

# **ESTRUCTURA HIPERESTÁTICA ASIMÉTRICA CON NUDOS DESPLAZABLES**

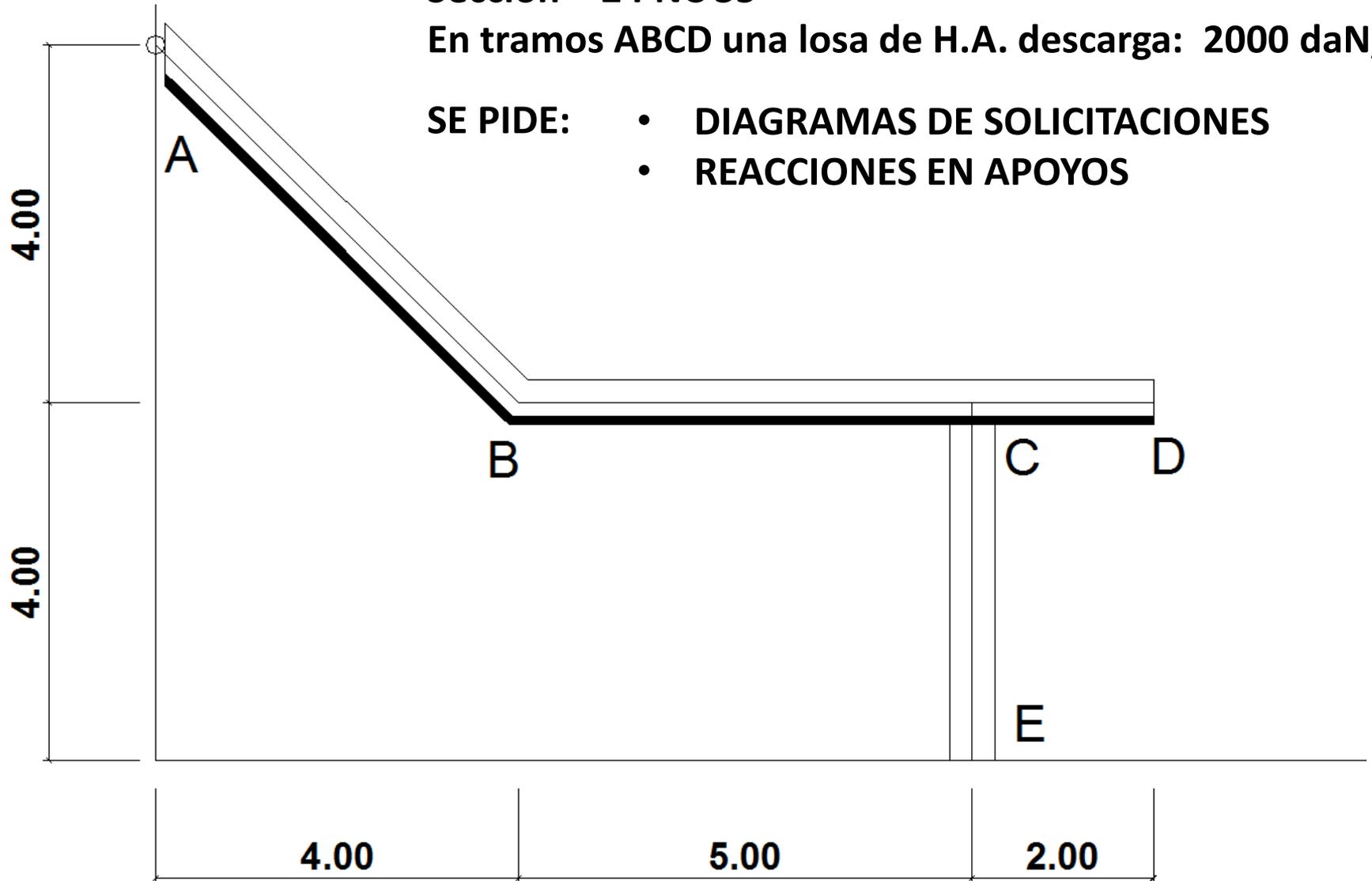
# EJERCICIO 46

Costilla intermedia de acero

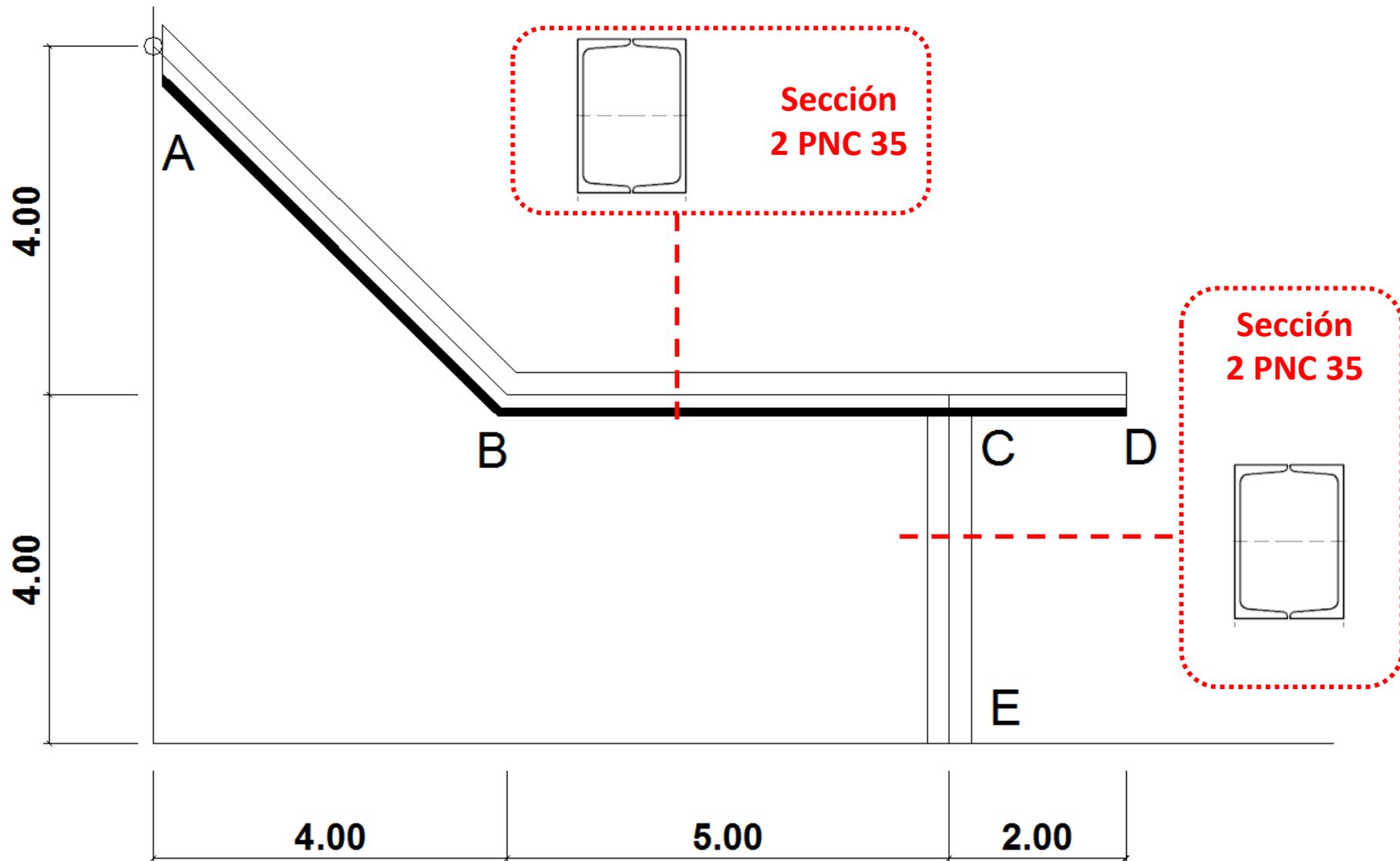
Sección = 2 PNC 35

En tramos ABCD una losa de H.A. descarga: 2000 daN/m

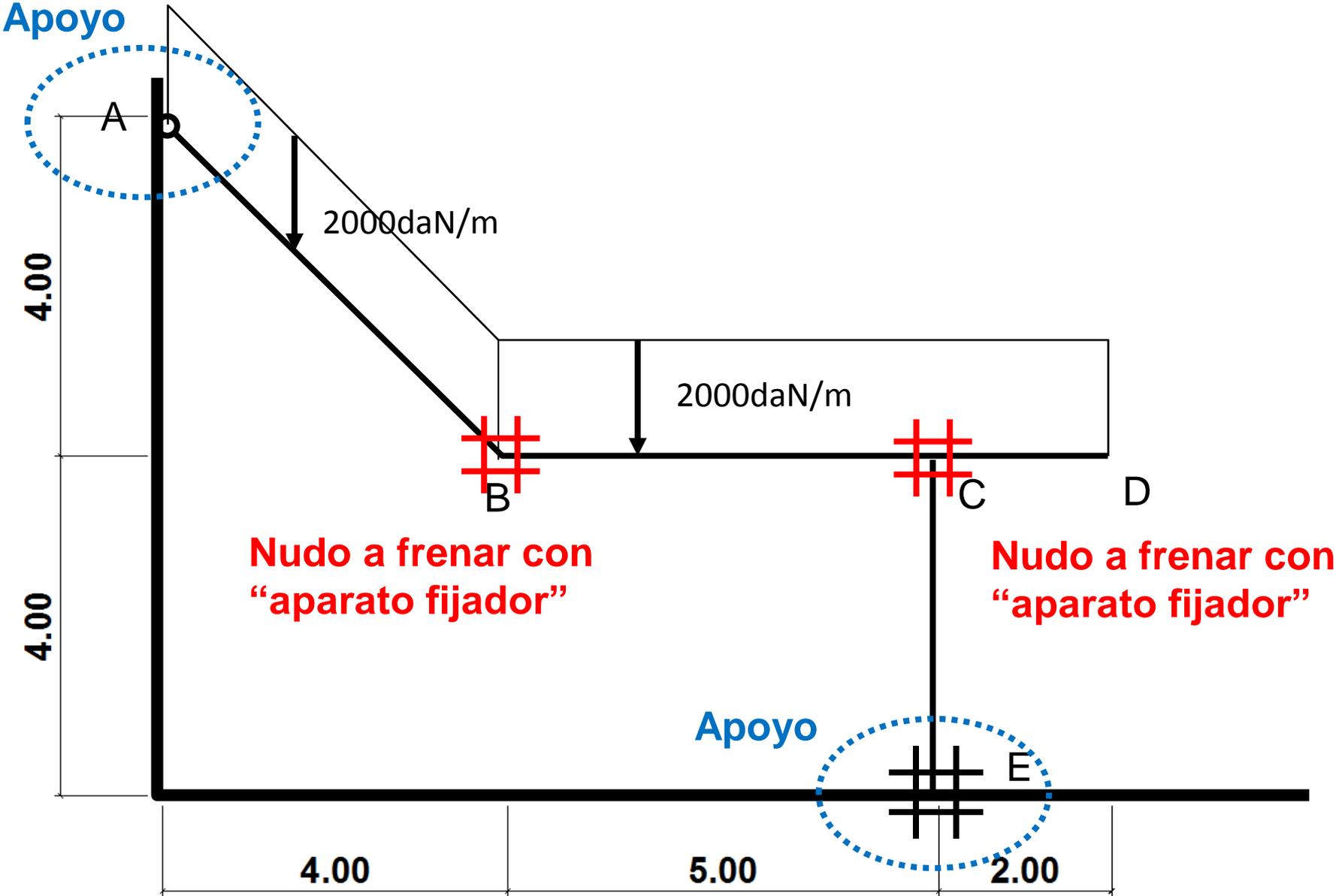
- SE PIDE:
- DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES
  - REACCIONES EN APOYOS



# EJERCICIO 46



# MODELO



# ETAPAS

## 1 Análisis de Rigidez de Barras

- Largo / Inercia
- Vínculos ( $\alpha$ )
- Rigidez ( $\kappa$ )
- Rigidez Flexional ( $\alpha\kappa$ )
- Coef. Transmisión ( $\beta$ )  
⇒ **Coef. Repartición ( $r_i$ )**

## 2 Momentos Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

## 3 ARTIFICIO DE CROSS (equilibrio de los nudos)

Determinación de Momentos en los extremos de las barras

## 4 Descargas Barra por Barra (de fuerzas y momentos hacia los extremos de las barras)

## 5 Caminos Materiales (a los apoyos)

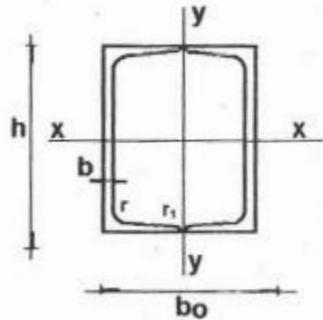
**Nuevo!**  
(Pórticos Hiperestáticos)

## 6 Reacciones en apoyos y Equilibrio Global

## 7 Diagramas de Solicitaciones - Dimensionado

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

Características geometricas de elementos estructurales  
COMBINACION DE PERFILES [ DE ACERO



$h, bo, b, d, r, r1$	mm
$A$	cms <sup>2</sup>
$g$	daN/m
$I_y, I_x$	cms <sup>4</sup>
$W_x, W_y$	cms <sup>3</sup>
$i_x, i_y$	cms

	h	bo	b	d=r	r1	A	g	Ix	Wx	ix	Iy	Wy	iy
24	240	170.00	9.50	13.0	6.50	84.60	66.40	7200.00	600.00	9.22	3821.87	44.96	6.72
26	260	180.00	10.00	14.0	7.00	96.60	75.80	9640.00	741.54	9.99	4893.06	54.37	7.12
28	280	190.00	10.00	15.0	7.50	106.60	83.60	12560.00	897.14	10.9	5976.72	62.91	7.49
30	300	200.00	10.00	16.0	8.00	117.60	92.40	16060.00	1070.67	11.7	7256.90	72.57	7.86
32	320	200.00	14.00	17.5	8.75	151.60	119.00	21740.00	1358.75	12.1	9495.62	94.96	7.91
35	350	200.00	14.00	16.0	8.00	154.60	121.20	25680.00	1467.43	12.9	10069.70	100.70	8.07
38	380	204.00	13.34	16.0	8.00	160.80	126.20	31520.00	1658.95	14.10	11048.60	108.32	8.33
40	400	220.00	14.00	18.0	9.00	183.00	143.60	40700.00	2035.00	14.9	14451.20	131.38	8.89

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

**Inercia Relativa:**

$$I_r = \frac{I_{mi}}{I_m}$$

Siendo:

$I_r$  = Inercia Relativa

$I_{mi}$  = Inercia mínima del tramo considerado

$I_m$  = Inercia mínima de toda la estructura (valor unidad)

Inercia de 2 PNC 35:

$$I_x = 25680 \text{ cm}^4$$

$$I_r = \frac{25680}{25680} = 1$$

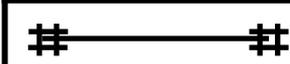
# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

TRAMO	$l$ (m) luz real	$I_r = \frac{I_0}{I_m}$	$\alpha$	$\kappa = \frac{E I_r}{l}$	$\beta$	$\alpha\kappa$
AB	5.66	1				
BC	5	1				
CE	4	1				

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

TRAMO	$l$ (m) luz real	$I_r = \frac{I_0}{I_m}$	$\alpha$	$\kappa = \frac{E I_r}{l}$	$\beta$	$\alpha\kappa$
AB	5.66	1				
BC	5	1				
CE	4	1				

En el caso de Inercia constante:

	$\alpha$	$\beta$
	0.75	---
	1	0.5

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

$$\cong \kappa = \frac{I_r}{L}$$

TRAMO	$l$ (m) luz real	$I_r = \frac{I_0}{I_m}$	$\alpha$	$\kappa = \frac{E I_r}{l}$	$\beta$	$\alpha\kappa$
AB	5.66	1	0.75		-	
BC	5	1	1		0.5	
CE	4	1	1		0.5	

En el caso de Inercia constante:

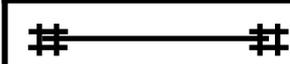
	$\alpha$	$\beta$
○ ———— ‡	0.75	---
‡ ———— ‡	1	0.5

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

$$\cong \kappa = \frac{I_r}{L}$$

TRAMO	$l$ (m) luz real	$I_r = \frac{I_0}{I_m}$	$\alpha$	$\kappa = \frac{E I_r}{l}$	$\beta$	$\alpha\kappa$
AB	5.66	1	0.75	0.177	-	
BC	5	1	1	0.200	0.5	
CE	4	1	1	0.250	0.5	

En el caso de Inercia constante:

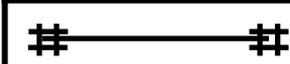
	$\alpha$	$\beta$
	0.75	---
	1	0.5

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS

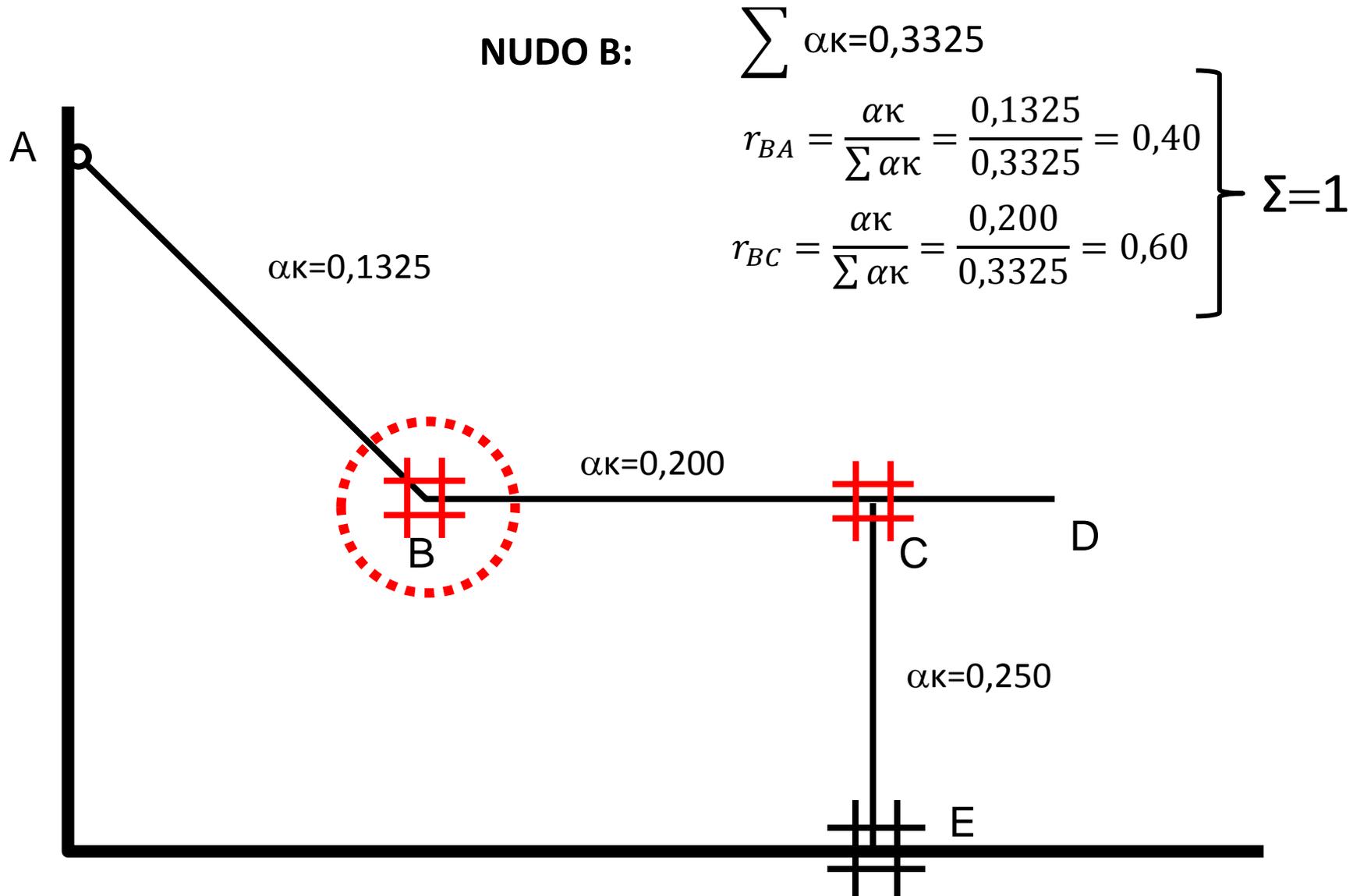
$$\cong \kappa = \frac{I_r}{L}$$

TRAMO	$l$ (m) luz real	$I_r = \frac{I_0}{I_m}$	$\alpha$	$\kappa = \frac{E I_r}{l}$	$\beta$	$\alpha\kappa$
AB	5.66	1	0.75	0.177	-	0.1325
BC	5	1	1	0.200	0.5	0.200
CE	4	1	1	0.250	0.5	0.250

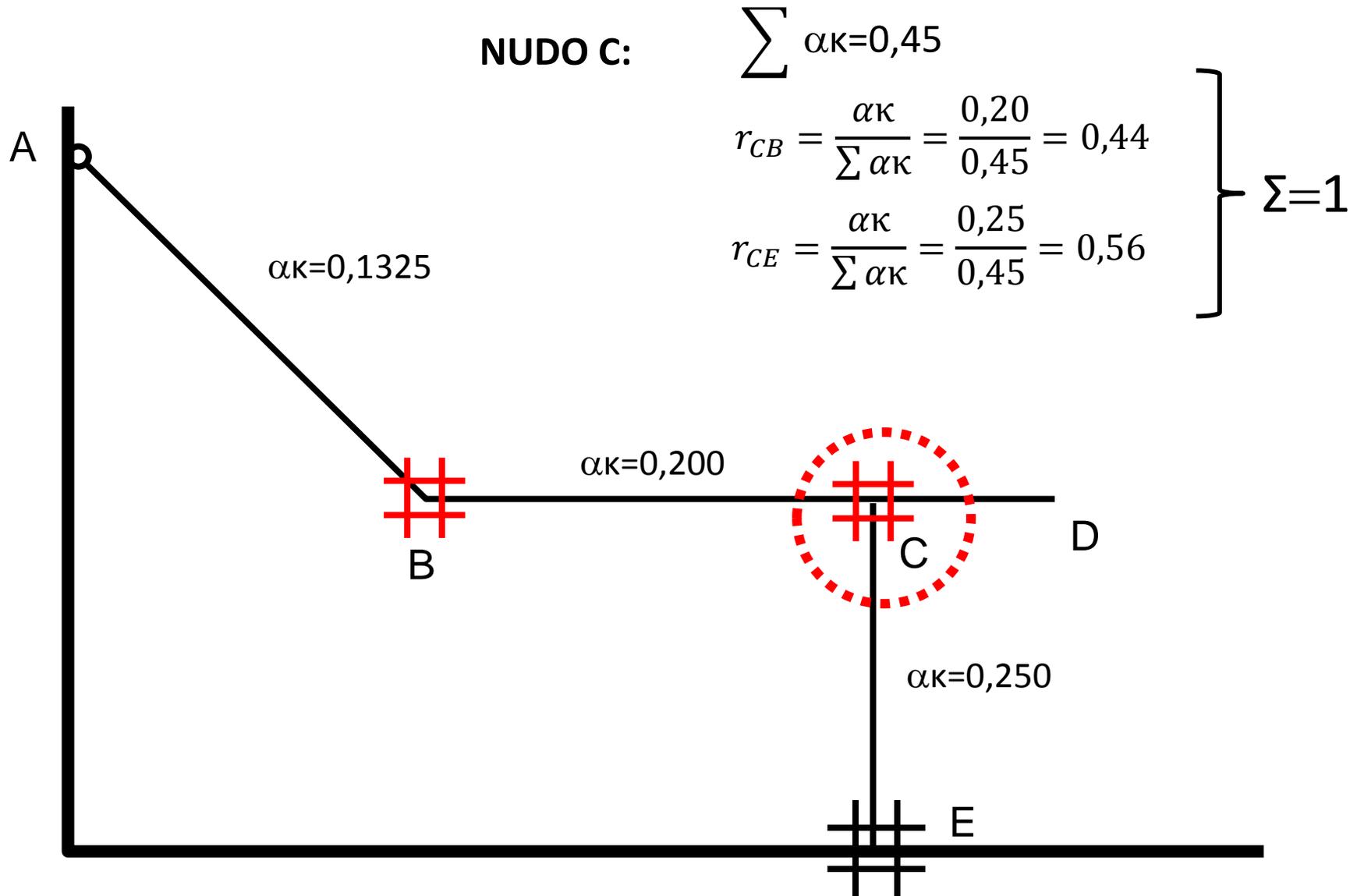
En el caso de Inercia constante:

	$\alpha$	$\beta$
	0.75	---
	1	0.5

# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS



# ANÁLISIS DE RIGIDEZ DE LAS BARRAS



# ETAPAS

## 1 Análisis de Rigidez de Barras

- Largo / Inercia
  - Vínculos ( $\alpha$ )
  - Rigidez ( $\kappa$ )
  - Rigidez Flexional ( $\alpha\kappa$ )
  - Coef. Transmisión ( $\beta$ )
- ⇒ **Coef. Repartición ( $r_i$ )**

## 2 Momentos Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

## 3 ARTIFICIO DE CROSS

(equilibrio de los nudos)

Determinación de Momentos en los extremos de las barras

## 4 Descargas Barra por Barra

(de fuerzas y momentos hacia los extremos de las barras)

## 5 Caminos Materiales

(a los apoyos)

**Nuevo!**  
(Pórticos Hiperestáticos)

## 6 Reacciones en apoyos y Equilibrio Global

## 7 Diagramas de Solicitaciones - Dimensionado

# MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO:

Los MEP son generados por cargas perpendiculares al eje de la barra.

Tramo CE:  $M_{CE} = M_{EC} = 0$

Tramo AB:

$$M_{BA} = \frac{p_i \cdot l_h \cdot l_i}{8} = \frac{2000 \times 4 \times 5,66}{8} = 5660 \text{ daNm}$$

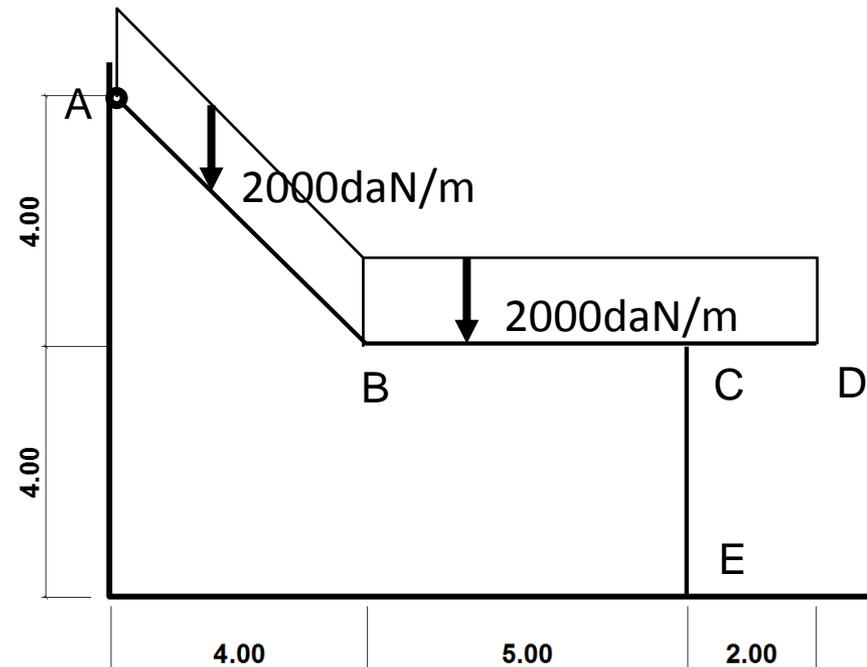
Tramo BC:

$$M_{BC} = M_{CB} = \frac{p \cdot l^2}{12} = \frac{2000 \times 5^2}{12} = 4167 \text{ daNm}$$

Tramo CD (ménsula):

$$M_{ménsula} = \frac{p \cdot l^2}{2} =$$

$$M_{ménsula} = \frac{2000 \times 2^2}{2} = 4000 \text{ daNm}$$



# ETAPAS

**1** Análisis de Rigidez de Barras

- Largo / Inercia
  - Vínculos ( $\alpha$ )
  - Rigidez ( $\kappa$ )
  - Rigidez Flexional ( $\alpha\kappa$ )
  - Coef. Transmisión ( $\beta$ )
- ⇒ **Coef. Repartición ( $r_i$ )**

**2** Momentos Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

**3** ARTIFICIO DE CROSS  
(equilibrio de los nudos)

Determinación de Momentos en los extremos de las barras

**4** Descargas Barra por Barra  
(de fuerzas y momentos hacia los extremos de las barras)

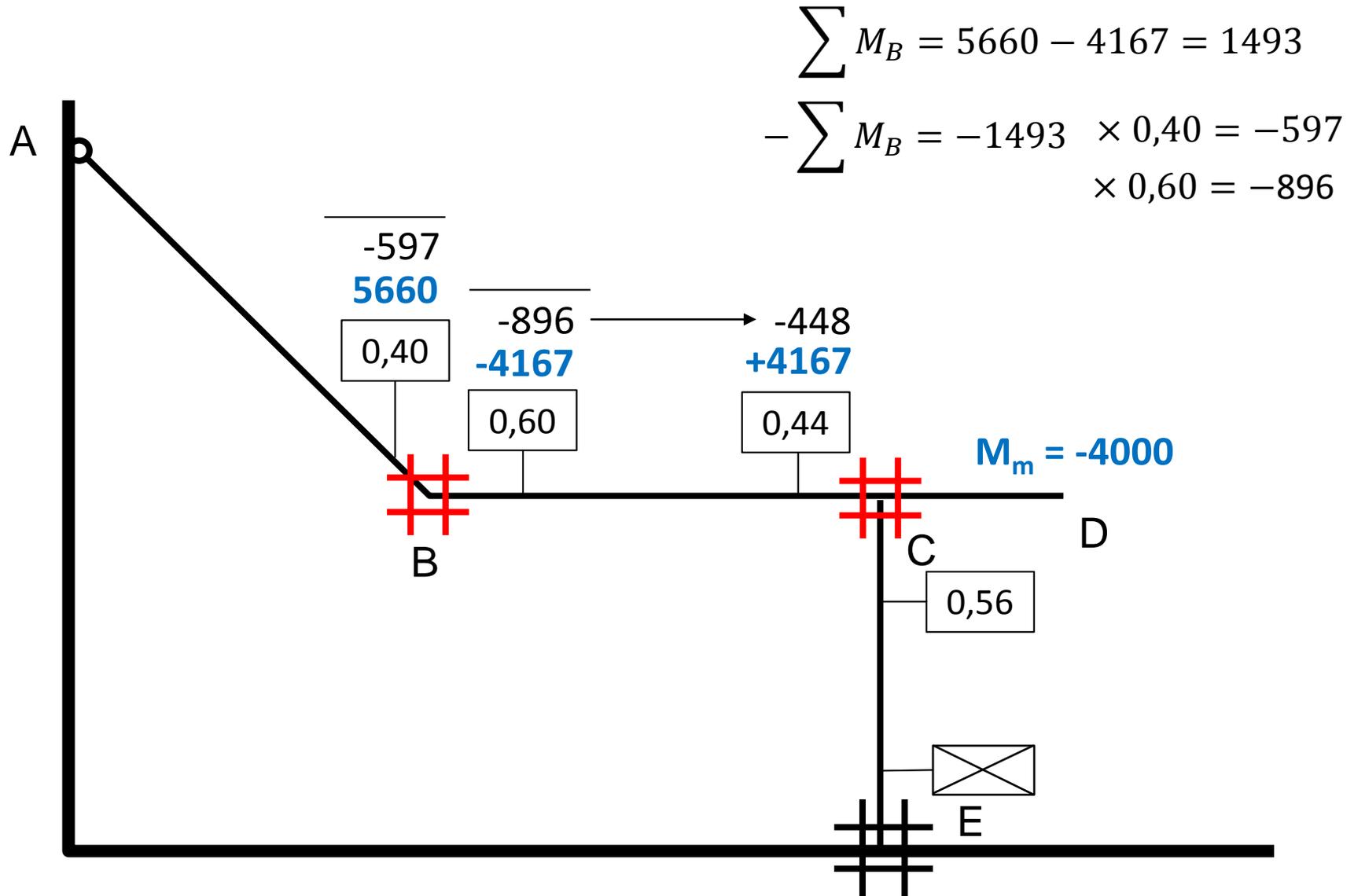
**5** Caminos Materiales  
(a los apoyos)

**Nuevo!**  
(Pórticos Hiperestáticos)

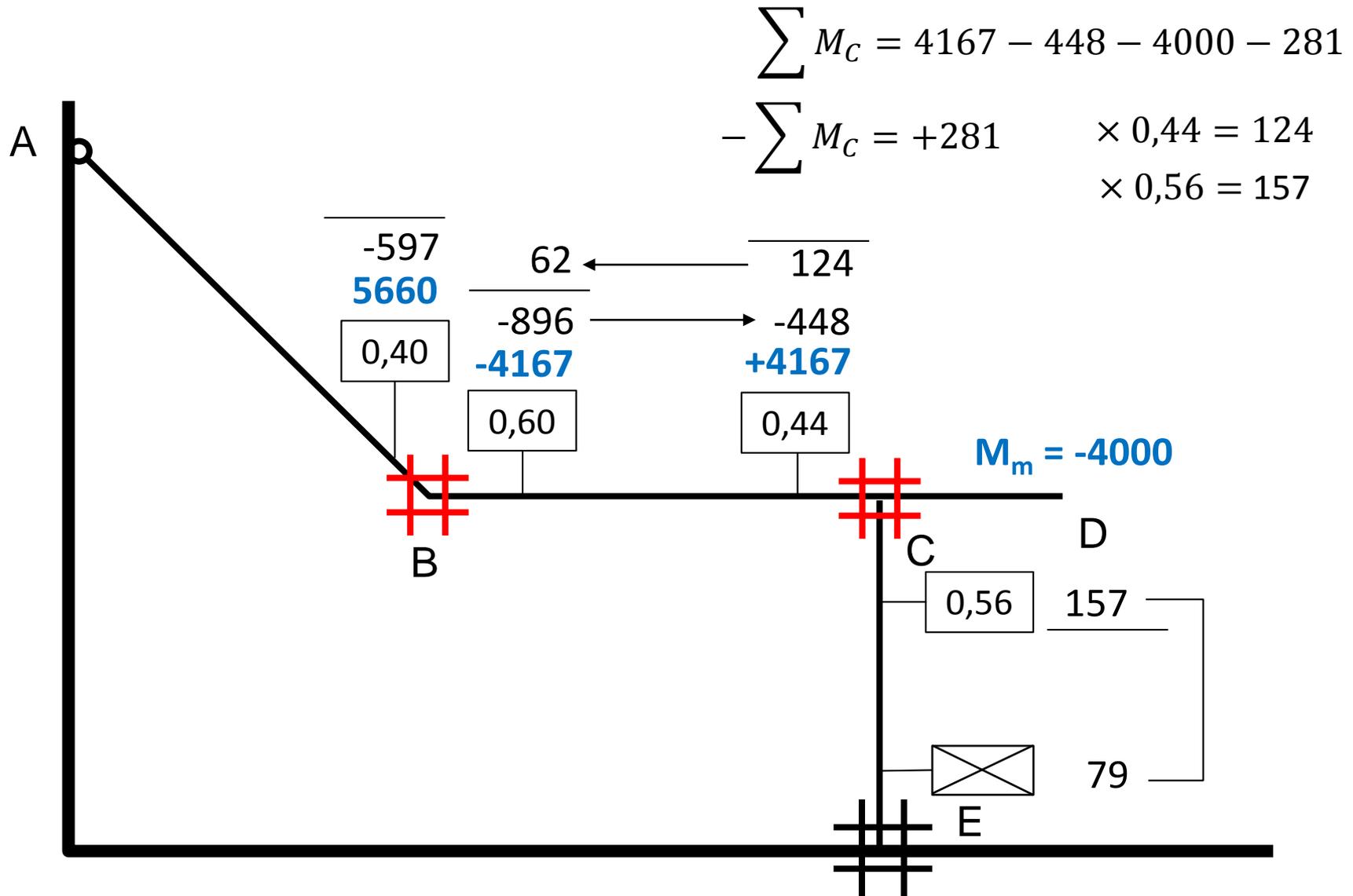
**6** Reacciones en apoyos y Equilibrio Global

**7** Diagramas de Solicitaciones - Dimensionado

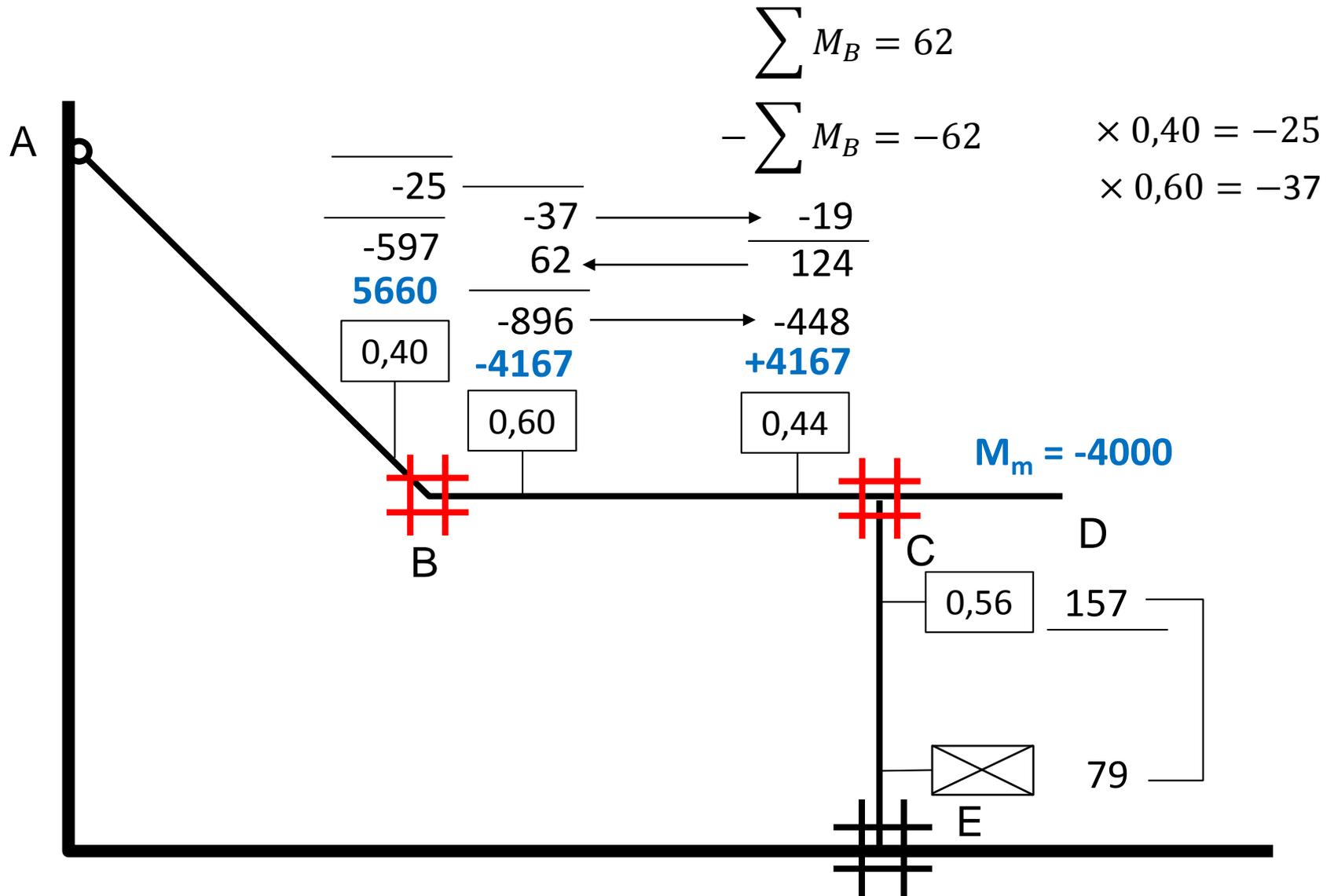
# ARTIFICIO DE CROSS



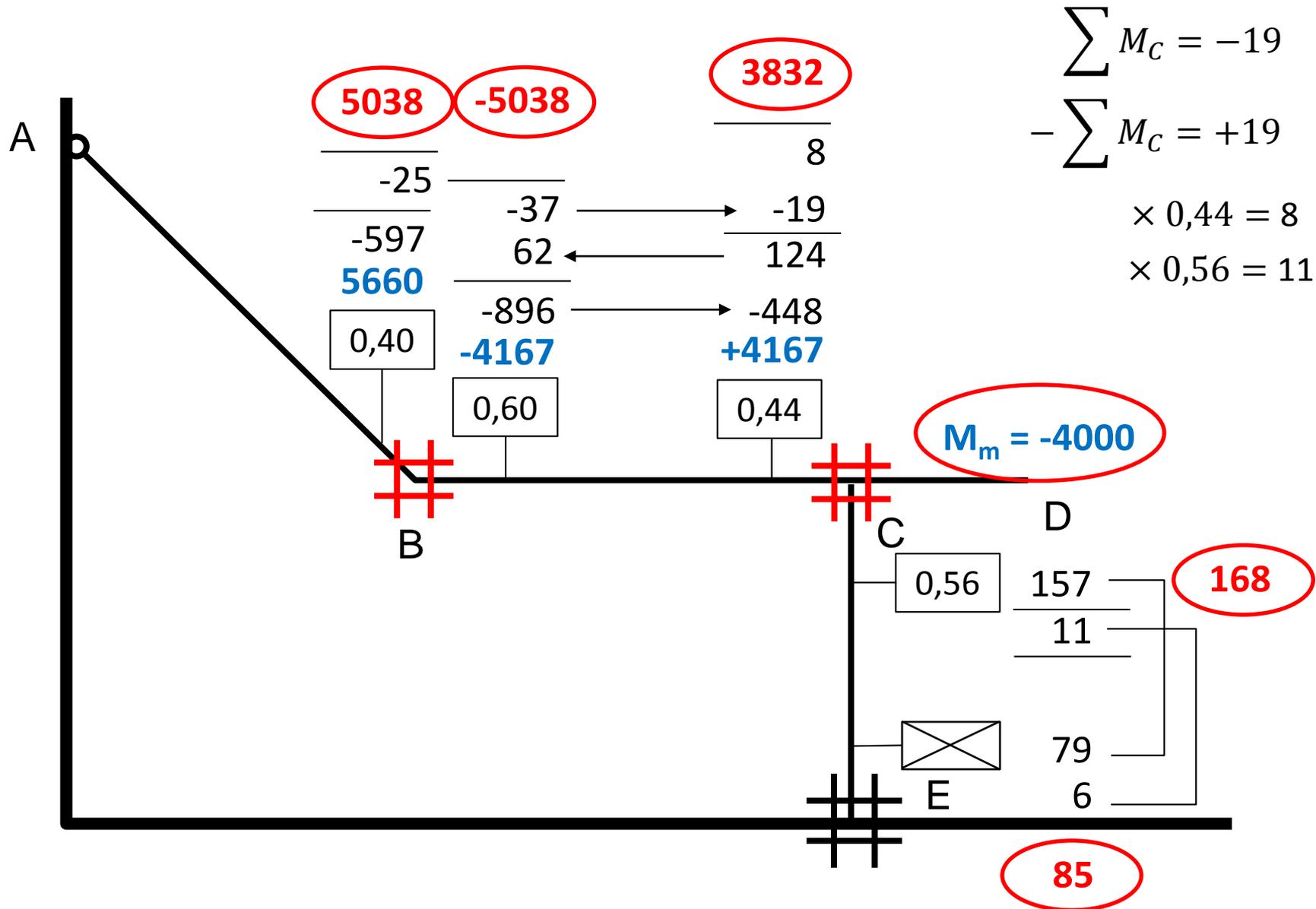
# ARTIFICIO DE CROSS



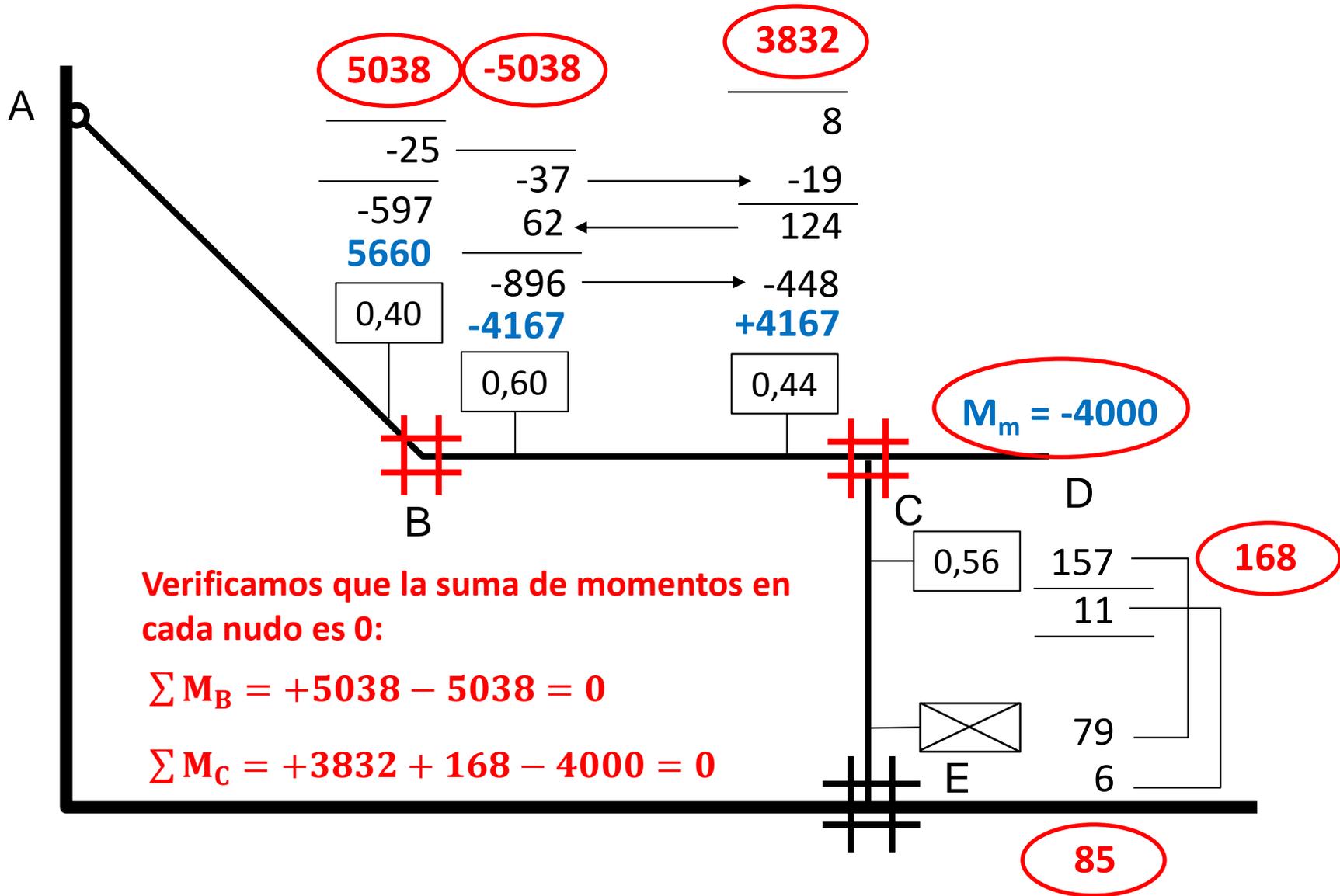
# ARTIFICIO DE CROSS



# ARTIFICIO DE CROSS



# ARTIFICIO DE CROSS



# ETAPAS

## 1 Análisis de Rigidez de Barras

- Largo / Inercia
- Vínculos ( $\alpha$ )
- Rigidez ( $\kappa$ )
- Rigidez Flexional ( $\alpha\kappa$ )
- Coef. Transmisión ( $\beta$ )  
⇒ **Coef. Repartición ( $r_i$ )**

## 2 Momentos Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

## 3 ARTIFICIO DE CROSS (equilibrio de los nudos)

Determinación de Momentos en los extremos de las barras

## 4 Descargas Barra por Barra

(de fuerzas y momentos hacia los extremos de las barras)

## 5 Caminos Materiales (a los apoyos)

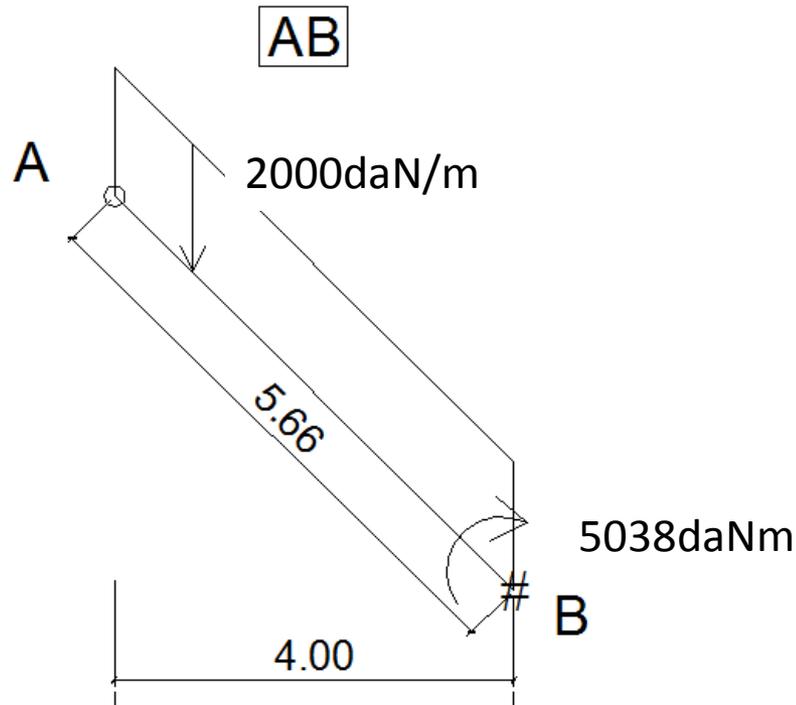
**Nuevo!**  
(Pórticos Hiperestáticos)

## 6 Reacciones en apoyos y Equilibrio Global

## 7 Diagramas de Solicitaciones - Dimensionado

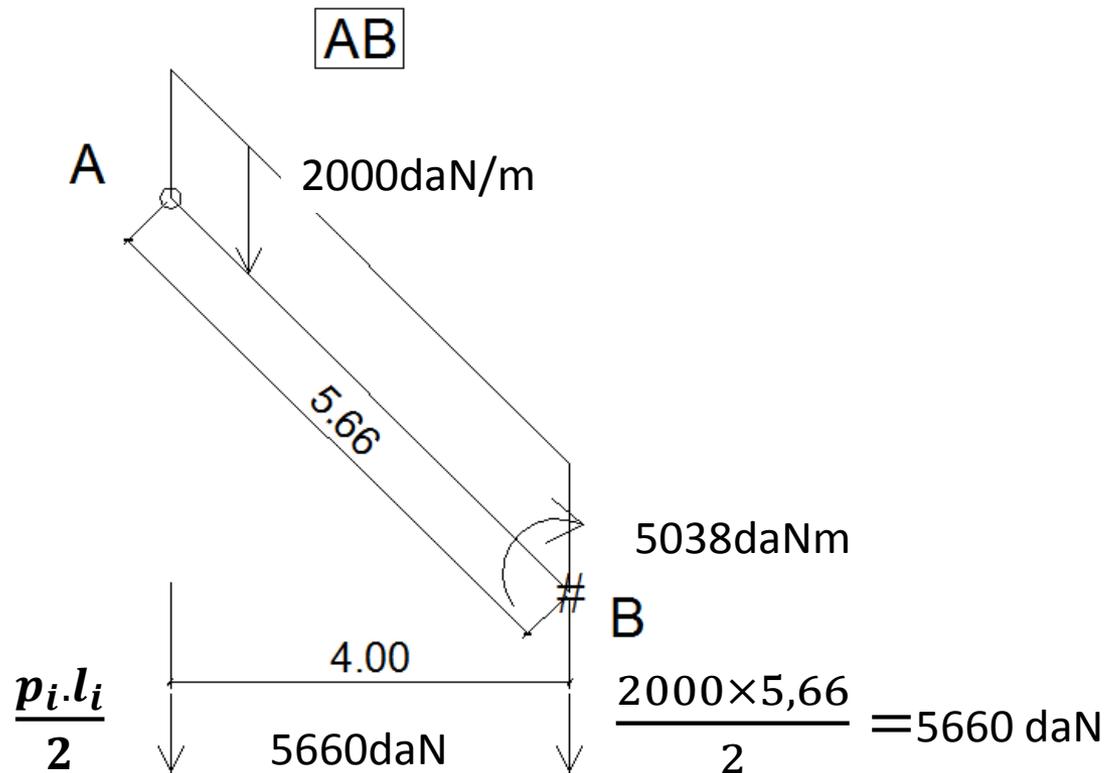
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



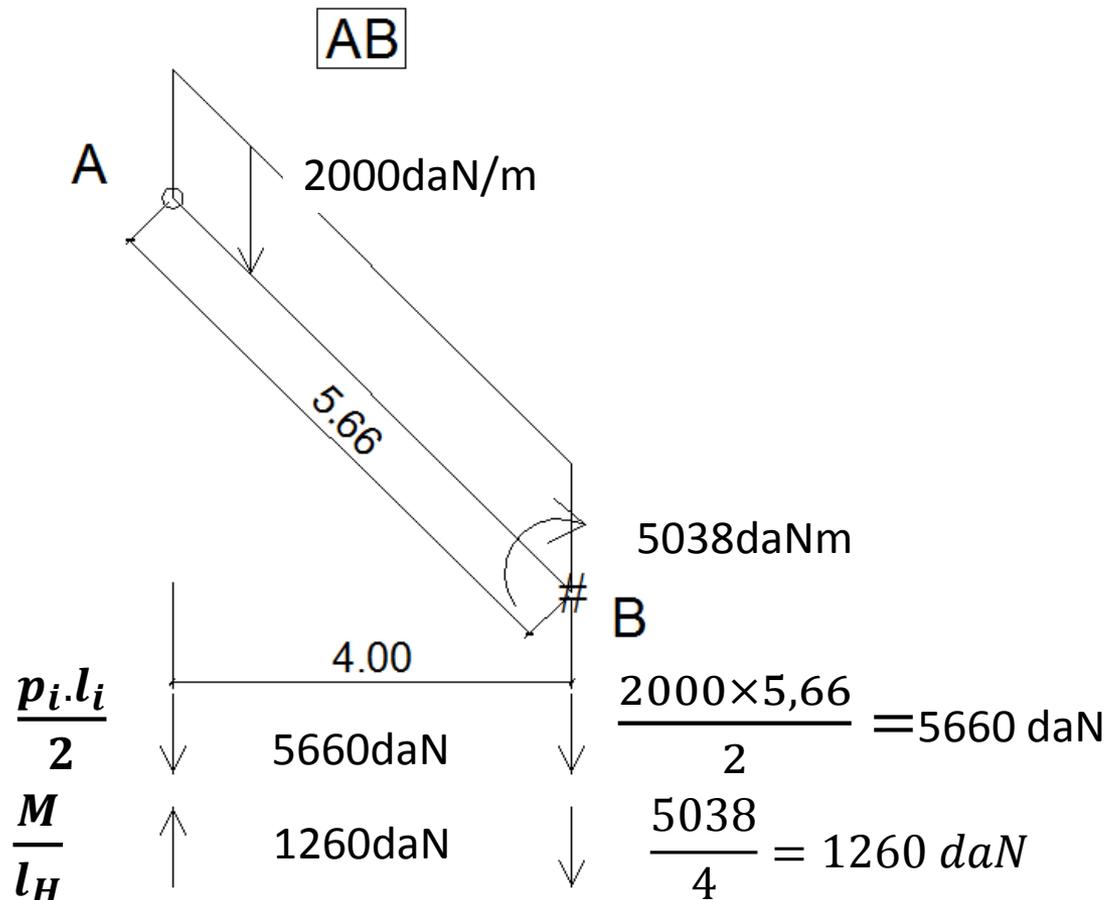
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



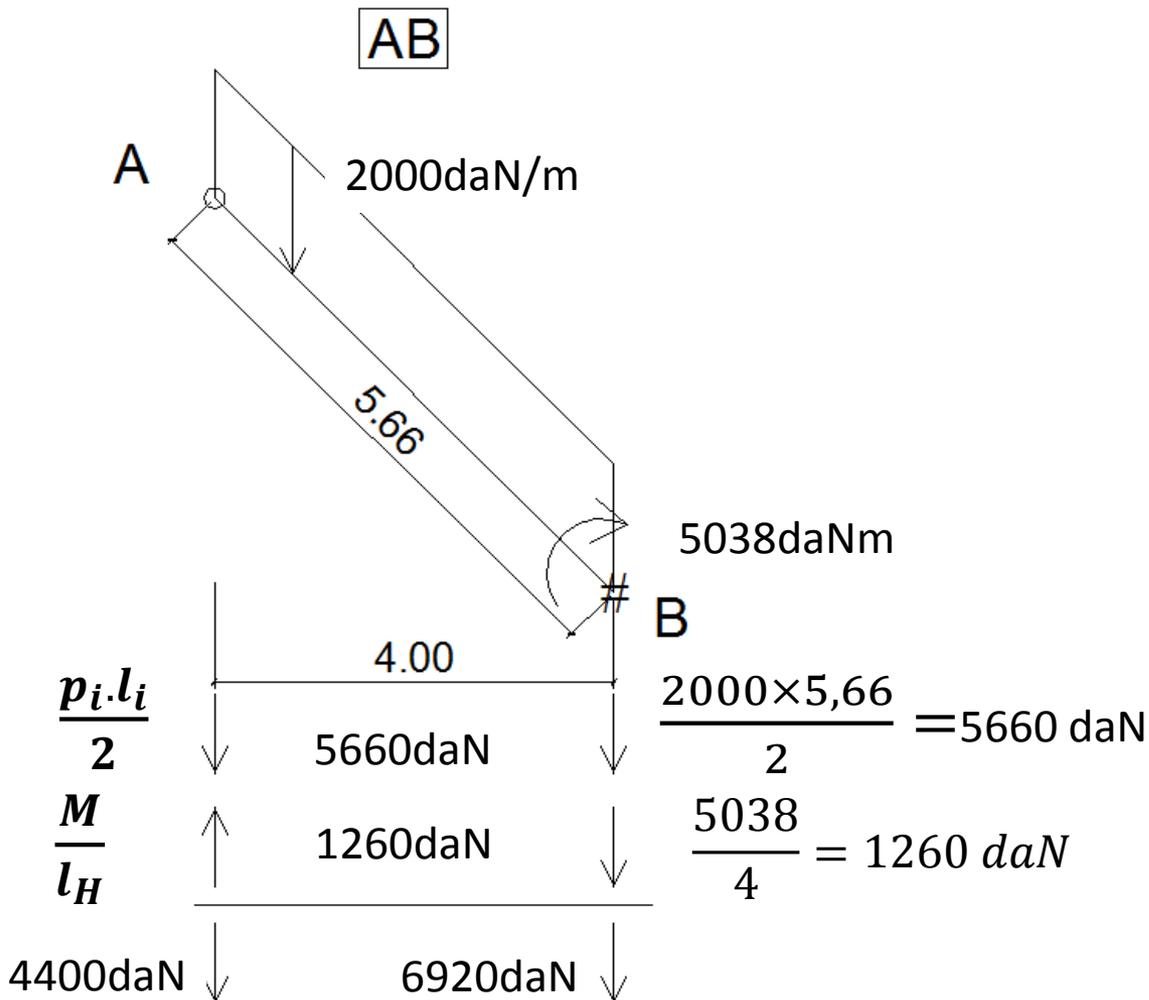
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



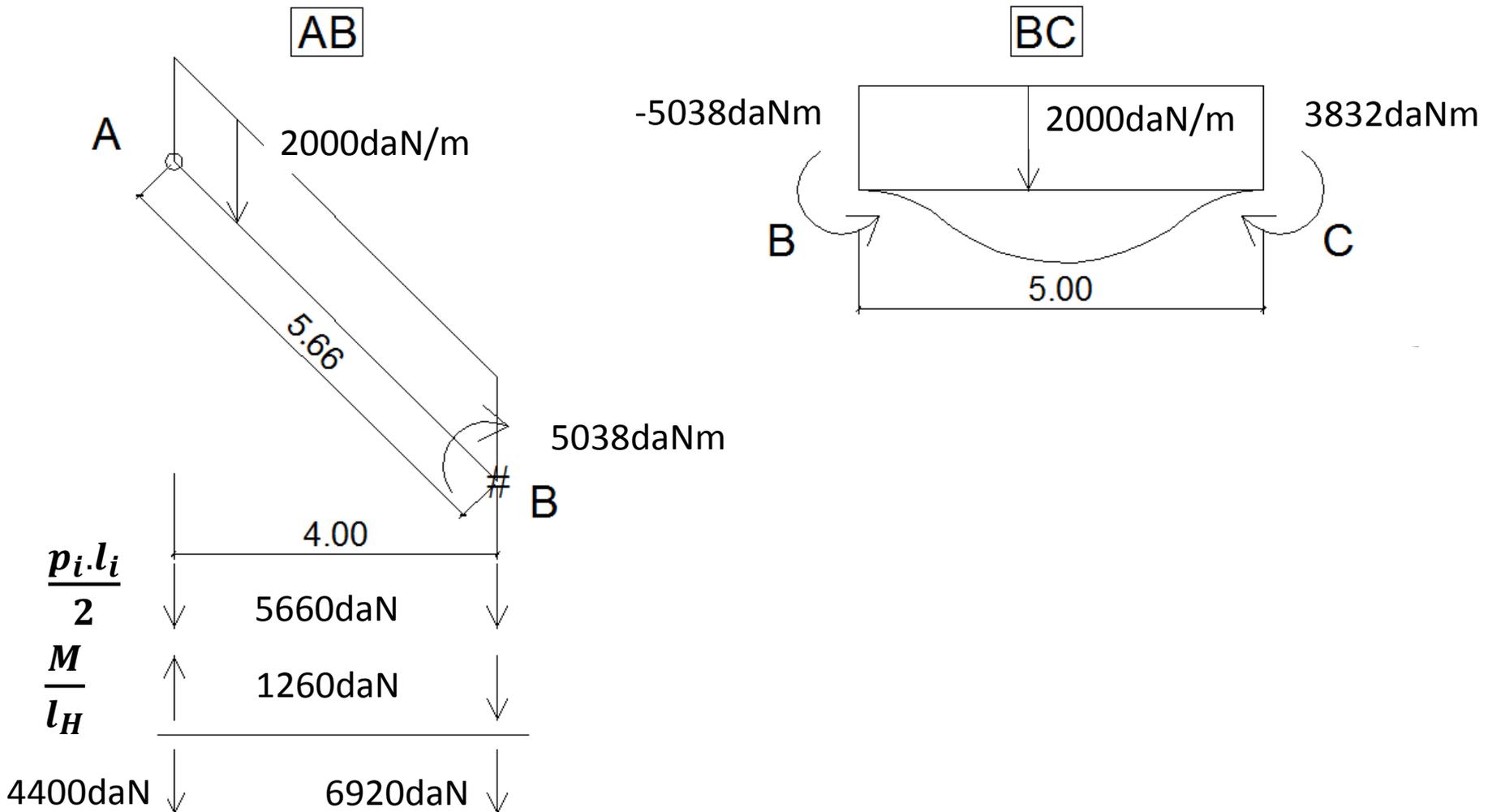
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



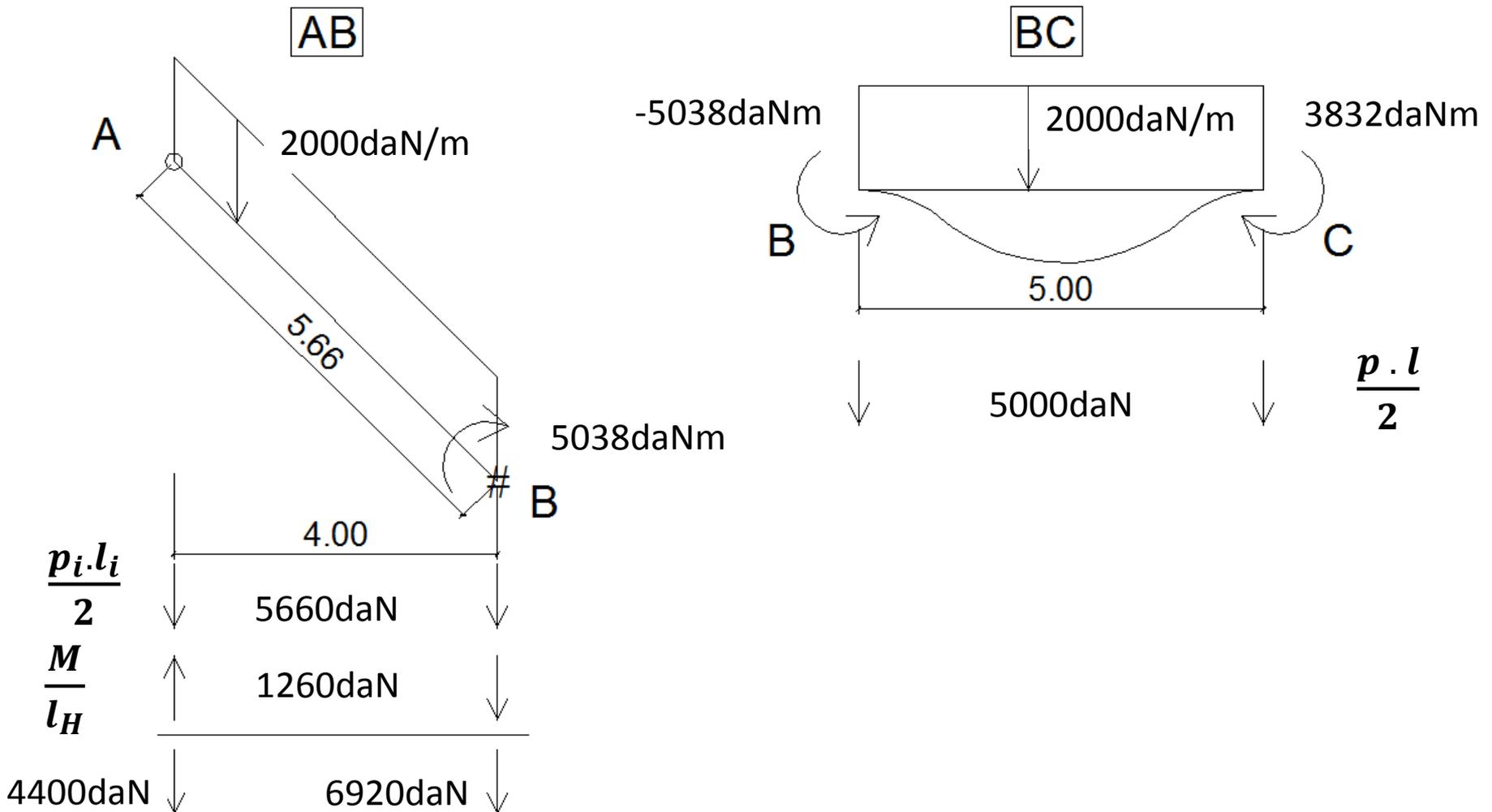
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



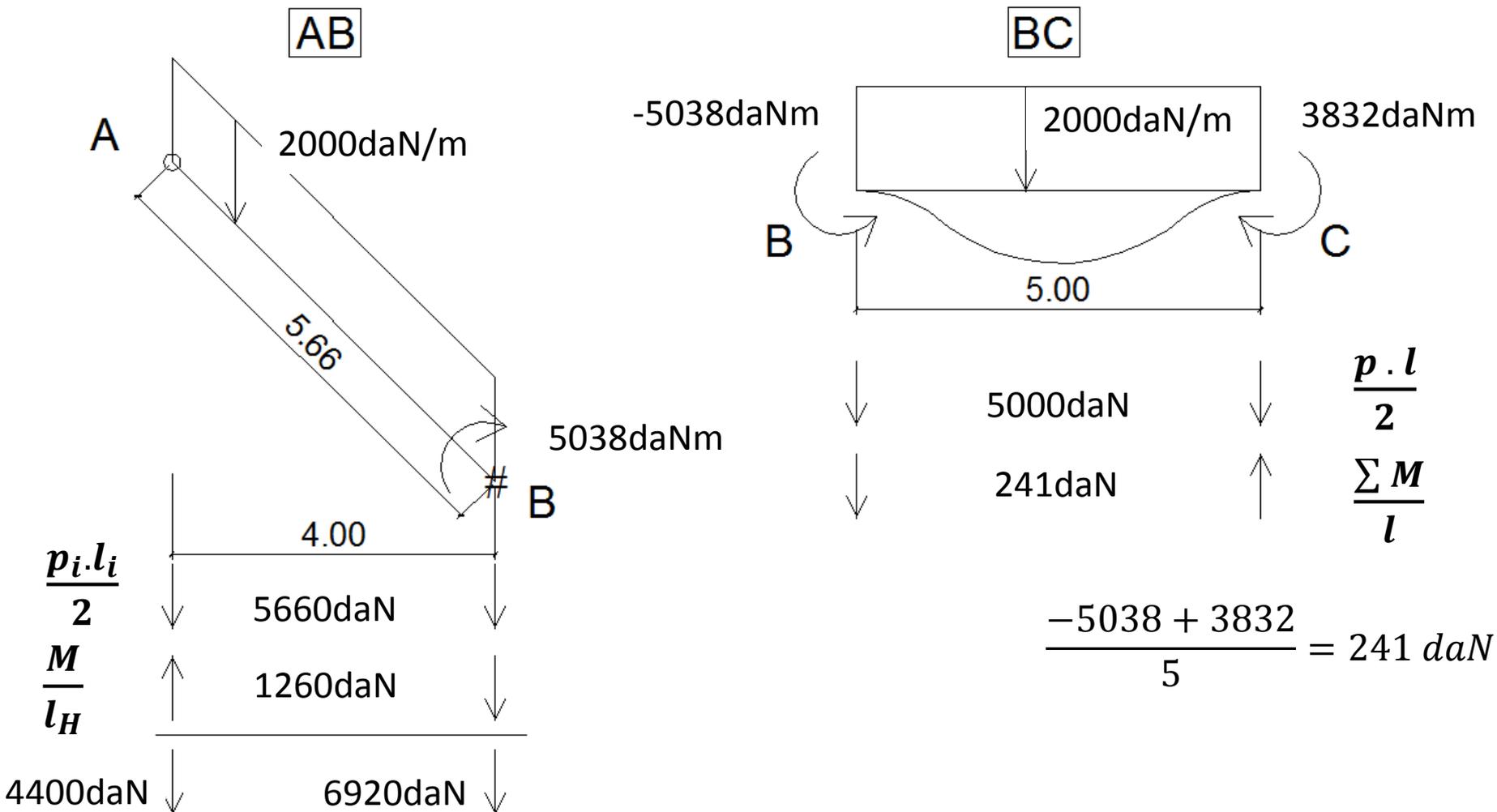
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



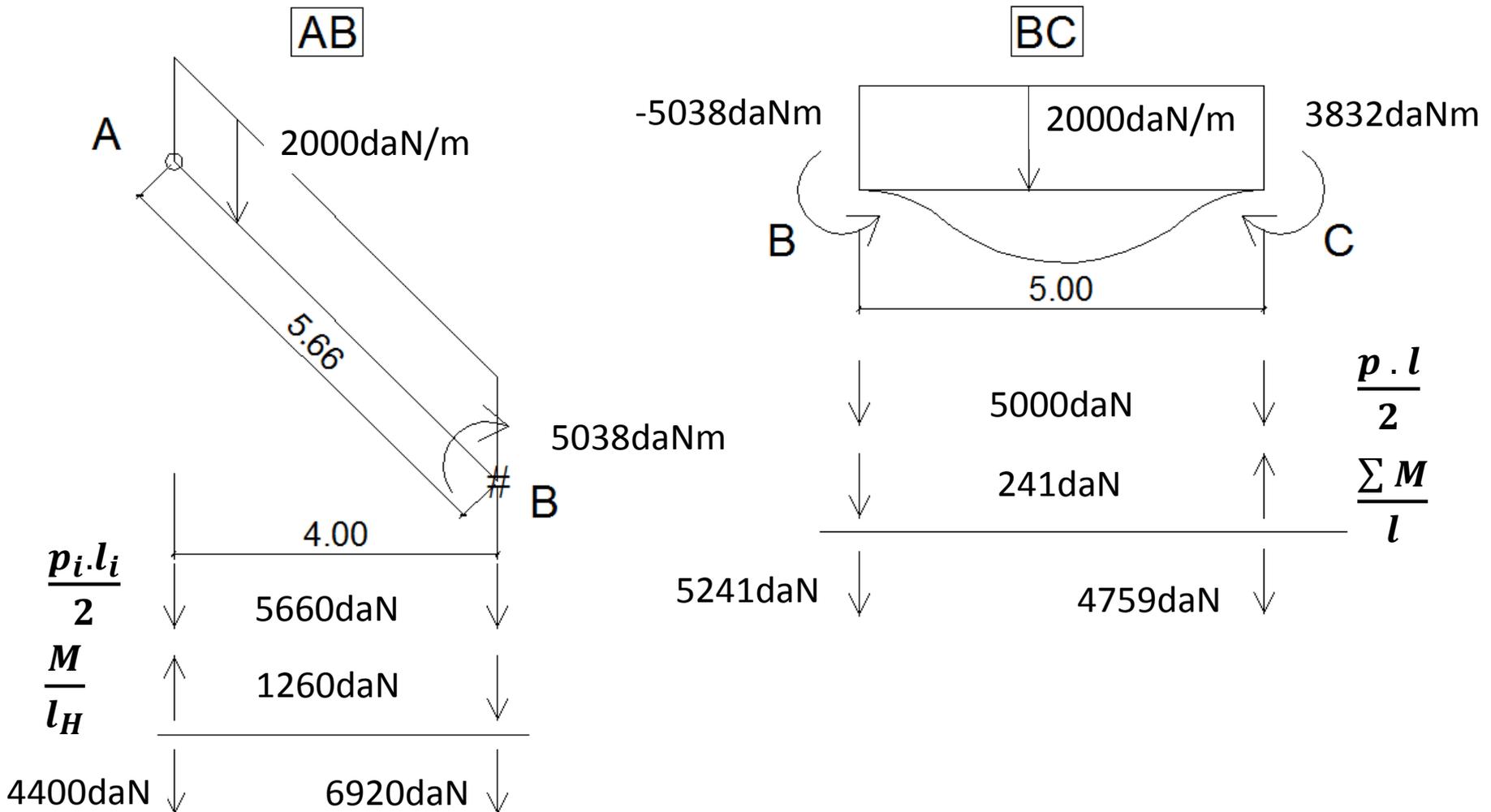
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



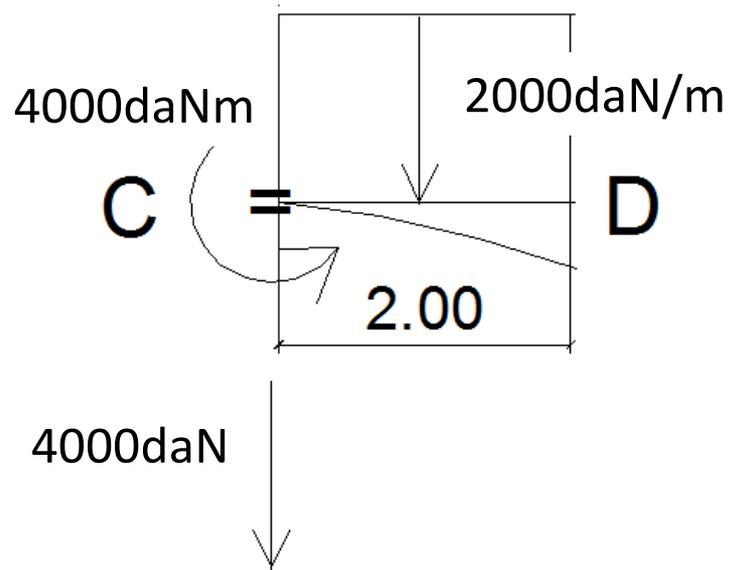
# DESCARGAS BARRA x BARRA

Aislamos cada barra, considerando su carga y los momentos, y determinamos las descargas en cada extremo



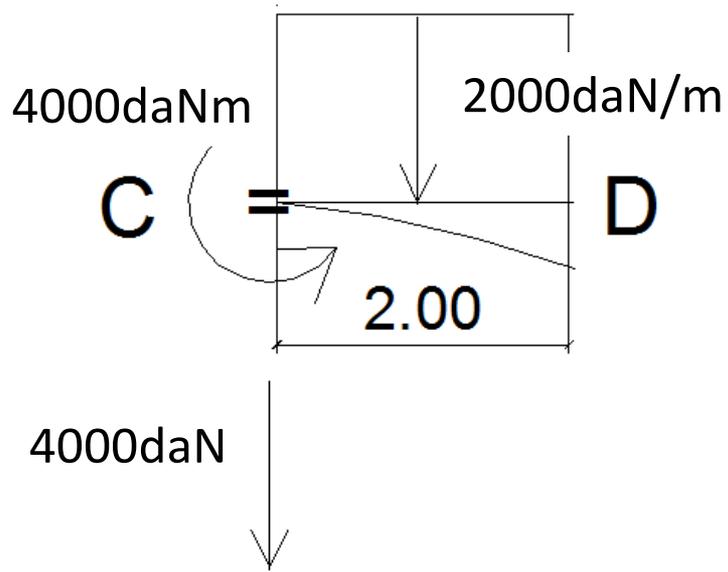
# DESCARGAS BARRA x BARRA

CD

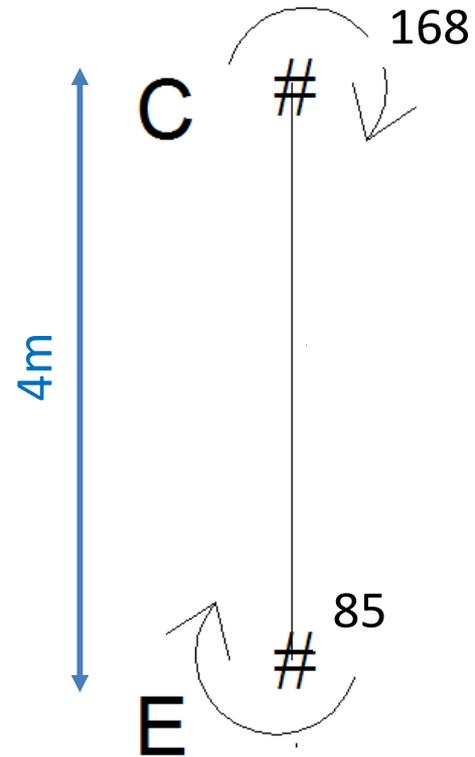


# DESCARGAS BARRA x BARRA

CD

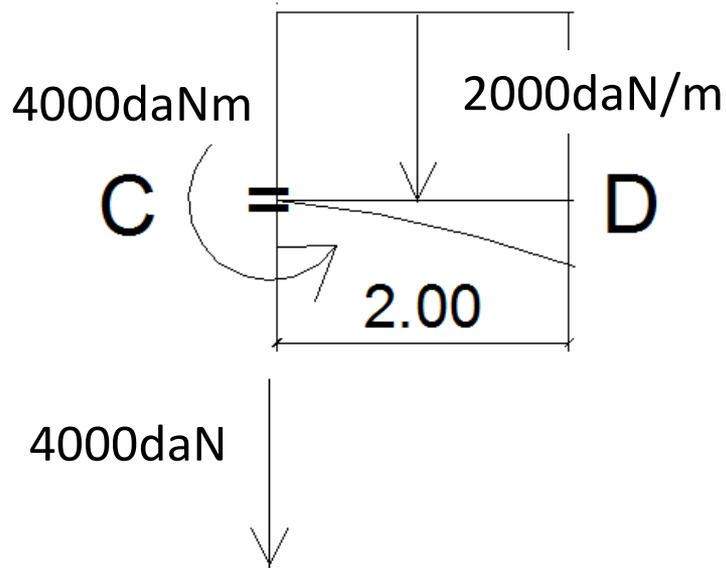


CE

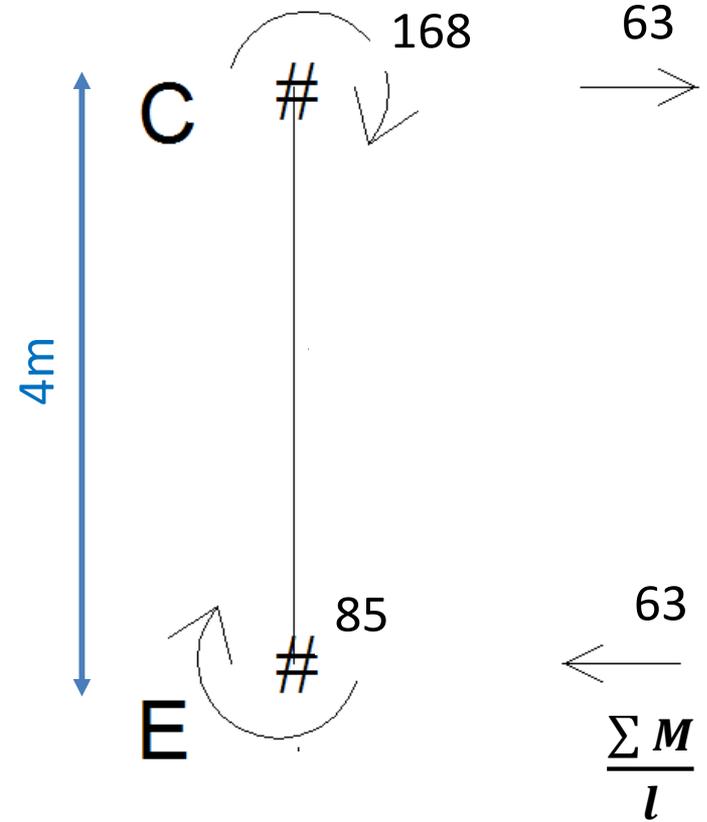


# DESCARGAS BARRA x BARRA

CD



CE



$$\frac{+168 + 85}{4} = 63 \text{ daN}$$

# ETAPAS

## 1 Análisis de Rigidez de Barras

- Largo / Inercia
  - Vínculos ( $\alpha$ )
  - Rigidez ( $\kappa$ )
  - Rigidez Flexional ( $\alpha\kappa$ )
  - Coef. Transmisión ( $\beta$ )
- ⇒ **Coef. Repartición ( $r_i$ )**

## 2 Momentos Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

## 3 ARTIFICIO DE CROSS (equilibrio de los nudos)

Determinación de Momentos en los extremos de las barras

## 4 Descargas Barra por Barra (de fuerzas y momentos hacia los extremos de las barras)

## 5 Caminos Materiales (a los apoyos)

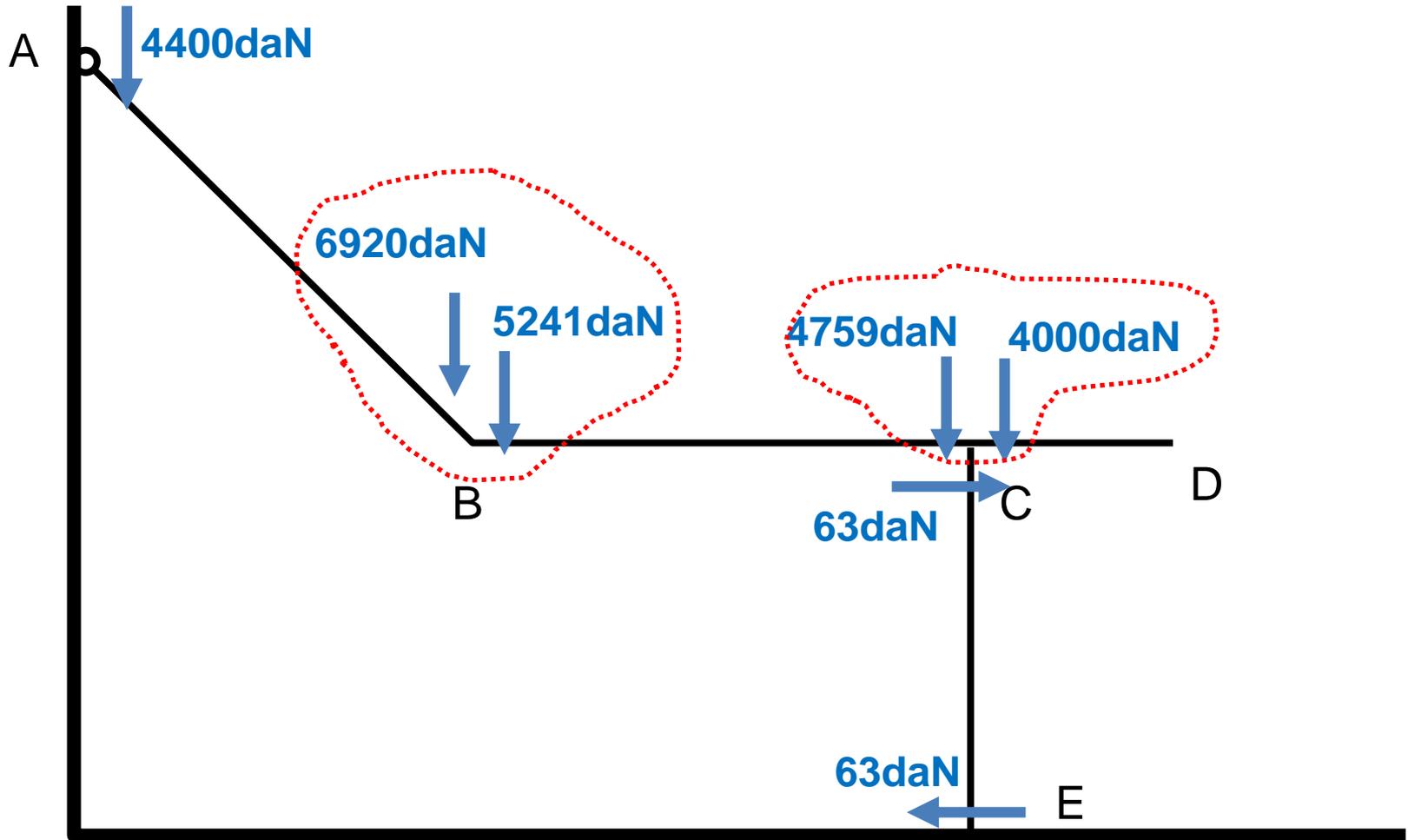
**Nuevo!**  
(Pórticos Hiperestáticos)

## 6 Reacciones en apoyos y Equilibrio Global

## 7 Diagramas de Solicitaciones - Dimensionado

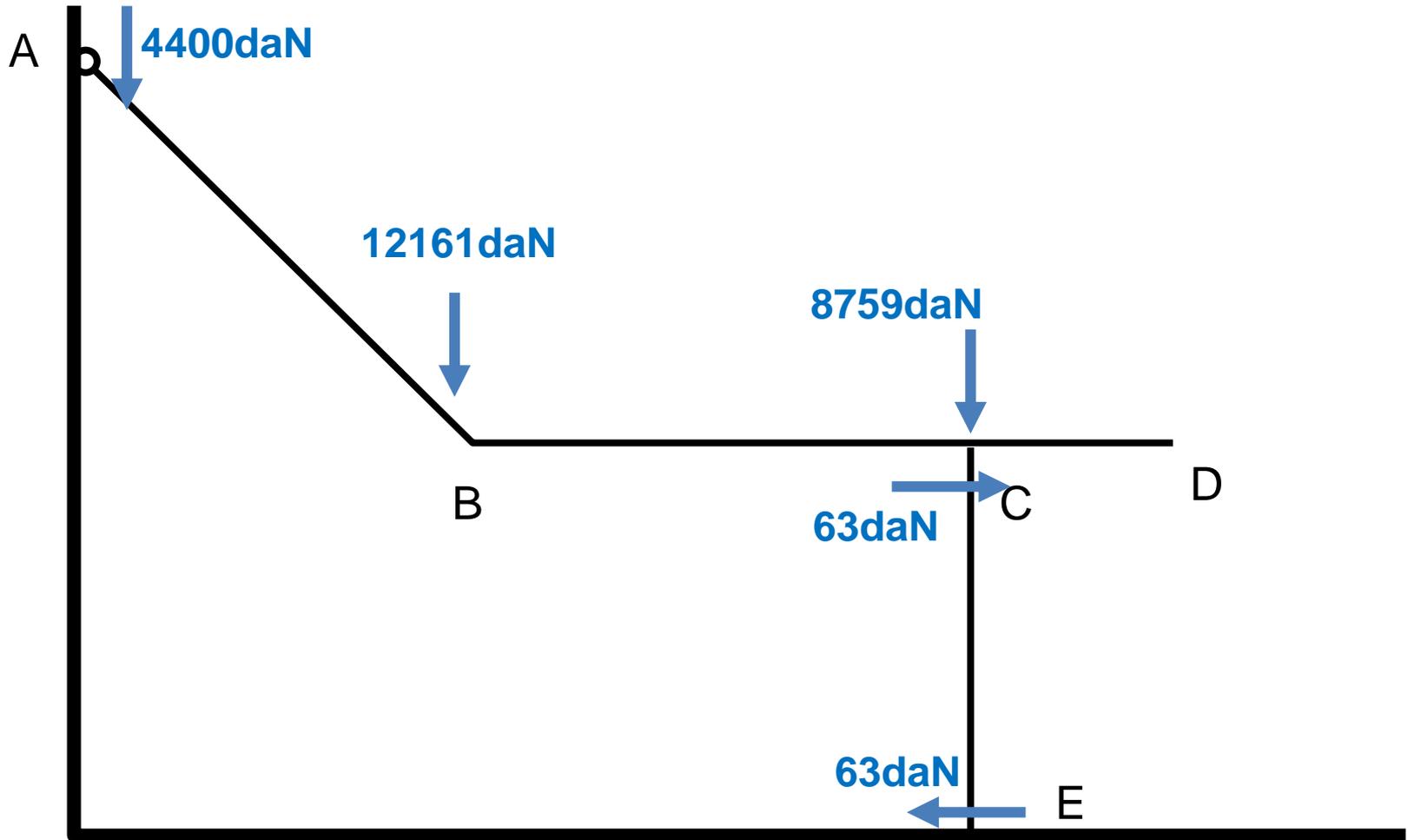
# CAMINOS MATERIALES

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos



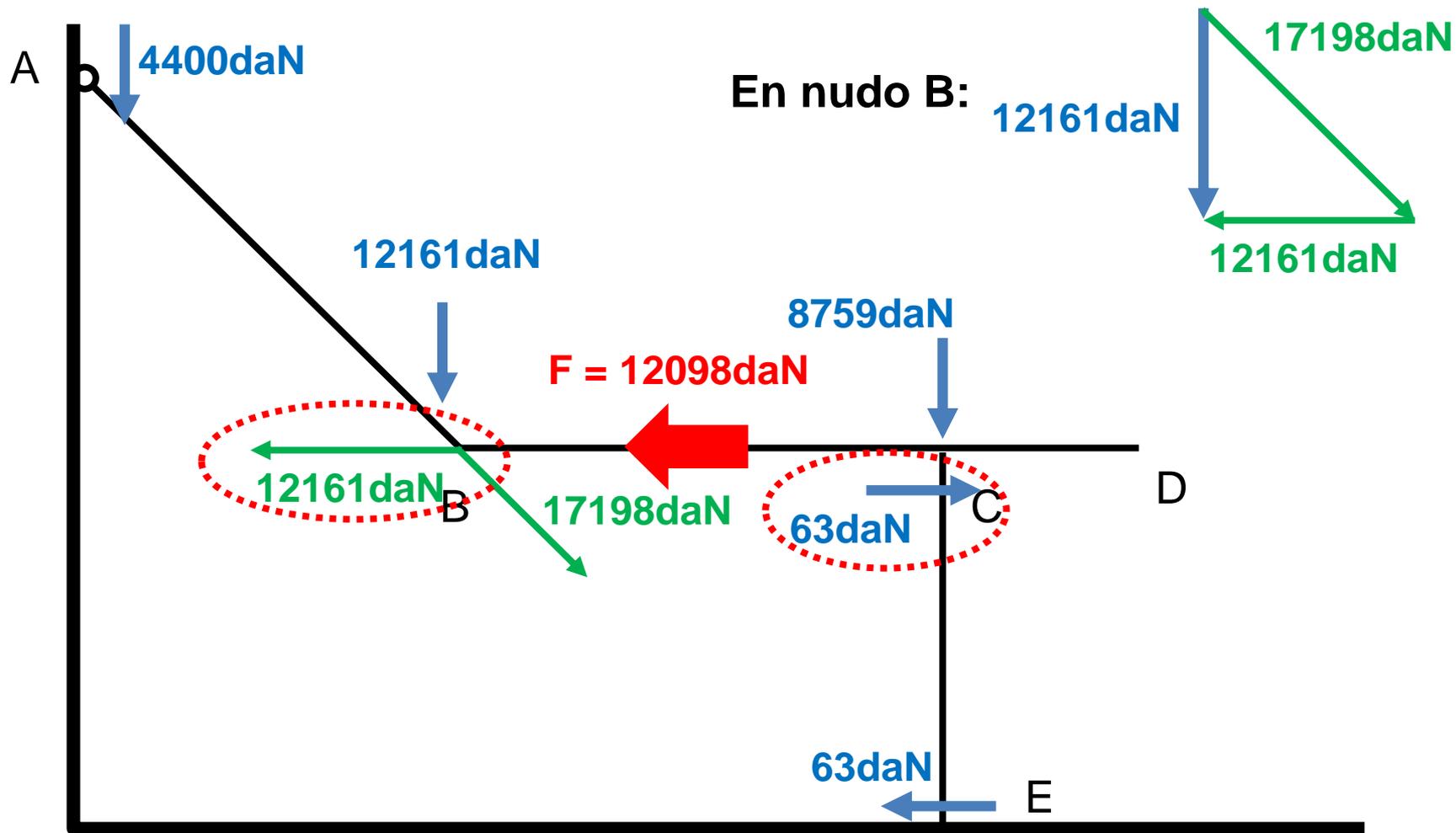
# CAMINOS MATERIALES

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos



# CAMINOS MATERIALES

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos



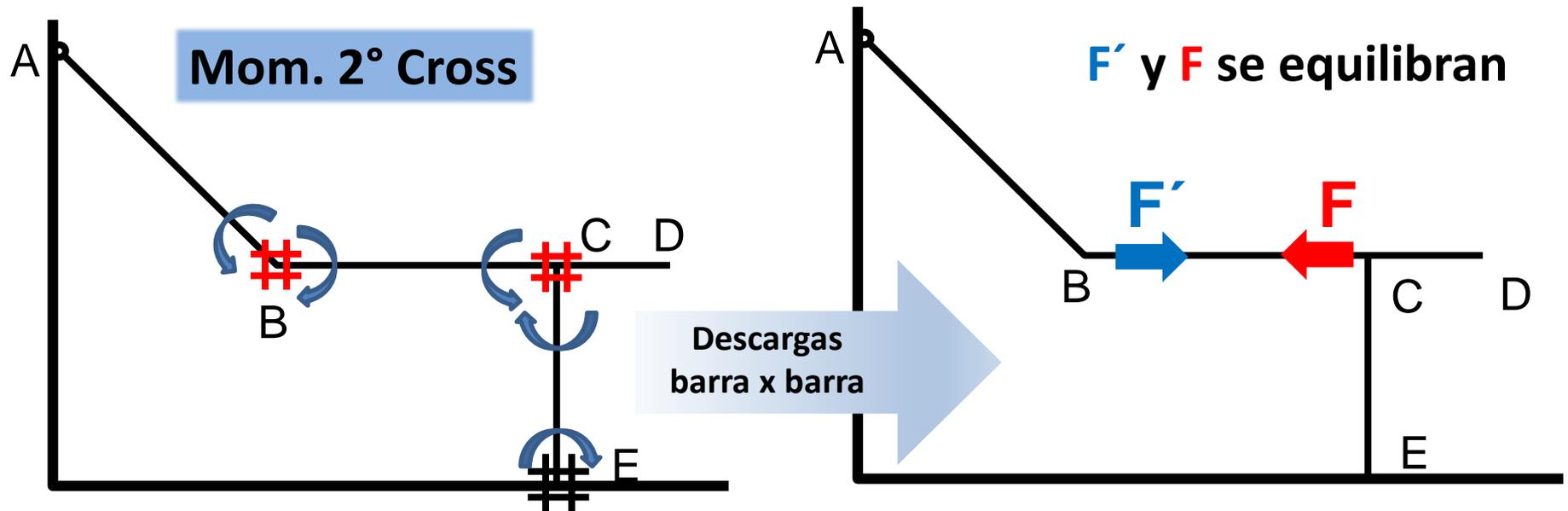
# CAMINOS MATERIALES

$F=12098$  → no encuentra Cnos. Materiales hacia los apoyos

**FUERZA DE DESVIACIÓN** que desplaza la estructura

Debemos encontrar un sistema de momentos que generen una **fuerza opuesta ( $F'$ )** que anule a  $F$

→ 2° artificio de Cross



# ETAPAS

**1** Análisis de Rigidez de Barras

**2** Mom. Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

**3** ARTIFICIO DE CROSS  
(momentos en los extremos de las barras)

**4** Descargas Barra por Barra

**5** Caminos Materiales 

**6** Reacciones en los Apoyos

**7** Diagramas de Solicitaciones

1. A TRAVÉS DE CAMINOS MATERIALES las fuerzas llegan a los apoyos o se equilibran a través de barras:

SIN DESPLAZAMIENTO

2. Las fuerzas NO tienen CAMINO MATERIAL:

CON DESPLAZAMIENTO

- Debemos cuantificar los momentos que equilibran dicha fuerza (2º Cross):

(= Mom. 2º Cross)

- Hallar los MOM. FINALES
- Descarga por barras FINALES
- Caminos Materiales FINALES (verificando que no hay desplazamiento)

# ETAPAS

1 Análisis de Rigidez de Barras

2 Mom. Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

3 **ARTIFICIO DE CROSS**  
(momentos en los extremos de las barras)

4 Descargas Barra por Barra

5 Caminos Materiales 

13 Reacciones en los Apoyos

14 Diagramas de Solicitaciones

2. Las fuerzas NO tienen CAMINO MATERIAL: **DESPLAZAMIENTO**

fuerza de desviación

F

6. Trazado de la Deformada

Desplazamientos  $\Delta$

M.E.P.

7. 2º aplicación del Artificio de CROSS

8. Descargas Barra x Barra (Mom. 2ºCross)

9. Descargas por Cnos. Materiales (Mom. 2ºCross)

$$F' \rightarrow \alpha = \frac{F}{F'}$$

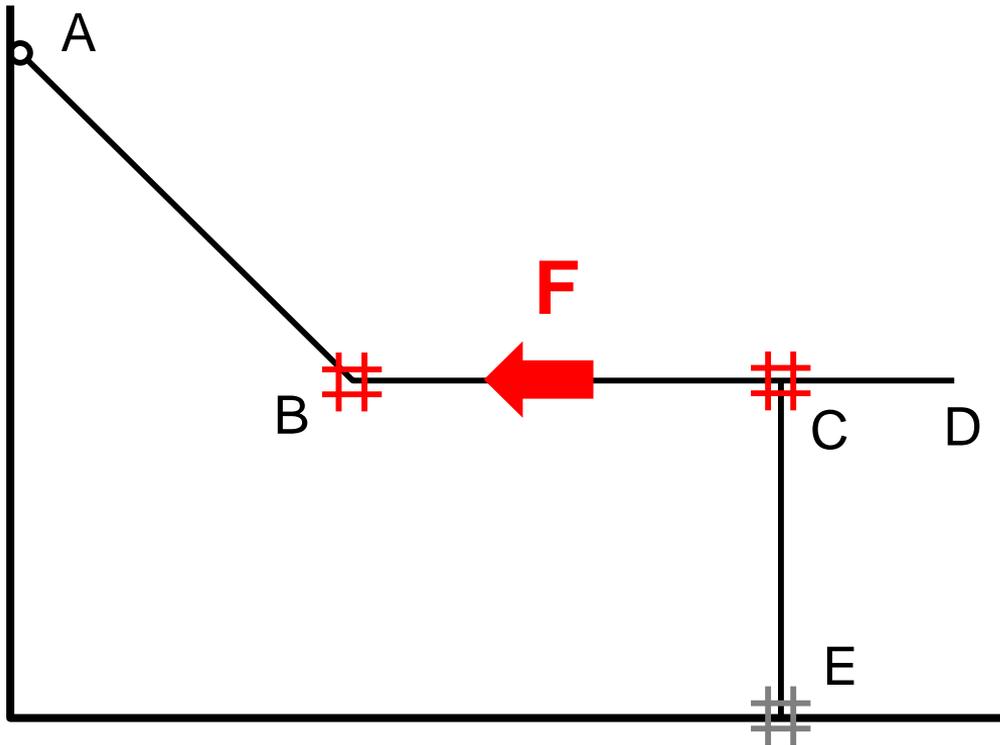
10. Momentos FINALES:

(Mom. 1ºCross) +  $\alpha$ ( Mom. 2ºCross)

11. Descargas Barra x Barra FINALES

12. Cnos. Materiales FINALES (equilibrio de todas las fuerzas)

# TRAZADO DE LA DEFORMADA / DESPLAZAMIENTOS ( $\Delta$ )

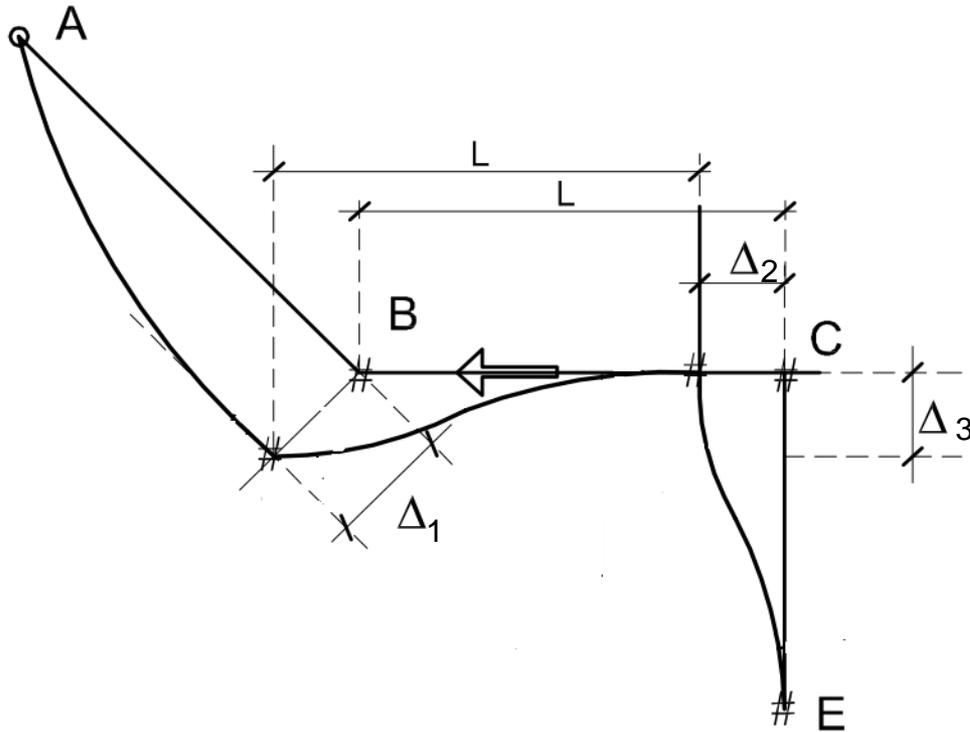


1. Planteo la estructura bajo la acción solamente de la fuerza de desviación
2. Trazado de la deformada con los **nudos frenados**, sin giro, pero con posibilidad de desplazamientos.

## Debemos tener tres consideraciones:

- El nudo se desplaza perpendicular al eje de la barra
- La proyección de los extremos de la barra deformada sobre una paralela al eje, **mantiene su longitud**.
- La **tangente de la deformada** es paralela al eje de la barra.

# TRAZADO DE LA DEFORMADA / DESPLAZAMIENTOS ( $\Delta$ )



1. Planteo la estructura bajo la acción solamente de la fuerza de desviación

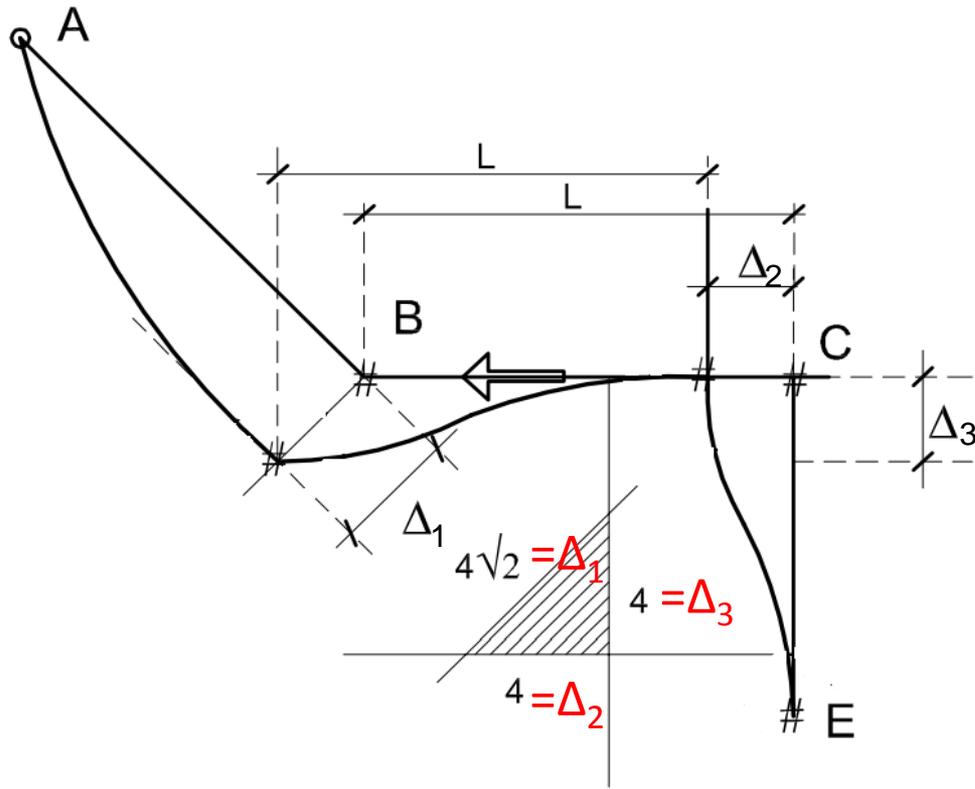
2. Trazado de la deformada con los **nudos frenados**, sin giro, pero con posibilidad de desplazamientos.

## Debemos tener tres consideraciones:

- El nudo se desplaza perpendicular al eje de la barra
- La proyección de los extremos de la barra deformada sobre una paralela al eje, **mantiene su longitud**.
- La **tangente de la deformada** es paralela al eje de la barra.

Cada  $\Delta$  se mide proyectando los extremos de la barra desplazada sobre una perpendicular al eje de la barra

# TRAZADO DE LA DEFORMADA / DESPLAZAMIENTOS ( $\Delta$ )



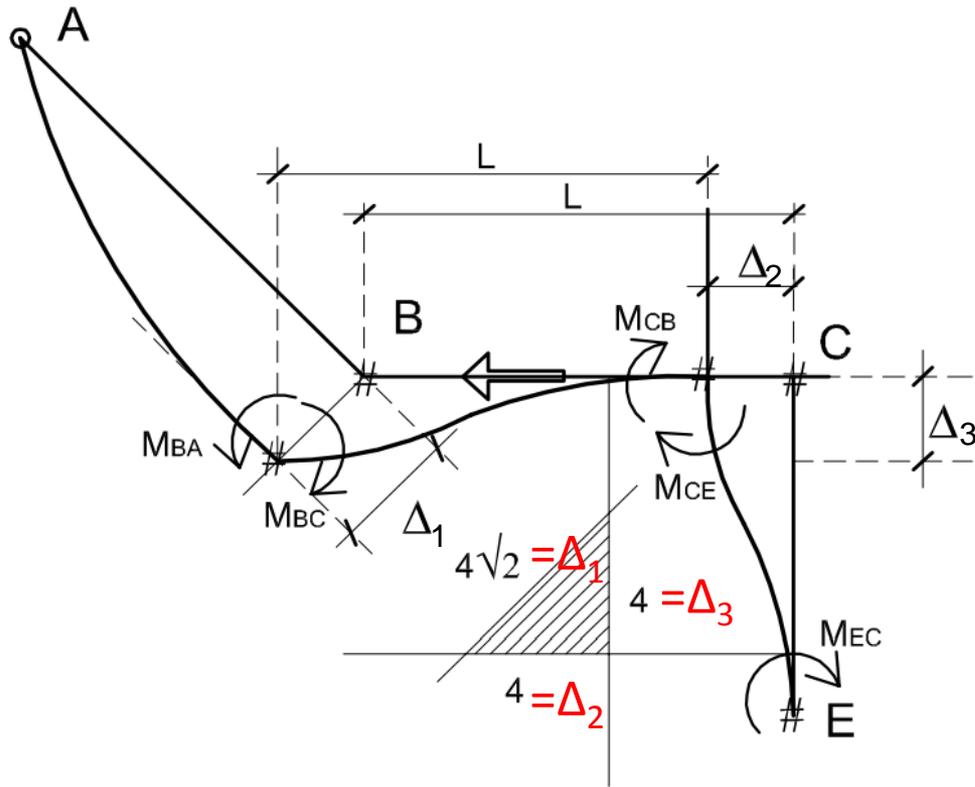
3. Los **desplazamientos** de los nudos de cada barra son perpendiculares a su eje.

4. **Relación entre los desplazamientos** de los nudos:

- a través de un triángulo (en algunos casos a través de un segmento de recta)
- se asigna un valor arbitrario a uno de los  $\Delta$  y los demás serán proporcionales entre sí.

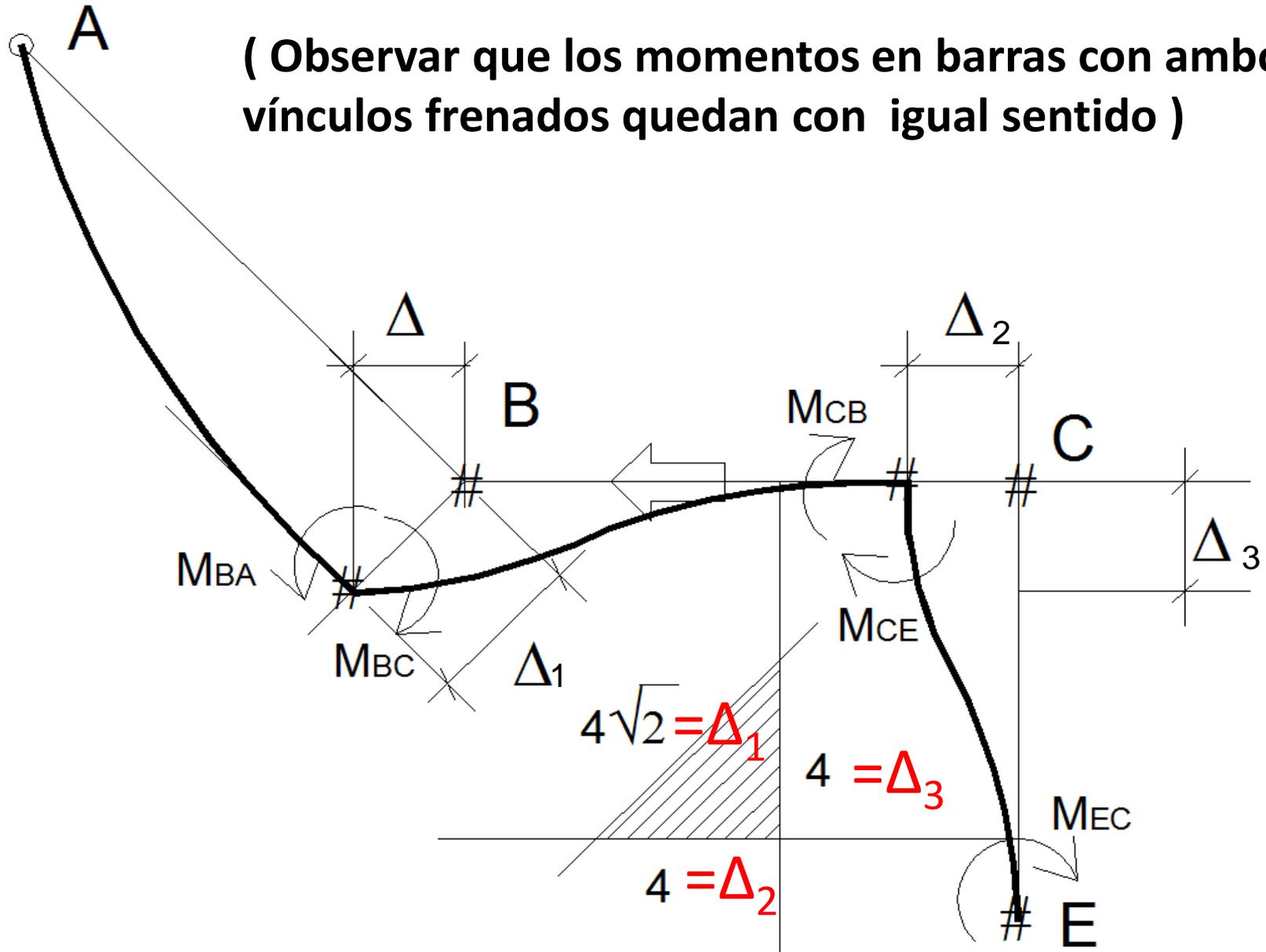
# TRAZADO DE LA DEFORMADA / DESPLAZAMIENTOS ( $\Delta$ )

## 5. Momentos de fijación ficticios en los nudos



# TRAZADO DE LA DEFORMADA / DESPLAZAMIENTOS ( $\Delta$ )

( Observar que los momentos en barras con ambos vnculos frenados quedan con igual sentido )

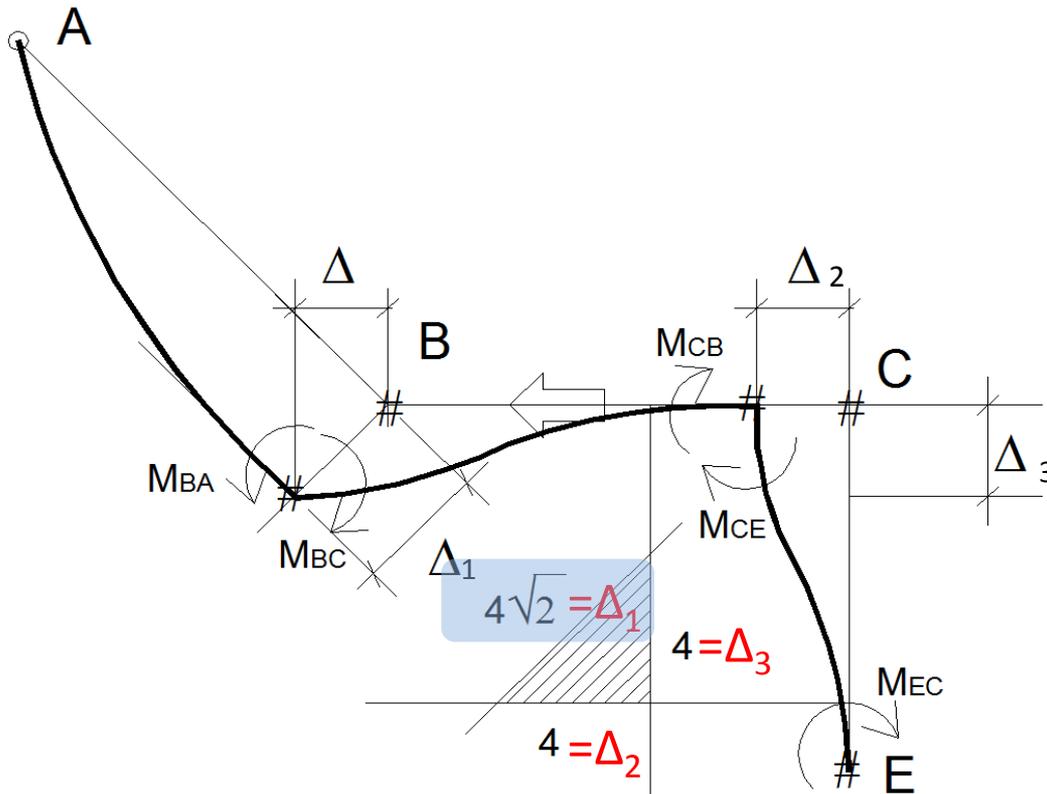


# CÁLCULO de los M.E.P. para el 2° CROSS

Para inercia cte.:

$$M = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta}{L}$$

$$M_{BA} = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta_1}{L} = \frac{3 \times 0,177 \times 5,66}{5,66} = 0,531 \times 1000 = -531 daNm$$



TRAMO	$L$	$\kappa$
AB	5.66	0.177
BC	5	0.200
CE	4	0.250

# CÁLCULO de los M.E.P. para el 2° CROSS

Para inercia cte.:

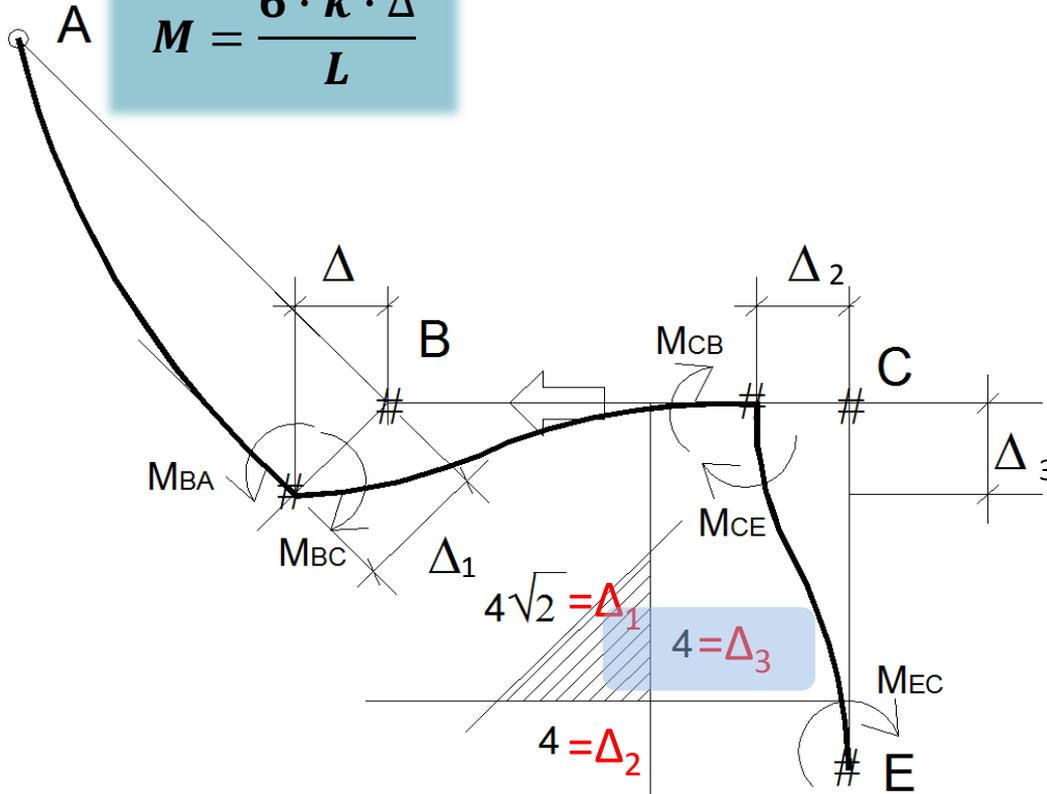
$$M = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta}{L}$$

$$M_{BA} = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta_1}{L} = \frac{3 \times 0,177 \times 5,66}{5,66} = 0,531 \times 1000 = -531 daNm$$

Para inercia cte.:

$$M = \frac{6 \cdot \kappa \cdot \Delta}{L}$$

$$M_{BC} = M_{CB} = \frac{6 \cdot \kappa \cdot \Delta_3}{L} = \frac{6 \times 0,20 \times 4}{5} = 0,96 \times 1000 = 960 daNm$$



TRAMO	$L$	$\kappa$
AB	5.66	0.177
BC	5	0.200
CE	4	0.250

# CÁLCULO de los M.E.P. para el 2° CROSS

Para inercia cte.:

$$M = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta}{L}$$

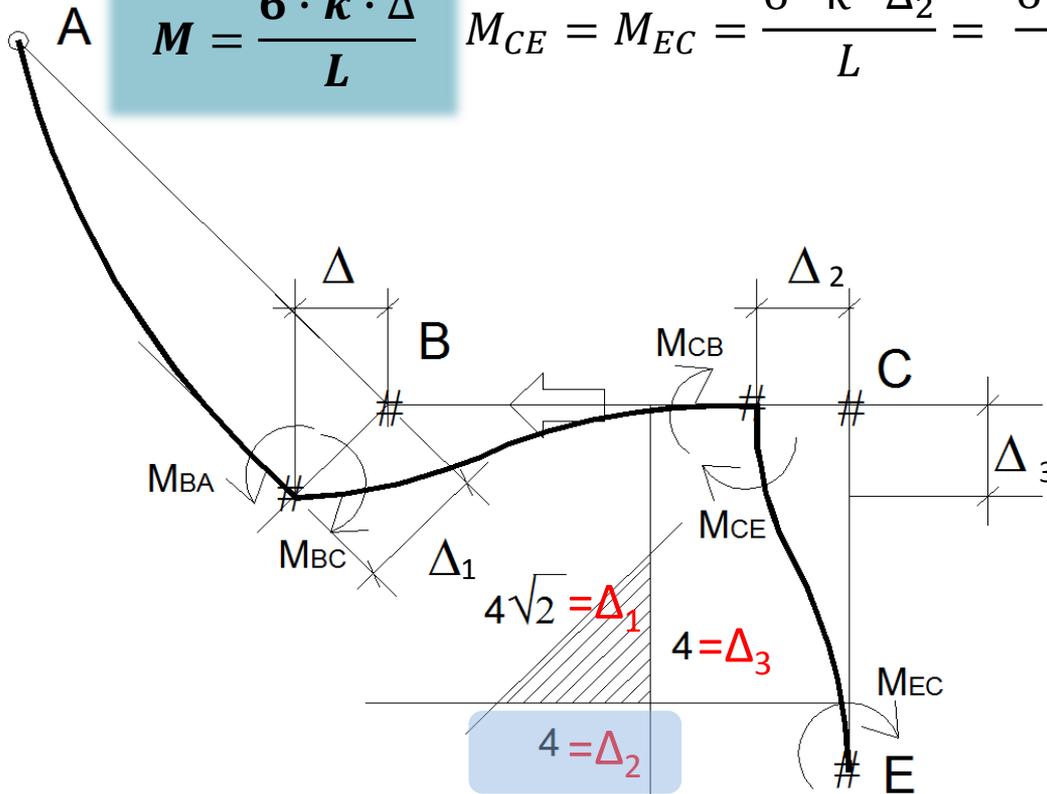
$$M_{BA} = \frac{3 \cdot \kappa \cdot \Delta_1}{L} = \frac{3 \times 0,177 \times 5,66}{5,66} = 0,531 \times 1000 = -531 daNm$$

Para inercia cte.:

$$M = \frac{6 \cdot \kappa \cdot \Delta}{L}$$

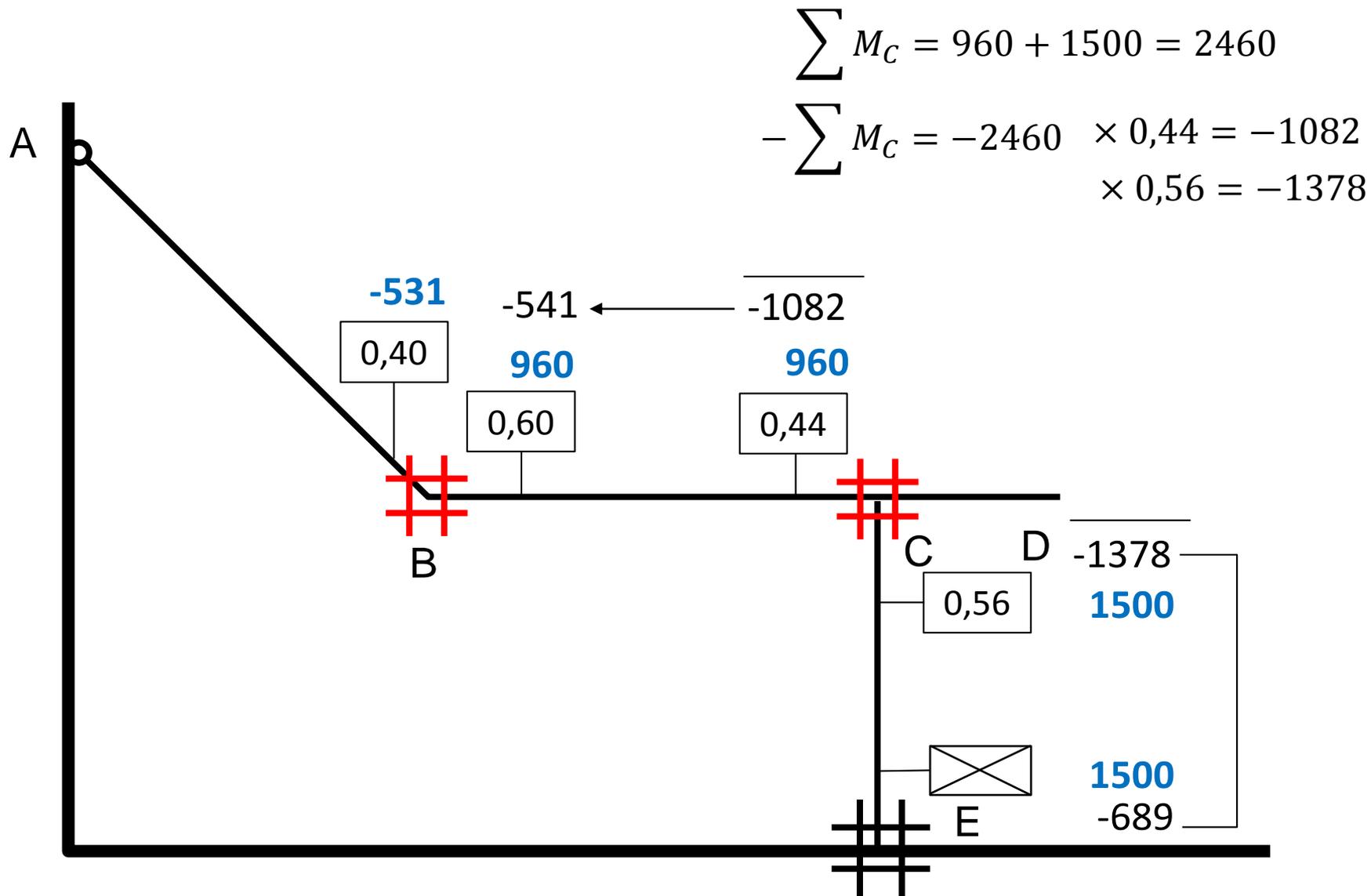
$$M_{BC} = M_{CB} = \frac{6 \cdot \kappa \cdot \Delta_3}{L} = \frac{6 \times 0,20 \times 4}{5} = 0,96 \times 1000 = 960 daNm$$

$$M_{CE} = M_{EC} = \frac{6 \cdot \kappa \cdot \Delta_2}{L} = \frac{6 \times 0,25 \times 4}{4} = 1,5 \times 1000 = 1500 daNm$$



TRAMO	$L$	$\kappa$
AB	5.66	0.177
BC	5	0.200
CE	4	0.250

# 2º ARTIFICIO DE CROSS

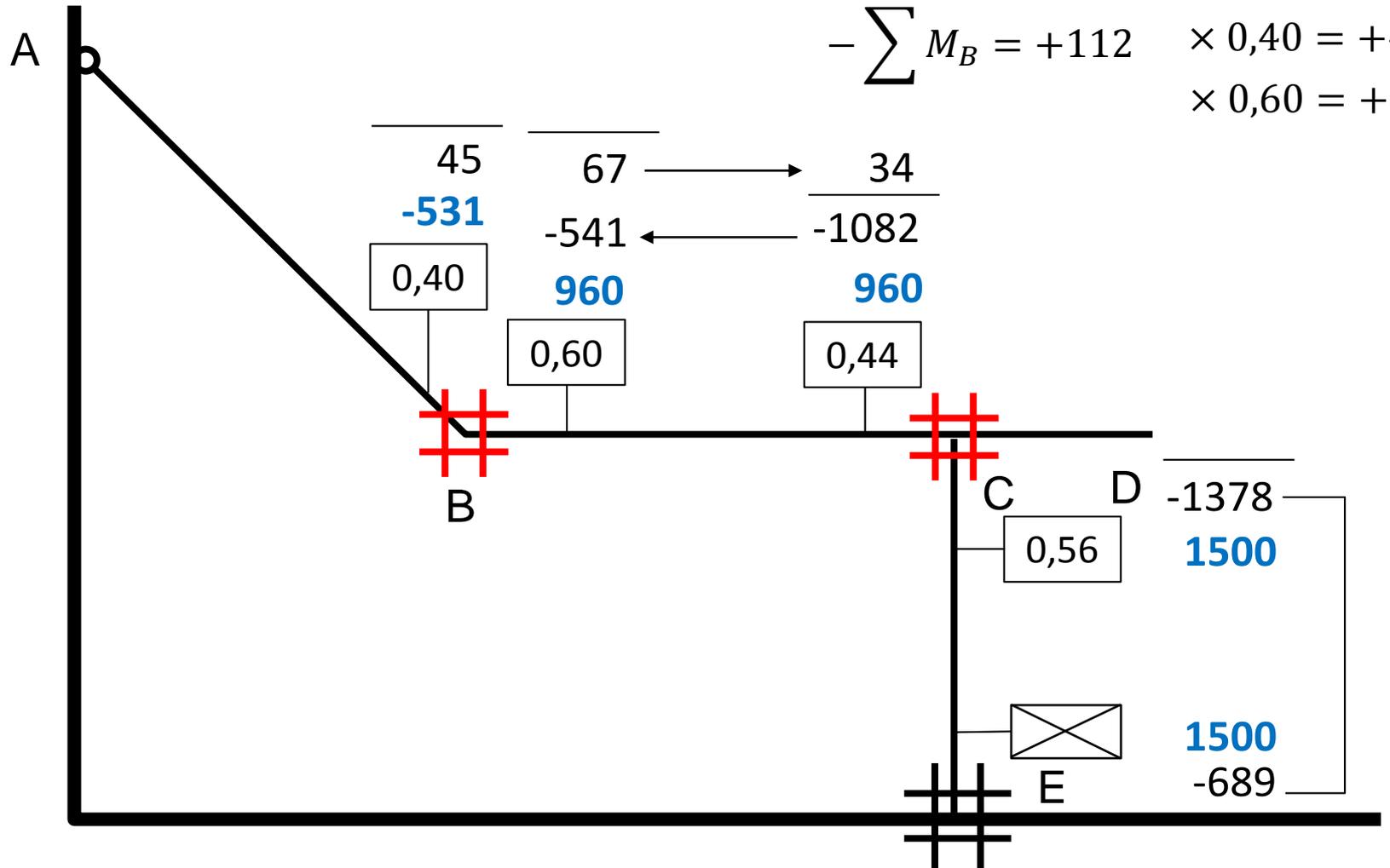


# 2° ARTIFICIO DE CROSS

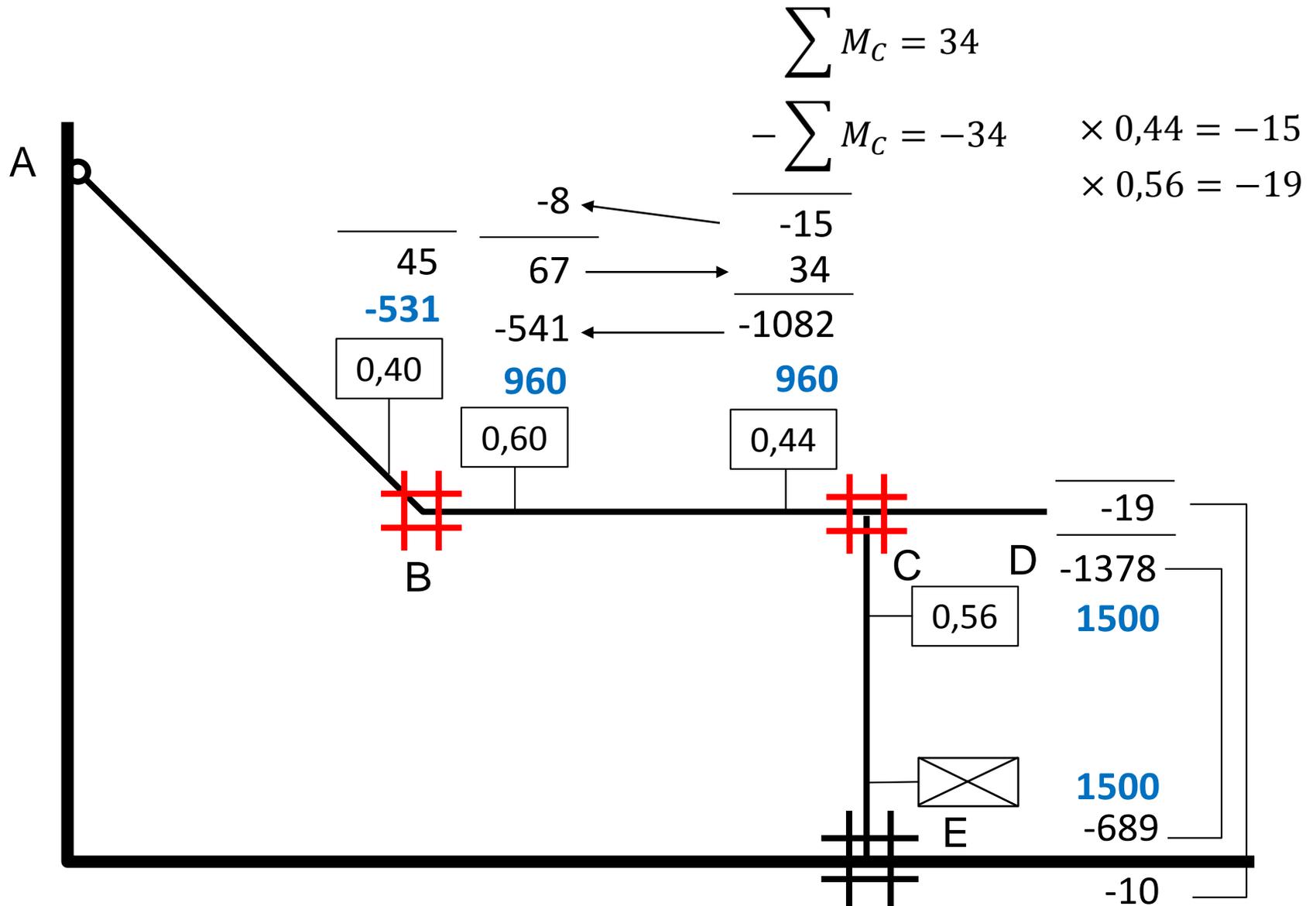
$$\sum M_B = -531 - 541 + 960 = -112$$

$$-\sum M_B = +112 \quad \times 0,40 = +45$$

$$\quad \quad \quad \times 0,60 = +67$$

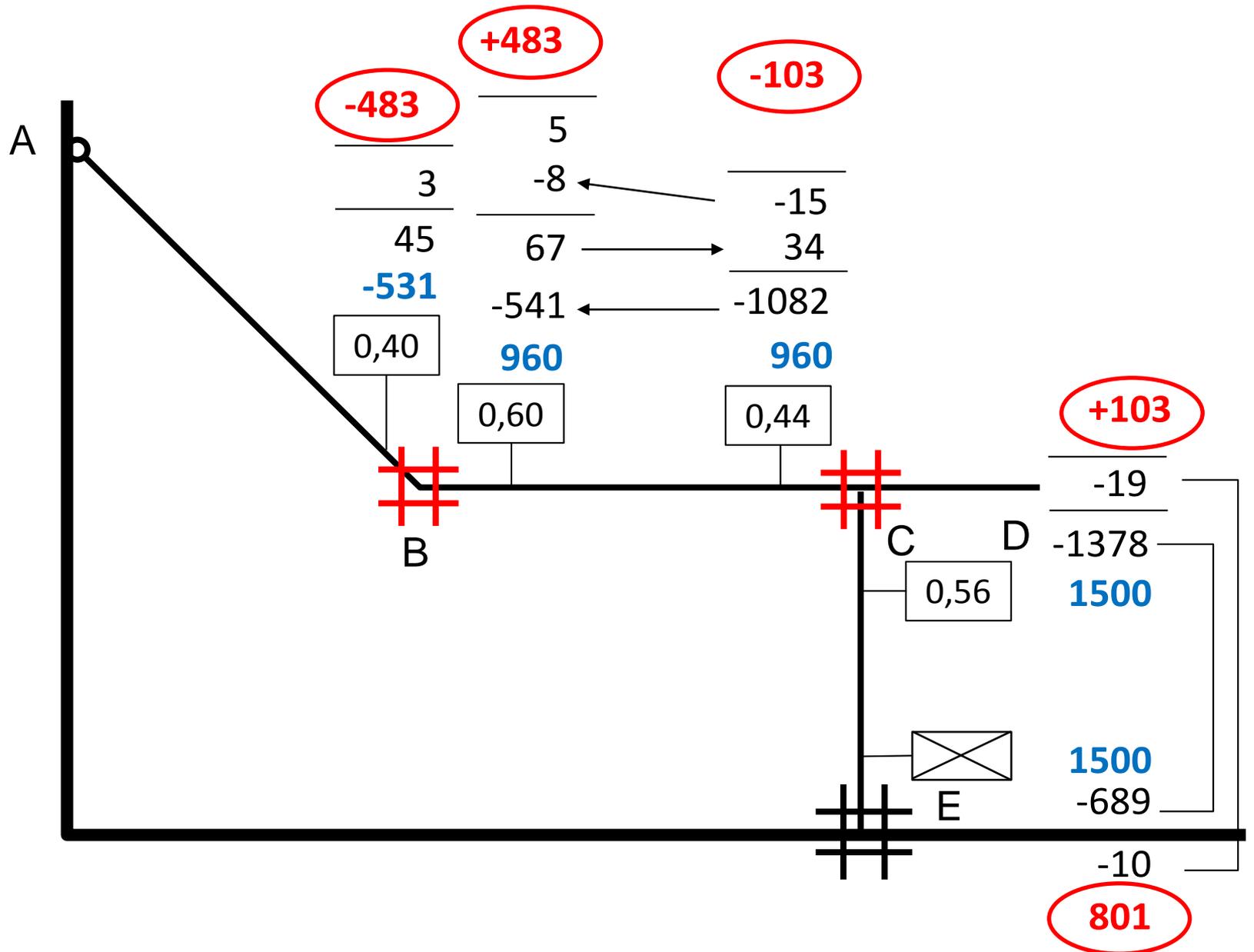


# 2° ARTIFICIO DE CROSS

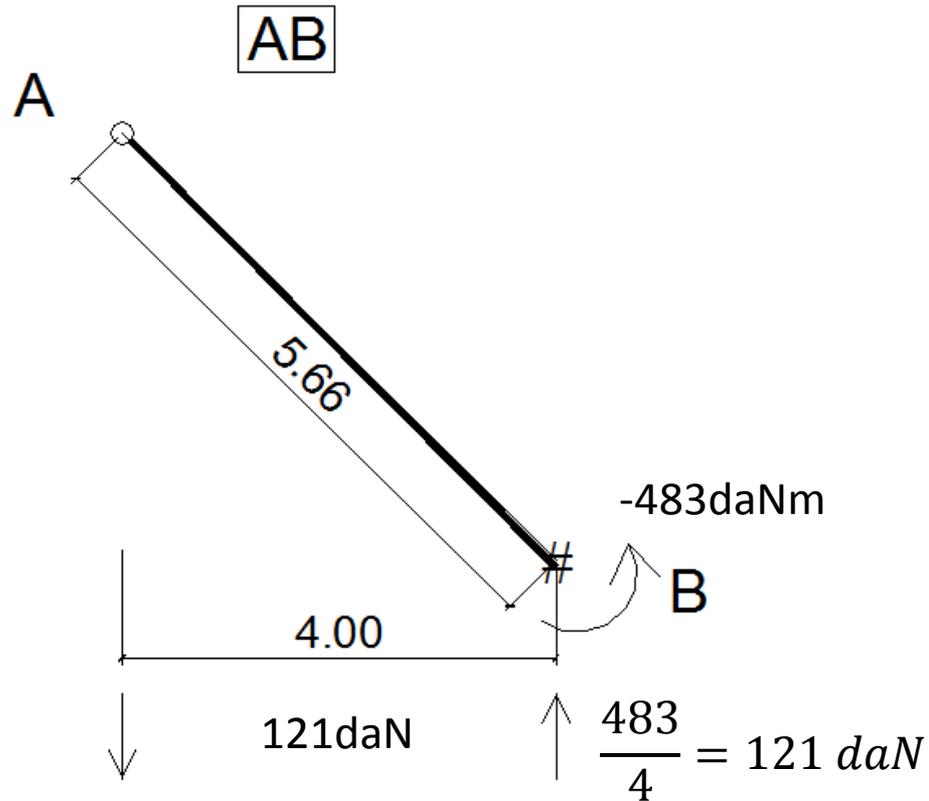




# 2° ARTIFICIO DE CROSS

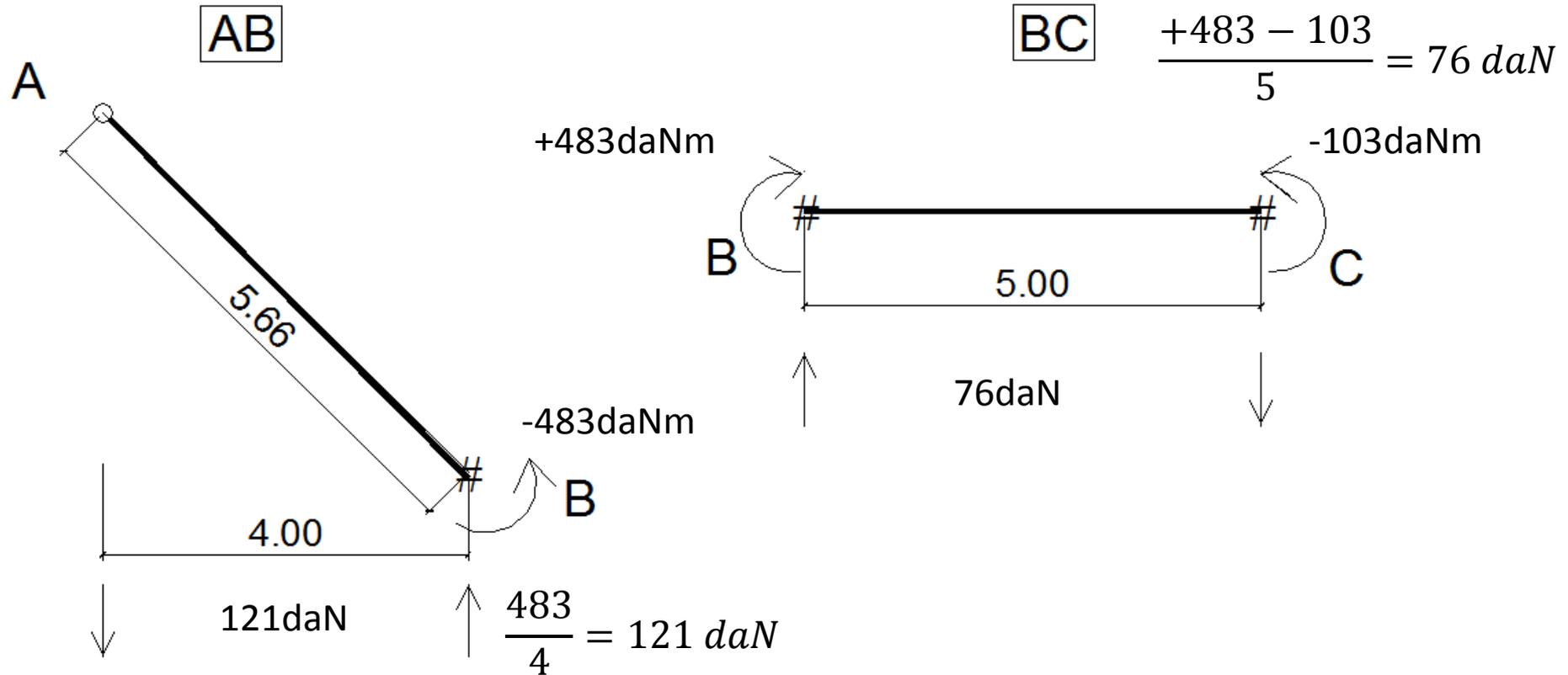


# DESCARGAS DE BARRAS (mom. 2° CROSS)



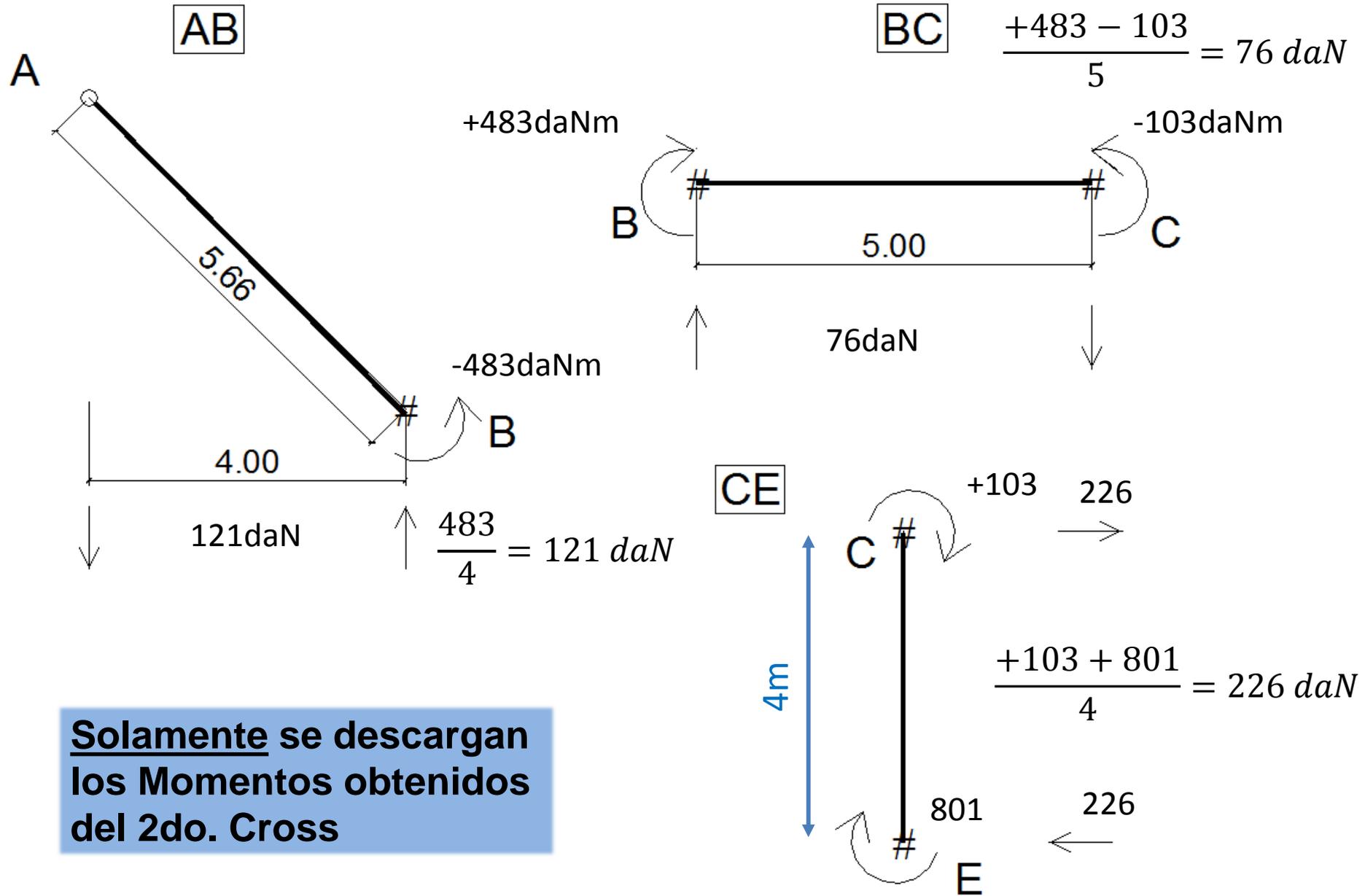
**Solamente se descargan los Momentos obtenidos del 2do. Cross**

# DESCARGAS DE BARRAS (mom. 2° CROSS)



**Solamente se descargan los Momentos obtenidos del 2do. Cross**

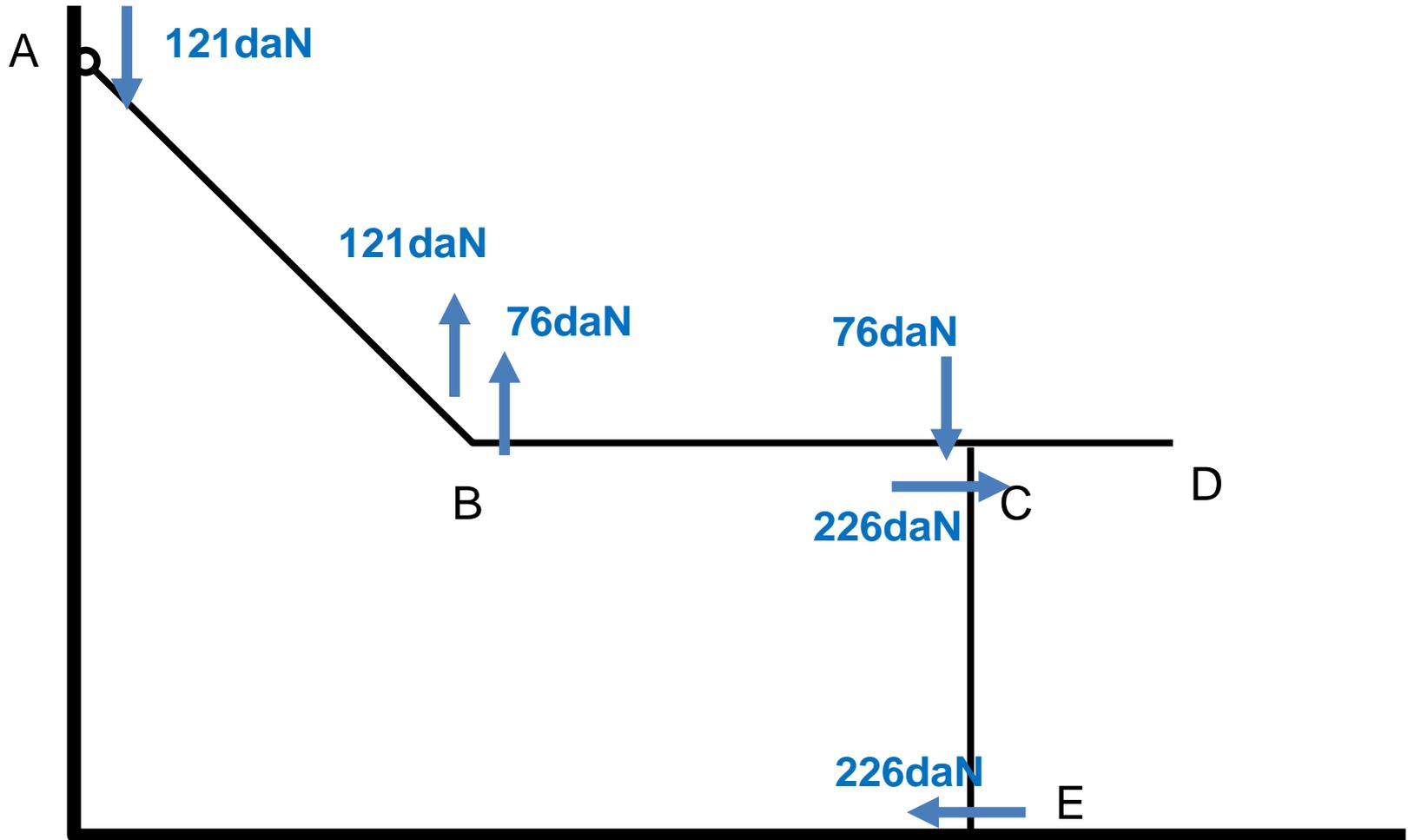
# DESCARGAS DE BARRAS (mom. 2° CROSS)



**Solamente se descargan los Momentos obtenidos del 2do. Cross**

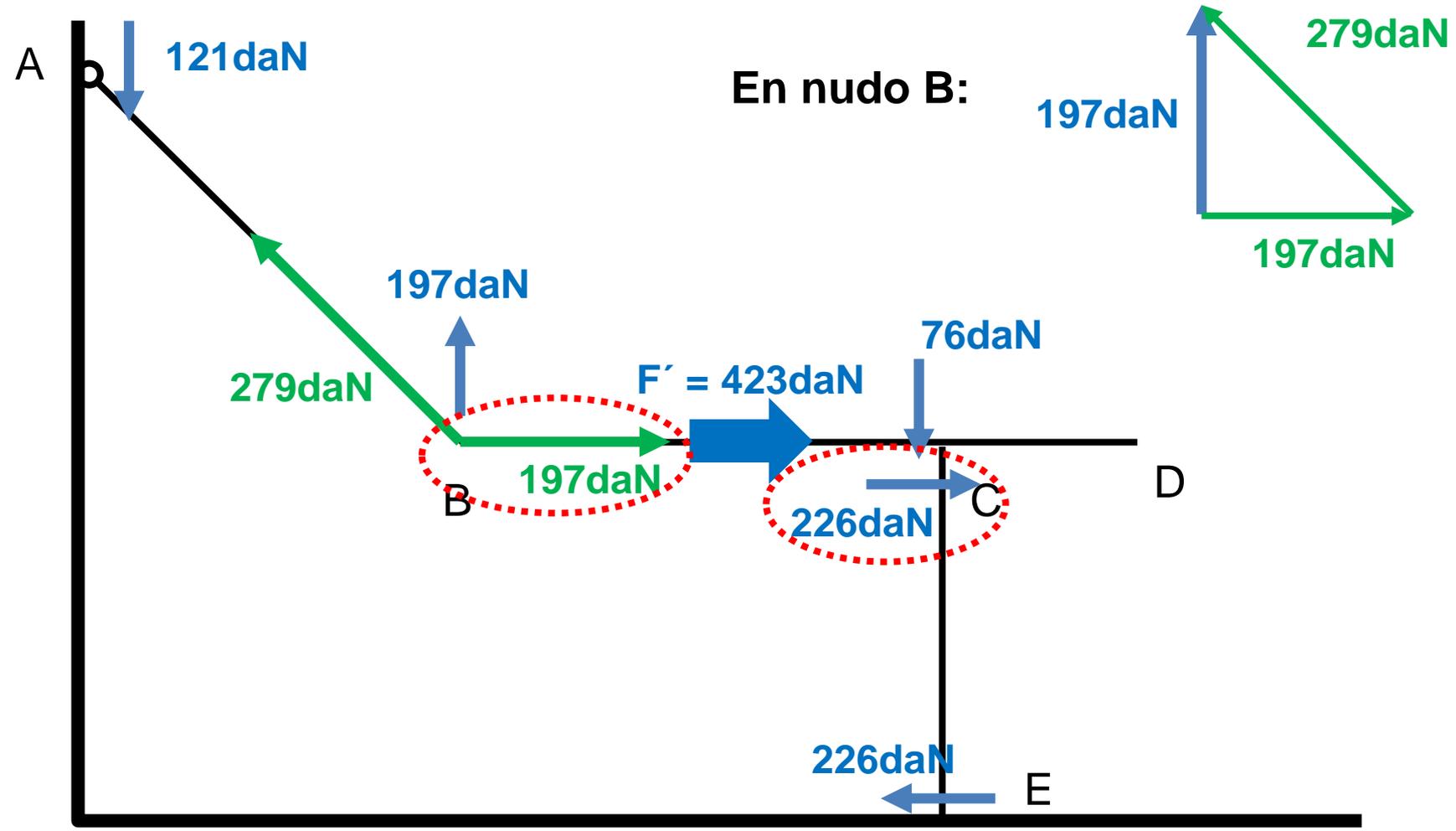
# CAMINOS MATERIALES (desc. mom. 2° CROSS)

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos



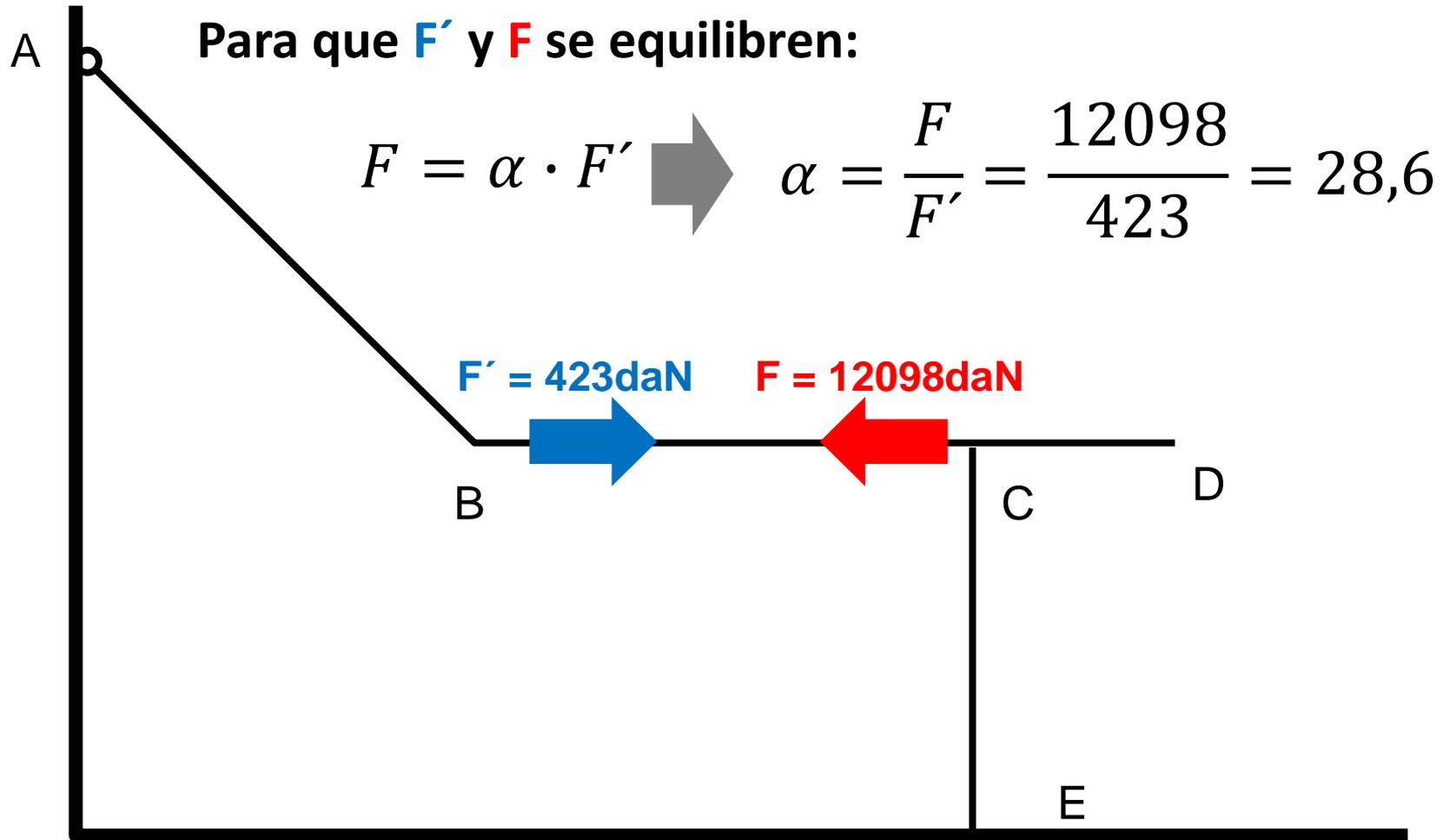
# CAMINOS MATERIALES (desc. mom. 2° CROSS)

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos



# CAMINOS MATERIALES (desc. mom. 2° CROSS)

Componemos nuevamente la estructura, colocando las descargas en los extremos de las barras. Las conducimos a los apoyos

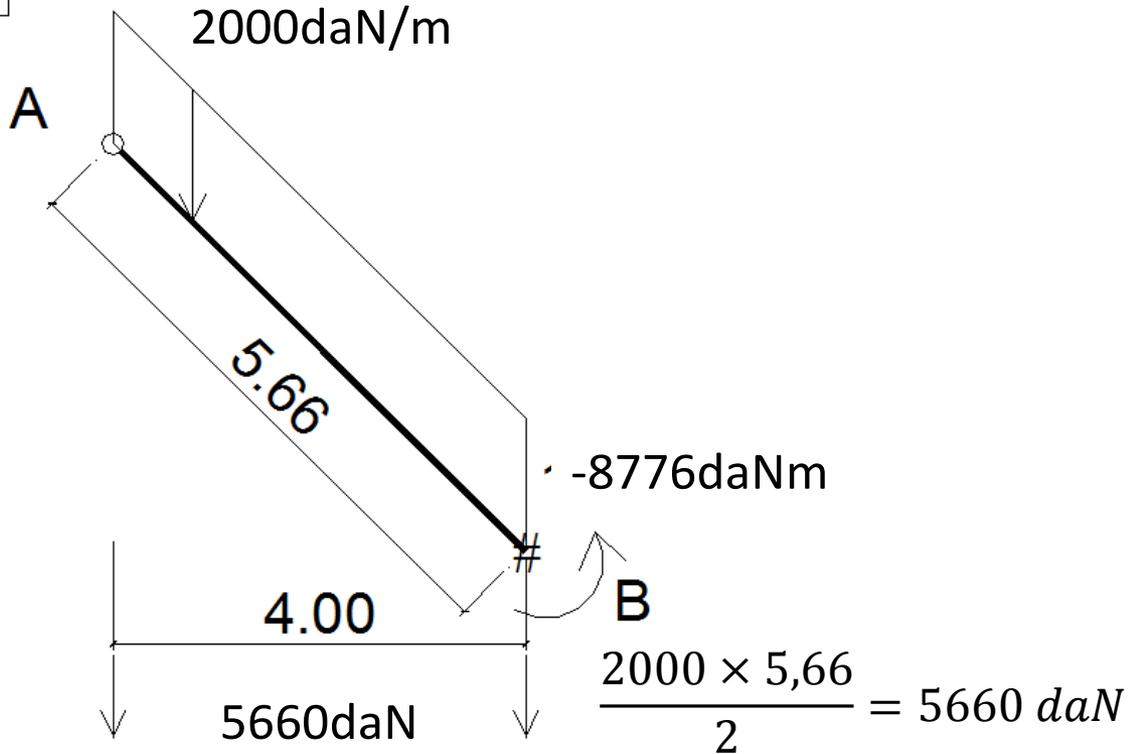




# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores  
y los momentos finales de Cross.

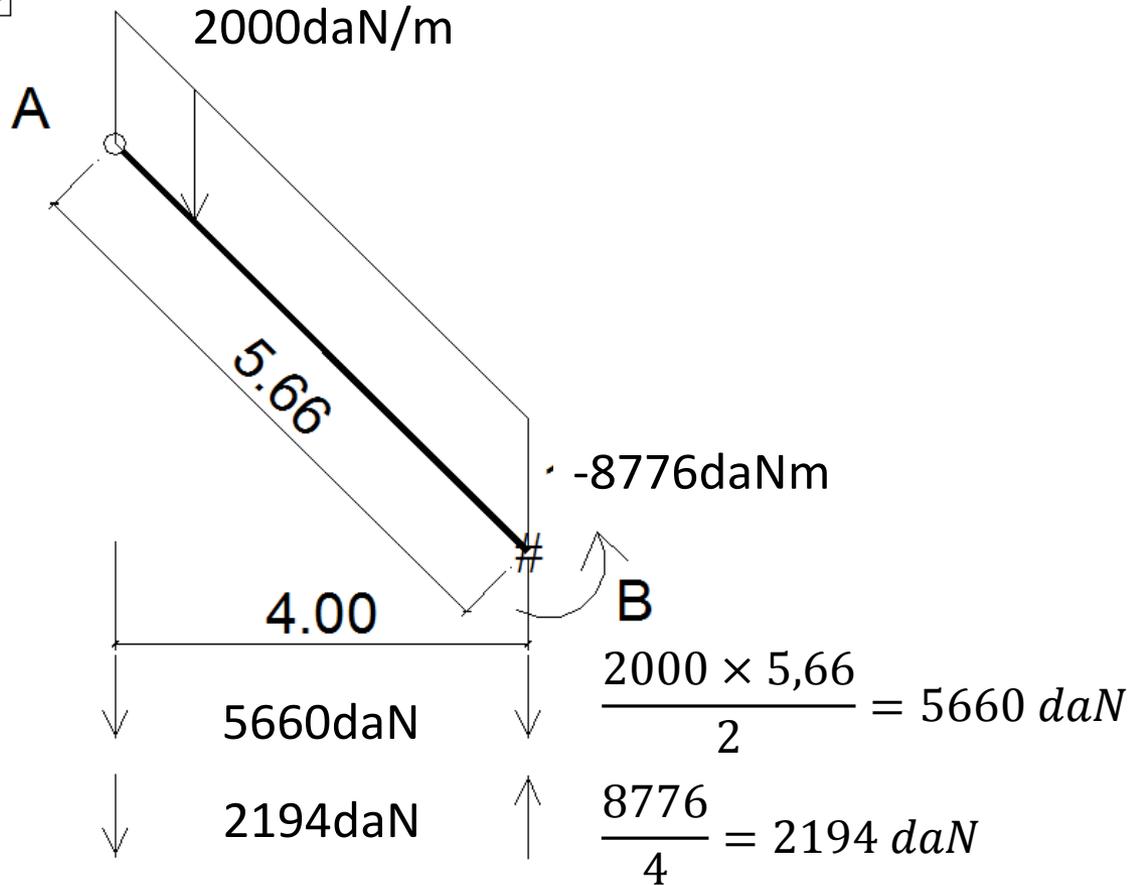
AB



# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

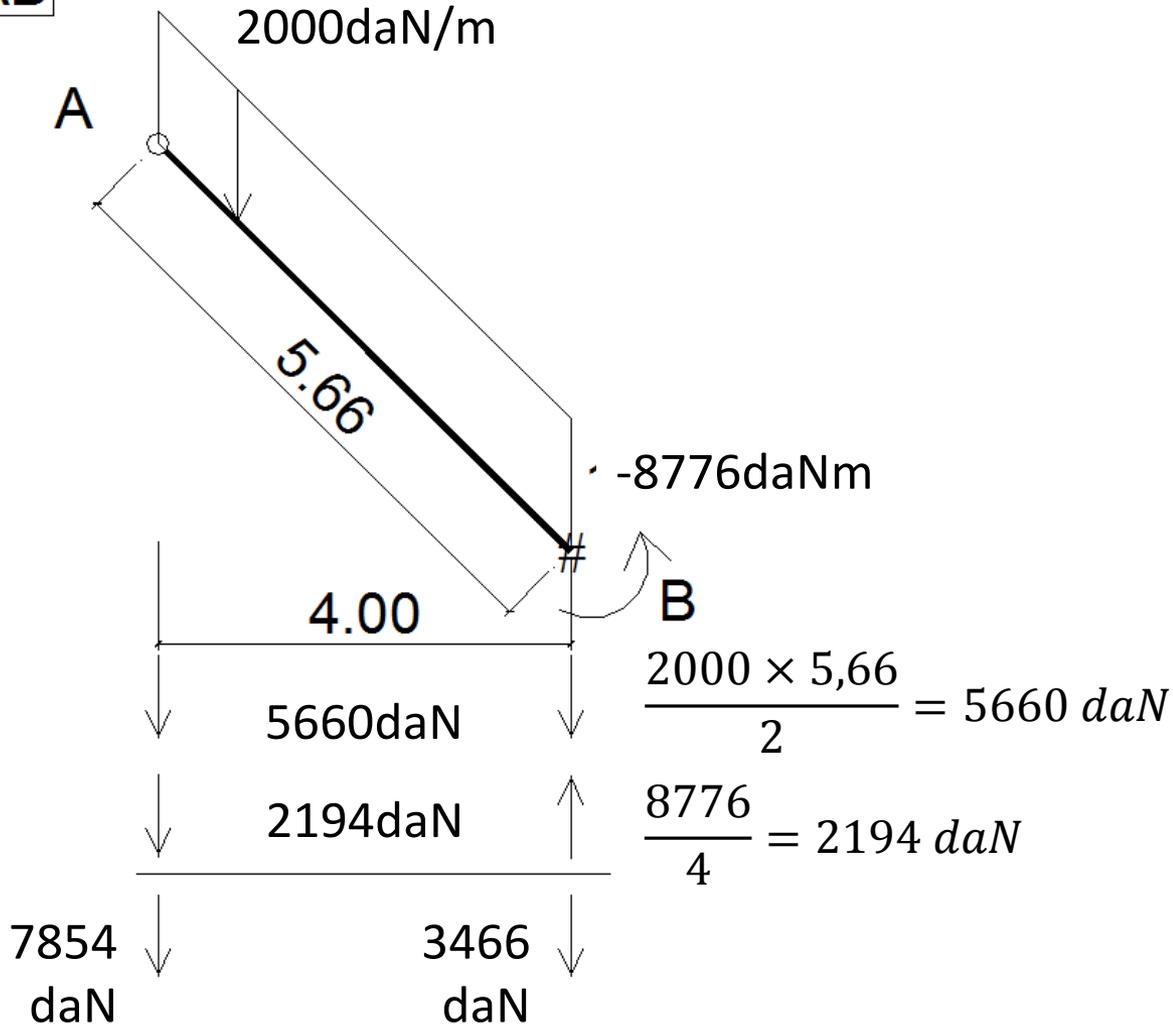
AB



# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

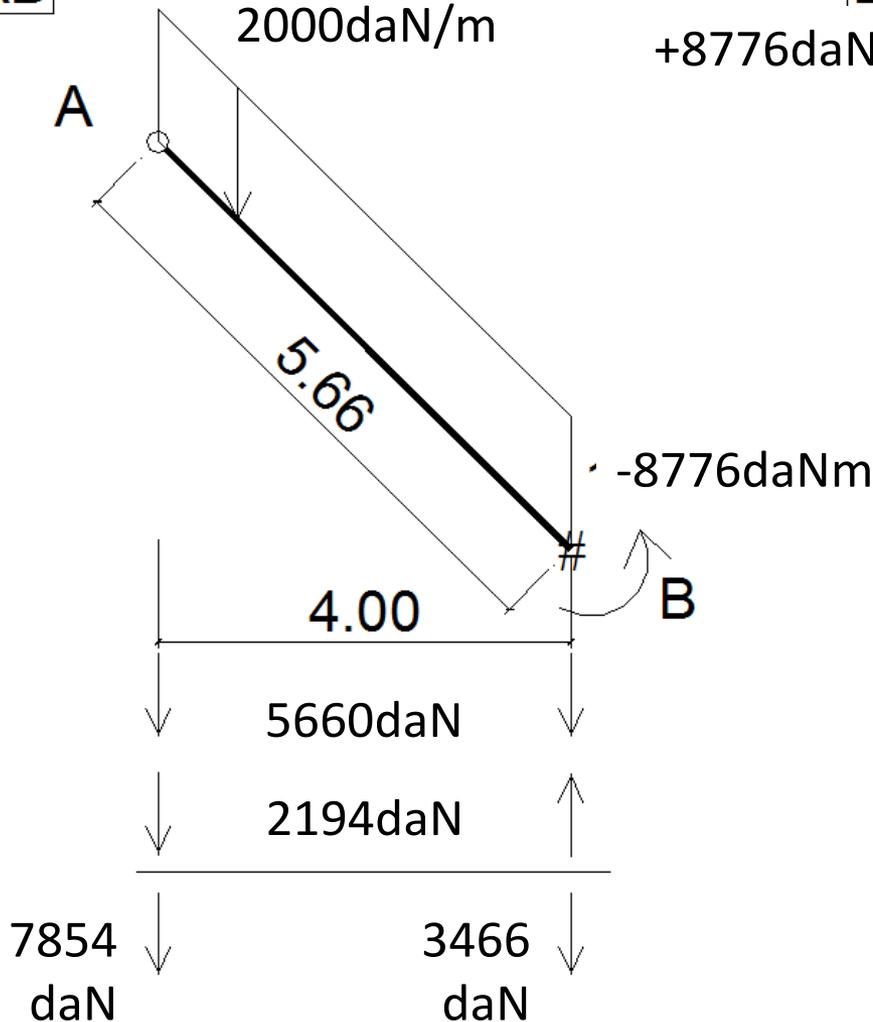
AB



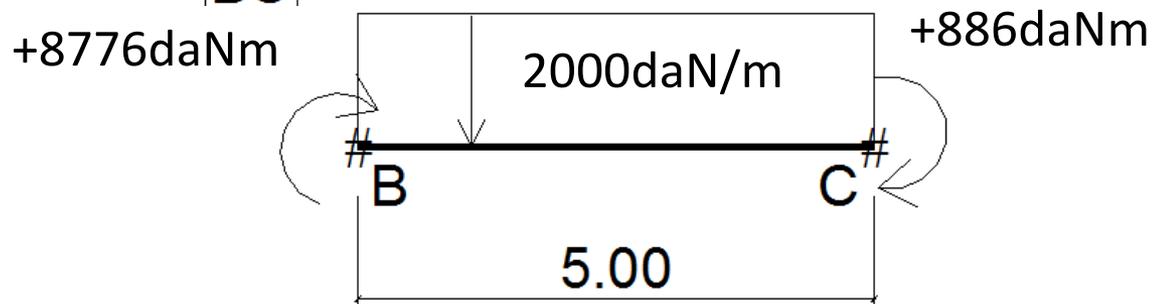
# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

AB

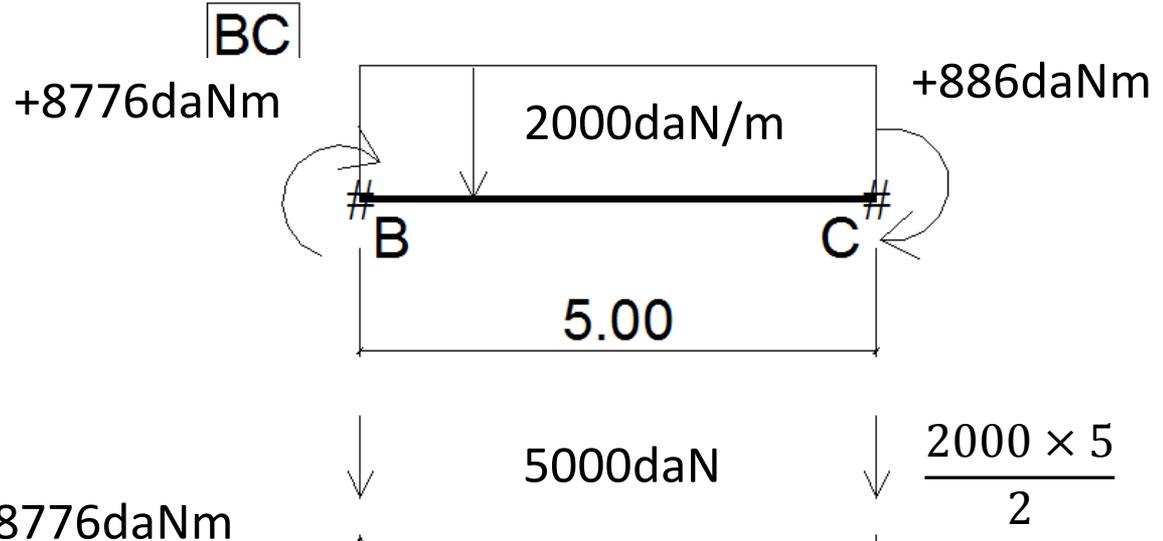
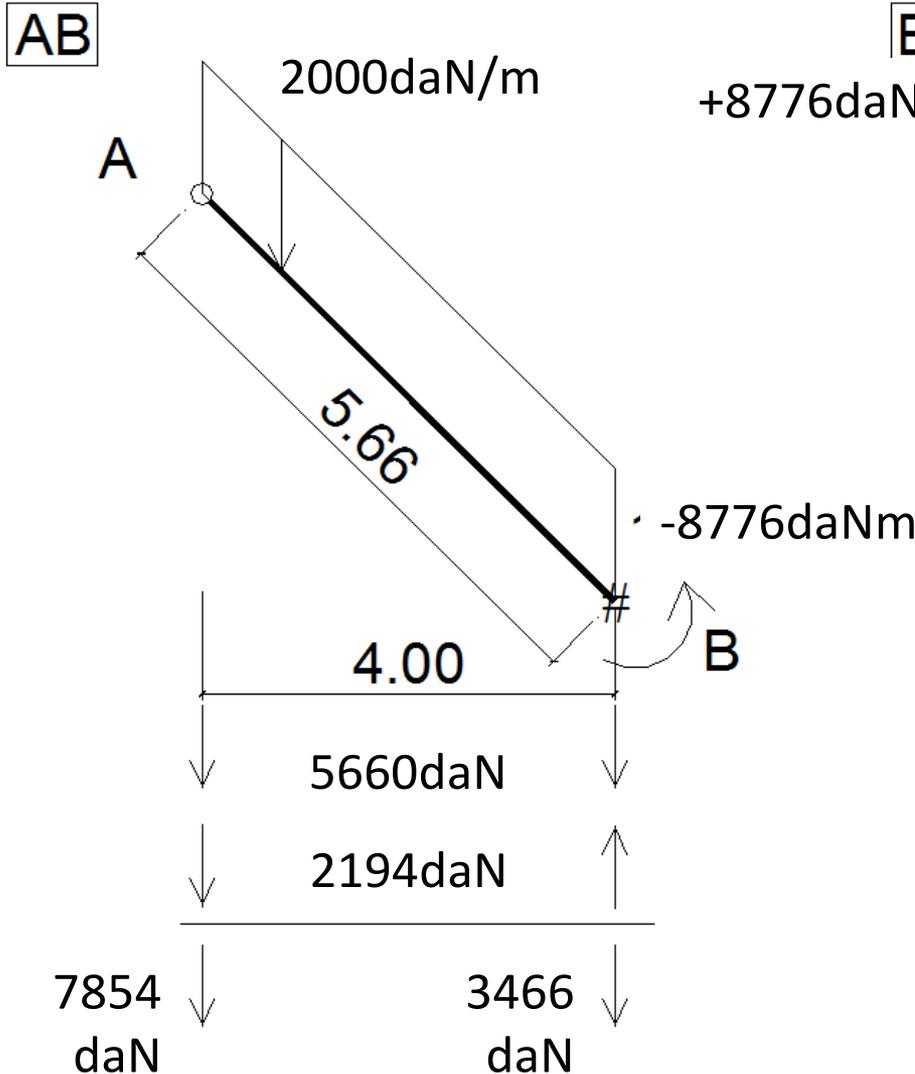


BC



# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

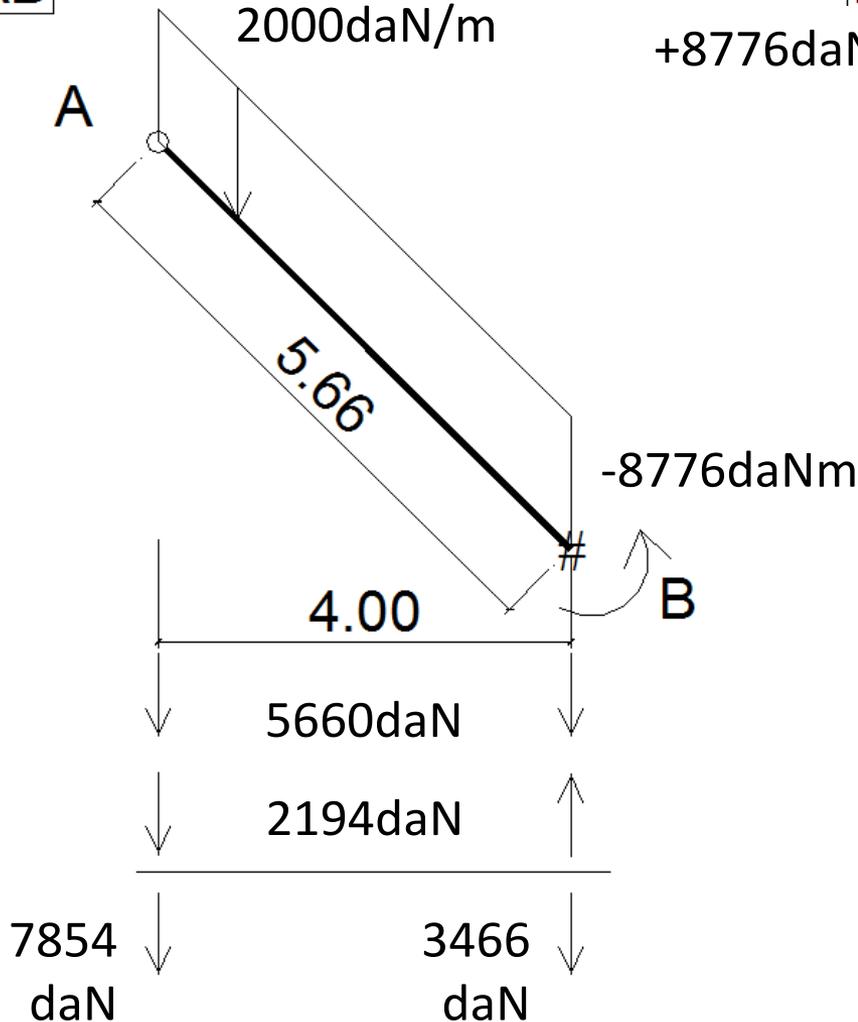
Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.



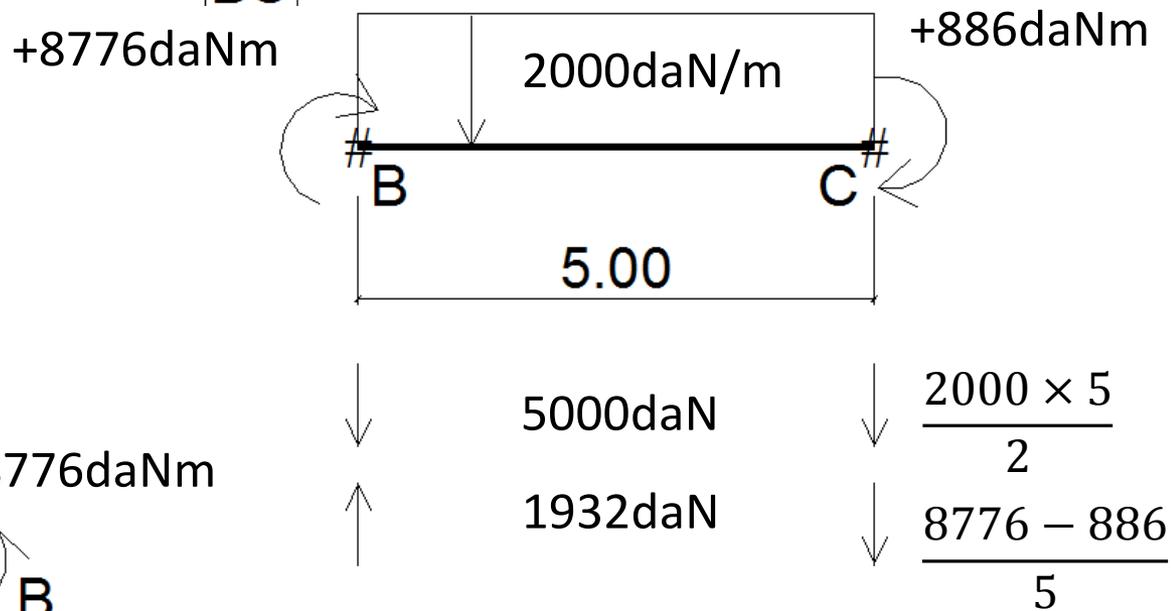
# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

AB

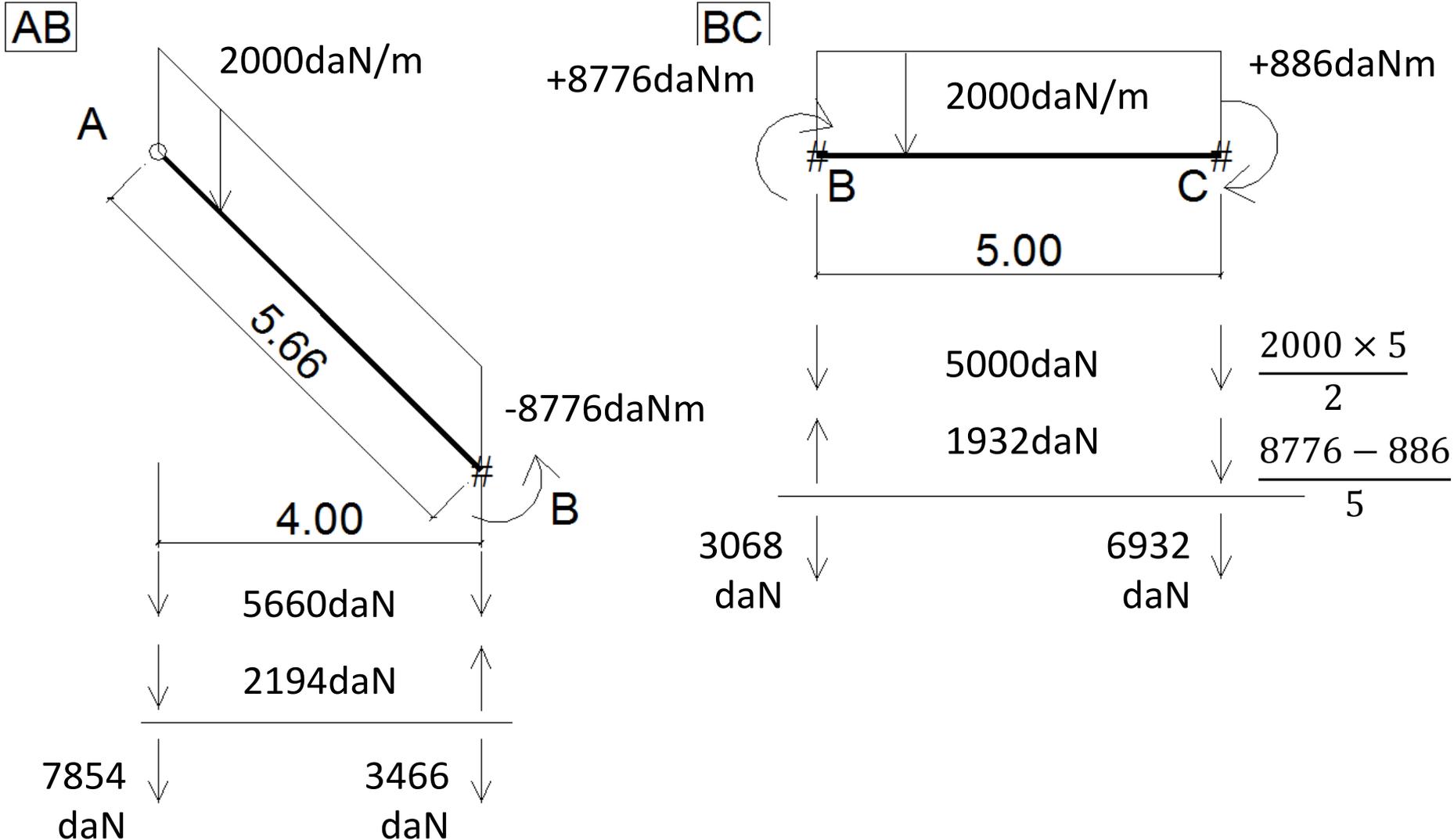


BC



# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

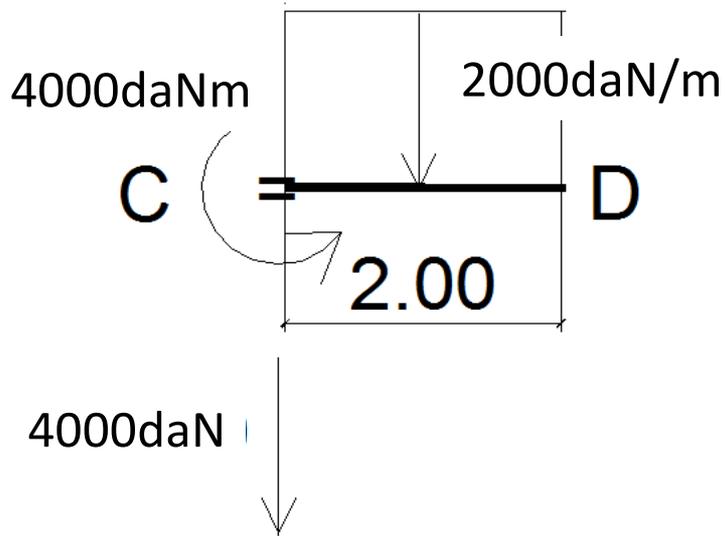
Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.



# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

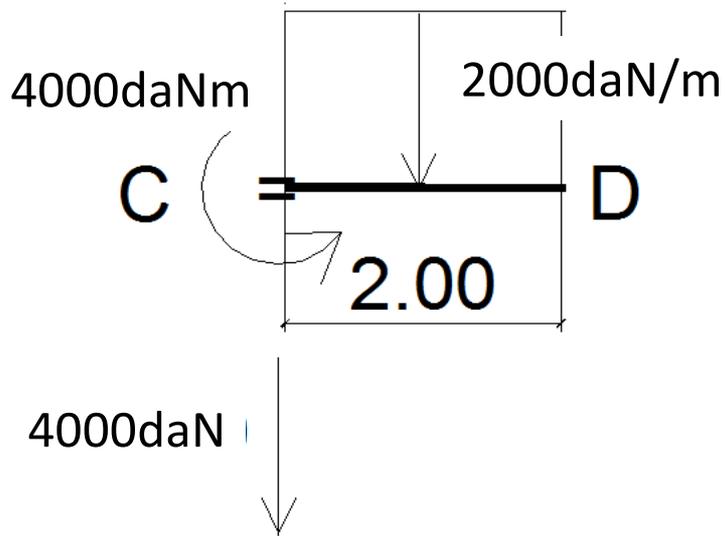
CD



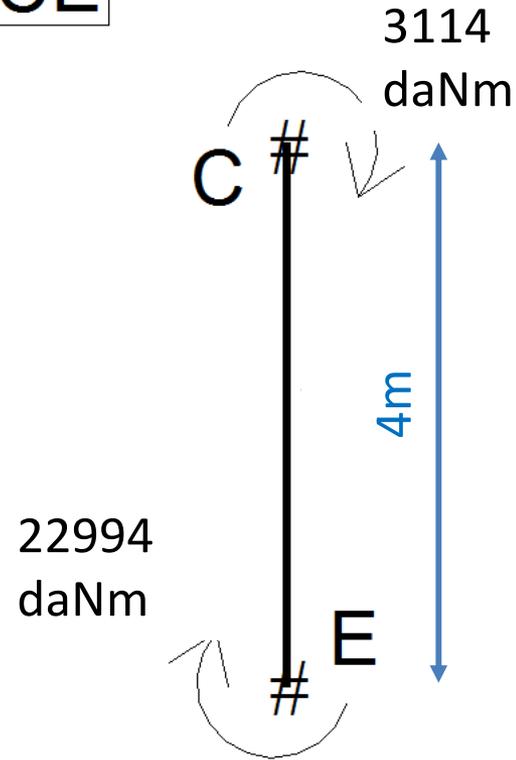
# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

CD



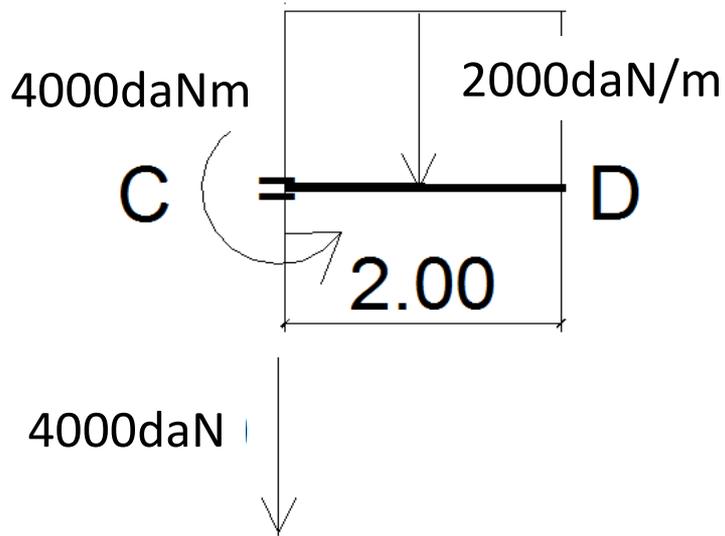
CE



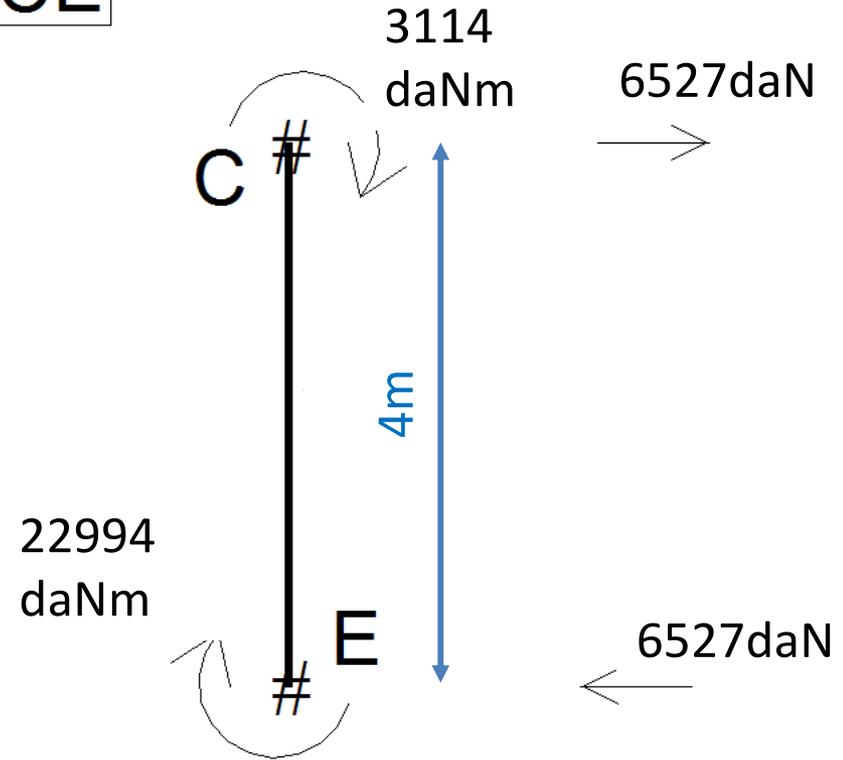
# DESCARGAS BARRA POR BARRA FINALES

Considerando todas las cargas exteriores y los momentos finales de Cross.

CD

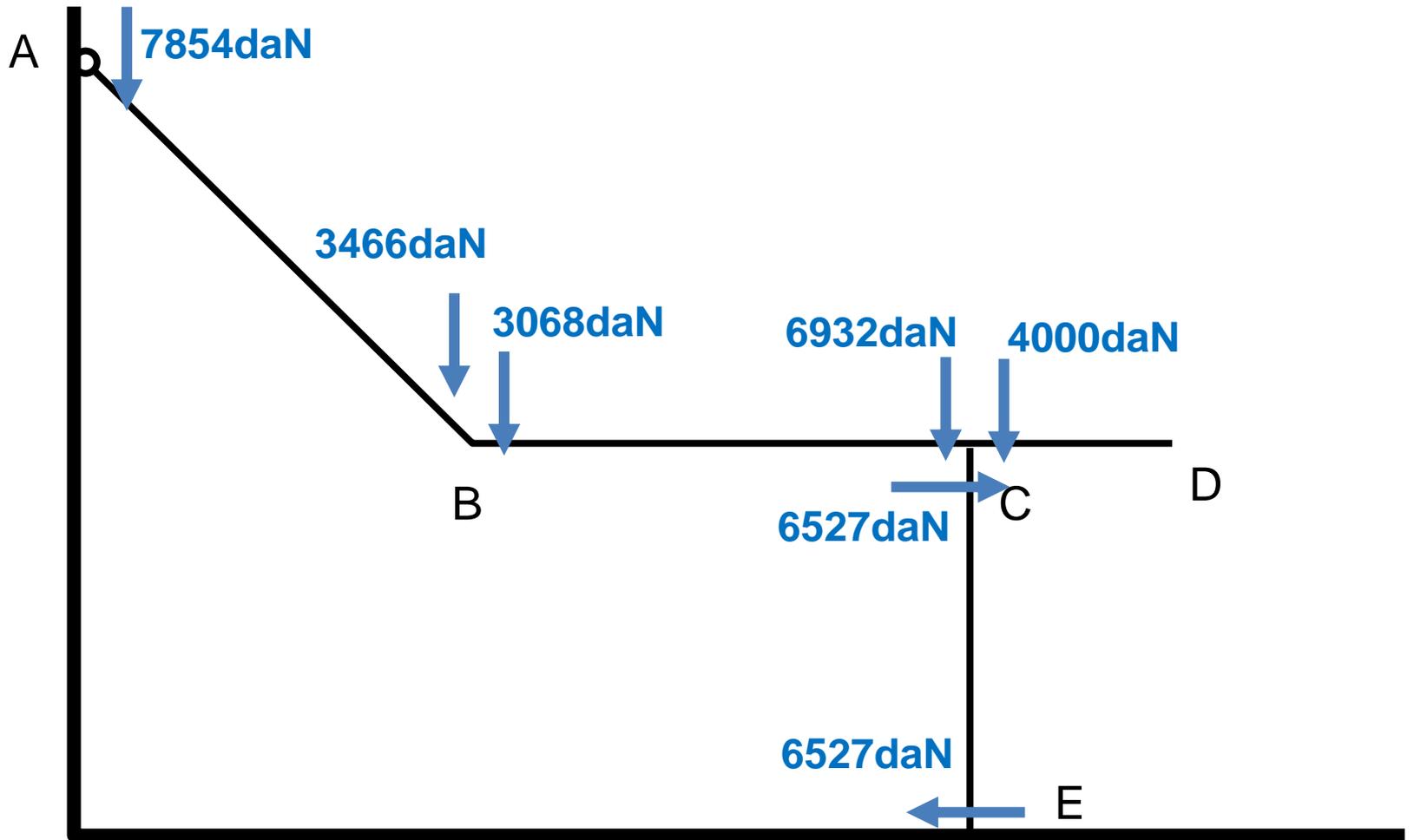


CE

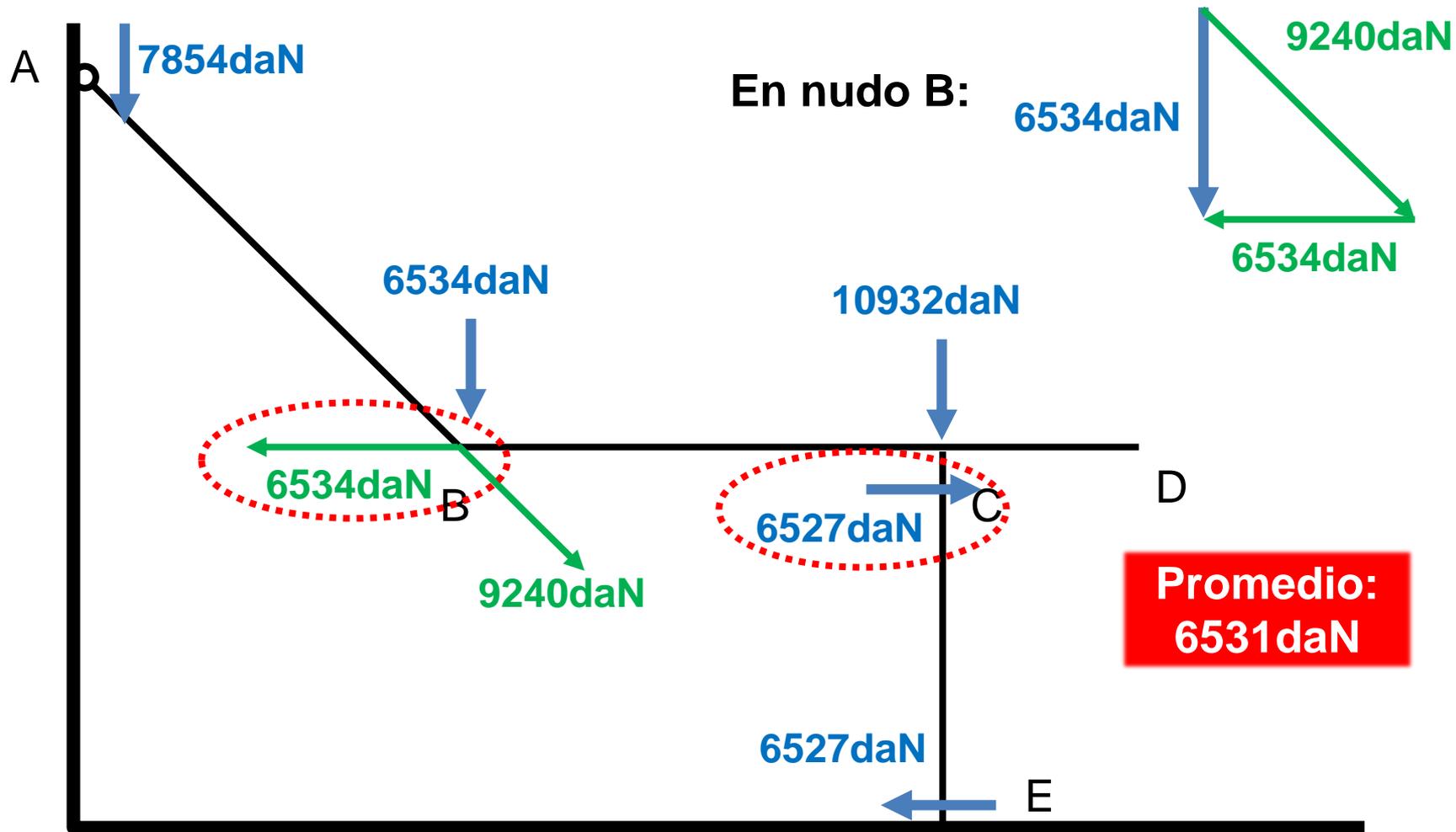


$$\frac{3114 + 22994}{4} = 6527 \text{ daN}$$

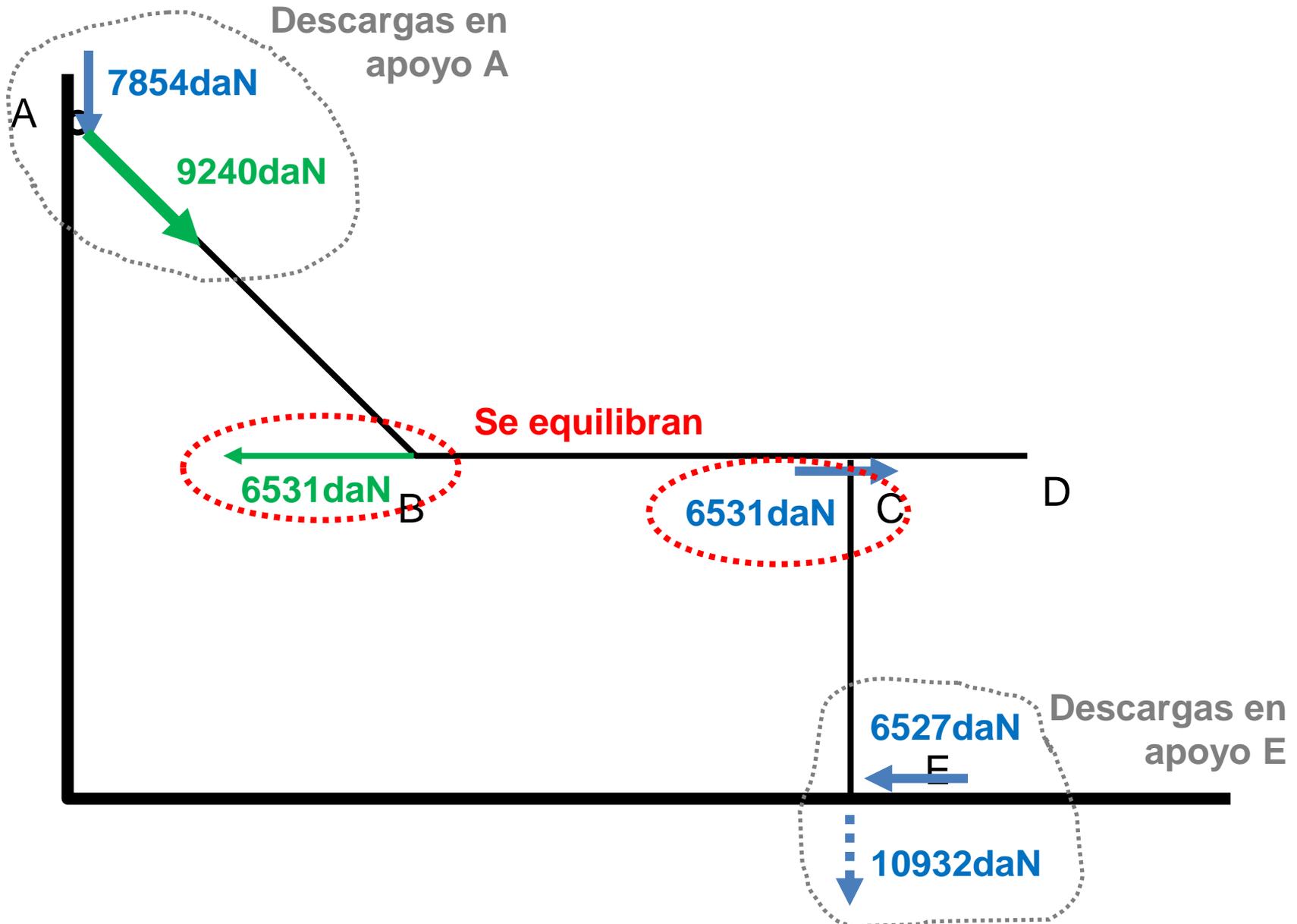
# CAMINOS MATERIALES FINALES



# CAMINOS MATERIALES FINALES



# CAMINOS MATERIALES FINALES



# ETAPAS

1 Análisis de Rigidez de Barras

2 Mom. Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

3 **ARTIFICIO DE CROSS**  
(momentos en los extremos de las barras)

4 Descargas Barra por Barra

5 Caminos Materiales 

**13** Reacciones en los Apoyos

14 Diagramas de Solicitaciones

2. Las fuerzas NO tienen CAMINO MATERIAL: **DESPLAZAMIENTO**

fuerza de desviación

F

6. Trazado de la Deformada

Desplazamientos  $\Delta$

M.E.P.

7. 2º aplicación del Artificio de CROSS

8. Descargas Barra x Barra (Mom. 2ºCross)

9. Descargas por Cnos. Materiales (Mom. 2ºCross)

$$F' \rightarrow \alpha = \frac{F}{F'}$$

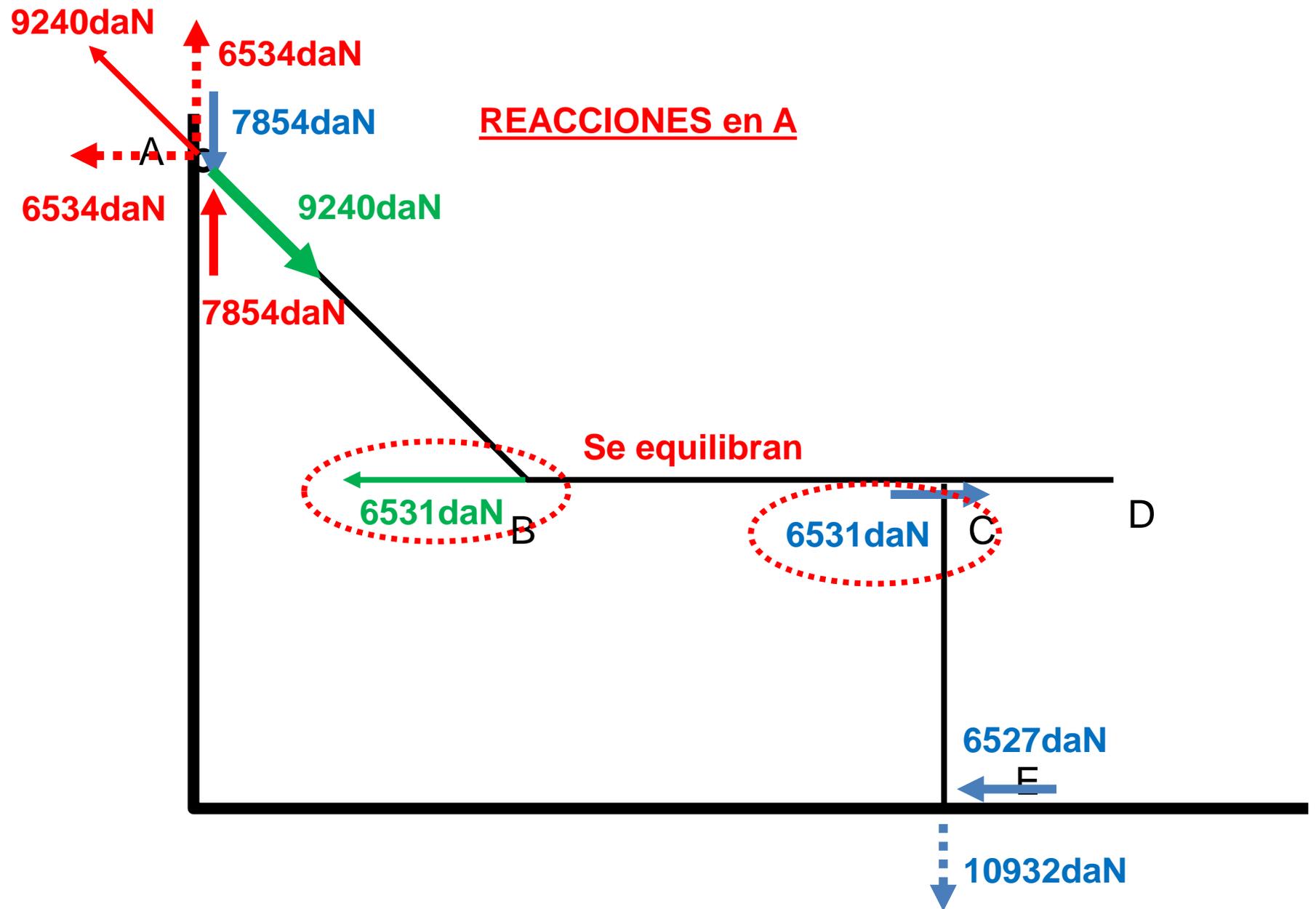
10. Momentos FINALES:

(Mom. 1ºCross) +  $\alpha$ ( Mom. 2ºCross)

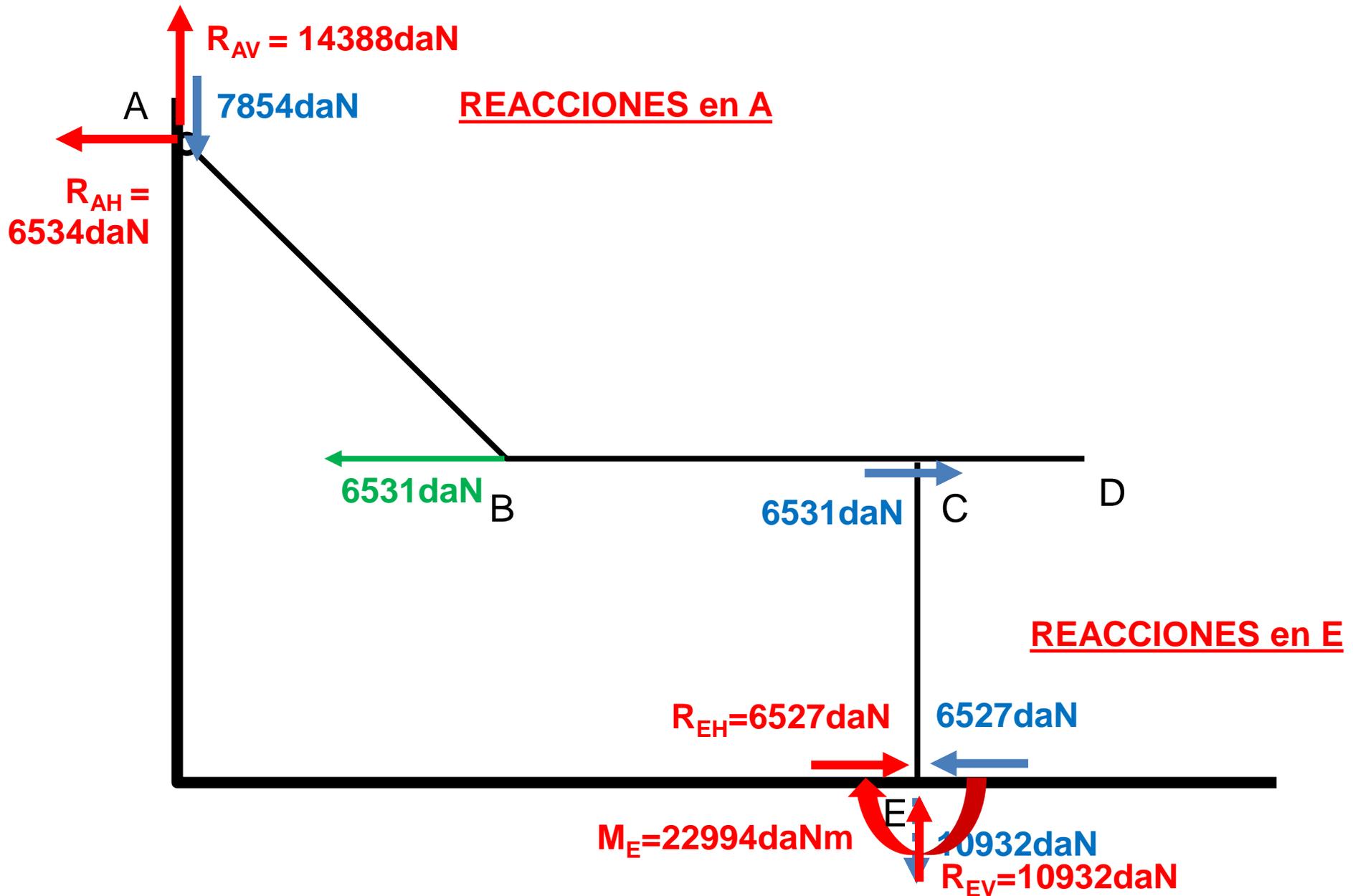
11. Descargas Barra x Barra FINALES

12. Cnos. Materiales FINALES (equilibrio de todas las fuerzas)

# REACCIONES EN APOYOS



# REACCIONES EN APOYOS



# ETAPAS

**1** Análisis de Rigidez de Barras

**2** Mom. Empotramiento Perfecto (M.E.P.)

**3** **ARTIFICIO DE CROSS**  
(momentos en los extremos de las barras)

**4** Descargas Barra por Barra

**5** Caminos Materiales 

**13** Reacciones en los Apoyos

**14** Diagramas de Solicitaciones

**2. Las fuerzas NO tienen CAMINO MATERIAL: DESPLAZAMIENTO**

fuerza de desviación

**F**

6. Trazado de la Deformada

Desplazamientos  $\Delta$

M.E.P.

7. 2º aplicación del Artificio de CROSS

8. Descargas Barra x Barra (Mom. 2ºCross)

9. Descargas por Cnos. Materiales (Mom. 2ºCross)

  $F' \rightarrow \alpha = \frac{F}{F'}$

10. Momentos FINALES:

(Mom. 1ºCross) +  $\alpha$ ( Mom. 2ºCross)

11. Descargas Barra x Barra FINALES

12. Cnos. Materiales FINALES (equilibrio de todas las fuerzas)

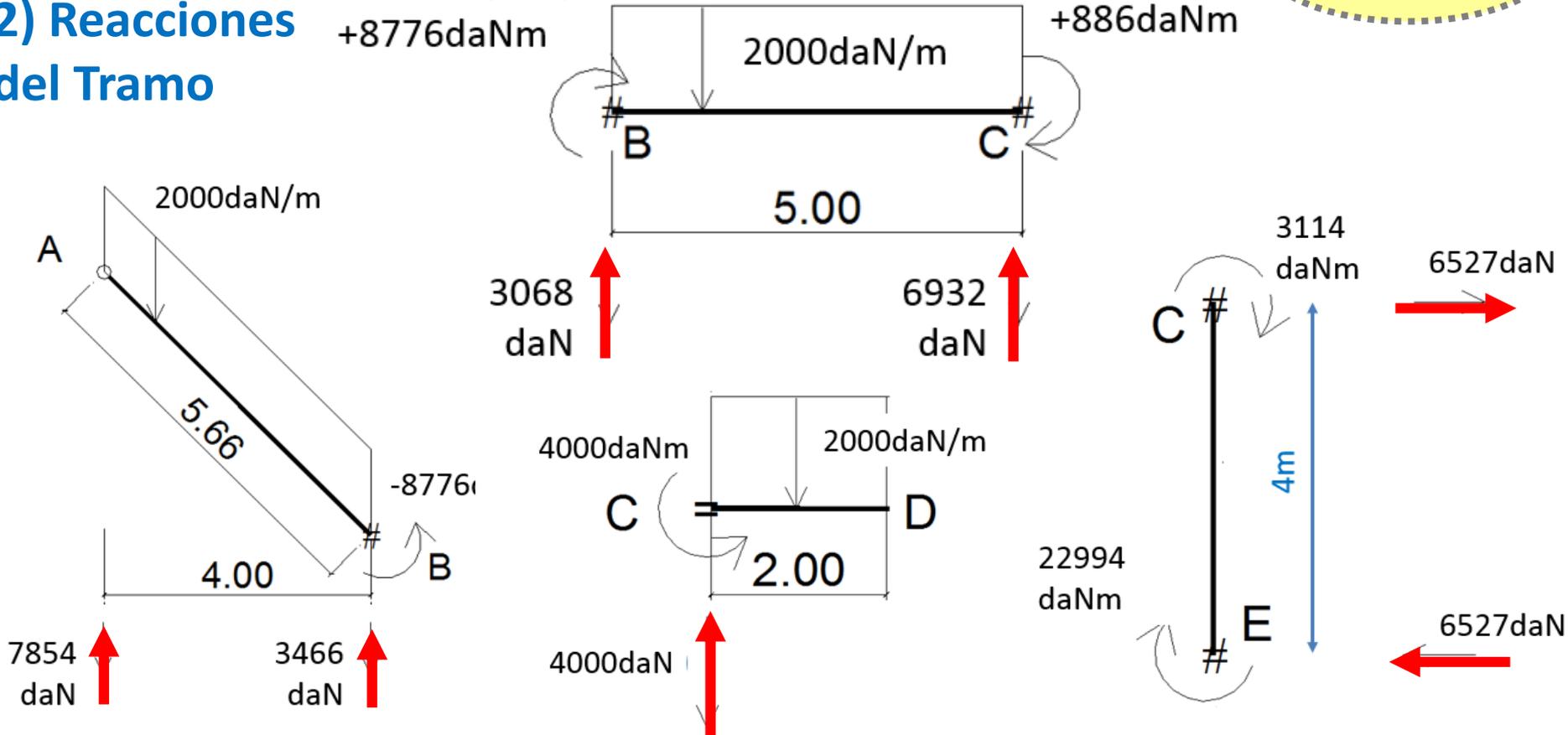
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

Habiendo equilibrado la estructura, podemos plantear para cada barra su esquema de cuerpo libre en equilibrio, considerando:

- 1) las cargas exteriores
- 2) las reacciones de tramo
- 3) los axiles (de los caminos materiales)
- 4) los momentos finales de Cross

Rizq. / Rder.

## 2) Reacciones del Tramo

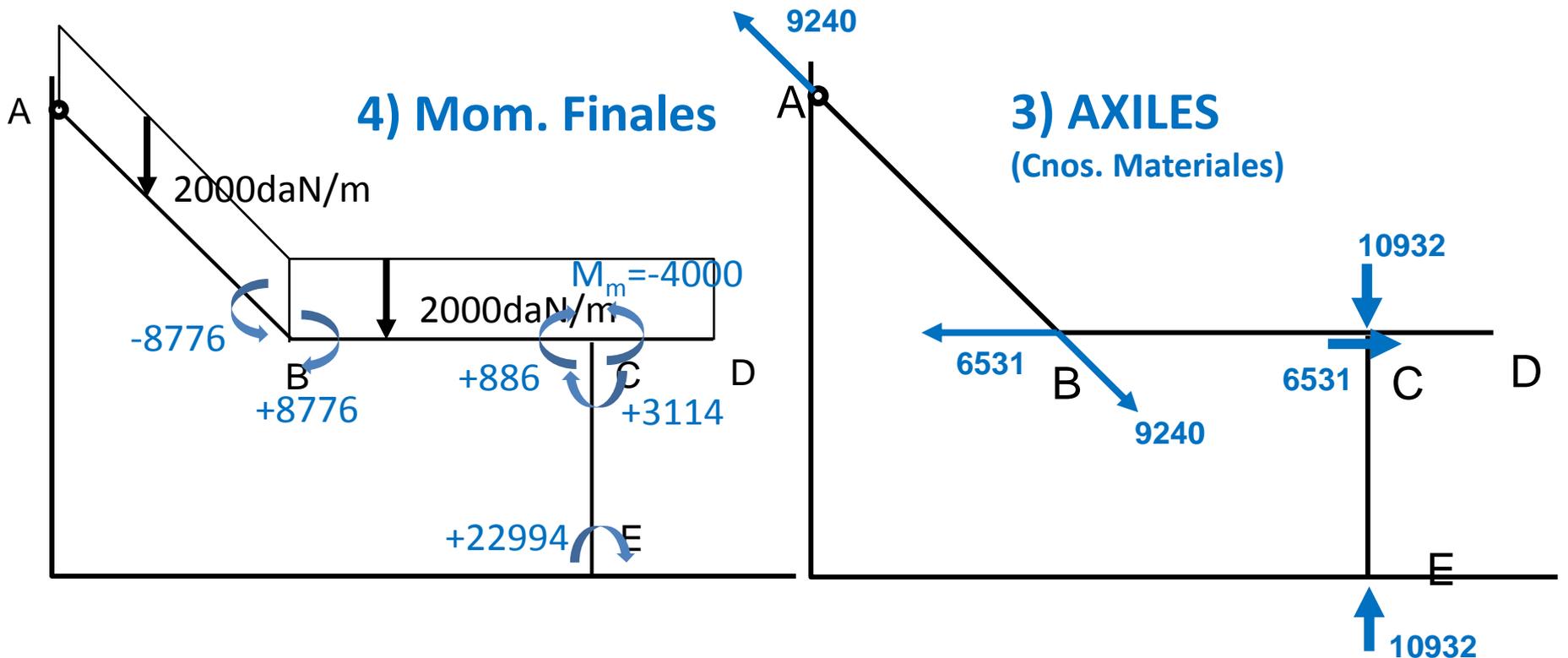


# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

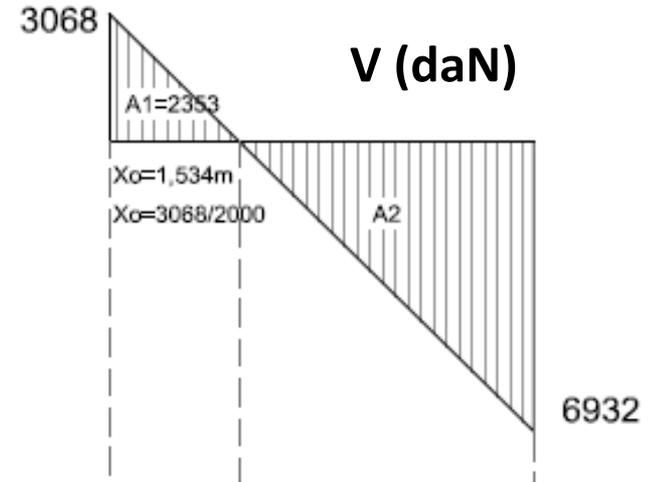
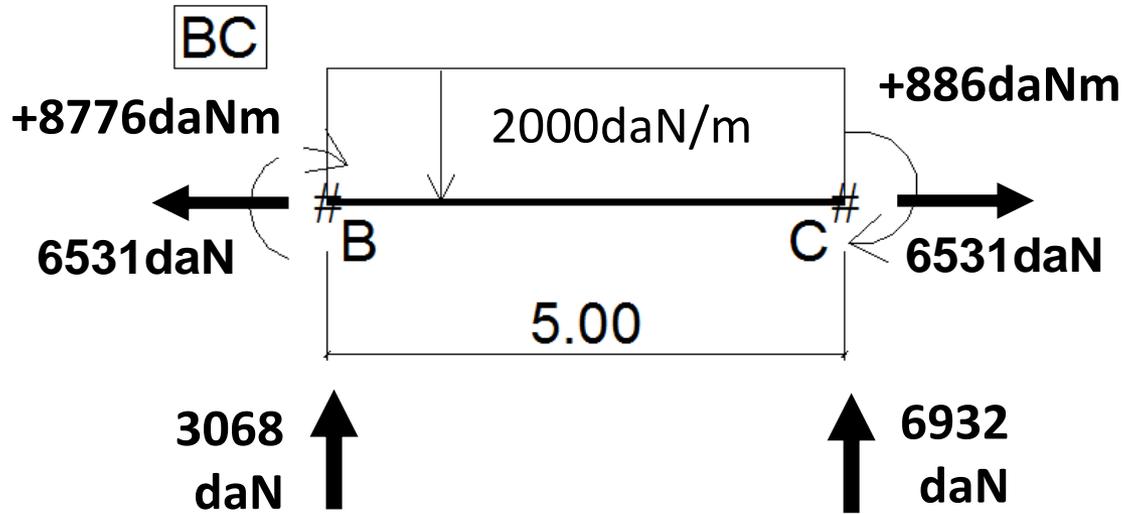
Habiendo equilibrado la estructura, podemos plantear para cada barra su esquema de cuerpo libre en equilibrio, considerando:

- 1) las cargas exteriores
- 2) las reacciones de tramo
- 3) los axiles (de los caminos materiales)
- 4) los momentos finales de Cross

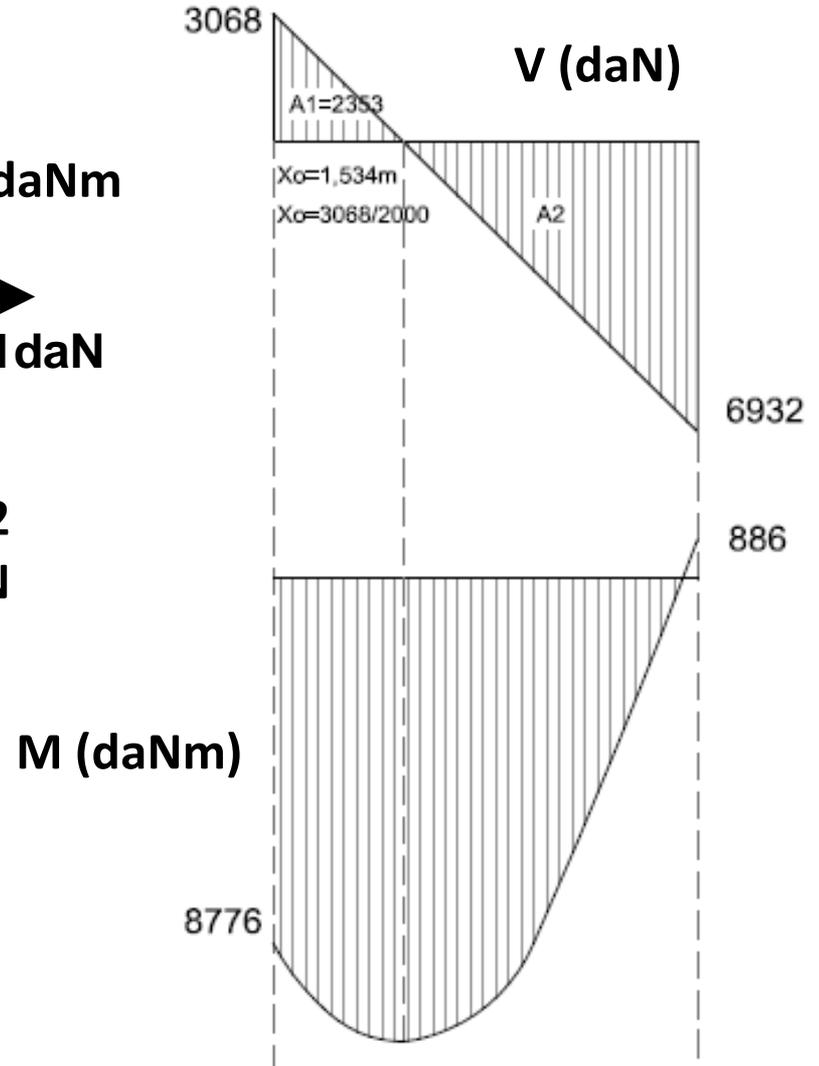
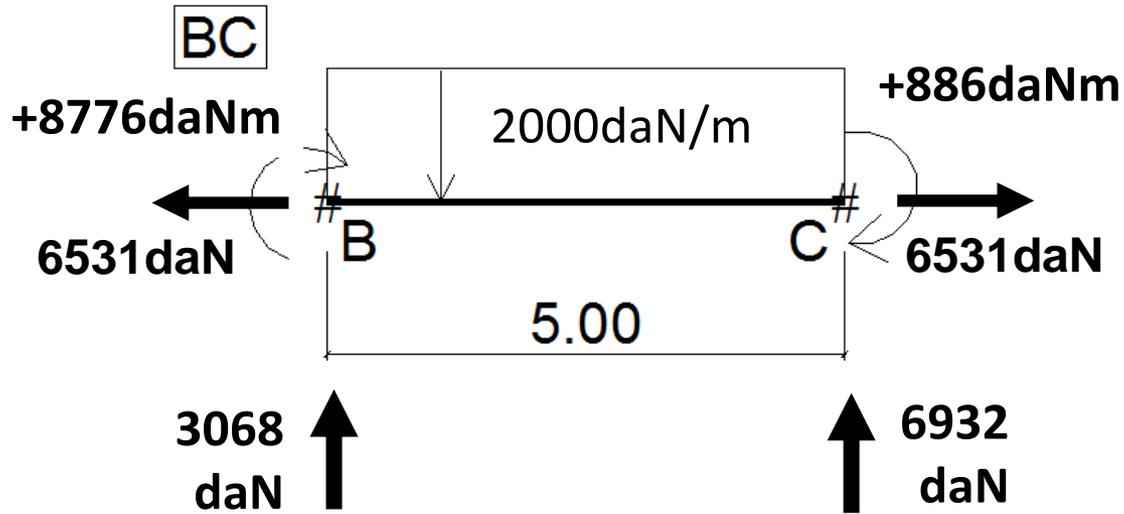
Rizq. / Rder.



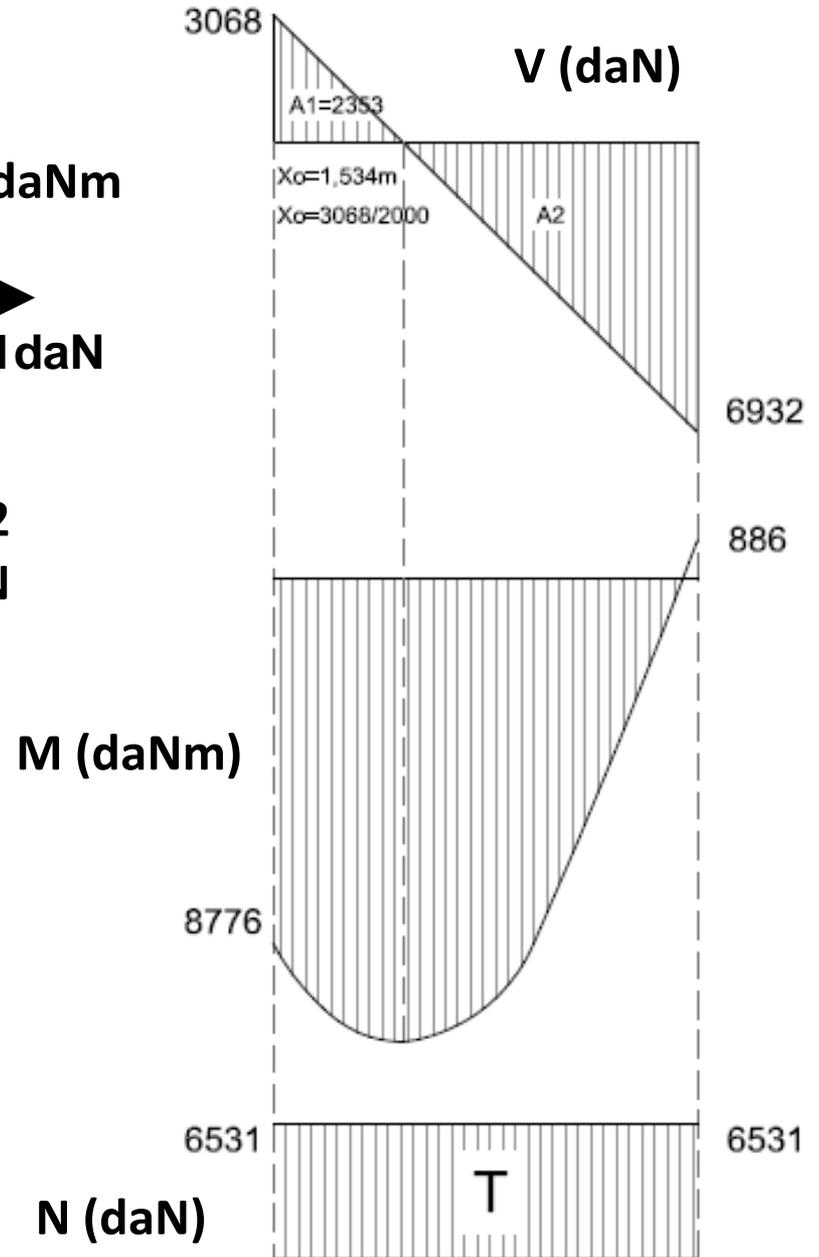
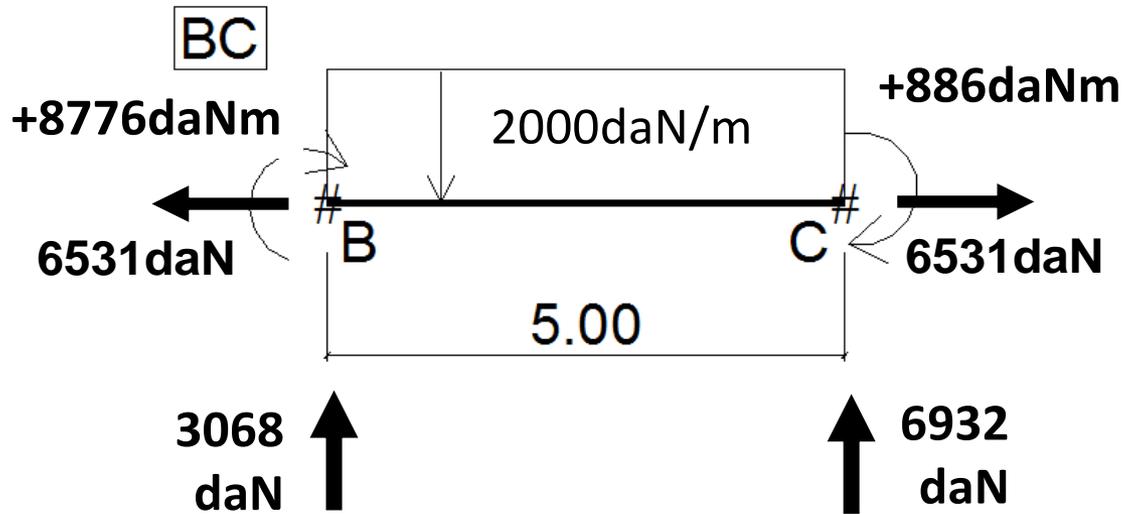
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



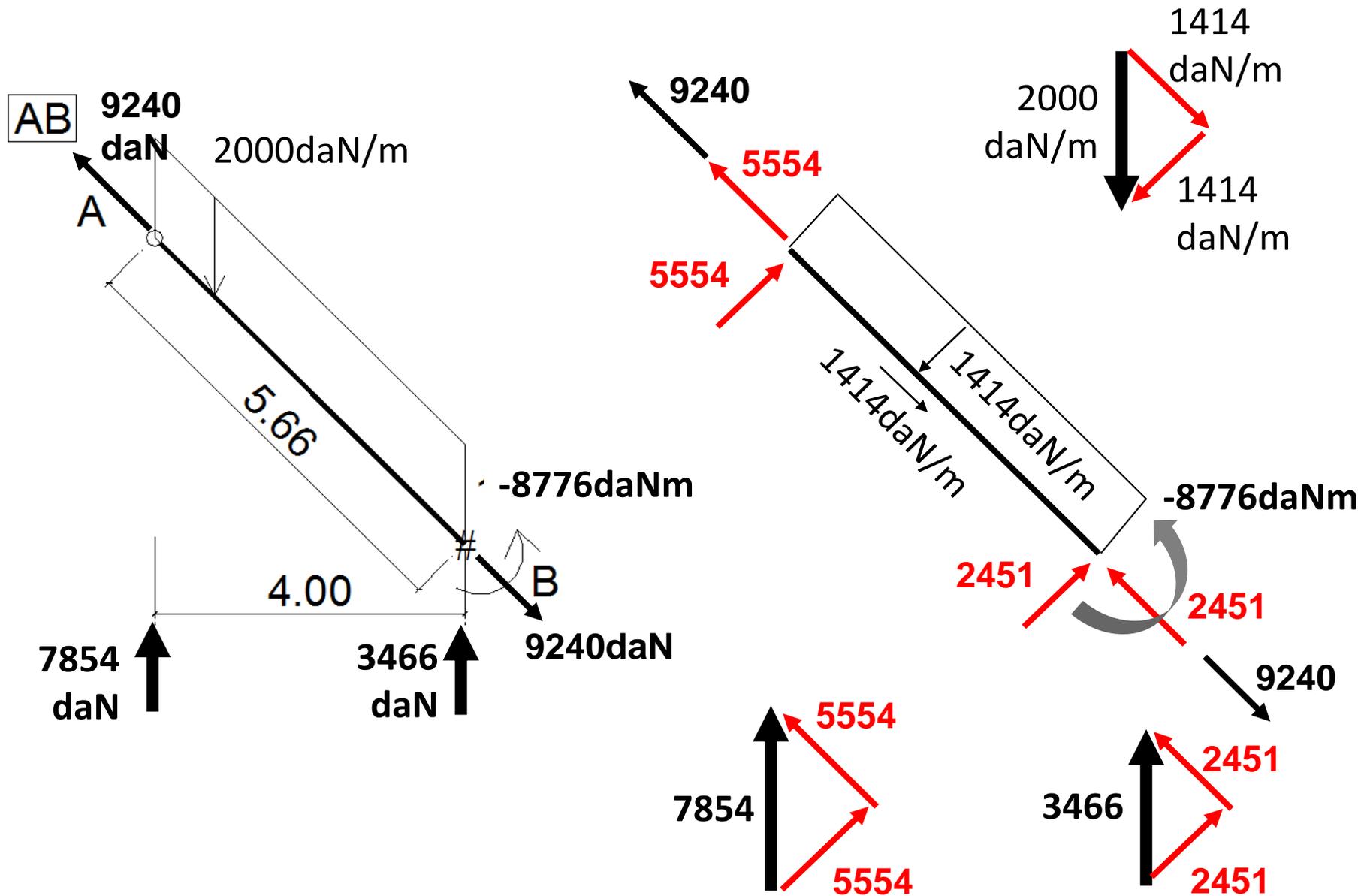
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



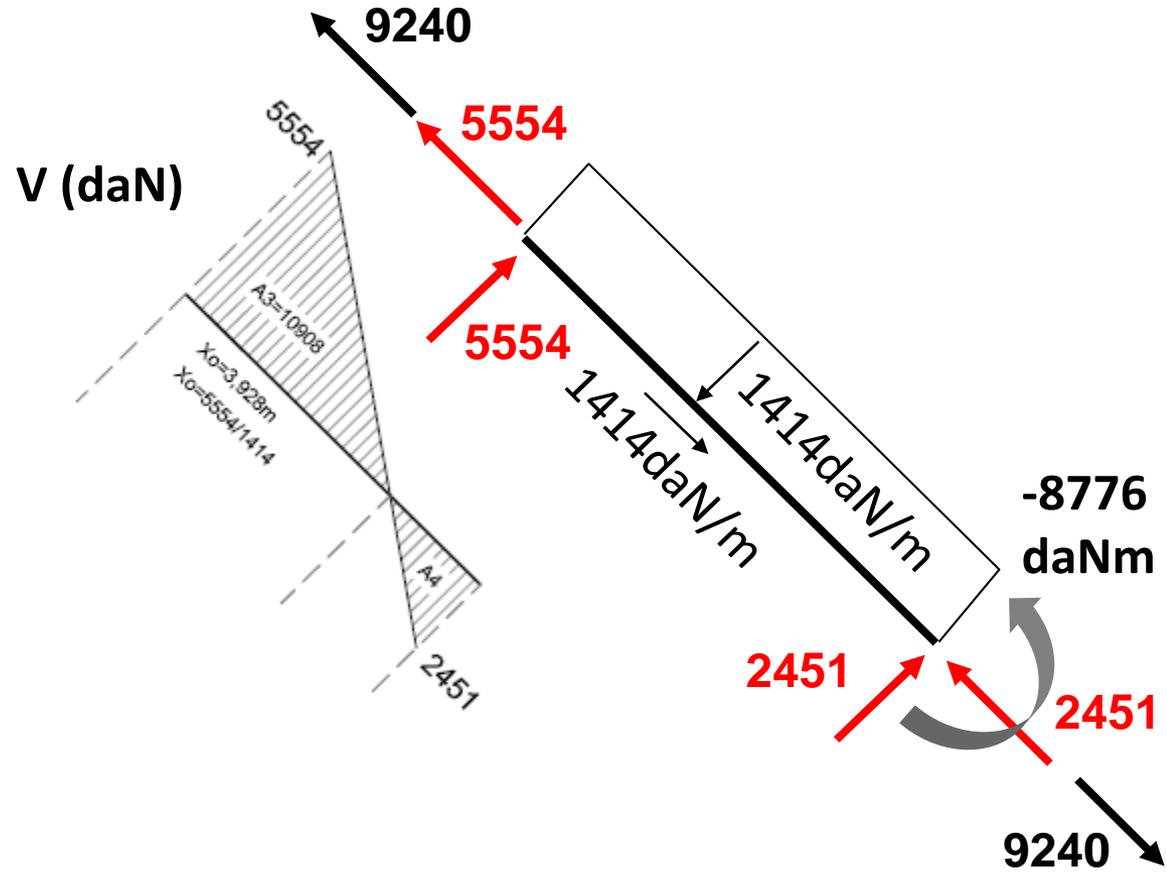
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



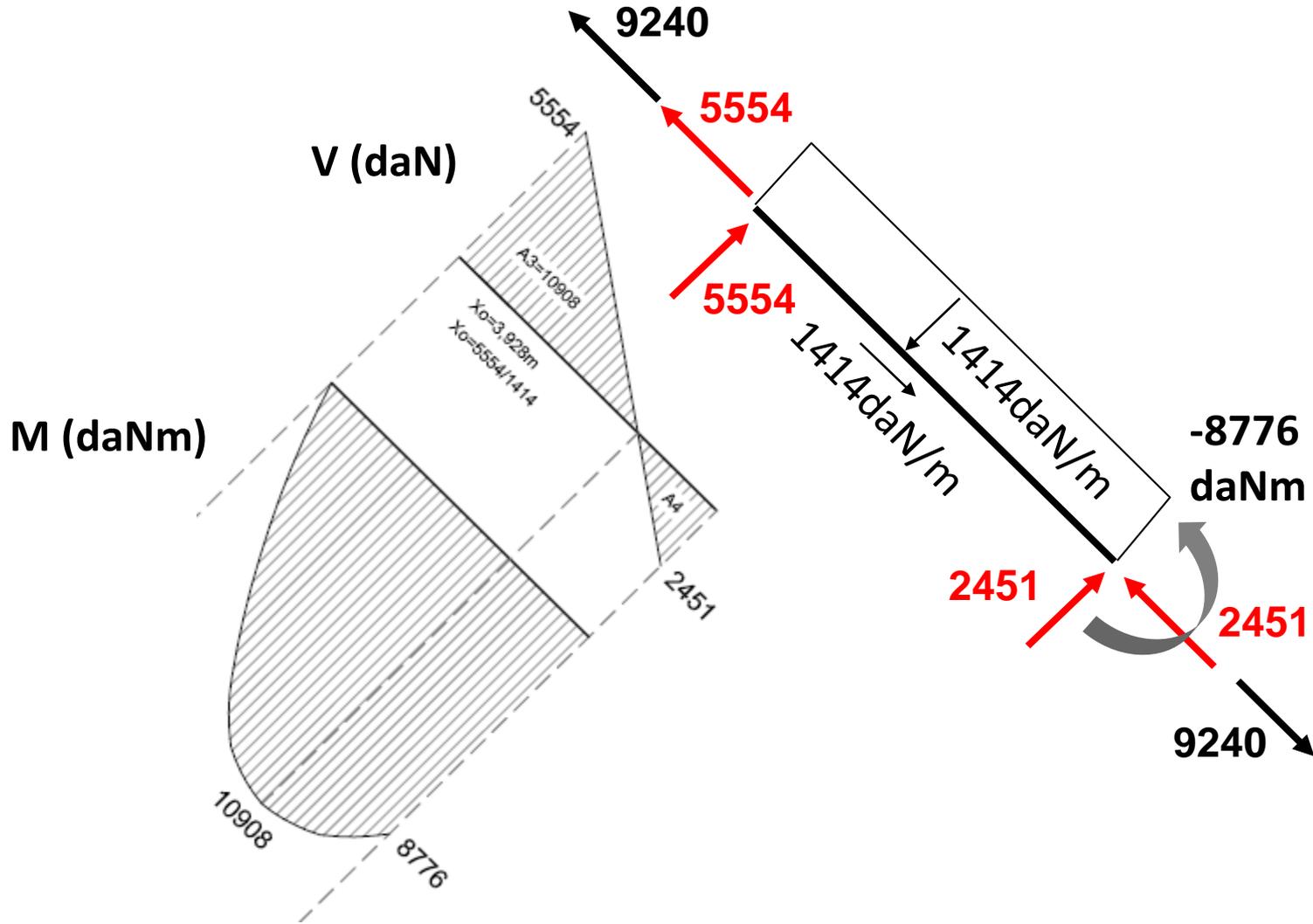
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



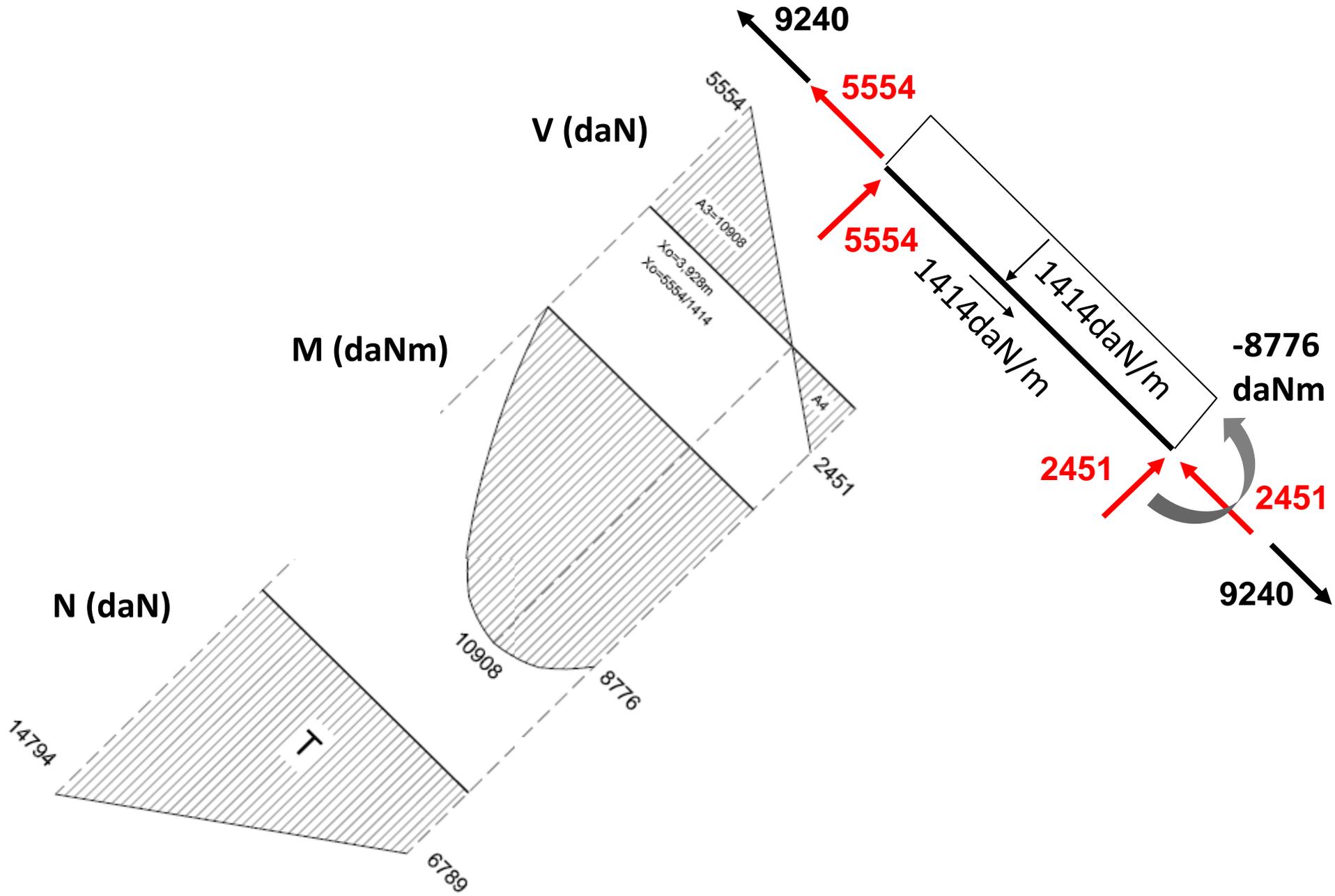
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

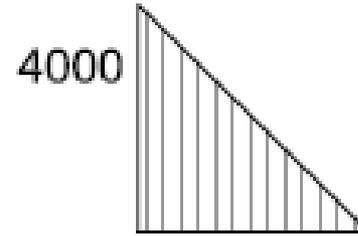
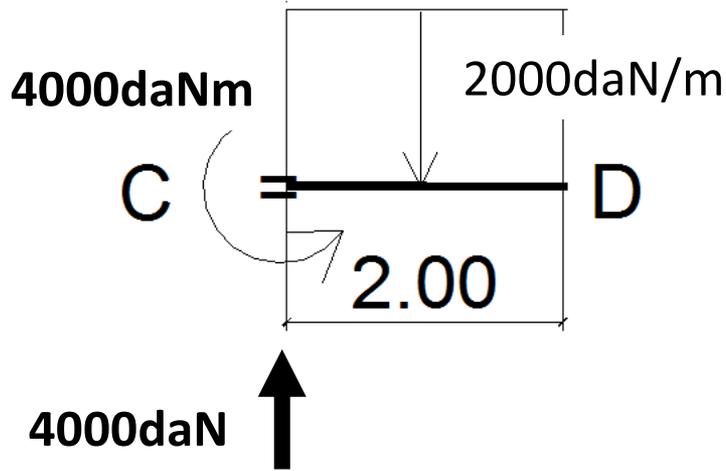


# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

CD



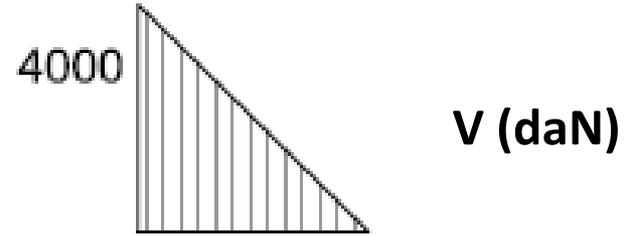
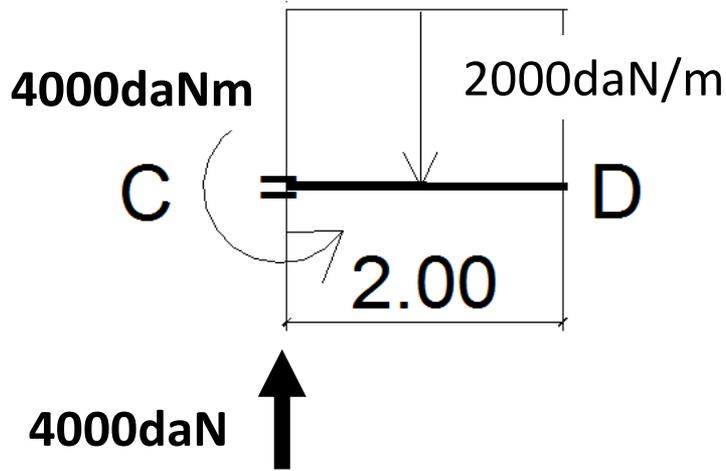
V (daN)

M (daNm)

N (daN)

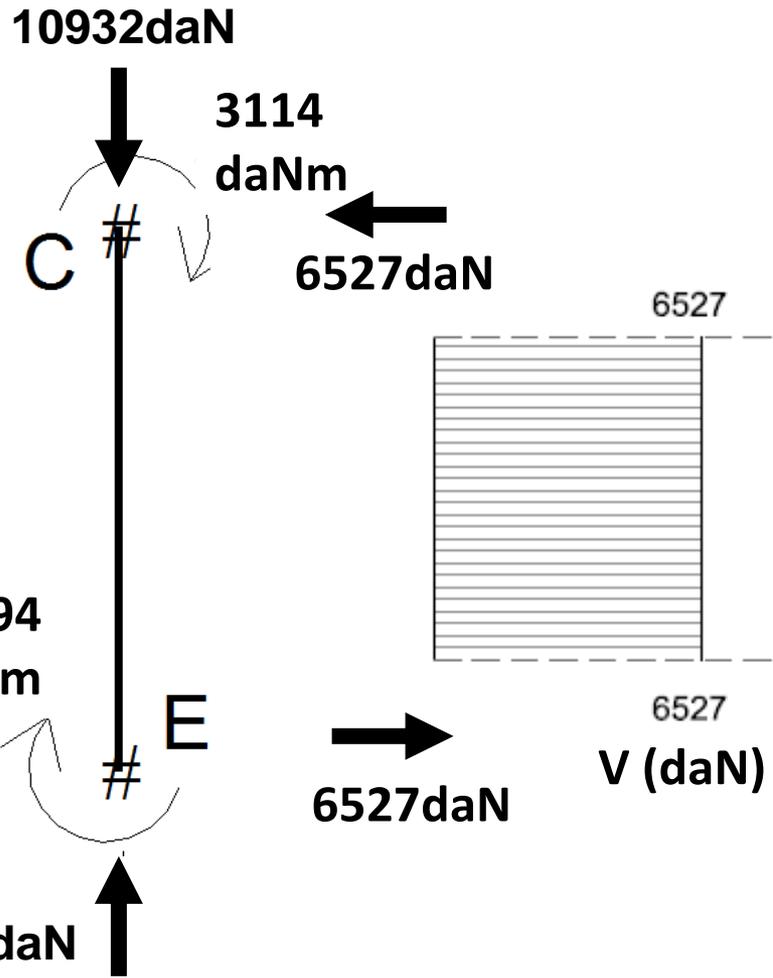
# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

CD

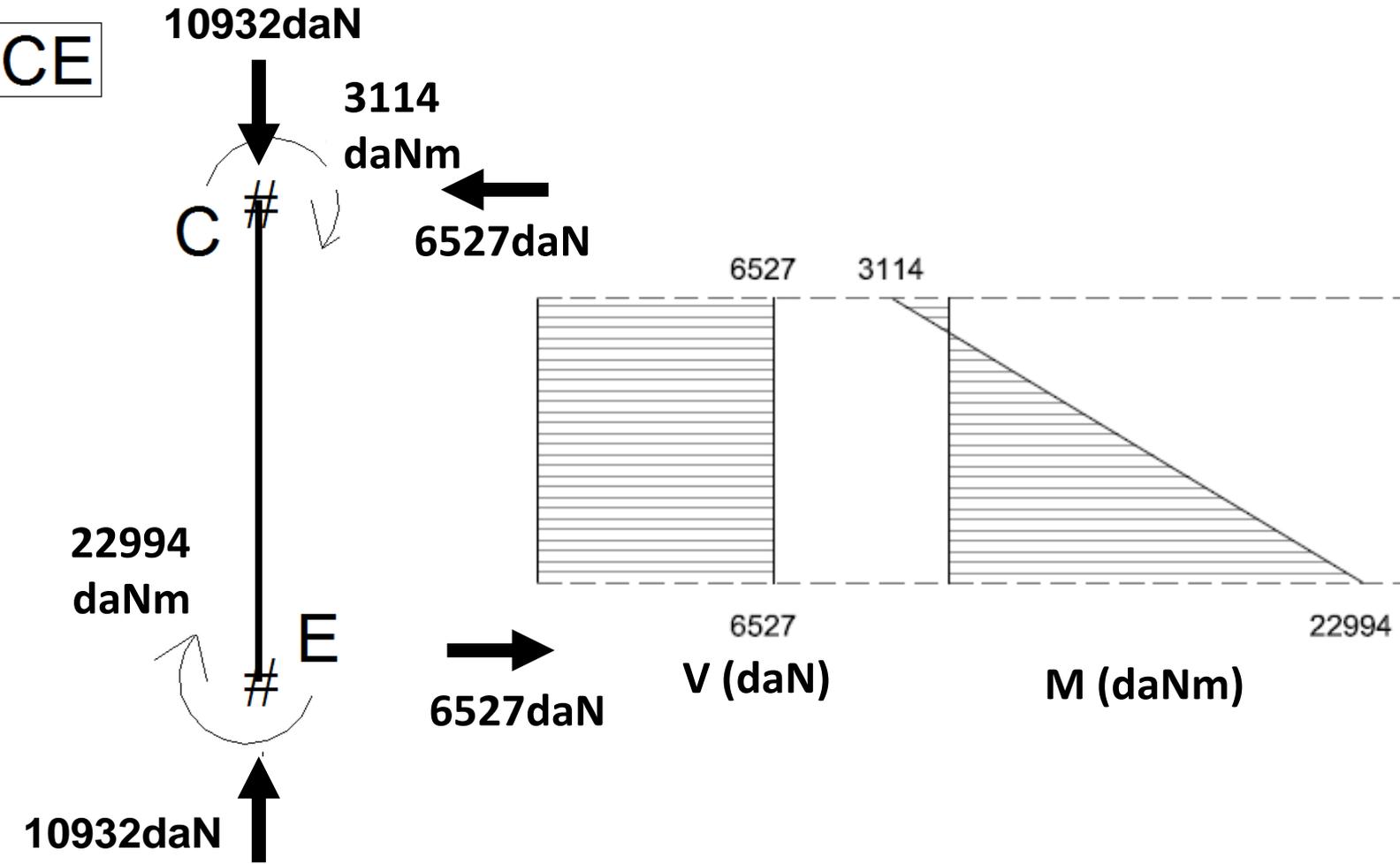


# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

CE



# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES



# DIAGRAMAS DE SOLICITACIONES

