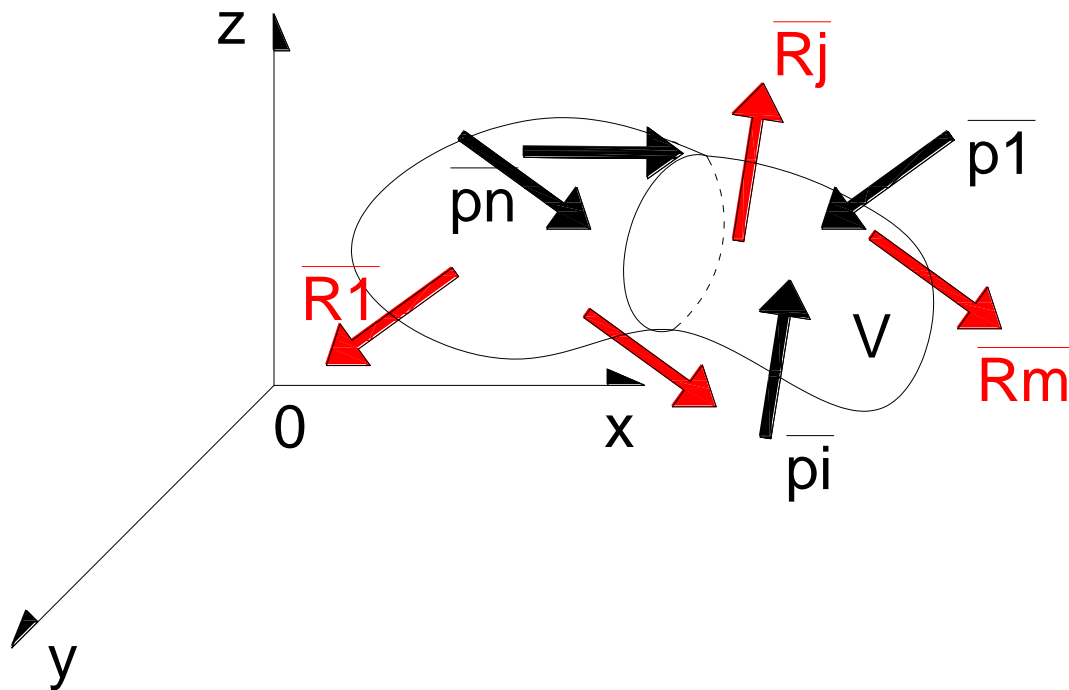


## CUERPOS VINCULADOS

Sea un cuerpo  $V$  en el espacio, sobre el que actúa un conjunto de cargas externas  $\vec{p}_i$  que denominaremos fuerzas activas, y el mismo reacciona mediante un sistema reactivo  $\vec{R}_j$ , como lo indica la figura n<sup>o</sup> 1.

figura n<sup>o</sup> 1



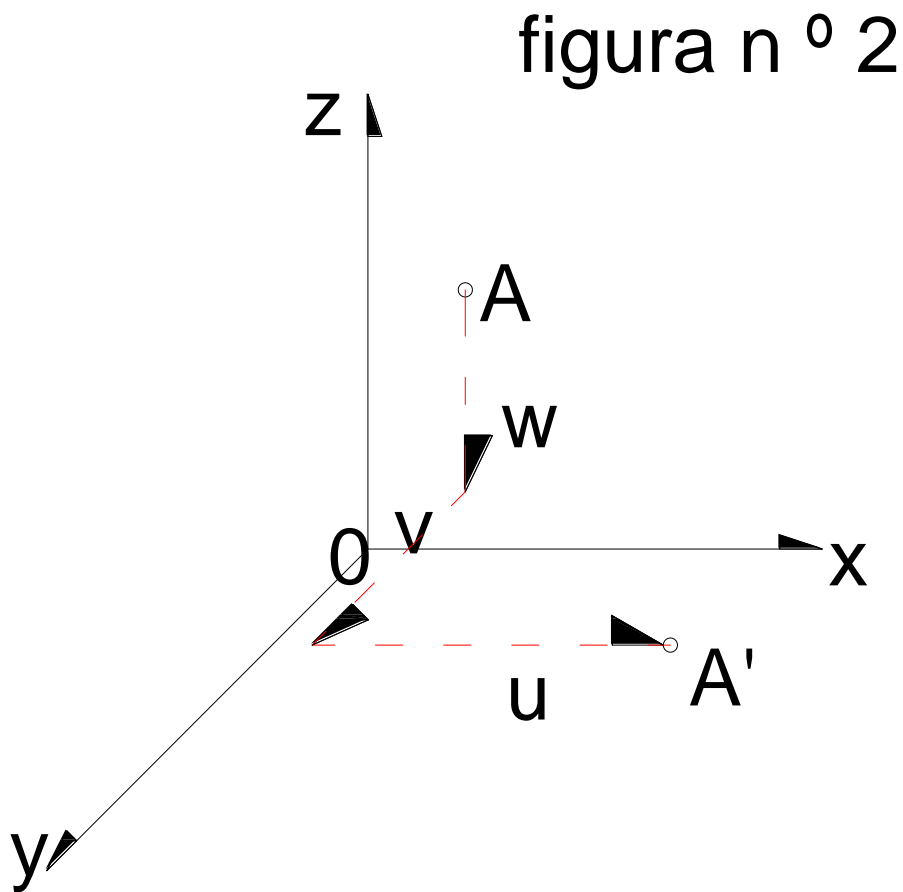
En conclusión, cuando actúa un sistema de fuerzas activo sobre un cuerpo, el mismo reacciona con un sistema reactivo.

Seguidamente, definimos conceptos cinemática del sólido

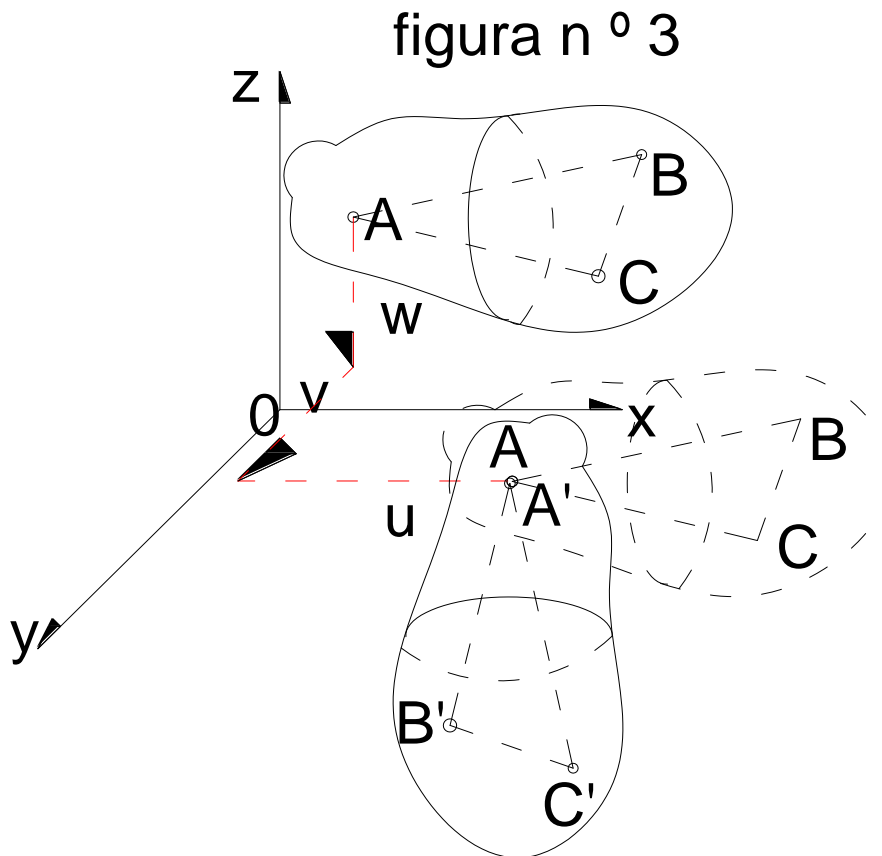
**a) Movimiento simple:** Se denominan así a los desplazamientos según los ejes coordenados, o giros alrededor de los mismos.

**b) Grados de libertad de un sistema material (GL):** Denominaremos GL de un sistema material, al número de movimientos simples que se deben efectuar para pasarlo de una posición a otra, o bien, el número de coordenadas libres que el mismo posee. Por ejemplo, un punto en el espacio posee 3 grados de libertad, una barra, posee 5 grados de libertad, mientras que un cuerpo, posee 6 grados de libertad. Debemos aclarar que, denominamos barra al cuerpo en el cual una dimensión es preponderante frente a las otras 2.

En la figura n<sup>o</sup> 2, mostramos los desplazamientos o GL de un punto **A**, para pasar a su posición final **A'**, y de un cuerpo **V** para pasar de una posición inicial 1, a una posición final 2(figura n<sup>o</sup> 3).



como observamos de la figura n<sup>o</sup> 2, para pasar el punto **A**, a una posición final **A'**, se deben efectuar los 3 desplazamientos **u, v, w**, respecto de los ejes coordenados **x, y, z**, respectivamente, por lo que, **un punto en el espacio posee 3 grados de libertad**.



En la figura n<sup>o</sup> 3, mostramos el desplazamiento de un cuerpo, que pasa de una posición inicial **ABC**, a otra posición final **A'B'C'**. Para ello, consideramos el desplazamiento de uno de sus puntos (punto **A**) según 3 traslaciones respecto de los ejes **x**, **y**, **z**, hasta la posición final del mismo **A'**. Luego, mediante 3 giros alrededor de los ejes coordenados, llevamos al mismo hasta su posición final **A'B'C'**, constituyendo en total 6 movimientos simples, por lo que un cuerpo libre posee 6 grados de libertad. En cambio, una barra posee 5 grados de libertad, debido a que, respecto de un cuerpo no está contemplado el giro respecto del propio eje, restándose, en consecuencia, un grado de libertad.

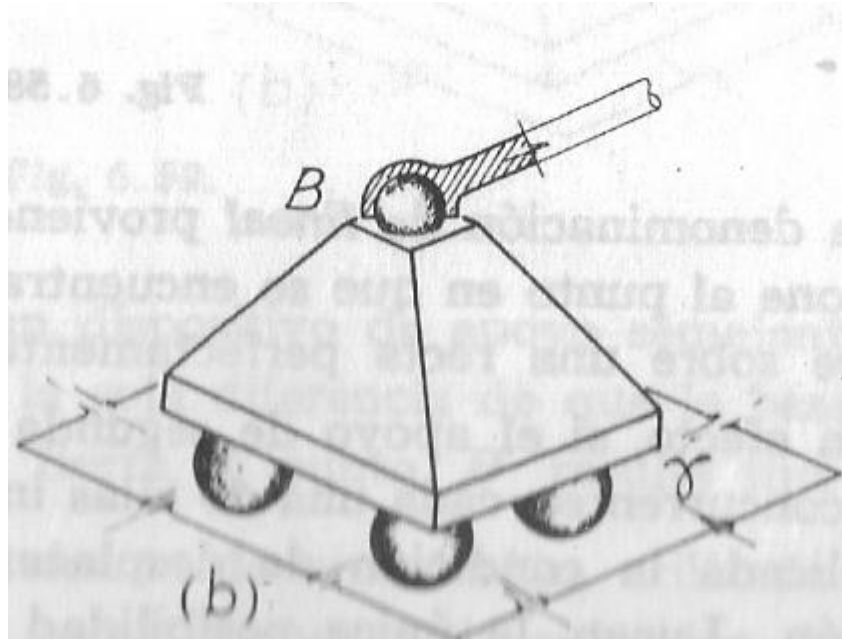
**Vínculos:** son los dispositivos o los elementos geométricos encargados de limitar los desplazamientos de un sistema material. Los vínculos pueden ser Externos o Absolutos, e Internos o Relativos.

**Vínculos Externos o Absolutos:** Limitan la movilidad respecto de tierra considerada fija.

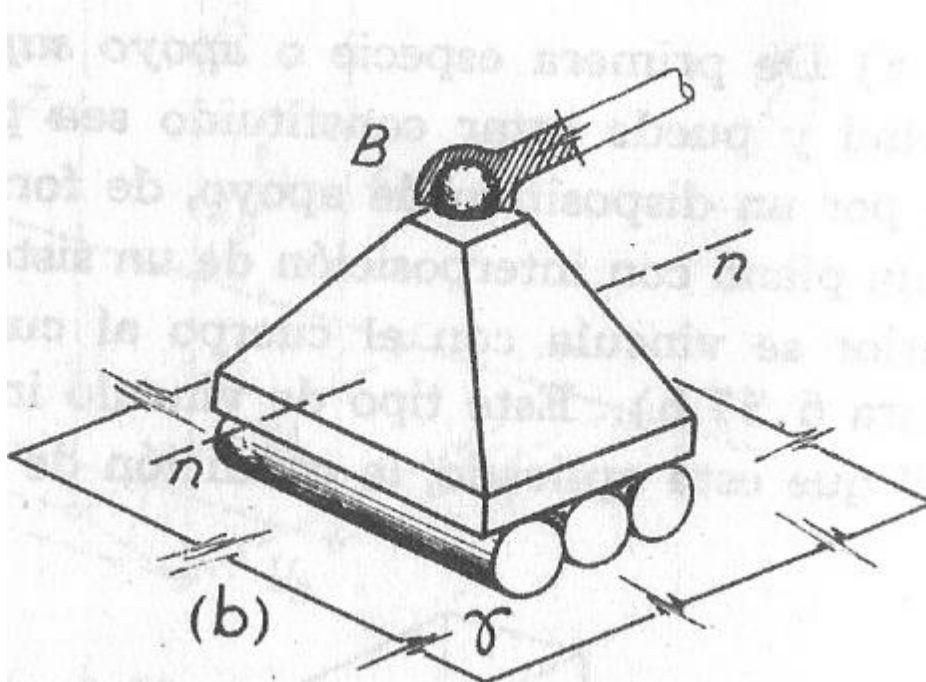
**Vínculos Internos o Relativos:** Limitan la movilidad de una parte del sistema respecto de la otra.

**Clasificación de los vínculos en función de los grados de libertad que restringen**

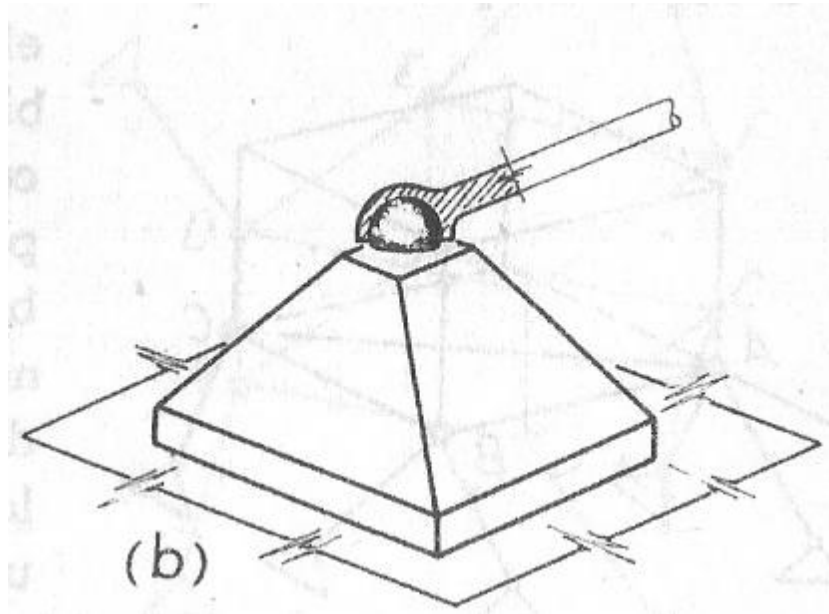
**Vínculo de 1<sup>º</sup> especie:** restringe solamente 1 grado de libertad, es equivalente a una biela, permitiendo desplazarse en un plano dicho apoyo, vinculando al cuerpo a una biela mediante una rótula que le permite el giro respecto de los tres ejes coordenados ,



**Vínculo de 2<sup>º</sup> especie:** restringe dos grados de libertad, permitiendo desplazarse este apoyo en un plano según una dirección, y es equivalente a 2 bielas. Su representación es un apoyo con rodillos, uniendo la parte superior del apoyo con una biela mediante una biela permitiéndole el giro según los 3 ejes coordenados.

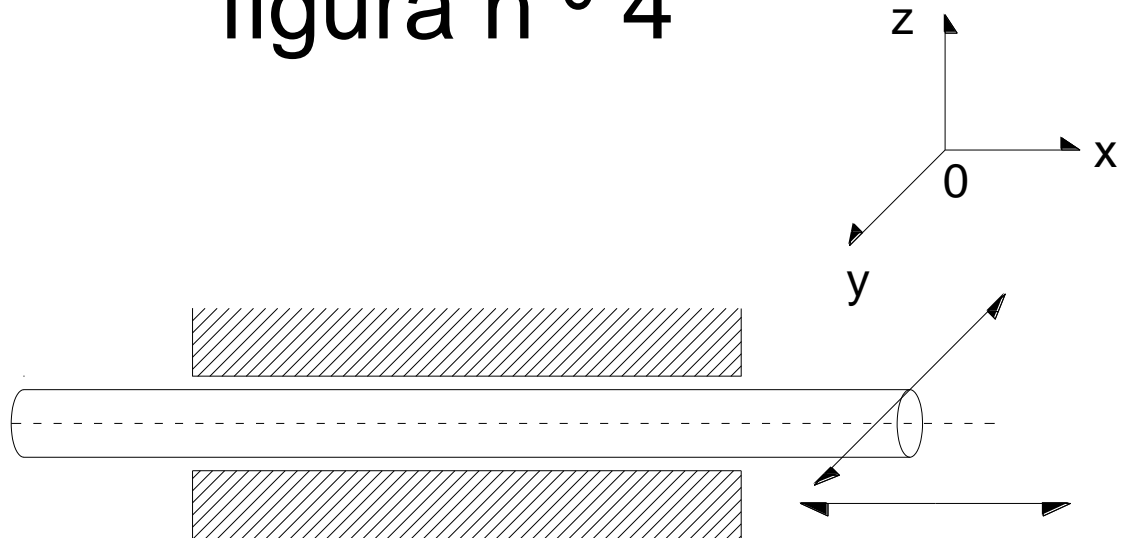


**Vínculo de 3<sup>º</sup> especie:** restringe 3 grados de libertad, es equivalente a 3 bielas no coplanares concurrentes a un punto fijo o rótula, y se puede representar de la siguiente forma,



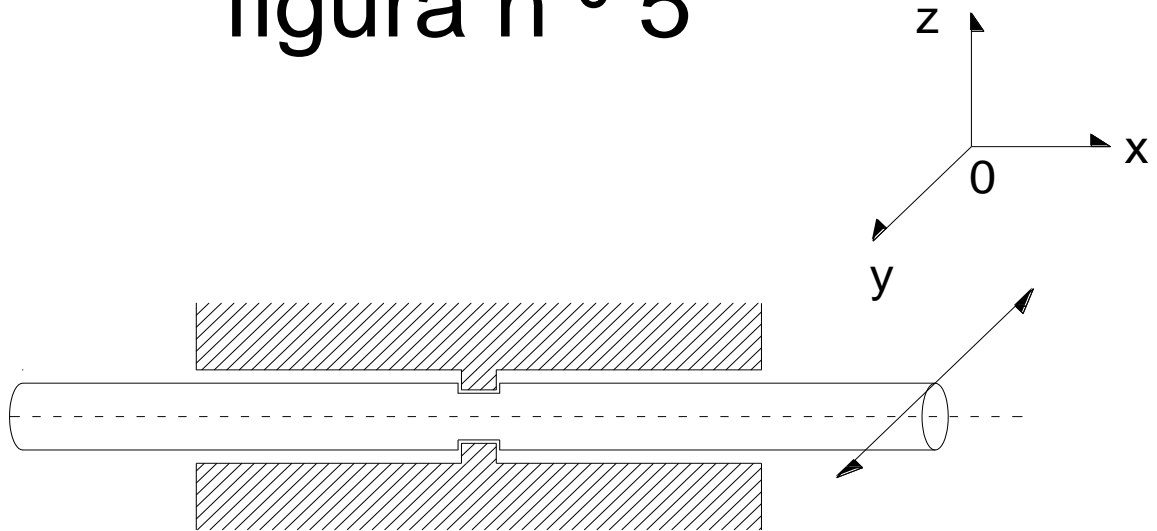
**Vínculo de 4<sup>º</sup> especie:** Restringe 4 grados de libertad. Una forma de representación se observa en la figura n<sup>º</sup> 4.

## figura n<sup>o</sup> 4



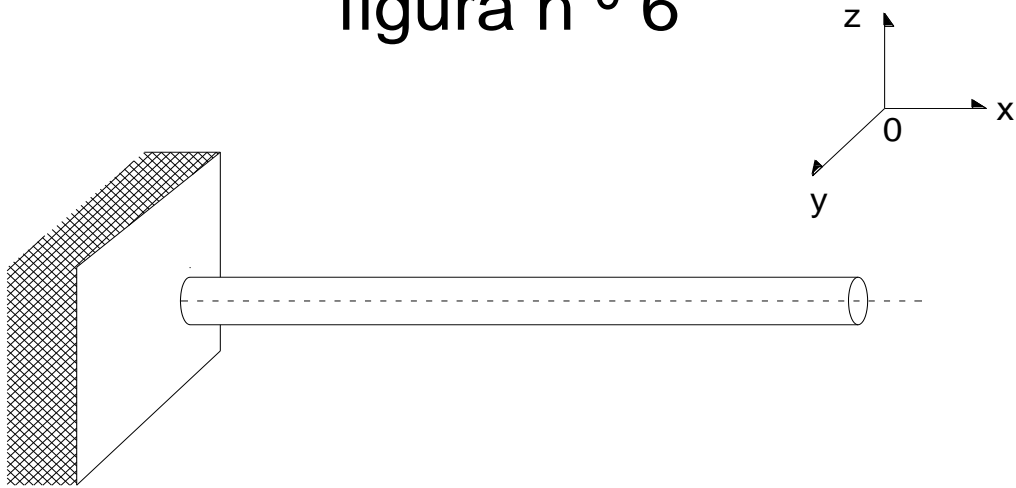
**Vínculo de 5<sup>o</sup> especie:** El mismo restringe 5 grados de libertad(Figura n<sup>o</sup> 5)

figura n<sup>o</sup> 5



**Vínculo de 6<sup>o</sup> especie o empotramiento** espacial: Restringe los 6 grados de libertad del cuerpo y lo inmoviliza respecto a tierra(figura n<sup>o</sup> 6).

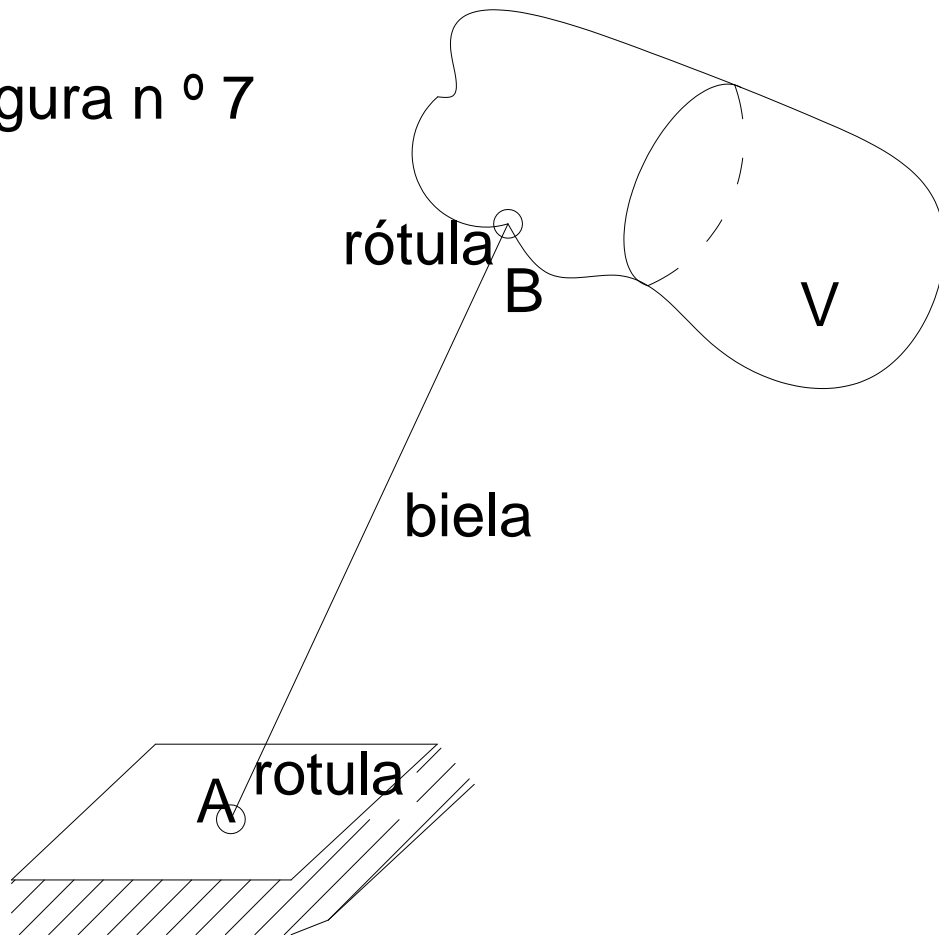
figura n<sup>o</sup> 6



Otras formas de materializar un apoyo de primera especie, es mediante una biela con una rótula **A** unida a tierra en un extremo, o a un punto fijo, y en el otro extremo, una rótula **B** unida al cuerpo permitiéndole al mismo la posibilidad de girar según los ejes de la terna (figura n<sup>o</sup> 7).

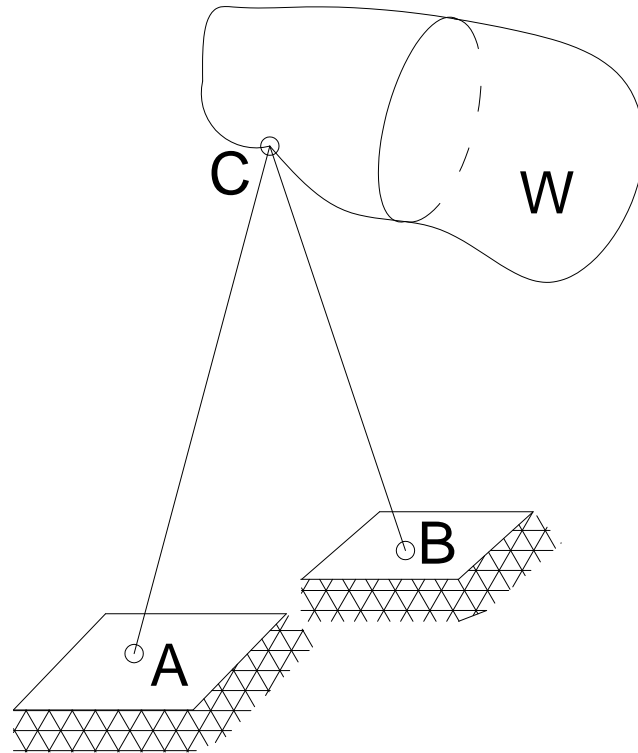


figura n ° 7



Luego, un vínculo de 2<sup>º</sup> especie, lo podemos materializar mediante 2 bielas articuladas en un extremo a tierra, rótulas A y B, (figura n ° 8), y en el extremo C a una rótula común.

figura n ° 8



Por último, un vínculo de 3<sup>º</sup> especie, se puede materializar con 3 bielas no coplanares, unidas a la tierra mediante las rótulas **A**, **B**, y **C**, y una rótula común **D** a las 3 bielas en el extremo opuesto de las mismas, donde se vincula el cuerpo (figura n ° 9).

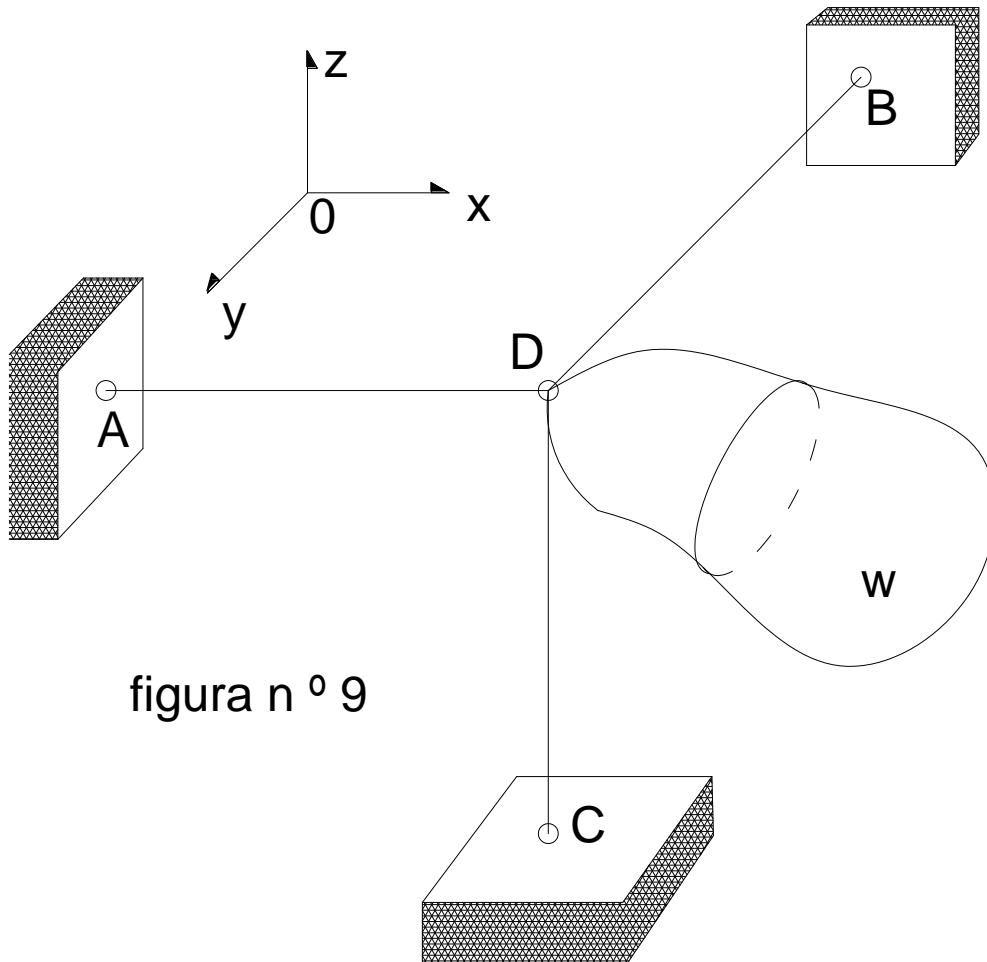


figura n<sup>o</sup> 9

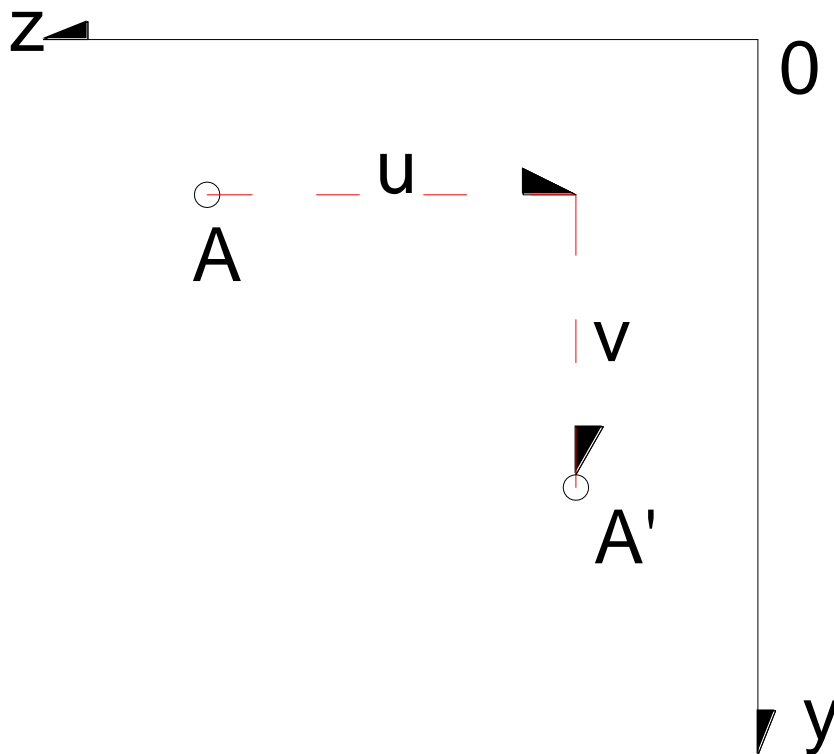
Llamaremos:

- \* **a) Cuerpo:** al sistema material en el cual sus 3 dimensiones son del mismo orden;
- \* **b) Barra:** al sistema material en el cual una dimensión es preponderante sobre las otras 2;
- \* **c) Chapa:** al sistema material en el cual una dimensión es despreciable respecto de las otras 2.

#### Grados de libertad en el plano

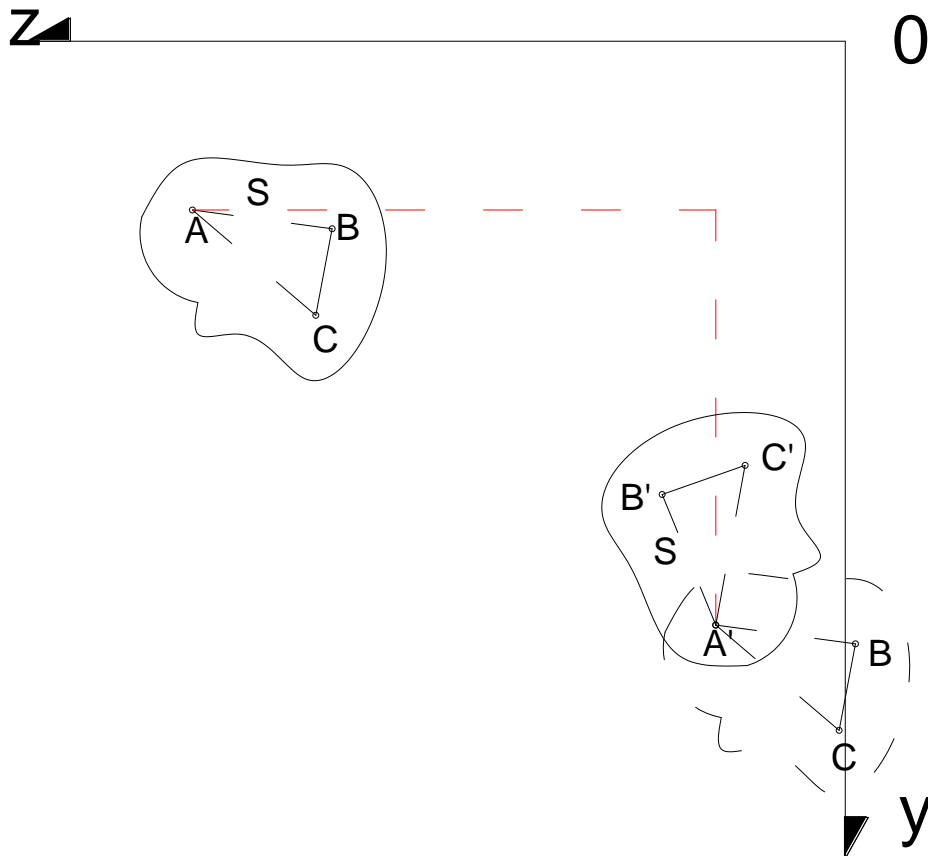
**GL de un punto:** Un punto **A** puede desplazarse hasta otra posición **A'** con dos desplazamientos **u** y **v**, paralelos a los ejes coordenados, por consiguiente, un punto en el plano posee **2** grados de libertad (figura n<sup>o</sup> 10).

figura n ° 10



**GL de una chapa S:** Para pasar una chapa desde una posición inicial **A B C** hasta otra posición final **A' B' C'**, podemos proceder trasladando **S** paralelamente a los ejes coordenados llevando **A** hasta **A'**, luego, mediante un giro alrededor de **A'**, llevamos a **S** hasta su posición final **A' B' C'** (figura n ° 11).

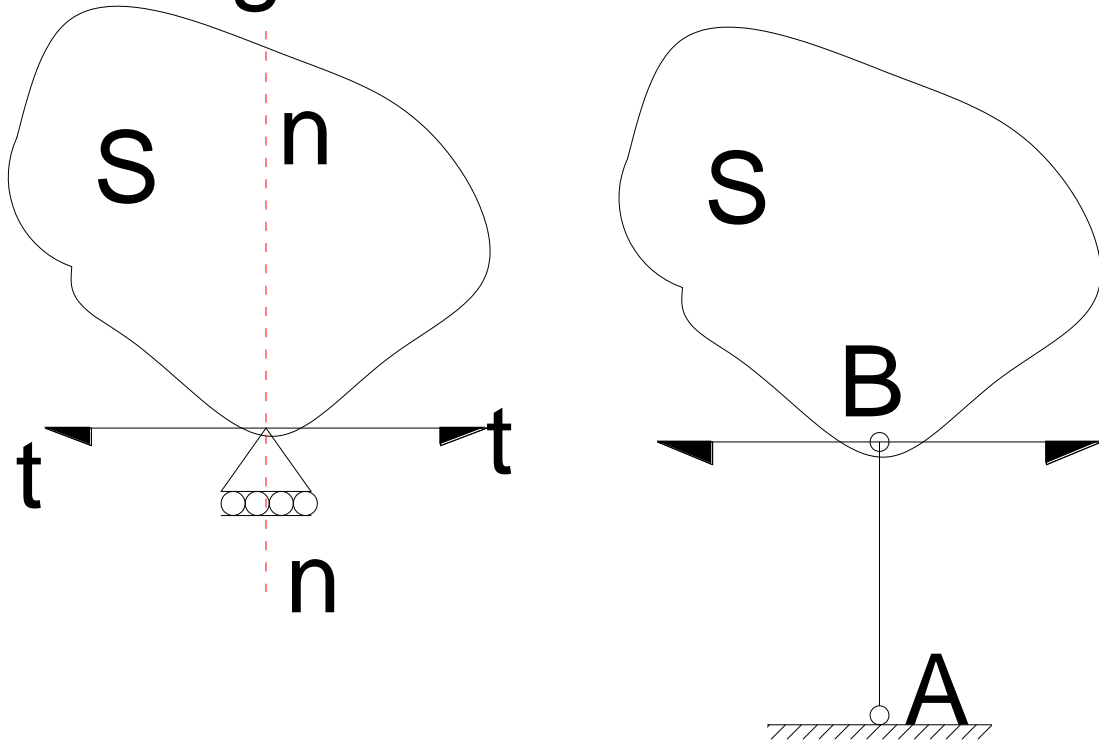
figura n<sup>o</sup> 11



### Vínculos en el plano

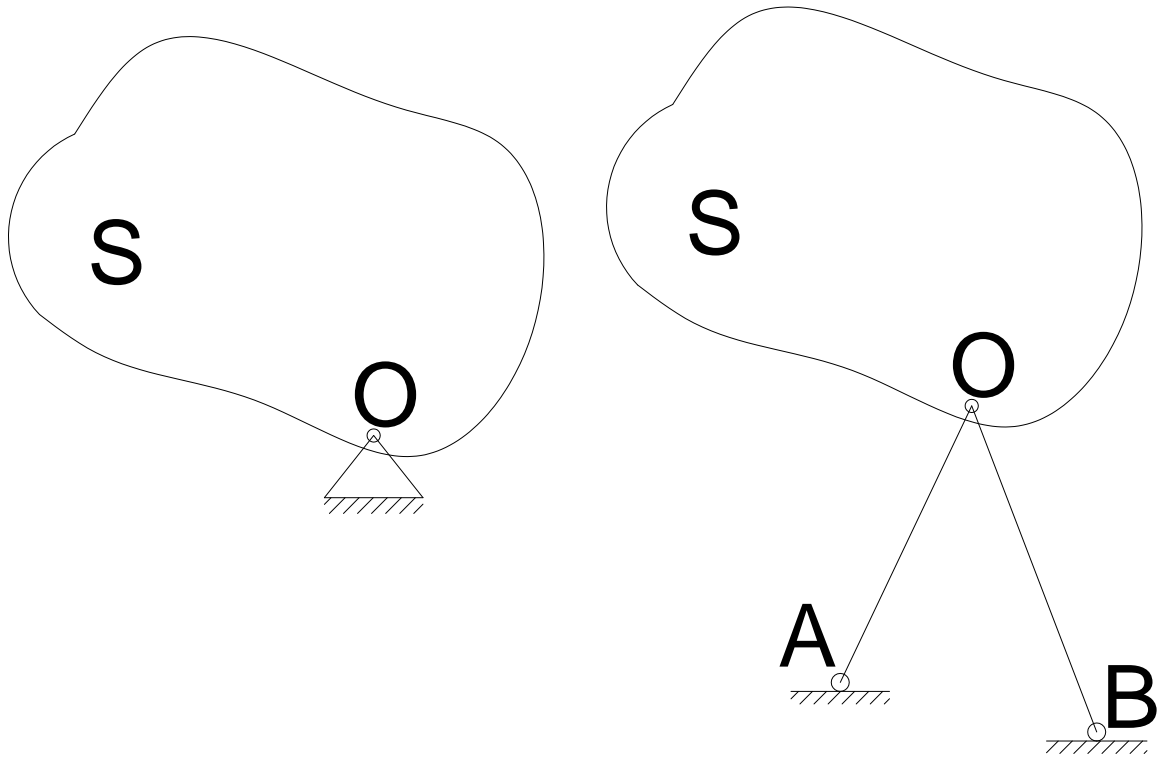
**Vínculo o apoyo de 1<sup>o</sup> especie:** También denominado apoyo móvil. El mismo restringe la posibilidad de movimiento en la dirección normal al mismo, permitiendo a la chapa el desplazamiento en la dirección de la base del mismo, y el giro de la misma. También se lo puede representar mediante una biela articulada a tierra, como se muestra en la figura n<sup>o</sup> 12.

figura n<sup>o</sup> 12



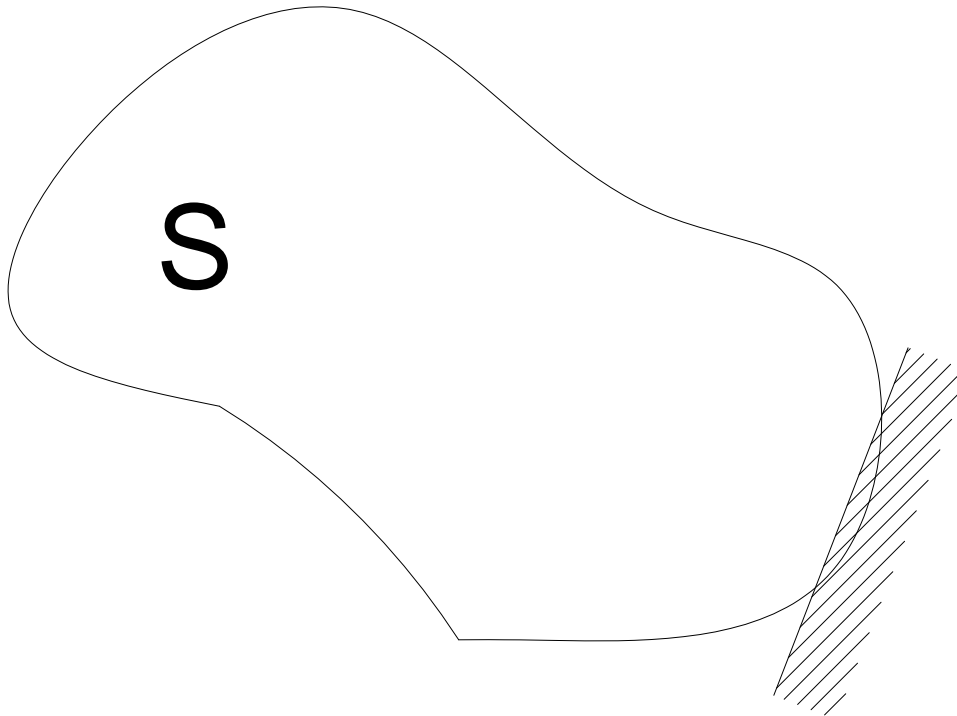
**Vínculo de 2<sup>o</sup> especie o apoyo fijo.** Este vínculo fija un punto de la chapa al cuerpo, impidiéndole los movimientos de traslación de la chapa, permitiéndole rotar a la misma alrededor del punto fijo. El mismo puede ser reemplazado por dos bielas vinculadas a tierra como lo indica la figura n<sup>o</sup> 13.

figura n<sup>o</sup> 13



**Vínculo de 3<sup>o</sup> especie o empotramiento:** Este vínculo restringe los tres grados de libertad de una chapa, impidiendo tanto desplazamientos como el giro de la chapa inmovilizando la misma. En la figura n<sup>o</sup> 14 representamos un empotramiento plano.

# figura n ° 14



## Estudio cinemático de una chapa

Con referencia al estudio de las reacciones de vínculo, concluimos que para lograr el equilibrio de una chapa, se le deben restringir los 3 grados de libertad que la misma posee, lo cual se puede efectuar de la siguientes formas:

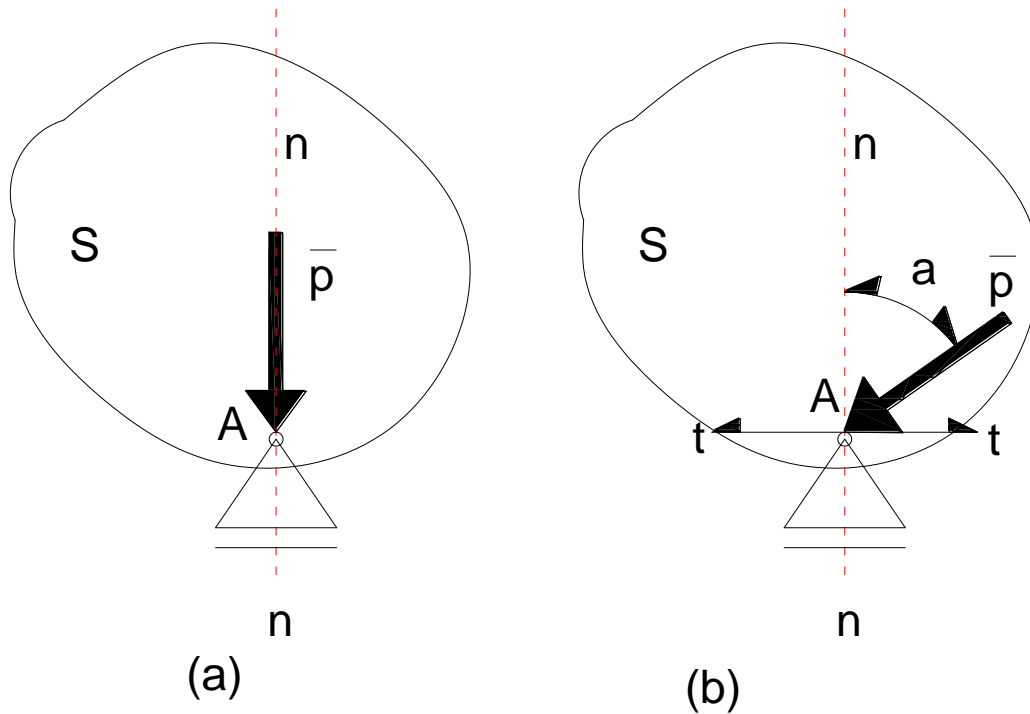
- \* a) mediante 1 vínculo de 2 ° especie, y otro de 1 ° especie convenientemente ubicado;
- \* b) mediante 3 vínculos de 1 ° especie convenientemente ubicados;
- \* c) mediante un vínculo de 3 ° especie.

## Estudio cinemático considerando un vínculo de 1 ° especie

En la figura n ° 15 mostramos las posibilidades de equilibrio.



figura n ° 15

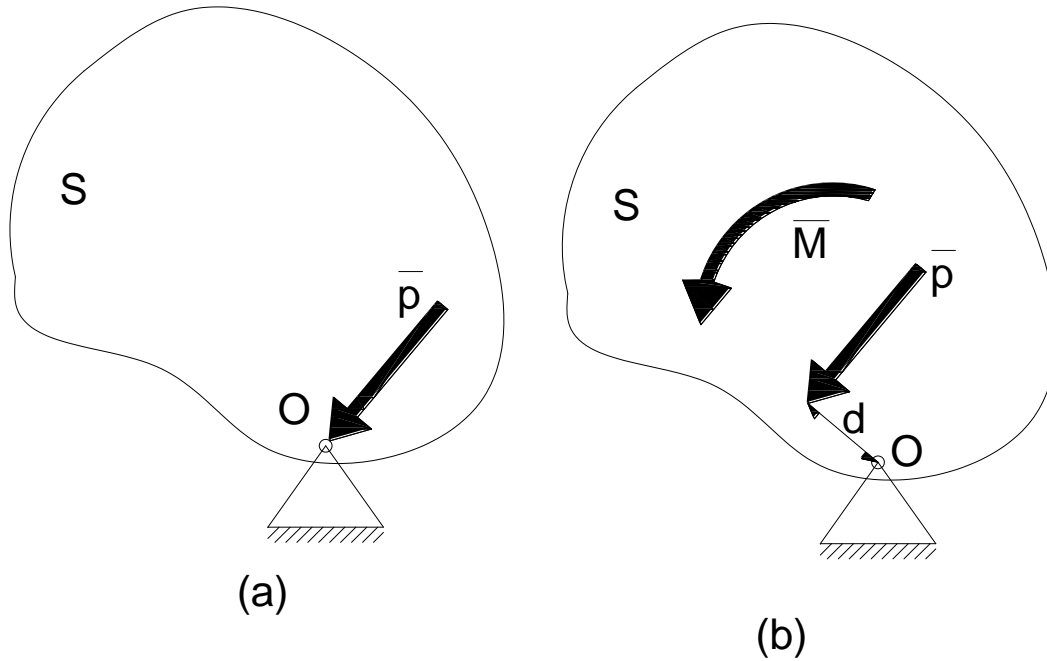


Como observamos, en la figura n ° 15(a), si la fuerza  $\vec{p}$  tiene su recta de acción coincidente con la dirección de la normal  $n-n$  del apoyo móvil en A, entonces el sistema se encuentra en equilibrio, pues la reacción en A del apoyo forma un sistema en equilibrio con  $\vec{p}$ , es decir el sistema es cinemáticamente invariable(CI). En la figura 15(b) la fuerza  $\vec{p}$  si bien actúa sobre el punto A, su recta de acción forma un determinado ángulo  $\alpha$  respecto de la normal  $n-n$ , permitiendo desplazarse el sistema en la dirección  $t-t$ , quedando el sistema cinemáticamente variable (CV) al no estar restringido el desplazamiento en esta dirección.

#### Estudio cinemático considerando un apoyo de 2 ° especie

En la figura n ° 16 mostramos las posibilidades de equilibrio con el apoyo de 2 ° especie.

figura n ° 16

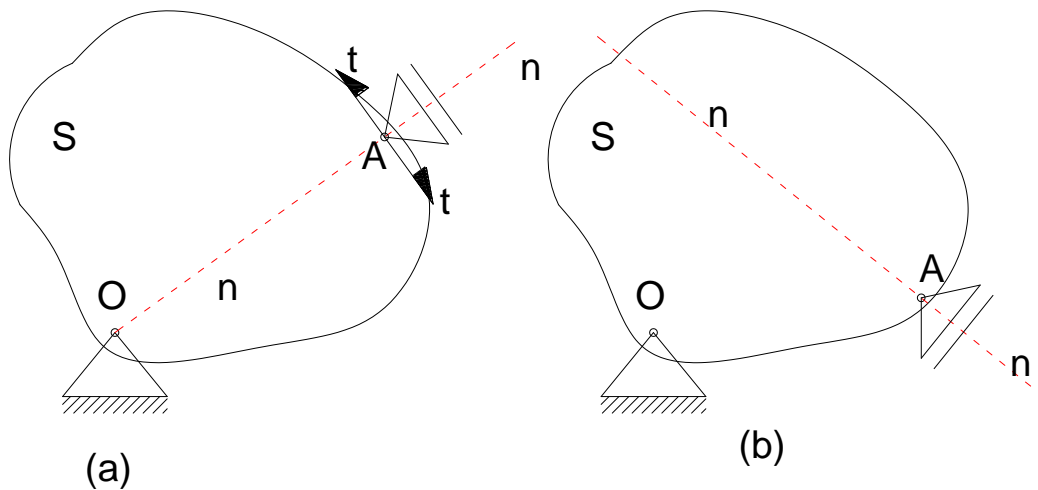


Como observamos en la figura n ° 16(a), la recta de acción de la fuerza  $\vec{p}$  actúa en el punto fijo **O** del apoyo de segunda especie, y, debido que el apoyo restringe los desplazamientos en las direcciones de los ejes, concluimos que el sistema se encuentra en equilibrio formando un sistema cinemáticamente invariable(**CI**), mientras que en la figura n ° 16(b), la recta de acción de  $\vec{p}$  actúa a una distancia  $d$  del punto fijo **O**, permitiendo gira a la chapa S, pues el apoyo fijo no restringe la posibilidad de giro de la chapa, convirtiéndose en un sistema cinemáticamente variable(**CV**).

#### **Análisis cinemático de una chapa con un apoyo móvil, y un apoyo fijo**

En la figura n ° 17 observamos las posibilidades de equilibrio para esta sustentación

figura n ° 17

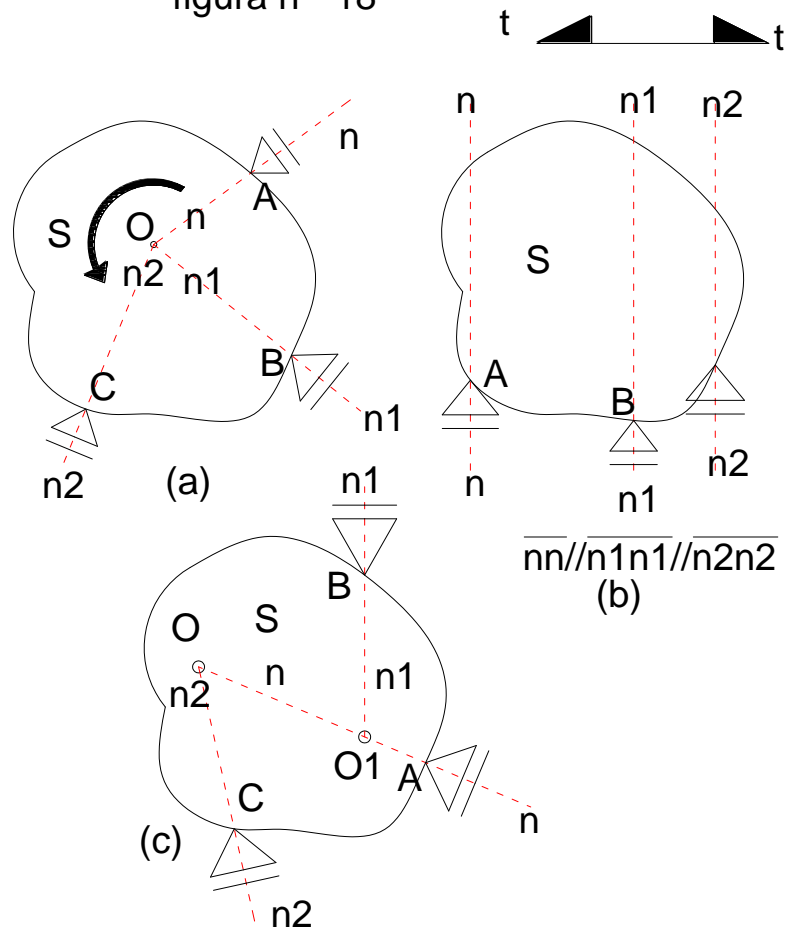


Observamos en la figura n ° 17(a) que la normal  $n-n$  del apoyo móvil  $A$  pasa por el punto fijo  $O$  del apoyo de 2 ° especie, siendo este punto perteneciente a esta normal, en consecuencia, el apoyo móvil  $A$  puede efectuar desplazamientos infinitesimales en la dirección  $t-t$ , es decir, que el mismo puede girar describiendo arcos de circunferencia con centro  $O$  y radio  $OA$ , transformando al sistema en **CV**, mientras que la configuración de la figura n ° 17(b), el punto fijo  $O$  no pertenece a la normal del apoyo móvil  $A$ ,  $n-n$ , por consiguiente, el mismo no tiene posibilidad de movimiento alguno, convirtiendo al sistema en **Cl**.

#### Análisis cinemático de una chapa con 3 apoyos móviles

En la figura n ° 18 observamos las posibilidades de equilibrio para estas configuraciones.

figura n<sup>o</sup> 18



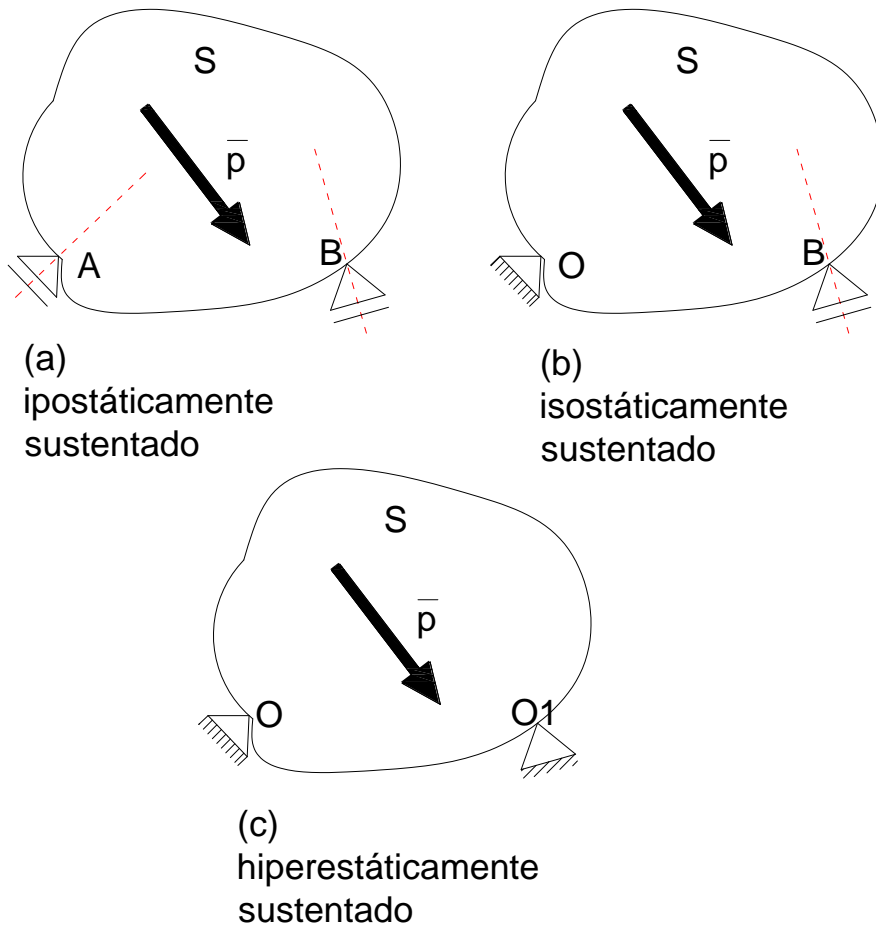
Como podemos observar en la figura n<sup>o</sup> 18(a), las normales a los apoyos en **A, B, y C**,  $\overline{n-n}, \overline{n_1-n_1}, \overline{n_2-n_2}$  concurren a un punto **O**, siendo este un único punto fijo del sistema. Por razones análogas a las analizadas en el caso de la figura n<sup>o</sup> 17(a), la chapa S puede moverse describiendo arcos de circunferencia con centro en **O**, siendo el mismo **CV**. Como podemos observar, el caso de la figura n<sup>o</sup> 18(b), al ser las normales en **A, B, y C**  $\overline{n-n} // \overline{n_1-n_1} // \overline{n_2-n_2}$  paralelas, el punto fijo se encuentra en el impropio, cuya dirección es paralela a las normales, siendo en consecuencia un caso análogo al de la figura n<sup>o</sup> 18(a), transformando al sistema en **CV**. Mientras que en la figura n<sup>o</sup> 18(c), las normales a los apoyos móviles no son concurrentes a un mismo punto, y, recordando que 2 normales a de apoyos móviles es equivalente a un apoyo fijo, la chapa S tiene 3 puntos fijos donde se interceptan 2 a 2 las normales a los apoyos, es decir en **O**, donde se interceptan **n-n** con **n1-n1**, **O1 n-n** y **n2-**

$n_2$ , y  $O_2$  en la intercepción de  $n_1-n_1$  con  $n_2-n_2$ , y, siendo que con 2 puntos fijos la chapa esa fija, entonces, con esta sustentación, el sistema es **CI**.

Cuando el sistema es **CV** decimos que hay vinculación aparente o ineficaz, es decir que la chapa posee la cantidad de apoyos necesarios aunque su disposición no es eficaz.

**Nota:** "Cuando una chapa o cadena cinemática posee **igual cantidad de condiciones de vínculo que grados de libertad**, se dice que el sistema está **isostáticamente sustentado**. Cuando la **cantidad de vínculos es menor la cantidad de grados de libertad**, la misma está **hipostáticamente sustentada**, y, cuando las **condiciones de vínculo son mayores que los grados de libertad**, el sistema está **hiperestáticamente sustentado**, y las ecuaciones de equilibrio de la estática no son suficientes para resolver este problema". Ejemplos en figura n<sup>o</sup> 19.

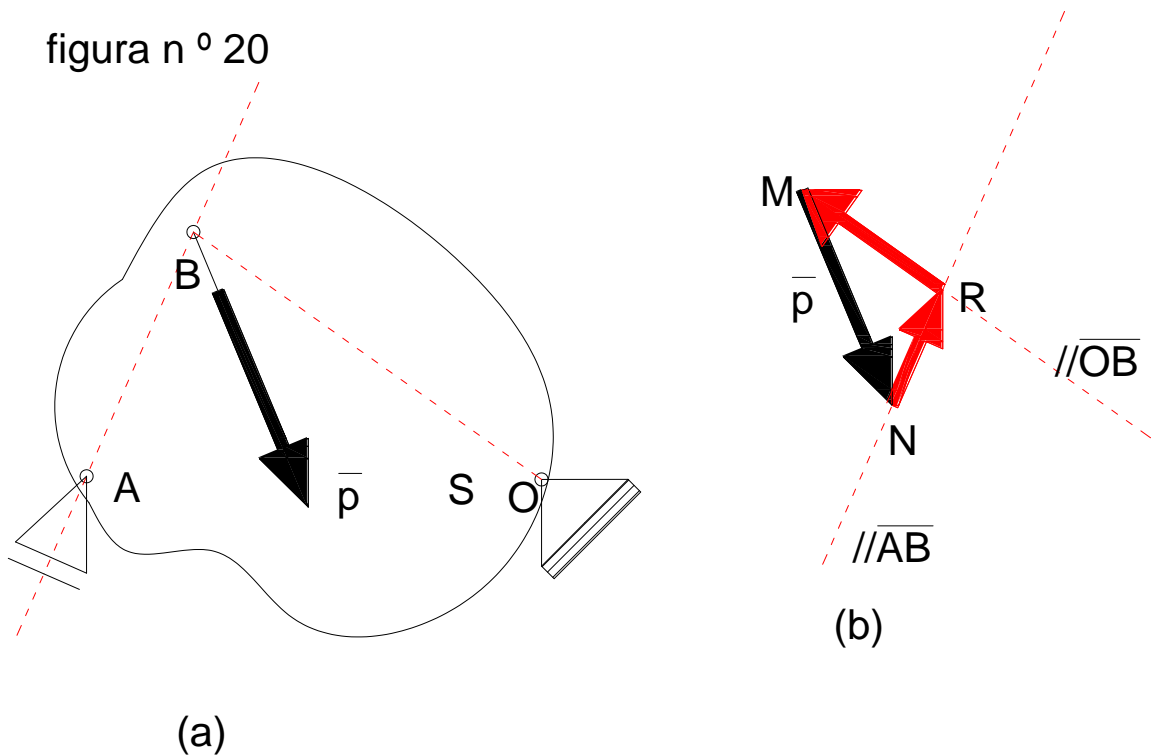
figura n ° 19



#### Determinación gráfica de las reacciones de vínculo

Consideremos, primeramente, la chapa sustentada con un apoyo de 2<sup>º</sup> especie, y otro de 1<sup>º</sup> especie de la figura n ° 20 con una carga  $\bar{p}$ . se deberán determinar previamente las escalas de longitud y fuerzas respectivamente.

figura n ° 20

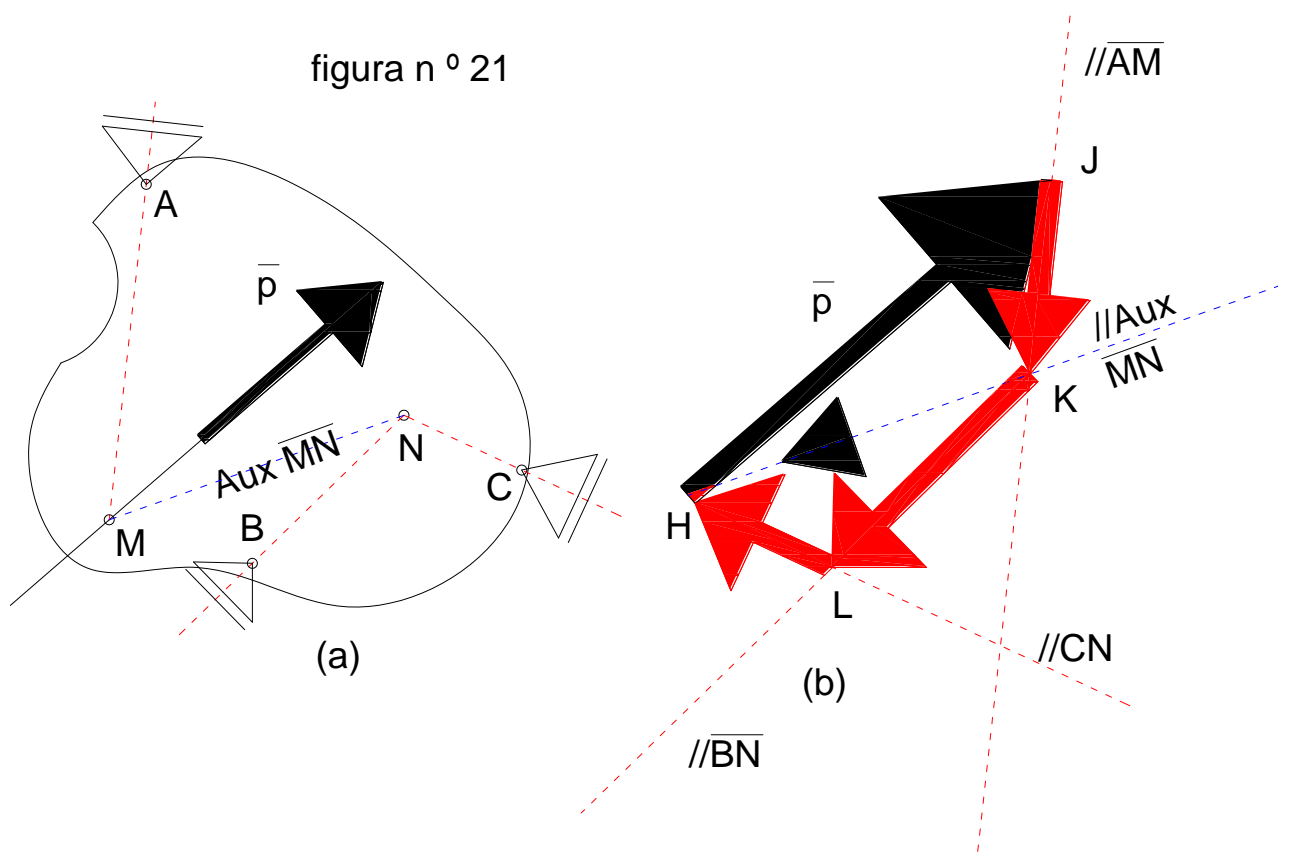


$$\begin{aligned} \overline{R_a} &= \overline{NR} \cdot \text{Esc } \overline{p} \\ \overline{R_o} &= \overline{RM} \cdot \text{Esc } \overline{p} \end{aligned}$$

En la figura n ° 20(a) observamos que un sistema en equilibrio debe tener un polígono de fuerzas cerrado, con lo cual las direcciones de  $\overline{R_A}$ ,  $\overline{R_O}$  y  $\overline{p}$  deben ser concurrentes a un punto, el **B** en el ejemplo. Luego, en la construcción auxiliar de la figura n ° 20(b), llevamos, en escala de fuerzas  $\overline{p}$  paralelamente a si misma mediante el segmento  $\overline{MN}$ , y, en los extremos **M** y **N** de  $\overline{p}$ , paralelas a los segmentos  $\overline{AB}$  y  $\overline{OB}$ , interceptándose estos en R, quedando formado el triángulo MNR, cuyos lados NR y RM son los vectores representativos de las reacciones de vínculo buscadas, siendo este procedimiento la descomposición de una fuerza en 2 direcciones estudiado. Finalmente, obtenemos las reacciones de vínculo buscadas haciendo el producto de las longitudes **NR** y **RM** de estos por la escala de fuerzas.

$$(1) \begin{cases} \vec{R}_A = \overline{NR} \cdot \text{Esc } \vec{p} \\ \vec{R}_O = \overline{RM} \cdot \text{Esc } \vec{p} \end{cases}$$

A continuación, explicaremos el caso de la chapa sustentada con 3 apoyos móviles en A, B, y C, y, actuando una fuerza  $\vec{p}$  de la figura n.º 21. Al igual que el caso anterior, se deberán elegir las escalas de longitud y fuerzas correspondientes.



Observamos en la figura n.º 21(a), correspondiéndose con el método de Cullman de descomposición de una fuerza en 3 direcciones, trazamos una recta auxiliar **MN** en **M**, punto de intersección de las rectas de acción de  $\vec{p}$  y la normal al apoyo en **A**, y en **N**, punto de intersección de las normales a los apoyos en **B** y **C** respectivamente. Luego, en la figura n.º



21(b) se muestra los vectores representativos de las reacciones de vínculo  $\vec{R}_A$ ,  $\vec{R}_B$  y  $\vec{R}_C$  por sus segmentos  $\overline{JK}$ ,  $\overline{KL}$ , y  $\overline{LH}$  respectivamente. Finalmente, realizando el producto de estos segmentos por la escala de  $\vec{p}$  obtenemos los valores de las reacciones buscados.

$$(2) \begin{cases} \vec{R}_A = \overline{JK} \cdot Esc \vec{p} \\ \vec{R}_B = \overline{KL} \cdot Esc \vec{p} \\ \vec{R}_C = \overline{LH} \cdot Esc \vec{p} \end{cases}$$

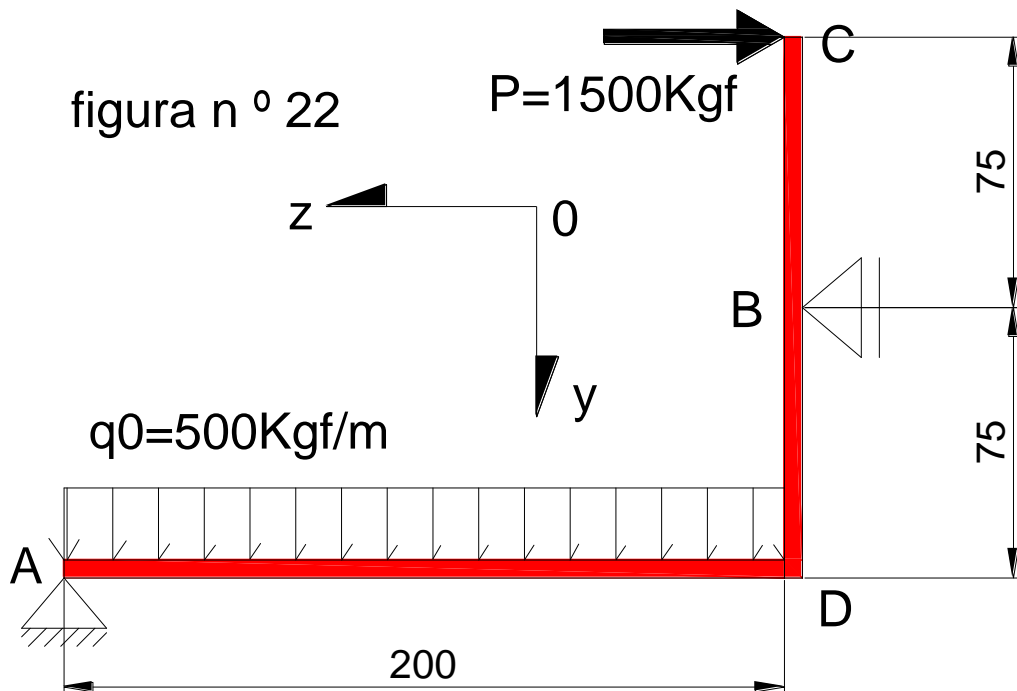
### Determinación analítica de las reacciones de vínculo

De acuerdo a lo que hemos estudiado en apartados anteriores, para que una chapa permanezca cinemáticamente invariable, se deben restringir tanto los desplazamientos lineales como las rotaciones. Por ello, es necesario que se cumplan las siguientes ecuaciones de equilibrio en el plano:

$$(3) \begin{cases} \sum \text{Proy}_{yy} = 0 \\ \sum \text{Proy}_{zz} = 0 \\ \sum \text{Mom}^c = 0 \end{cases}$$

Para la mejor conceptualización, analizamos algunos ejemplos numéricos. Cabe destacar, que para estos efectos, representamos a la chapa mediante segmentos rectilíneos.

**Ejemplo de aplicación n° 1:** La chapa de la figura n° 22 está solicitada por una carga uniformemente distribuida de intensidad  $q_0 = 500 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}}$ , además de una carga horizontal de  $P = 1500 \text{Kgf}$ . Determinar las reacciones de vínculo en **A** y **B**.



dimensiones en cm

### Solución

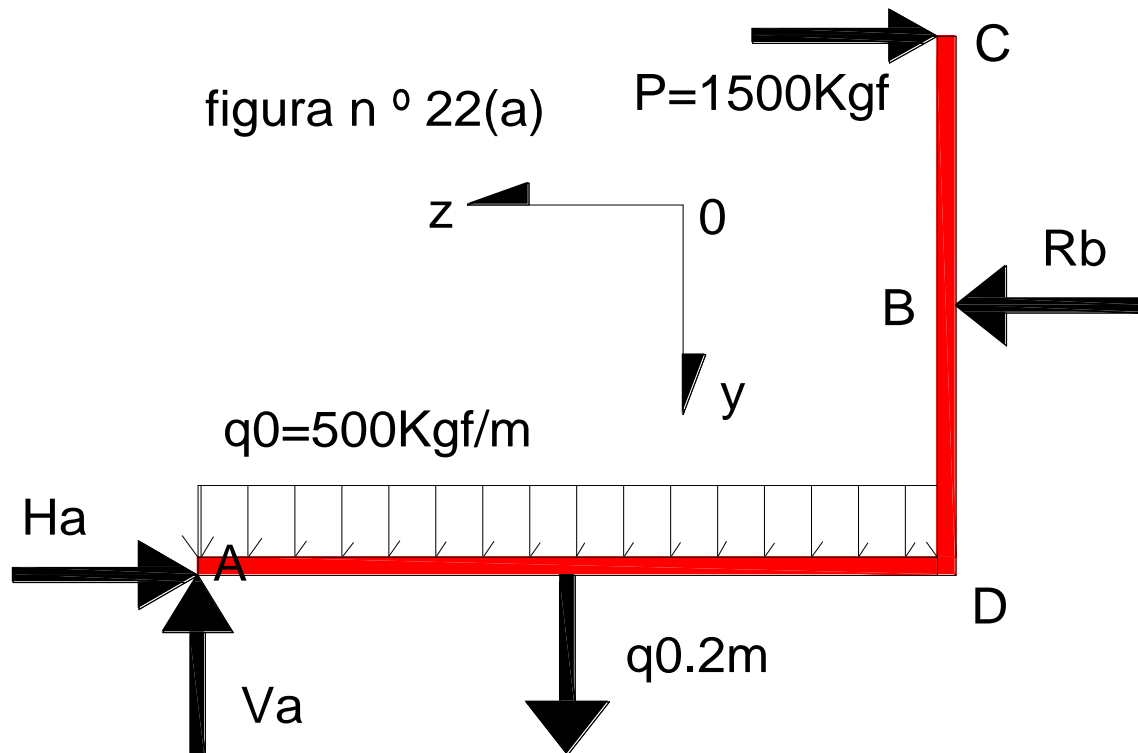
#### \* a) Análisis cinemático

Se trata de única chapa con un apoyo de 2° especie en **A**, y un apoyo de 1° especie en **B**. La condición para que no exista vinculación aparente es que la normal del apoyo **B** no pase por el punto fijo **A**. Observamos que esta situación no ocurre, y la chapa tiene restringidas las posibilidades de desplazamientos y rotación, con lo cual, afirmamos que el sistema es cinemáticamente invariable.

#### \* b) Diagrama de cuerpo libre

En este diagrama, ponemos en evidencia las reacciones de vínculo, reemplazando los apoyos por fuerzas o pares asignándoles sentidos arbitrarios y direcciones según los ejes

coordenados, además de las fuerzas activas del sistema, como lo indicamos en la figura n<sup>o</sup> 22(a).



En la figura n<sup>o</sup> 22(a), hemos reemplazado la carga uniformemente distribuida  $q_0$ , por una carga concentrada equivalente de magnitud  $P_0 = 500 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \cdot 2\text{m} = 1000 \text{Kgf}$  actuando en el centro del tramo AD.

**\* 3) Análisis del equilibrio**

Ecuaciones de equilibrio absoluto

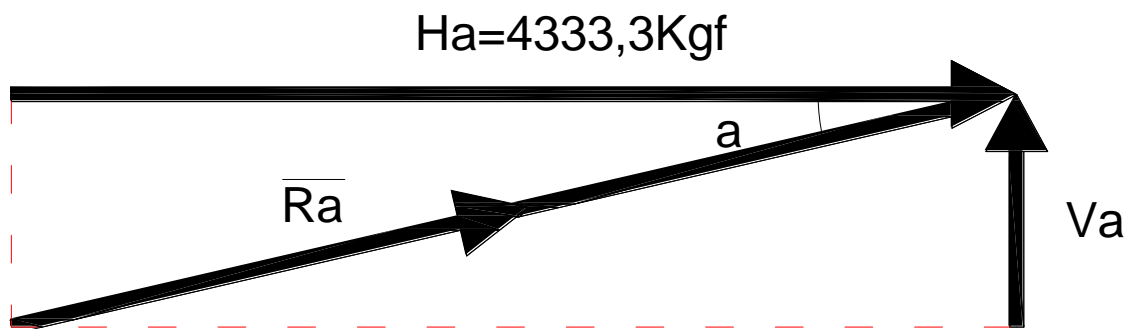
$$(A1) \begin{cases} \sum \text{Proy}_{yy} = 0 \rightarrow 1000\text{Kgf} - V_A = 0 \rightarrow V_A = 1000\text{Kgf} \\ \sum \text{Proy}_{zz} = 0 \rightarrow -H_A - 1500\text{Kgf} + \overline{R}_B = 0 \\ \sum \text{Mom}^A = 0 \rightarrow -1000\text{Kgf} \cdot 1\text{m} + \overline{R}_B \cdot 0,75\text{m} - 1500\text{Kgf} \cdot 1,5\text{m} = 0 \end{cases}$$

De (A1), surge,

$$(B1) \begin{cases} V_A = 1000\text{Kgf} & ; & H_A = 2833,33\text{Kgf} & & \overline{R}_B = 4333,33\text{Kgf} \end{cases}$$

Luego, determinaremos la dirección y módulo de la reacción en A componiendo las componentes  $H_A$  y  $V_A$ , como lo indicamos en la figura n° 22(b)

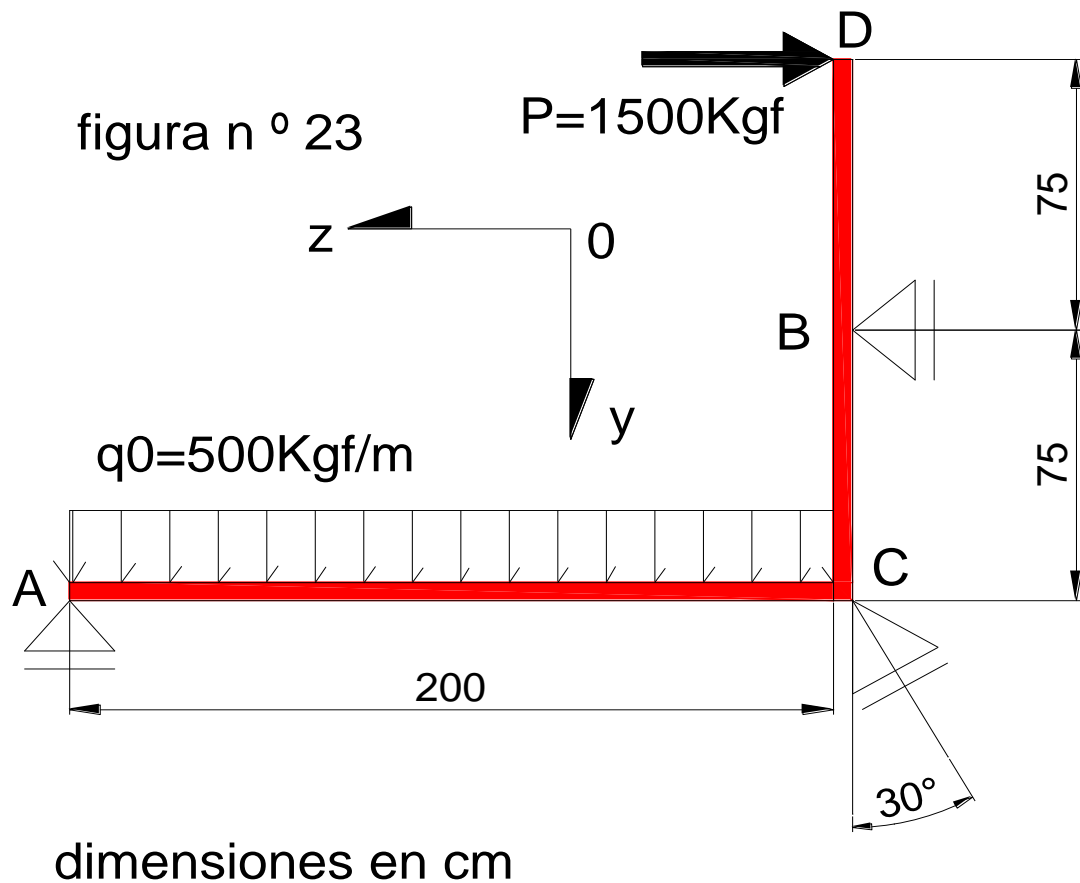
figura n ° 22(b)



Módulo y dirección  $\vec{R}_A$

$$(C1) \left\{ \begin{array}{l} |\vec{R}_A| = \sqrt{H_A^2 + V_A^2} \rightarrow |\vec{R}_A| = \sqrt{4333,33^2 + 1000^2} \text{Kgf} = 4447,22 \text{Kgf} \\ \text{tg } \alpha = \frac{V_A}{H_A} \rightarrow \text{tg } \alpha = \frac{1000}{4333,33} \rightarrow \hat{\alpha} \cong 13^\circ \end{array} \right.$$

**Ejemplo de aplicación n ° 2:** La chapa de la figura n ° 23 está solicitada por una carga uniformemente distribuida de intensidad  $q_0 = 500 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}}$ , además de una carga horizontal de  $P = 1500 \text{Kgf}$ . Determinar las reacciones de vínculo en **A**, **B** y **C**.



### Solución

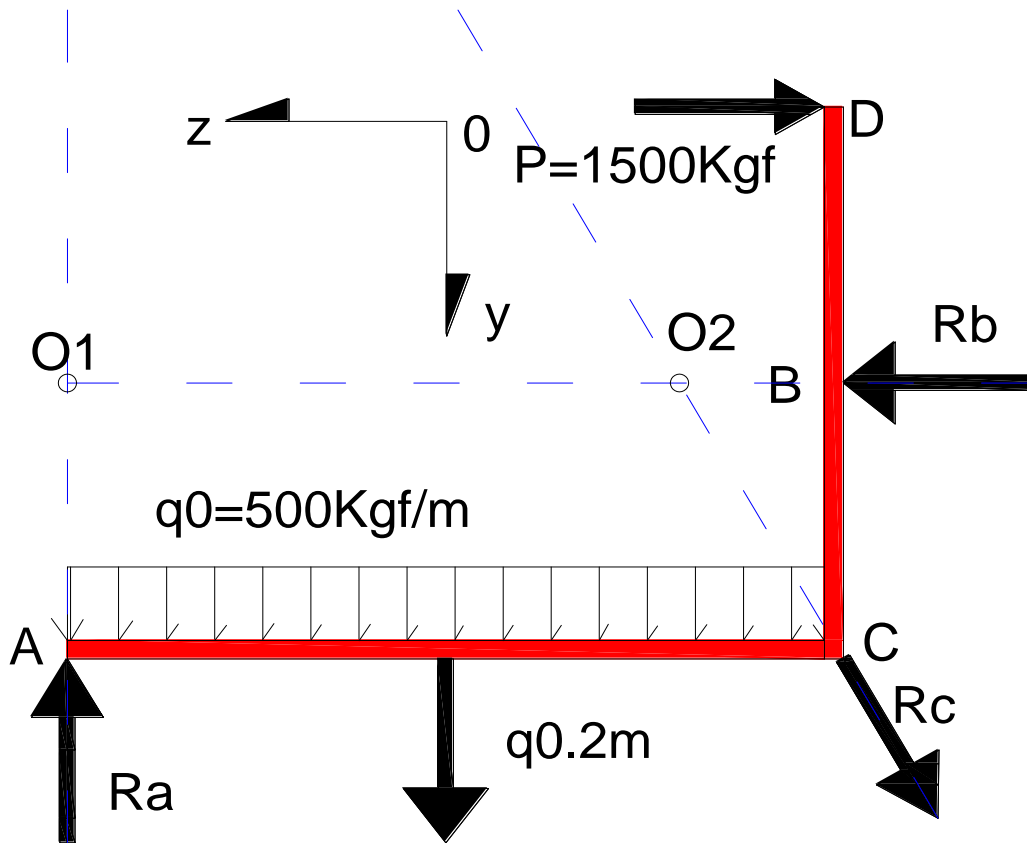
#### \* 1) Análisis cinemático

Se trata, como en el ejemplo anterior, de única chapa con 3 vínculos de 1<sup>o</sup> especie, cuyas normales, como observamos en la figura n<sup>o</sup> 23(a), no concurren todas a un mismo punto, sino que forman 3 puntos fijos diferentes, sin posibilidad de vinculación aparente. En conclusión, la chapa posee más de 2 puntos fijos, por lo que la misma es cinemáticamente invariable.

#### \* 2) Diagrama de cuerpo libre

En este diagrama, ponemos en evidencia las reacciones de vínculo, reemplazando los apoyos por fuerzas o pares asignándoles sentidos arbitrarios y direcciones según los ejes coordenados, además de las fuerzas activas del sistema, como lo indicamos en la figura n<sup>o</sup> 23(a).

figura n ° 23(a)



**\* 3) Análisis del equilibrio**

Ecuaciones de equilibrio absoluto

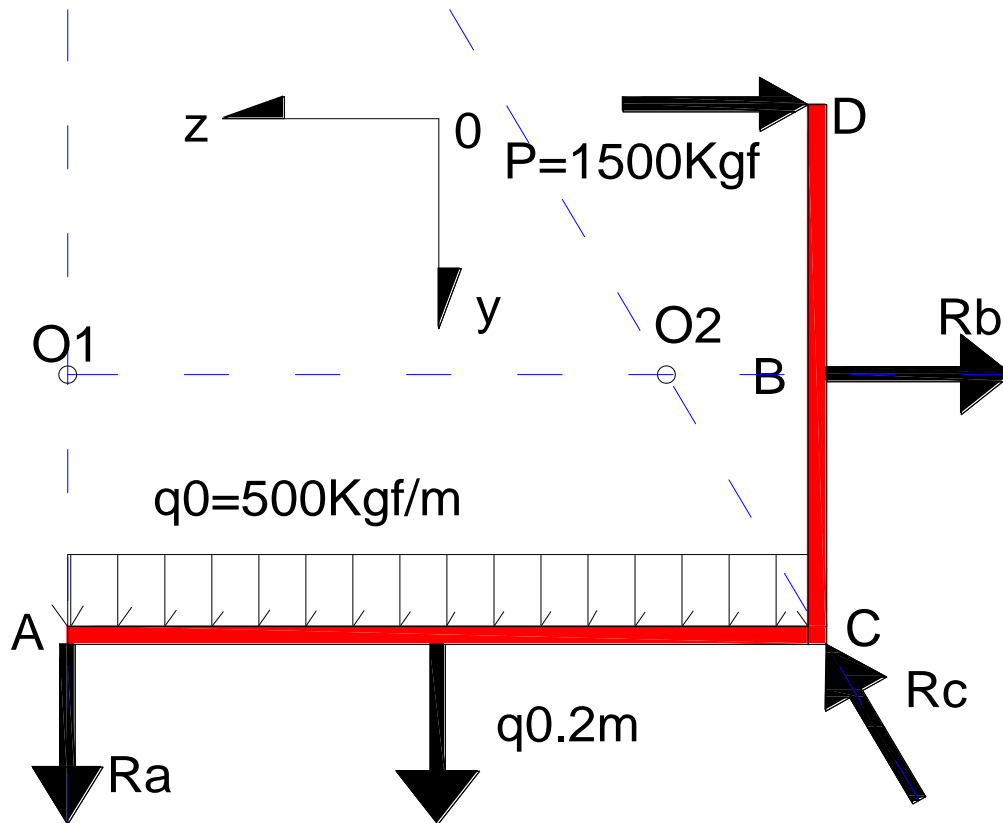
$$(A2) \begin{cases} \sum \text{Proy}_{yy} = 0 \rightarrow R_C \cdot \cos 30^\circ - R_A + 1000 \text{Kgf} = 0 \\ \sum \text{Proy}_{zz} = 0 \rightarrow -R_C \cdot \text{sen } 30^\circ + R_B - 1500 = 0 \\ \sum \text{Mom}^A = 0 \rightarrow -1000 \text{Kgf} \cdot 1 \text{m} - 1500 \text{Kgf} \cdot 1,5 \text{m} + R_A \cdot 0,75 \text{m} - R_B \cdot \cos 30^\circ \cdot 2 \text{m} = 0 \end{cases}$$

Del sistema (A2) surgen,

$$(B2) R_A = -19392 \text{Kgf} \quad ; \quad R_B = -10273,5 \text{Kgf} \quad ; \quad R_C = -23547 \text{Kgf}$$

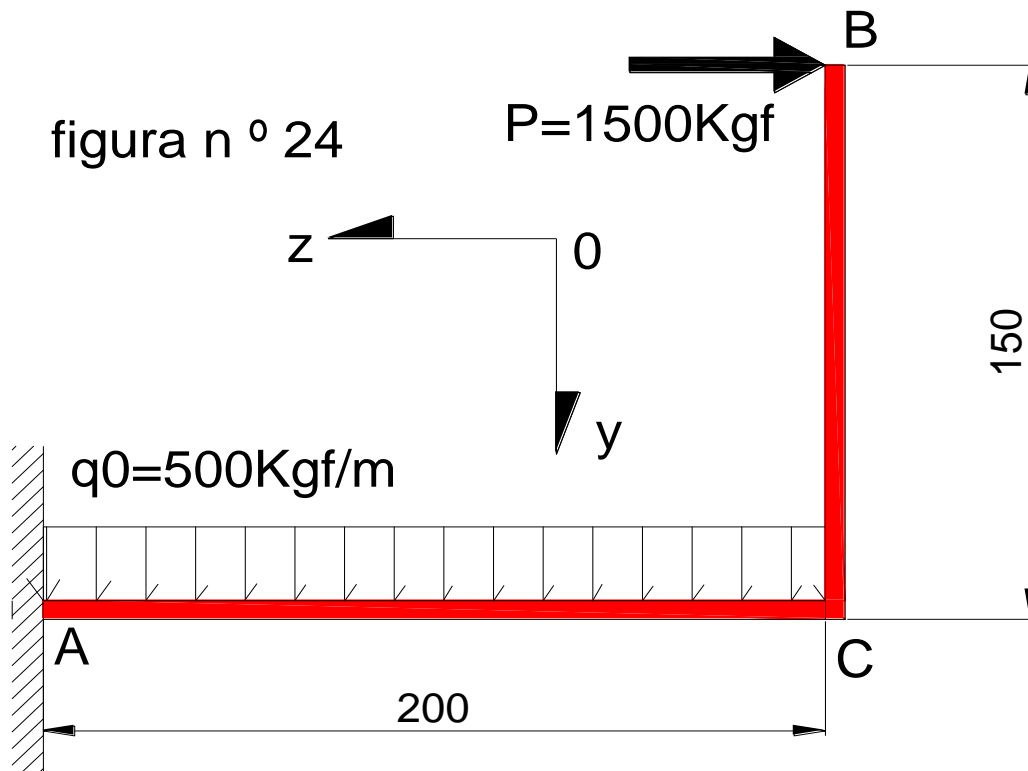
En todos los casos, el sentido de los vectores es opuesto a los asignados. En la figura n ° 23(b) mostramos los verdaderos sentidos de los vectores.

figura n ° 23(b)



**Ejemplo de aplicación n ° 3:** La chapa de la figura n ° 24 está solicitada por una carga uniformemente distribuida de intensidad  $q_0 = 500 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}}$ , además de una carga horizontal de  $P = 1500 \text{ Kg}$ . Determinar las reacciones de vínculo en el empotramiento en A.





dimensiones en cm

### Solución

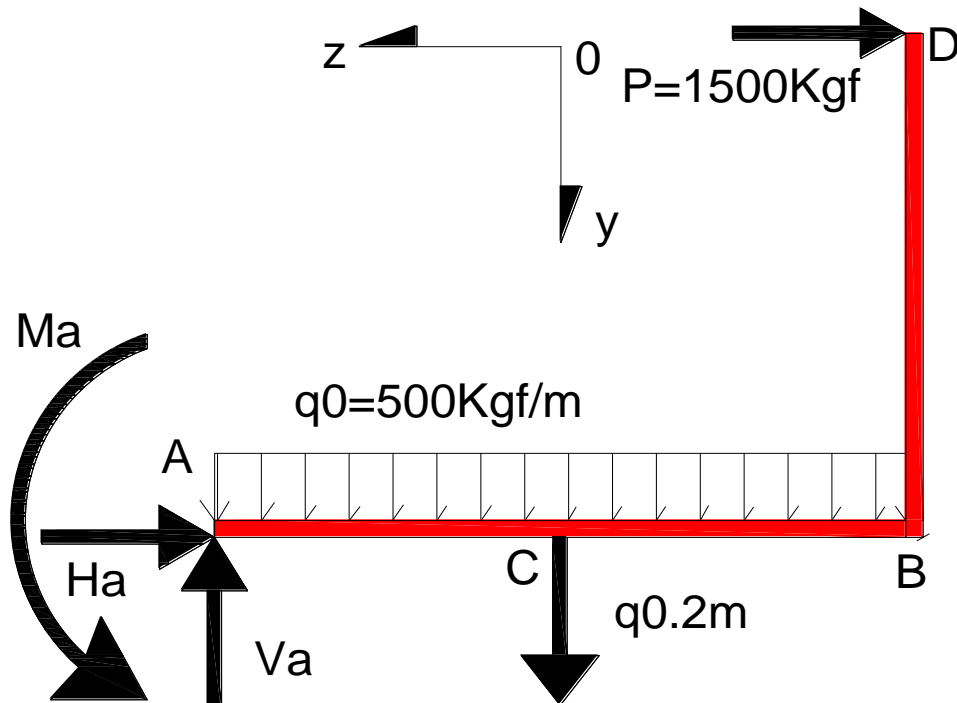
#### \* 1) Análisis cinemático

Considerando chapa única, con un empotramiento, y, siendo que el mismo restringe 3 grados de libertad, fijando 2 puntos de la chapa, podemos concluir que el mismo es cinemáticamente invariable.

#### \* 2) Diagrama de cuerpo libre

En este diagrama, ponemos en evidencia las reacciones de vínculo, reemplazando los apoyos por fuerzas o pares asignándoles sentidos arbitrarios y direcciones según los ejes coordenados, además de las fuerzas activas del sistema, como lo indicamos en la figura n ° 24(a).

figura n ° 24(a)



**\* 3 °) Análisis del equilibrio**

Ecuaciones de equilibrio absoluto

$$(A3) \begin{cases} \sum \text{Proy}_{yy} = 0 & \rightarrow -1000\text{Kg} + V_A = 0 \rightarrow V_A = 1000\text{Kg} \\ \sum \text{Proy}_{zz} = 0 & \rightarrow -1500\text{Kg} - H_A = 0 \rightarrow H_A = -1500\text{Kg} \text{ sentido opuesto} \\ \sum \text{Mom}^A = 0 & \rightarrow -1000\text{Kg} \cdot 1\text{m} - 1500\text{Kg} \cdot 0,75\text{m} + \overline{M}_A = 0 \rightarrow \overline{M}_A = 3250\text{Kgfm} \end{cases}$$

Como complemento, determinamos el módulo y ángulo de la reacción  $\overline{R}_A$ .

$$(B3) \begin{cases} |R_A| = \sqrt{V_A^2 + H_A^2} \rightarrow |\vec{R}_A| = \sqrt{1000^2 + 1500^2} \text{Kgf} = 1802,78 \text{Kgf} \\ \text{tg } \beta = \frac{V_A}{H_A} \rightarrow \text{tg } \beta = \frac{1000}{1500} \rightarrow \beta = 33,69^\circ \end{cases}$$

En la figura n ° 24(c) graficamos esta situación

figugra n ° 24(c)

