la fig. Nº 12, vemos a una polea fija desarmada y cuando se halla montada a los efectos con que se la requiere.

En el caso de la polea fija, solo modifica la dirección de las fuerzas, pero no su módulo, ya que la transmite con idéntico valor.

En la práctica, y debido al rozamiento en el eje de la polea, puede diferir en mayor o menor medida el valor de las fuerzas a ambos lados de la misma, dependiendo del tipo de montaje del eje (rulemanes, buje de bronce, apoyos cónicos, etc.), aún girando con velocidad constante.

Viendo la fig. Nº 13, es fácil advertir que al menos en teoría, las dos fuerzas a cada lado son iguales, ya que la polea opera cual si fuese una palanca de brazos iguales.

Aplicando las condiciones de equilibrio, tendremos que:

1ª) $\Sigma F = 0 \Rightarrow R_V - F - F = 0 \Rightarrow R_V = 2.F$

2ª) $\Sigma M^{(o)} = 0 \Rightarrow M_F^{(o)} - M_F^{(o)} = 0 \Rightarrow F.r - F.r = 0 \Rightarrow F.r = F.r$

Cancelando "r" $\Rightarrow F = F$

<u>2-4.1.b)POLEA MÓVIL:</u>

A diferencia de la polea fija, la polea móvil además de girar desplaza su eje y permite transmitir a la carga que desea levantarse, una fuerza mayor que la aplicada, a expensas de un recorrido más largo de la cuerda. La fig. Nº 14 muestra a una polea móvil tal como se la suele emplear en la práctica, donde reduce a la mitad la fuerza necesaria para levantar una carga.

La polea móvil reduce el esfuerzo a la mitad, ya que se comporta como una palanca apoyada en un extremo, con la carga en su centro. Aplicando la primera condición de equilibrio, y al ser uniforme la tensión de la cuerda en toda su extensión (en el equilibrio), tendremos:

$F + F - Q = 0 \Rightarrow 2.F = Q \Rightarrow F = {}^{Q}/_{2}$,resultado al que también se llega aplicando la segunda condición de equilibrio (tomando momentos con respecto al punto "I"):

$\Sigma M^{(I)} = 0 \Rightarrow F.2.r - Q.r = 0 \Rightarrow F = {}^{Q}/_{2}$ (cancelando r y despejando F).

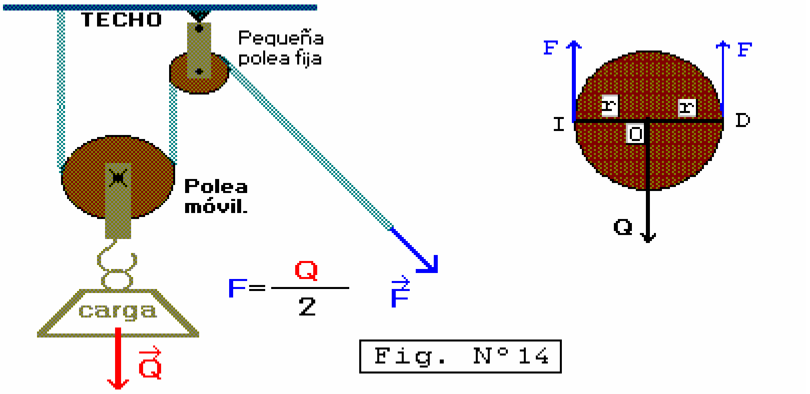


Fig. Nº 14

En este desarrollo, hemos despreciado el peso propio de la polea móvil, ya que suele ser mucho menor que la carga y su incidencia es despreciable. En el caso que se desee tener en cuenta dicho peso, el razonamiento es igual, con tal de incorporarlo al valor de la carga Q.

Es decir Q’ = Q + p , donde “p” es el peso propio de la polea móvil.

2-4.1.c)APAREJO POTENCIAL.

Aunque su uso hoy día, es prácticamente nulo, su estudio aún reviste interés, no solo histórico, sino desde el punto de vista mecánico. Se trata de la asociación seriada de poleas móviles.

Teniendo en cuenta que cada polea móvil reduce a la mitad la fuerza que transmite, el aparejo potencial transmitirá una fuerza que dependerá de la cantidad de poleas móviles asociadas (ver fig. Nº 15).

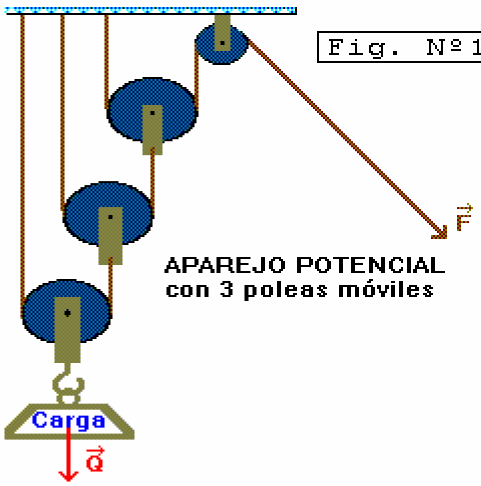


Fig. Nº 15

La expresión siguiente permite calcular la fuerza transmitida, en función del número de poleas móviles:

$$\boxed{F = \frac{Q}{2^n}}$$

donde Q es la carga, F la fuerza transmitida por la última cuerda y “n” es el número de poleas móviles que componen el aparejo potencial. El nombre “potencial” es precisamente porque dicho número “n” es exponente de una potencia.

En el caso de la figura es n = 3 y F es 8 veces más pequeño que Q.

$F = \frac{Q}{2^n} = \frac{Q}{2^3} = \frac{Q}{8}$ (despreciando el peso propio de las poleas).

La principal desventaja que presenta el aparejo potencial es el distanciamiento de una polea respecto de la otra, ya que por ejemplo, si se desea levantar una carga hasta 10 m de altura desde el suelo, con un aparejo de tres poleas móviles hay que instalar dicho aparejo a 40 m de altura y arrastrar 80 m de soga.

2-4.1.d)APAREJO FACTORIAL.

A diferencia del anterior, el aparejo factorial halla su uso muy difundido en diversos mecanismos, como ser grúas, silletas para pintores de frentes, para elevar las velas en barcos, industrias, etc.

Para conocer sus características, vemos en la fig. Nº 16 un aparejo factorial de 3 poleas móviles. Mediante la siguiente expresión, se calcula la fuerza transmitida:

$$\boxed{F = \frac{Q}{2.n}}$$

donde Q es la carga, F es la fuerza transmitida al extremo de la cuerda y "n" es el número de poleas móviles que componen el aparejo factorial.

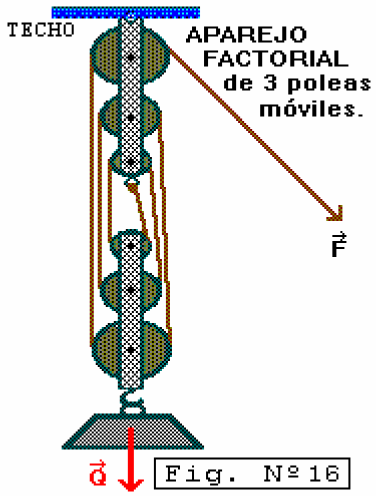


Fig. Nº16

El nombre "factorial" es precisamente porque dicho número "n" es factor de un producto.

En la fig. Nº 16, las poleas se han dibujado una bajo la otra y con distinto diámetro, a los efectos de mostrar el funcionamiento del aparejo y de como está pasada la cuerda por las poleas.

Aunque existen aparejos así diseñados, los más comunes son los llamados "polipastos", en los que el conjunto que conforman las poleas móviles y las poleas fijas, están montados sobre un mismo eje y tienen todas el mismo diámetro. (ver fig. Nº 17).

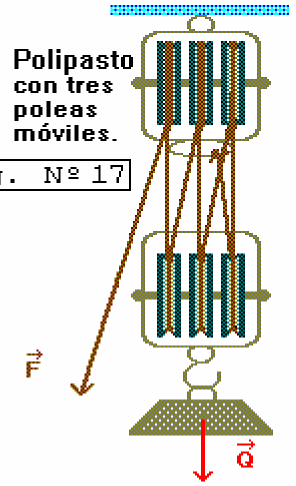
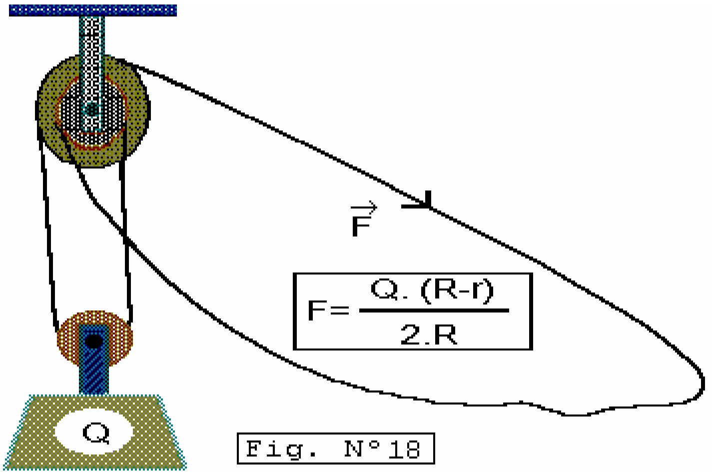


Fig. Nº 17

Respecto del cálculo de la fuerza transmitida a la cuerda por la carga, se puede ver que en este caso, la carga está sostenida por seis cuerdas, debiéndose repartir el peso de dicha carga entre esas seis cuerdas y siendo que la fuerza se aplica sobre una sola de ellas, que pasa por la última polea fija, es obvio que se transmitirá la sexta parte de la carga.

2-4.1.e)APAREJO DIFERENCIAL.

Es una variante de la polea móvil. Está formada por dos poleas fijas de distinto diámetro, soldadas una junto a la otra asociadas con una polea móvil. La reducción de la fuerza transmitida radica en la diferencia de diámetros del conjunto de poleas fijas, sumado a la reducción que es propia de la polea móvil.



$$F = \frac{Q.(R-r)}{2.R}$$

Fig. N° 18

2-4.1.f)TORNO.

Es otra de las máquinas simples, se lo emplea con mucha frecuencia aún hoy día, aunque muchas de las veces combinado con engranajes y motorizado. Lo vemos en grúas y mochilas para remolcar automotores. En dispositivos para tensar el cable de acero que sujeta a la carga sobre el camión, grúas en general, en el reel de la caña de pescar para arrollar la tansa, en el malacate de las camionetas todoterreno, etc.

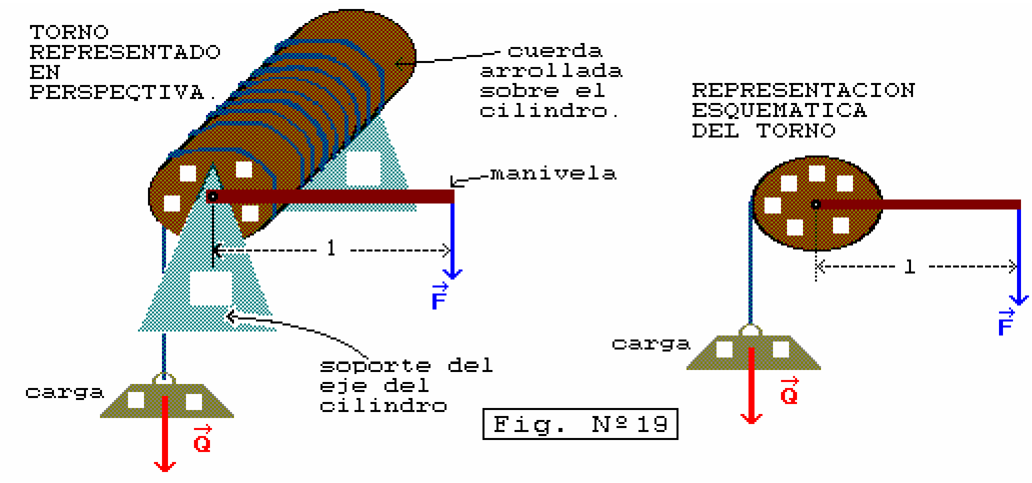


Fig. Nº 19

En su aspecto elemental vemos en la fig. Nº 19, que la fuerza aplicada en el extremo de su manivela (de la que despreciamos su peso propio), estará relacionada con el peso de la carga por medio de:

$$\boxed{F.l = Q.r}$$

Momento de la fuerza F igual al momento de la carga Q, siendo l el largo de la manivela y r el radio del cilindro del torno.

2-5)CENTRO DE GRAVEDAD DE UN CUERPO.

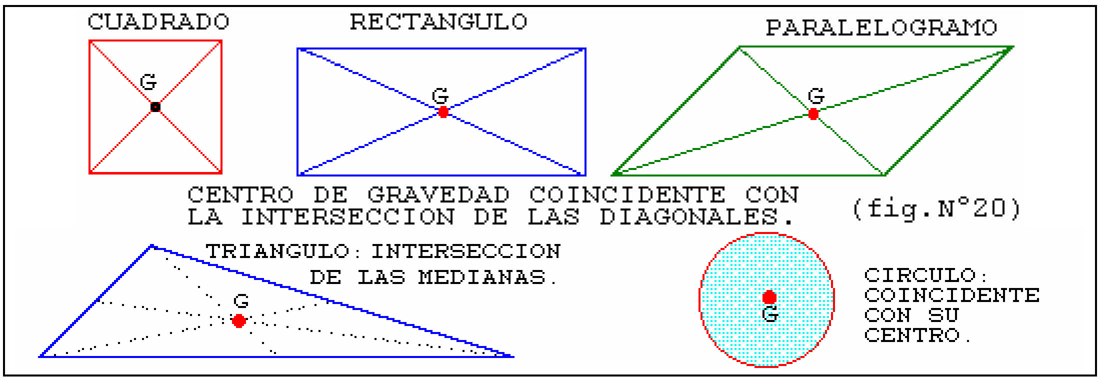
A los efectos de este curso, vamos a admitir que el centro de gravedad de un cuerpo es un punto imaginario que puede o no pertenecer al mismo, con la condición siguiente:

Si podemos imaginar que un cuerpo está formado por muchas partículas elementales (muy pequeñitas), y cada una de ellas pesa un poco, el peso total del cuerpo será la suma del peso de cada una de esas partículas.

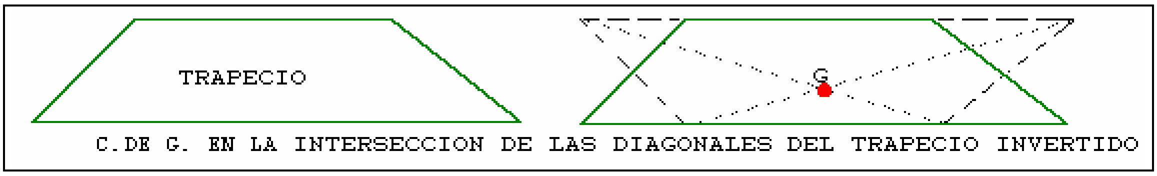
La resultante de dicha suma podrá estar representada por un único vector aplicado en el centro de gravedad. Se debe cumplir además con la segunda condición de equilibrio, aplicada a esta situación, según la cual, la suma de los momentos del peso de esas partículas con respecto al centro de gravedad, debe ser nula.

2-5.1)CENTRO DE GRAVEDAD DE FIGURAS PLANAS.

Las figuras planas de geometría regular tienen el centro de gravedad en un punto que puede determinarse sencillamente y generalmente coincide con puntos notables de la figura.



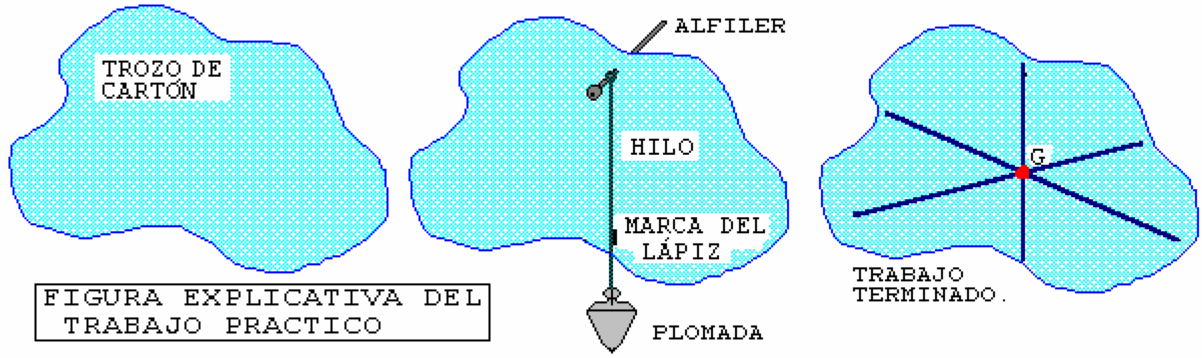
(fig.N°20)



2-5.2)TRABAJO PRÁCTICO:

DETERMINAR EL CENTRO DE GRAVEDAD DE UNA FIGURA DE GEOMETRÍA IRREGULAR:

Recortar un trozo de cartón de forma irregular, similar al de la figura. Proveerse de hilo de coser, un alfiler, una goma de borrar (que con el hilo oficiará de plomada, o bien conseguir una pequeña plomada), una regla plástica y un lápiz.



Pinchar el cartón con el alfiler cerca de un borde, y verificar que pueda oscilar sin dificultad.

Sostener con los dedos al alfiler por el extremo que tiene punta y esperar que el cartón deje de oscilar. Colgar la plomada de la cabeza del alfiler, de modo que su hilo señale la vertical. Fijar con dos dedos de la otra mano la posición del hilo y marcarla con el lápiz.

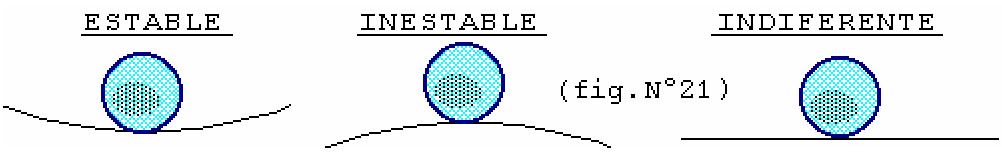
Retirar la plomada, colocar el cartón sobre la mesa y trazar una línea que una el orificio dejado por el alfiler y la marca hecha con el lápiz señalando la vertical.

Repetir la operación hecha punzando con el alfiler en dos posiciones más, que no estén alineadas entre sí. La intersección de estas líneas determina la posición del centro de gravedad.

2-6)EQUILIBRIO DE CUERPOS APOYADOS Y SUSPENDIDOS.

Existen tres situaciones de equilibrio, tanto en cuerpos apoyados como suspendidos: 1)ESTABLE, 2)INESTABLE y 3)INDIFERENTE.

a)APOYADOS:



En los apoyados, la estabilidad, depende (en este caso) de la forma de la superficie de apoyo.

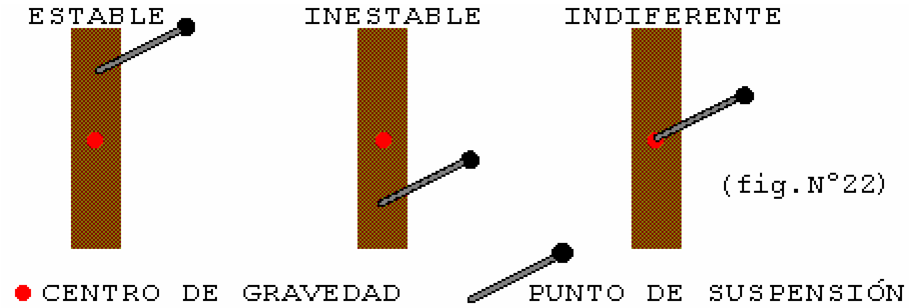
La primera, es estable, porque retorna al equilibrio si se aparta de dicha posición. La segunda, es inestable porque no hay retorno al equilibrio y la tercera es indiferente porque está siempre en equilibrio.

b) SUSPENDIDOS:

1)ESTABLE: Cuando un cuerpo se suspende de un punto que se halla por encima del centro de gravedad.

2)INESTABLE: Cuando un cuerpo se suspende de un punto que se halla por debajo del centro de gravedad.

3)INDIFERENTE: Cuando un cuerpo se suspende justo del centro de gravedad.



(fig.N°22)

2-7)EJERCICIOS DE APLICACIÓN.

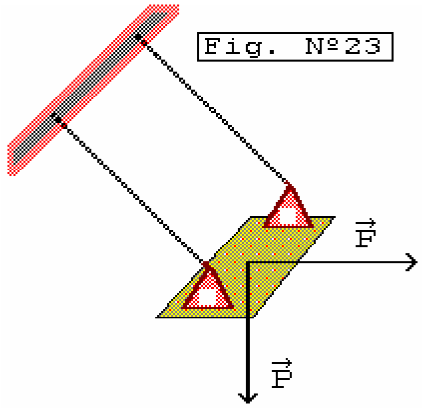
SISTEMAS DE FUERZAS CONCURRENTES. 1º CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.

1)Representa el sistema de fuerzas formado por: F_1 = 250 N; F_2 = 400 N y F_3 = 600 N, mediante el empleo de una escala adecuada y elige un valor cualquiera para los ángulos que dichas fuerzas formen entre sí. Determina la resultante del sistema indicando módulo y ángulo que la misma forma con F_1.

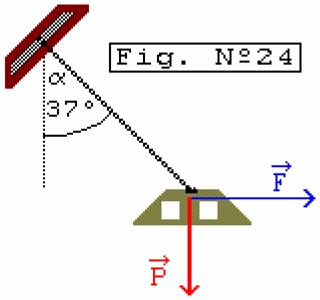
2)En caso de no estar en equilibrio el sistema del ejercicio anterior, modifica uno o más ángulos para lograr equilibrarlo. Si tuvieras que lograr el equilibrio de dicho sistema sin modificar los ángulos, pero agregando una equilibrante, indica su módulo y dirección.

3)Representa en escala el sistema de fuerzas formado por: F_1 = 1600 N; F_2 = 1000 N y F_3 = 2100 N. Los ángulos que forman entre sí son: $\alpha_{1,2}$ = 150º y $\alpha_{2,3}$ = 60º .Determina la resultante del sistema y su equilibrante. Vuelve a representar el mismo sistema pero modificando los ángulos para que se halle en equilibrio.

4)La fig. Nº23 muestra una hamaca, en la que el vector P representa al peso de un chico (que no fue dibujado) y al de la hamaca en conjunto, siendo 450 N su módulo. Determinar el valor que debe adoptar una fuerza horizontal F para que en cada cadena actúe una fuerza de 300 N. ¿En esa situación que valor tomará el ángulo que las cadenas forman con la vertical?. Verificar gráficamente.



5)El cuerpo de la fig. Nº 24 está sostenido por una cadena a un soporte fijo. Determinar el peso del cuerpo, sabiendo que cuando se le aplica una fuerza horizontal de 100 N, la cadena forma un ángulo de 37º con la vertical. ¿Que fuerza soporta la cadena?. Verificar gráficamente.

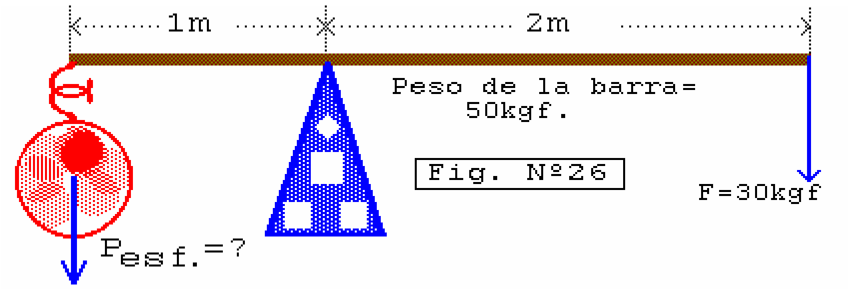


6)Un chico, que pesa 500 N, se cuelga con las manos de una barra horizontal, estando sus brazos paralelos. ¿Que esfuerzo realiza cada brazo?. Recalcular la pregunta anterior suponiendo que cada brazo forma un ángulo de 24º con la vertical. Verificar gráficamente.

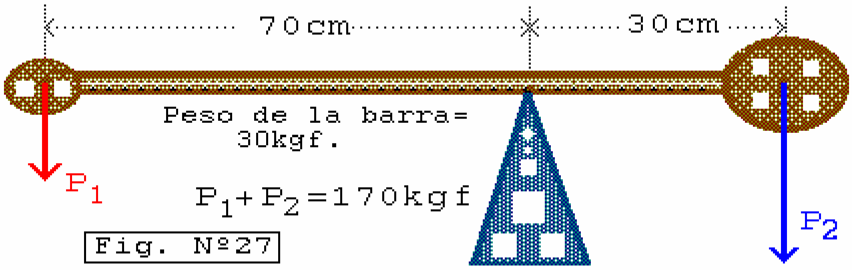
7)Alberto y Juan, se sientan en sendas hamacas enfrentadas una con otra. Ellos tiran de los extremos de una misma cuerda y se observa que la cadena de la hamaca de Juan forma un ángulo de 30º con la vertical, mientras que en la de Alberto el ángulo es 20º. Si Juan pesa 250 N, ¿Cuánto pesará Alberto?. Verificar gráficamente.

EQUILIBRIO DE CUERPOS RÍGIDOS. 2ª CONDICIÓN DE EQUILIBRIO.

8)Calcular el peso de la esfera suspendida del extremo de la barra y hallar la reacción en el apoyo.(Ver fig. Nº 26).

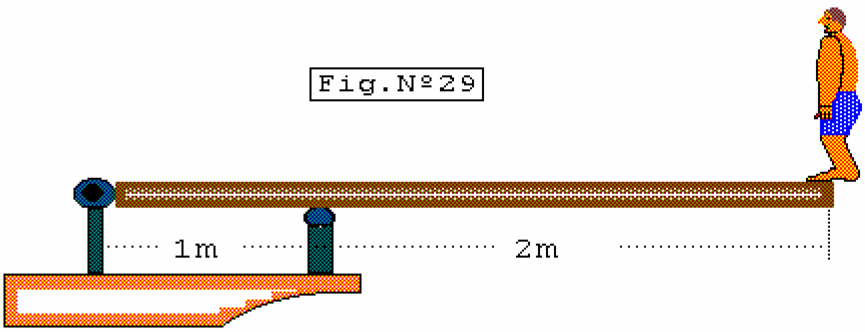


9)La barra rígida de la fig. Nº 27, mide 1 m y pesa 30 N. En sus extremos, hay sendas pesas que en conjunto pesan 170 kgf. Determinar el valor de la reacción en el vínculo, y el valor de cada pesa.



10)El muchacho de la fig. Nº 28 ejerce con su mano y sobre la barra, una fuerza de 70 kgf, en dirección vertical y hacia arriba. La barra sola pesa 10 kgf y se sabe que en su extremo derecho, la esfera tiene doble peso que la de su extremo izquierdo. Si el largo de la barra es de 1 m, calcular el peso de cada esfera y la posición de la mano del muchacho.

11)Un nadador, que realiza saltos, pesa 800 N y está parado en el borde de una tabla de pique que mide 3 m y tiene un peso propio de 200 N. La tabla se halla articulada a la estructura del trampolín como muestra la fig. Nº 29. Calcular las reacciones en los apoyos de la tabla.



PLANO INCLINADO.

12)Un auto está estacionado sobre una calle con una pendiente de 15º. Si su peso es 10500 N, determinar luego de hacer un esquema representativo y la descomposición de los vectores, gráfica y analíticamente, el valor de la fuerza que hacen los neumáticos sobre el piso y la reacción del piso.

MAQUINAS SIMPLES.

13)Calcular la carga que equilibra un aparejo potencial de cuatro poleas móviles, si sobre la soga se ejerce una fuerza de 250 N.

14)Rehacer el problema anterior para un aparejo factorial de cuatro poleas móviles.

15)Un pintor de frentes, emplea un aparejo factorial para colgarse del edificio que pinta. El es parte de la carga y a su vez es él quien tira de la soga para elevarse o descender.

Dicho aparejo consta de dos poleas fijas y una móvil. Qué fuerza debe aplicar para equilibrarse, sabiendo que el pintor con la silleta pesan 800 N. (ver fig. Nº 30).

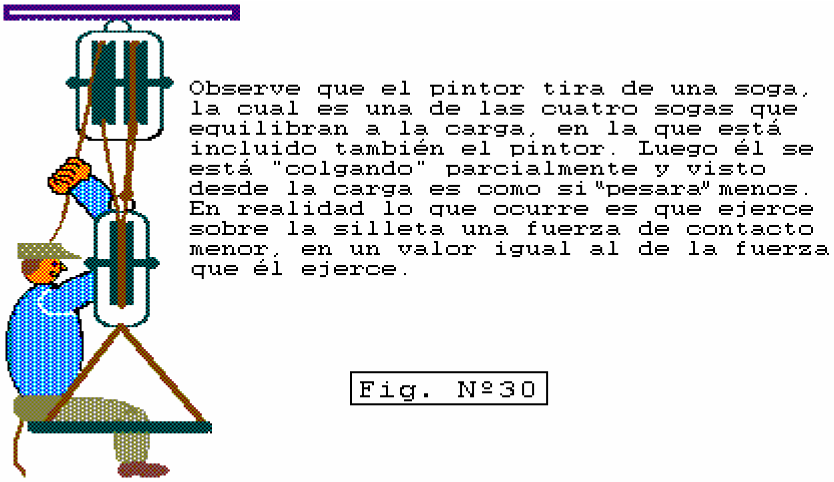


Fig. Nº30

16)Un torno de 40 cm de diámetro tiene una manivela de 90 cm de largo. ¿Qué carga se equilibra con una fuerza de 140 N aplicada en el extremo de la manivela. ¿Y si se aplica en su punto medio?.

17)Para la barra de la fig.Nº31, se pide: a)Aplicar las condiciones de equilibrio. b)Determinar las reacciones en los apoyos. c)Hallar hasta que distancia a la derecha de "B", se puede mover al bloque sin voltear la tabla. d)Si se apoya el bloque en el extremo derecho, ¿cuál será la mínima fuerza que aplicada en el otro extremo evita que la tabla se voltee, y cuál será la máxima?.

Fig. Nº31

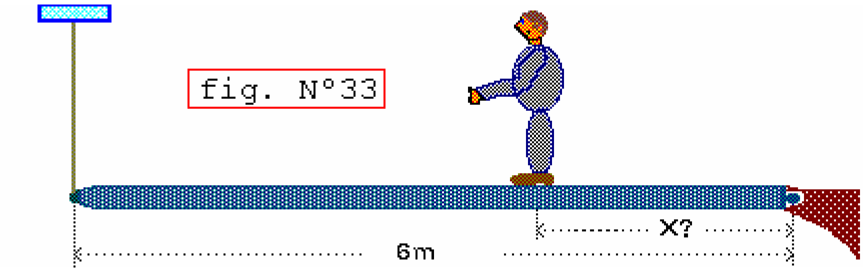
18)Para el sistema de la fig. Nº32, se pide: a)Aplicar las dos condiciones de equilibrio. b)Determinar la reacción en el apoyo y la tensión en la soga. c)Hallar hasta que distancia a la derecha del apoyo "A", se puede desplazar al bloque sin que se arrugue la soga. d)Cuál será la máxima distancia a la izquierda de (A) que podrá llevarse al bloque para que la soga soporte una tensión de 180 kgf.

fig.Nº32

19)La fig. Nº33 muestra la planchada de un barco de 6 m de largo, que pesa 200 kgf, sobre la que camina un marinero de 80 kgf de peso, soportada por una cuerda. Se pide:

a)Plantear las condiciones de equilibrio de la planchada y calcular las reacciones en los vínculos cuando el marinero está en la posición X=2 m.

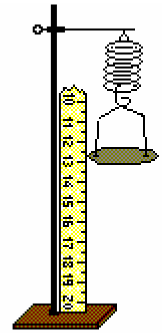
b)Determinar hasta que posición (X) de la planchada puede avanzar el marinero para que la cuerda soporte 150 kgf.



ÍNDICE DEL MODULO DE ESTÁTICA.

TRABAJO PRACTICO: Calibración de un resorte.

Calibrar un resorte significa determinar su constante elástica. Se arma el dispositivo de la fig. Nº 1.



(fig. Nº1)

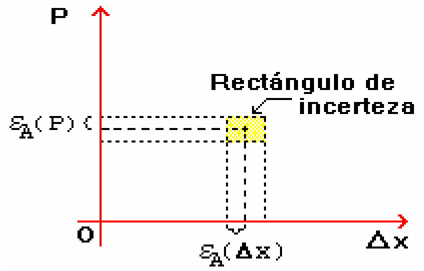
Suspendiendo al resorte del soporte superior, en el otro extremo se cuelga un pequeño platillo. Solidariamente con la barra del soporte se fija una regla plástica (30 cm) con hilo o cinta adhesiva. Se utiliza el borde del platillo como referencia para ubicar al extremo libre del resorte tanto cuando se halla descargado o con pesas.

Se anota la posición del platillo sobre la escala, cuando está descargado y luego sucesivamente con varias pesas diferentes (los valores de las pesas los decide el profesor del curso según las características del resorte que se disponga), y se vuelcan en el siguiente cuadro:

Nº	P (±2%)	x	$\varepsilon_A(x)$	$\Delta x = x - x_0$	$\varepsilon_A(\Delta x)$	$k = \frac{P}{\Delta x}$
----	gf	cm	cm	cm	cm	gf/cm
1	0	x_o=	0,1	------	------	------
2			0,1		0,2	
3			0,1		0,2	
4			0,1		0,2	
5			0,1		0,2	
6			0,1		0,2	
7			0,1		0,2	

Luego, los valores del cuadro se utilizan para efectuar un gráfico cartesiano. En él se representan a escala el valor de las pesas en el eje "Y" y el valor de los estiramientos $\Delta x = (x - x_o)$, en el eje "X".

A ambos lados de cada valor sobre cada eje se marcará el intervalo de incerteza, (± el ε_A). Luego la intersección de las franjas de error, generan en el plano los llamados rectángulos de incerteza. (Hacerlo en papel milimetrado).



Pivotando sobre el origen de coordenadas, se trazan las rectas de pendientes máxima y mínima (ambas pasan por el origen de coordenadas), sin dejar ningún rectángulo fuera de ellas.

El cálculo de ambas pendientes será respectivamente, las cotas máxima y mínima de la constante elástica del resorte. (La pendiente de una recta que pasa por el origen se define como el cociente entre la ordenada y la abscisa respectiva).

$$\boxed{k = \frac{P}{\Delta x}}$$

Calculen ahora el valor representativo de dicha constante y comparen su valor con el que se calcula empleando el programa de regresión lineal que tienen varios modelos de calculadoras científicas.

2-3)TRABAJO PRACTICO Nº 2:

2-3.1)VERIFICACIÓN DE LA LEY DEL PARALELOGRAMO

Armar el dispositivo (pizarrón de fuerzas) de la fig. Nº 10, e ir colocando pesas en los platillos, haciendo que el valor de las pesas en el platillo central sea menor que la suma de las pesas en los otros dos. Anotar los valores de las pesas que se ubican en cada platillo y los ángulos que forman las cuerdas entre sí en el cuadro siguiente. Se puede verificar gráficamente (dibujando los vectores en escala sobre un papel fijado al pizarrón de fuerzas) y analíticamente, teniendo en cuenta los errores en los valores de las pesas y los errores que presenta la medición de los ángulos.

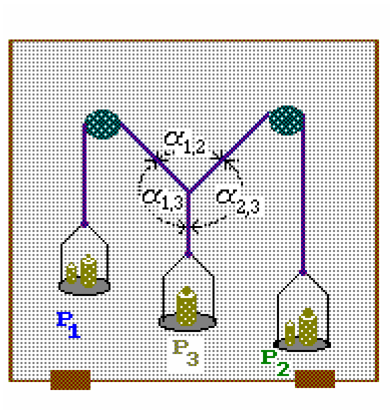
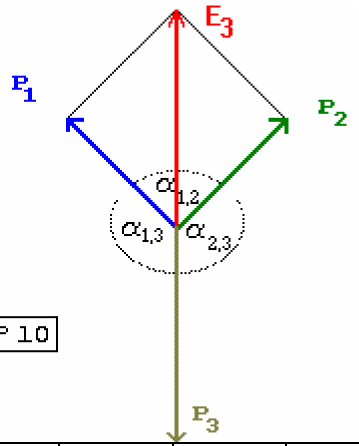


fig.N°10

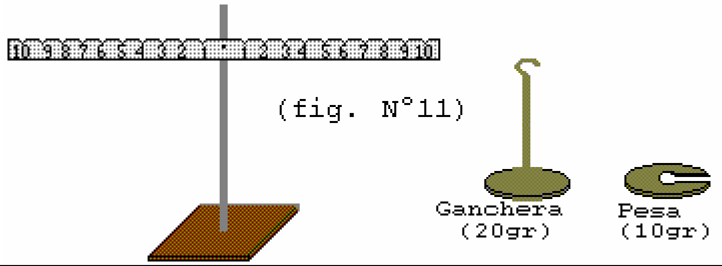


n	P_1	P_2	P_3	$\varepsilon_A(P)$	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{2,3}$	$\varepsilon_A(\alpha)$
1								
2								

2-3.2)VERIFICACIÓN DE LA SUMA DE FUERZAS PARALELAS

Armar el dispositivo de la fig. Nº 11, el que consiste en una barra suspendida de un soporte de su centro y se halla dividida simétricamente, en diez partes a cada lado.

Se utilizan pesas comunes, atándolas con hilos o se usan las que vienen provistas por un gancho y se le pueden ir adicionando pesas de 10 g o 20 g que tienen la forma de un disco perforado con una ranura, para ir agregando a la ganchera. Se van colocando las pesas a ambos lados de la barra, de modo que se mantenga su equilibrio horizontal, variando la posición de las pesas para lograrlo. Se vuelca en el cuadro los valores de las pesas con su error absoluto y las posiciones en que se ubican (P_1, P_2, d_1 y d_2). Verificar que se cumple la 2º condición de equilibrio: $P_1.d_1 = P_2.d_2$ tanto en forma experimental (considerando errores) como analíticamente.



n	P_1	P_2	$\varepsilon_A(P)$	d_1	d_2	$\varepsilon_A(d)$
1						
2						
3						