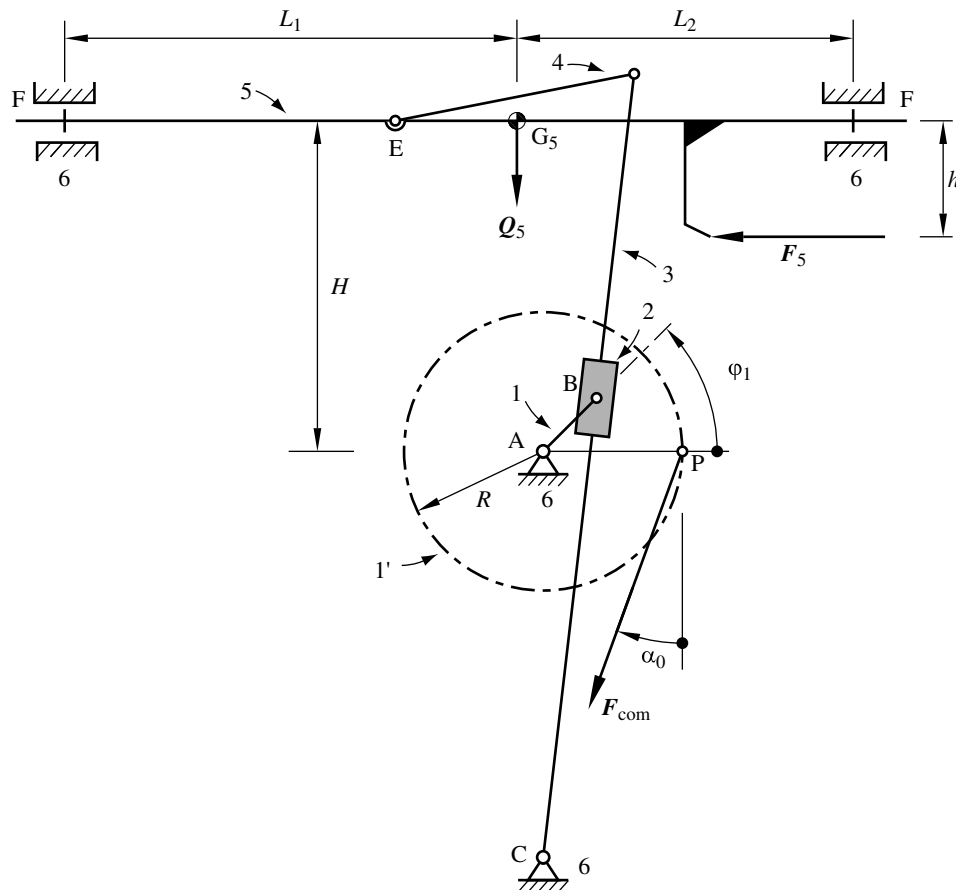


Ejemplo 2.3 Realizar el análisis de fuerzas para el mecanismo de seis eslabones de una máquina cepilladora, en la posición mostrada cuando $\varphi_1 = 45^\circ$. Medidas de los eslabones $l_{AB} = 65 \text{ mm}$, $l_{AC} = 350 \text{ mm}$, $l_{CD} = 680 \text{ mm}$, $l_{ED} = 210 \text{ mm}$, $H = 285 \text{ mm}$, $l_1 = 390 \text{ mm}$, $l_2 = 290 \text{ mm}$, $l_{ES5} = 105 \text{ mm}$, $h = 100 \text{ mm}$.

Sobre el eslabón 5 actúa la fuerza de corte $F_5 = 200 \text{ N}$. El peso del eslabón 5 es $Q_5 = 60 \text{ N}$ esta fuerza está aplicada en el centro de masas del eslabón S_5 .

Sobre el diente de la rueda dentada $1'$, solidaria con el eslabón 1, aplicada en el polo de engranaje P , actúa la fuerza compensadora $\vec{F}_{com}$; el radio de la circunferencia primitiva de la rueda $1'$ es $r = 120 \text{ mm}$, el ángulo de presión es $\alpha_0 = 20^\circ$.

Determinar las reacciones en todos los pares cinemáticos y la fuerza compensadora $\vec{F}_{com}$ despreciando la fricción en todos los pares cinemáticos.



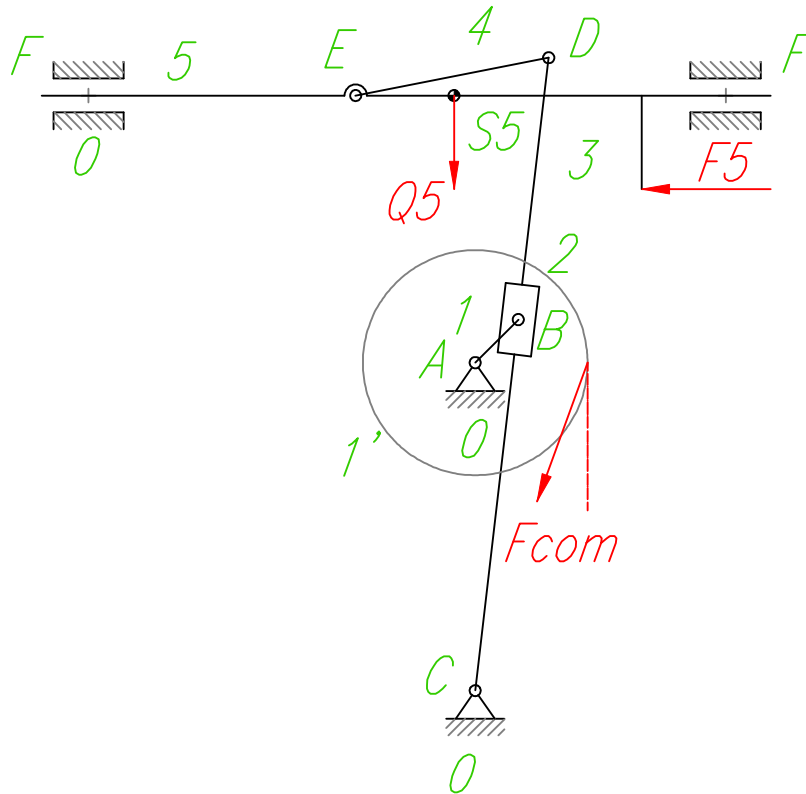
Solución

Todas las fuerzas externas que actúan sobre los eslabones son dadas. Primer paso resuelto

La fuerza compensadora $\vec{F}_{com}$ actúa, según las condiciones, sobre el eslabón 1. El eslabón 1 se considera conductor.

El mecanismo se compone de un eslabón primario y dos grupos de Assur de segunda clase: uno de tipo RRP, compuesto por los eslabones 5 y 4, y uno del tipo RPR compuesto por los eslabones 3 y 2.

Construimos el plano de posiciones en escala $\mu_l = 1 \text{ m/unidadCAD}$.



Grupo 4,5 RRP.

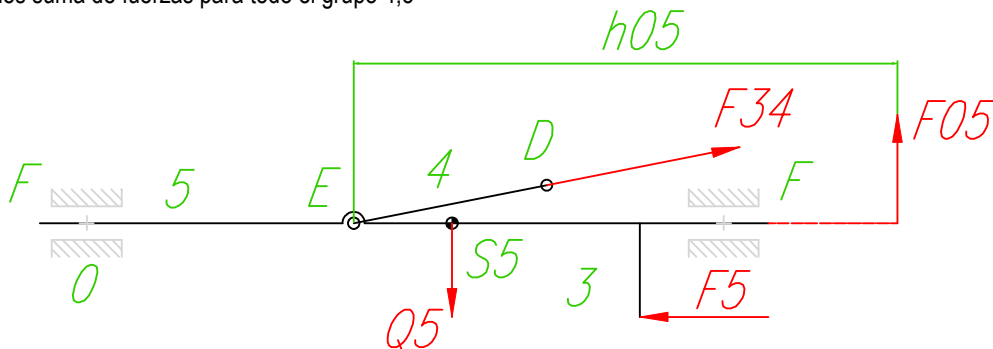
Descomponemos la reacción $\vec{F}_{34}$ en normal y tangencial (no se muestran en el dibujo)

Planteamos suma de momentos para el eslabón 4, alrededor de E, con el objeto de determinar $\vec{F}_{34}^t$:

$$\sum M_{E/4} = 0, \text{ de donde } \vec{F}_{34}^t = 0$$

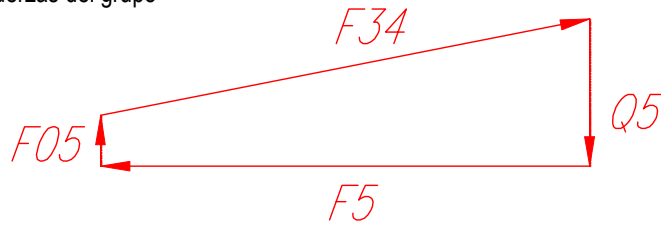
Como no hay fuerzas externas sobre el eslabón 4, se deduce que sólo existe la componente normal es decir la reacción $\vec{F}_{34}$ está dirigida a lo largo del eslabón 4.

Planteamos suma de fuerzas para todo el grupo 4,5



$$\vec{Q}_5 + \vec{F}_5 + \vec{F}_{34} + \vec{F}_{05} = 0$$

Construimos el plano de fuerzas del grupo



Escala de fuerzas $\mu_F = 1\text{N/unidadCAD}$.

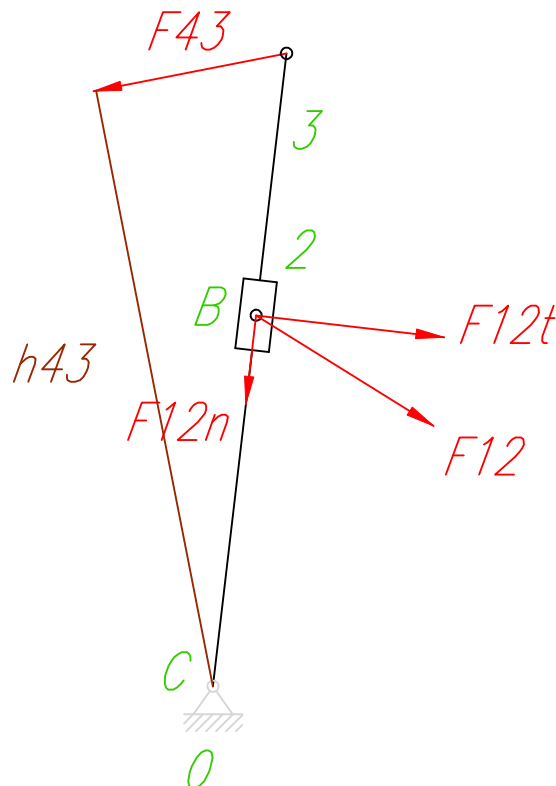
El punto de aplicación de la fuerza $\vec{F}_{05}$ lo hallaremos a partir de la condición de equilibrio del eslabón 5. Planteamos la igualdad a cero de los momentos de las fuerzas aplicadas al eslabón 5 con respecto al punto E.

$$\sum M_{E/5} = F_{05} \cdot h_{05} - F_5 h_5 - Q_5 \cdot h_{Q5} = 0,$$

$$h_{05} = \frac{Q_5 \cdot l_{Q5} - F_5 h_5}{F_{05}} = \frac{60 \cdot 0,105 + 200 \cdot 0,100}{20,726} = 1,269\text{ m}$$

Grupo 3,2 RPR.

Descomponemos $\vec{F}_{12}$ en sus componentes normal y tangencial

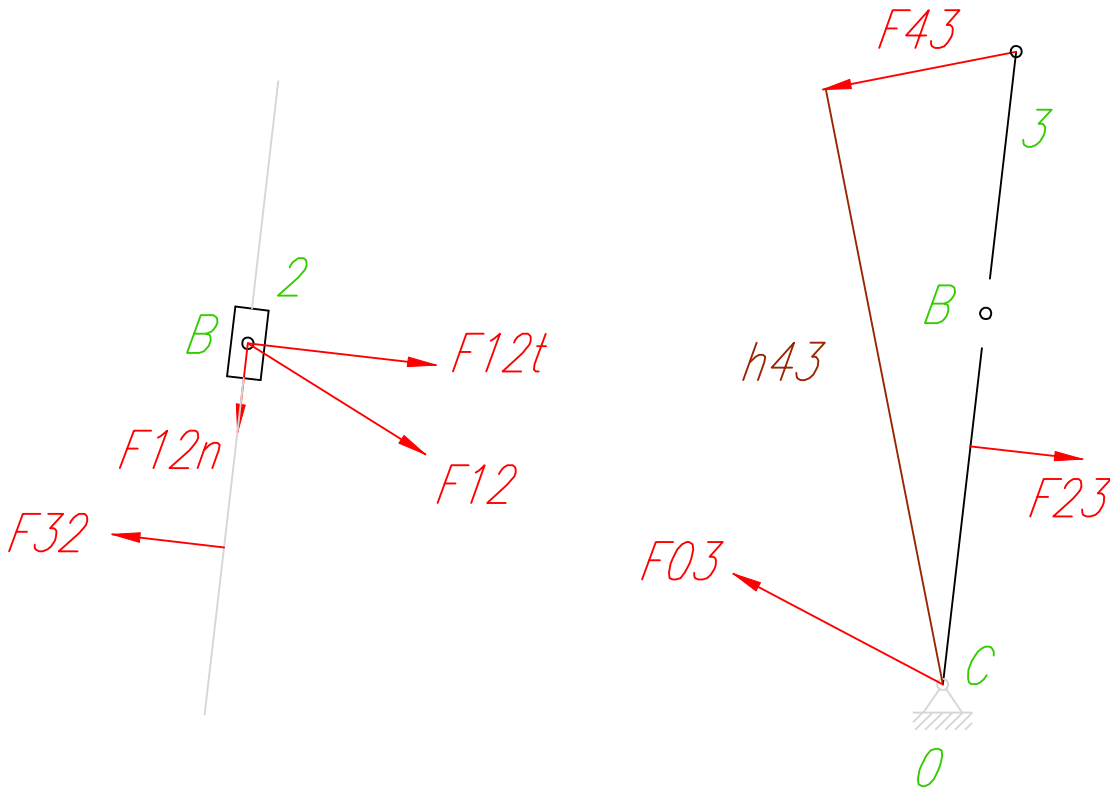


$$\sum M_{C / grupo} = F_{43} \cdot h_{43} - F_{12}^t \cdot l_{BC} = 0$$

$$F_{12}^t = \frac{F_{43} \cdot h_{43}}{l_{BC}} = \frac{203,82 \cdot 0,6477}{0,3986} = 331,195 N$$

Planteamos suma de fuerzas para el eslabón 2, $\sum F_2 = 0$, mirando por separado en la dirección normal y en la tangencial tenemos

$$\vec{F}_{12}^n = 0, \quad \vec{F}_{12} = \vec{F}_{12}^t, \quad \vec{F}_{32} = \vec{F}_{12}$$

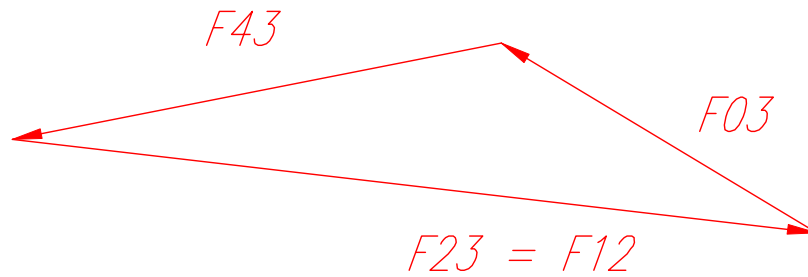


Planteamos suma de fuerzas para el eslabón 3, $\sum F_3 = 0$,

$$\vec{F}_{43} + \vec{F}_{23} + \vec{F}_{03} = 0$$

Teniendo en cuenta que $\vec{F}_{32} = \vec{F}_{12}$, es decir $\vec{F}_{23} = \vec{F}_{21}$

Podemos construir el plano de fuerzas para el eslabón 3:



Para hallar la distancia de C a F_{23} (h_{23}), planteamos la suma de momentos alrededor de C, para el eslabón 3

$$\sum M_{C/3} = 0$$

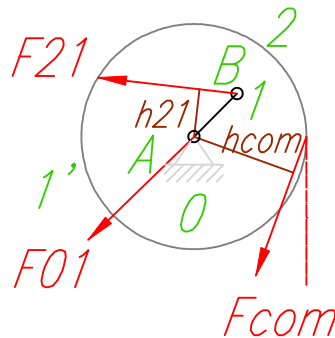
$$F_{43} \cdot h_{43} - F_{23} \cdot h_{23} = 0 \quad h_{23} = \frac{F_{43} \cdot h_{43}}{F_{23}}$$

Pero $F_{23} = F_{12} = \frac{F_{43} \cdot h_{43}}{l_{BC}}$

Entonces

$$h_{23} = l_{BC}$$

Cálculo de fuerzas del eslabón primario (fig. 2.12f)



Sobre el eslabón 1 actúan: la fuerza $\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$, la reacción en la junta A (igual a $\vec{F}_{01}$) y la fuerza compensadora $\vec{F}_{com}$ la cual está aplicada en el punto P de la rueda 1' bajo un ángulo de $\alpha_0 = 20^\circ$ con respecto a la tangente de la circunferencia primitiva.

La condición de equilibrio (partiendo de la suma de momentos de todas las fuerzas con respecto a A) para el eslabón 1 (AB) es

$$F_{21} \cdot h_{21} - F_{com} \cdot r \cos \alpha_0 = 0$$

O, tomando del plano

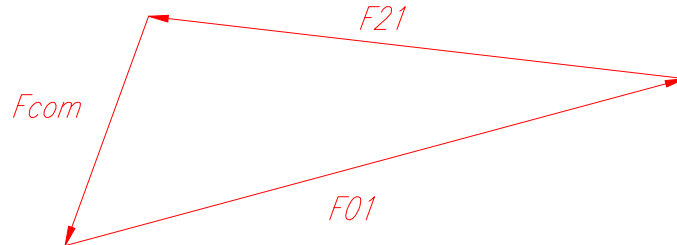
$$F_{21} \cdot h_{21} - F_{com} \cdot h_{com} = 0$$

De donde

$$F_{com} = \frac{F_{21} \cdot h_{21}}{h_{com}} = \frac{331,195 \cdot 0,05096}{0,112763} = 149,67 \text{ N} .$$

Construimos el plano de fuerzas para el eslabón conductor

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{com} + \vec{F}_{01} = 0$$



La reacción en la junta *E* es igual a la reacción en la junta *D* (el eslabón 4 no está cargado externamente); la reacción entre el deslizador 2 y el eslabón 3 es igual a la reacción en el eslabón *B* (el eslabón 2 no está cargado externamente)

Resultados

Reacciones: Se toman directamente del plano de fuerzas

$$R_A = F_{01} = 393,72 \text{ N}$$

$$R_B = F_{12} = 331,175 \text{ N}$$

$$R_C = F_{03} = 150,441 \text{ N}$$

$$R_E = R_D = F_{43} = 203,82 \text{ N}$$

$$R_F = F_{50} = 20,73 \text{ N}$$

Fuerza compensadora

$$F_{com} = 149,67 \text{ N}\cdot\text{m}$$