

ANALISIS ESTRUCTURAL

MATRIZ DE FLEXIBILIDADES.

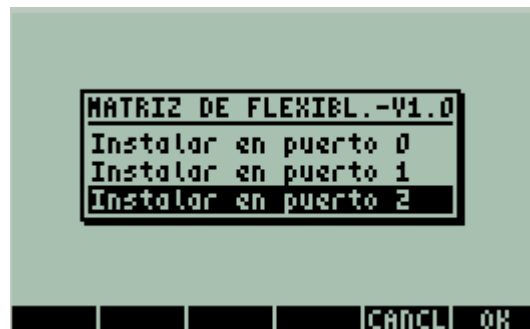
- Versión: 1.0
- Título: FUERZAS
- Lenguaje de Programación: USER-RPL y SYSTEM RPL.
- Biblioteca: L1190
- Tamaño: 32835 Bytes
- Plataformas Soportadas: HP49g+ ROM 1.23 – HP50g 2.15

El presente programa va dirigido a estudiantes y a todo profesional de ingeniería civil, en especial a los estudiantes de la Gloriosa Facultad Nacional de Ingeniería Civil (F.N.I.), que cursan el curso de análisis estructural. El presente programa calcula la MATRIZ DE FLEXIBILIDADES para pórticos 2 veces hiperestáticos y 3 veces hiperestáticos.

El programa funciona en modo RPN y también en Algebraico. Claro que ésta calculadora está diseñada para usarla en RPN.

INSTALACION:

1. Transferir el programas Matriz de flexibilidad V1.0 a la calculadora hp49g+/hp50g.
- 2.- Ejecutar el programa con EVAL y elegir el puerto a instalar la biblioteca.



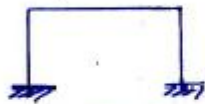
BREVE REPASO METODO DE LAS FUERZAS PARA CALCULO DE ESTRUCTURAS HIPERESTATICAS (METODO DE LAS FLEXIBILIDADES):

CAP. 2. MÉTODO DE LAS FUERZAS PARA EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS HIPERESTÁTICAS (Método de las Flexibilidades).

PLANTEAMIENTO DEL MÉTODO:

1. DETERMINACIÓN DEL GRADO HIPERESTÁTICO:

- EL GRADO HIPERESTÁTICO DETERMINA EL NÚMERO DE VÍNCULOS ADICIONALES AL MÍNIMO NECESARIO PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA.



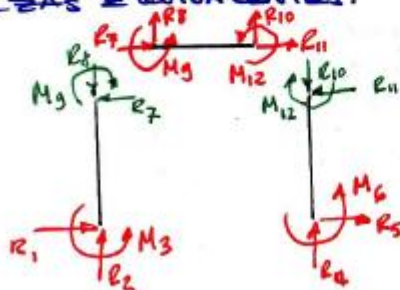
$$G_H = 3$$

3 VECES HIPERESTÁTICO.

$$G_H = 1$$

2. ESTRUCTURA PRIMARIA ADOPTADA:

IDENTIFICADOS LOS VÍNCULOS HIPERESTÁTICOS SE LIBERAN LAS RESTRICCIONES DE ESTOS VÍNCULOS Y SE REEMPLAZA SU EFECTO POR FUERZAS EQUIVALENTES.



- LA ESTRUCTURA PRIMARIA ES UNA ESTRUCTURA ISOSTÁTICA ($G_H = 0$) Y ESTABLE.

VÍNCULOS FUNDAMENTALES SUPERFLUOS:

ESTRUCTURA PRIMARIA ADOPTADA.

✓ $G_H = 0$

3. SE APLICA EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN Y LINEALIDAD AL SISTEMA:

Diagram showing the primary structure with loads P and q , and reactions X_1, X_2, X_3 . The structure is decomposed into three parts: the primary structure with loads, and two unit load cases ($X_1 = 1$ and $X_3 = 1$).

Definiciones:

- D_{i0} = Deformación en dirección i originada por las cargas del sistema.
- f_{ij} = Deformación en Dirección i originada por una carga unitaria en j , o t.p. Usando flexibilidad.

4. COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES:

LAS DEFORMACIONES TOTALES GENERADAS EN LA ESTRUCTURA PRIMARIA + HIPERESTÁTICOS DEBE SER IGUAL A LAS CONDICIONES DE DEFORMACIÓN INICIALES DEL SISTEMA:

Diagram showing the primary structure with loads P and q , and reactions X_1, X_2, X_3 . The conditions are:

$$\Delta y = 0$$

$$\Delta x = 0$$

$$\delta = 0$$

DEFORMACIÓN TOTAL EN DIRECCIÓN ①

$$D_{10} + f_{11} X_1 + f_{12} X_2 + f_{13} X_3 = 0$$

DEFORMACIÓN TOTAL EN DIRECCIÓN ②

$$D_{20} + f_{21} X_1 + f_{22} X_2 + f_{23} X_3 = 0$$

DEFORMACIÓN TOTAL EN DIRECCIÓN ③

$$D_{30} + f_{31} X_1 + f_{32} X_2 + f_{33} X_3 = 0$$

$$f_{11}x_1 + f_{12}x_2 + f_{13}x_3 = -D_{10}$$

$$f_{21}x_1 + f_{22}x_2 + f_{23}x_3 = -D_{20}$$

$$f_{31}x_1 + f_{32}x_2 + f_{33}x_3 = -D_{30}$$

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{10} \\ -D_{20} \\ -D_{30} \end{bmatrix}$$

Se resuelve el sistema calculando las deformaciones D_{10} y las flexibilidades f_{ij} .

FORMA GENERAL DE LA MATRIZ DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

$$[f_{ij}][x_i] = -[D_{10}]$$

$$f_{ij} = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1i} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2i} & \dots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_{i1} & f_{i2} & \dots & f_{ii} & \dots & f_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{ni} & \dots & f_{nn} \end{bmatrix}$$

$$f_{ij} = \int \frac{m_i m_j}{EI} dz$$

m_i = función de momento flector de carga unitaria en dirección ①
 m_j = Función de momento flector por carga unitaria en dirección ②

f_{ij} = Flexibilidad (Deformación en dirección ② por una carga unitaria aplicada en ①)

Por el Teorema de MAXWELL:

$$f_{ij} = f_{ji}$$

$$D_{10} = \int \frac{M_0 m_i}{EI} dz$$

x_i = Fuerzas hiperestáticas incógnita.
 D_{10} = Deformación en la dirección ② por las cargas reales del sistema.

M_0 = Función del momento flector por cargas reales

m_i = Función de momento flector por carga unitaria en ②

REACCIONES FINALES DE LA ESTRUCTURA:

$$R = R_0 + r_1 x_1 + r_2 x_2 + \dots + r_i x_i + \dots + r_n x_n$$

FUERZAS INTERNAS FINALES:

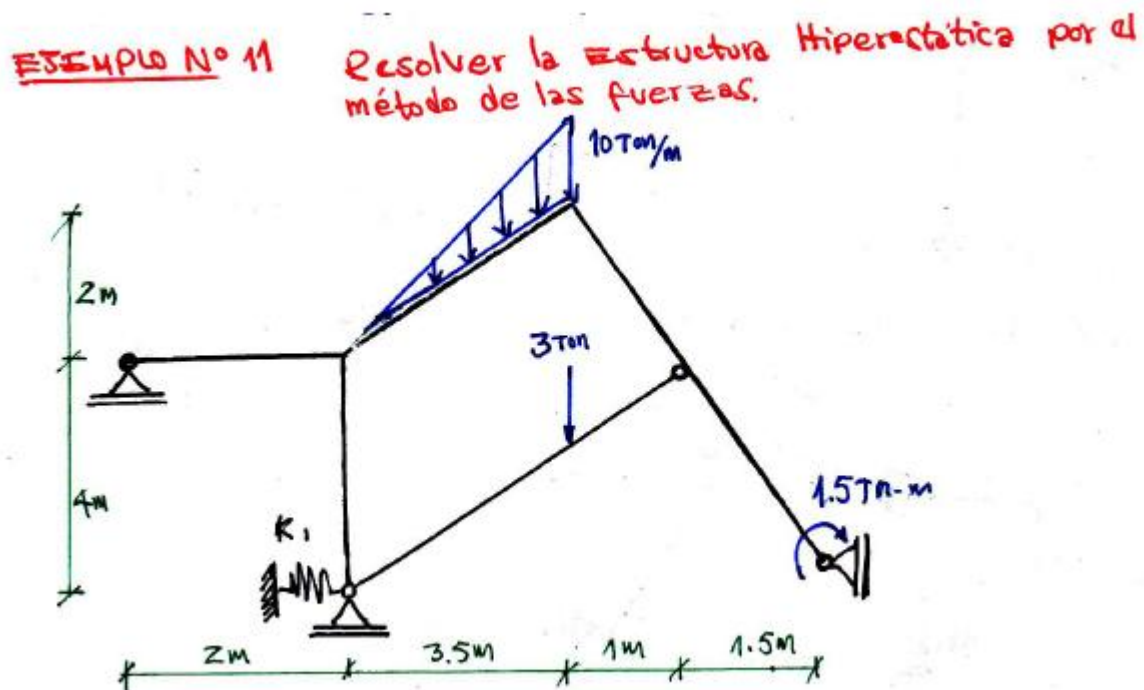
$$M = M_0 + m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_i x_i + \dots + m_n x_n$$

$$Q = Q_0 + q_1 x_1 + q_2 x_2 + \dots + q_i x_i + \dots + q_n x_n$$

$$N = N_0 + n_1 x_1 + n_2 x_2 + \dots + n_i x_i + \dots + n_n x_n$$

EJEMPLO DE APLICACIÓN: 1

Estructura pórtico 2 veces hiperestático.



SECCIONES:

VIGA HORIZONTAL E INCLINADA:



$$E = 2.1 \times 10^5 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

COLUMNA:



BARRA BIARTICULADA:



$$D = 2''$$

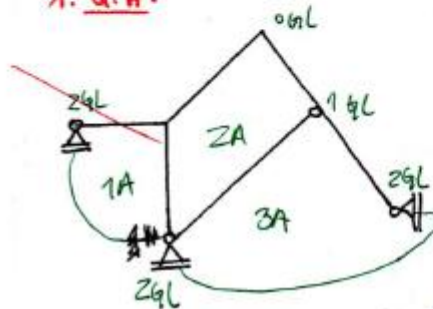
$$t = \frac{1}{4}''$$

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

APOYO ELÁSTICO: $k = 1.5 \text{ Tm/mm}$

SOLUCIÓN:

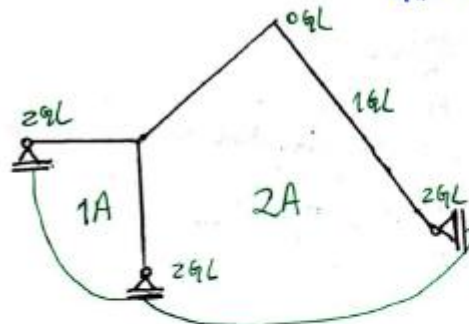
1. G. H.



$$GH = 3(3) - 7$$

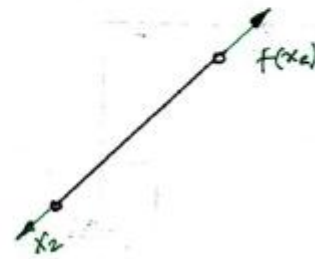
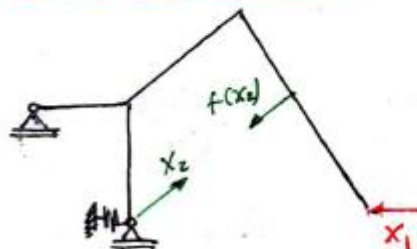
$$GH = 2 \downarrow$$

$$GH = 3A - qL + \# \text{ RES} + \# \text{ B. BIART.}$$



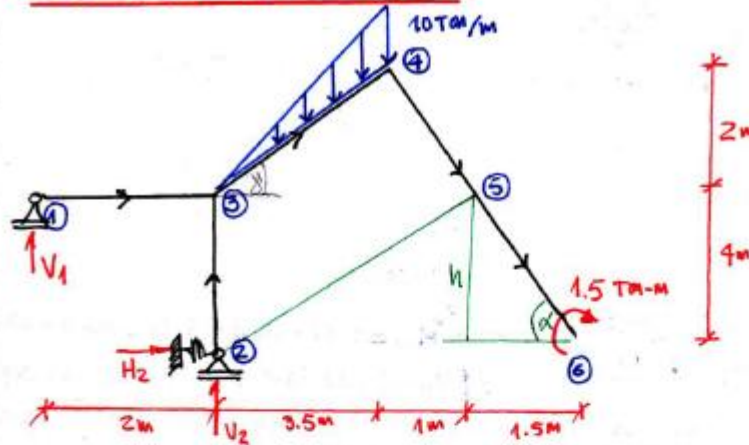
$$GH = 3(2) - 6 + 1 + 1 = 2 \downarrow$$

ESTRUCTURA PRIMARIA ADOPTADA:

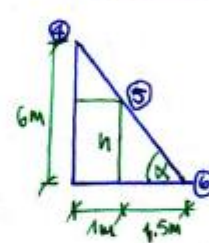
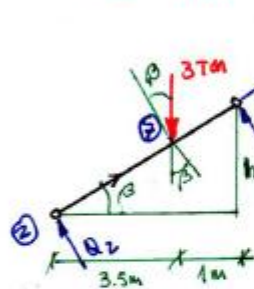


(Kisileva Mecánica de construcción, inestabilidades)

ESTRUCTURA PRIMARIA + CARGAS:



1. GEOMETRIA:



$$L_{46} = \sqrt{2.5^2 + 6^2} = 6.5$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{6}{2.5}\right)$$

$$\alpha = 67.38^\circ$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{1.5}$$

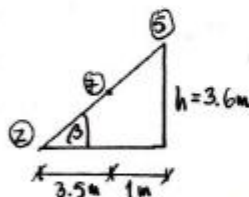
$$h = 3.6 \text{ [m]}$$

$$L_{56} = 3.9 \text{ [m]} \quad L_{45} = 2.6 \text{ [m]}$$

$$L_{27} = 4.482 \text{ [m]}$$

$$L_{34} = 4.031 \text{ [m]}$$

$$\beta = 29.745^\circ$$



$$\beta = 38.66^\circ$$

$$L_{25} = 5.763 \text{ [m]}$$

$$L_{57} = 1.281 \text{ [m]}$$

EN BARRA BIARTICULADA:

$$\sum M_3 = 0 \quad Q_2(5.763) - 3(1) = 0 \Rightarrow Q_2 = 0.521$$

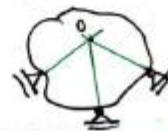
$$\sum M_2 = 0 \quad Q_5(5.763) - 3(3.5) = 0 \Rightarrow Q_5 = 1.822$$

$$\sum F_x = 0 \quad N_5 - 3 \sin \beta = 0 \Rightarrow N_5 = 1.877$$

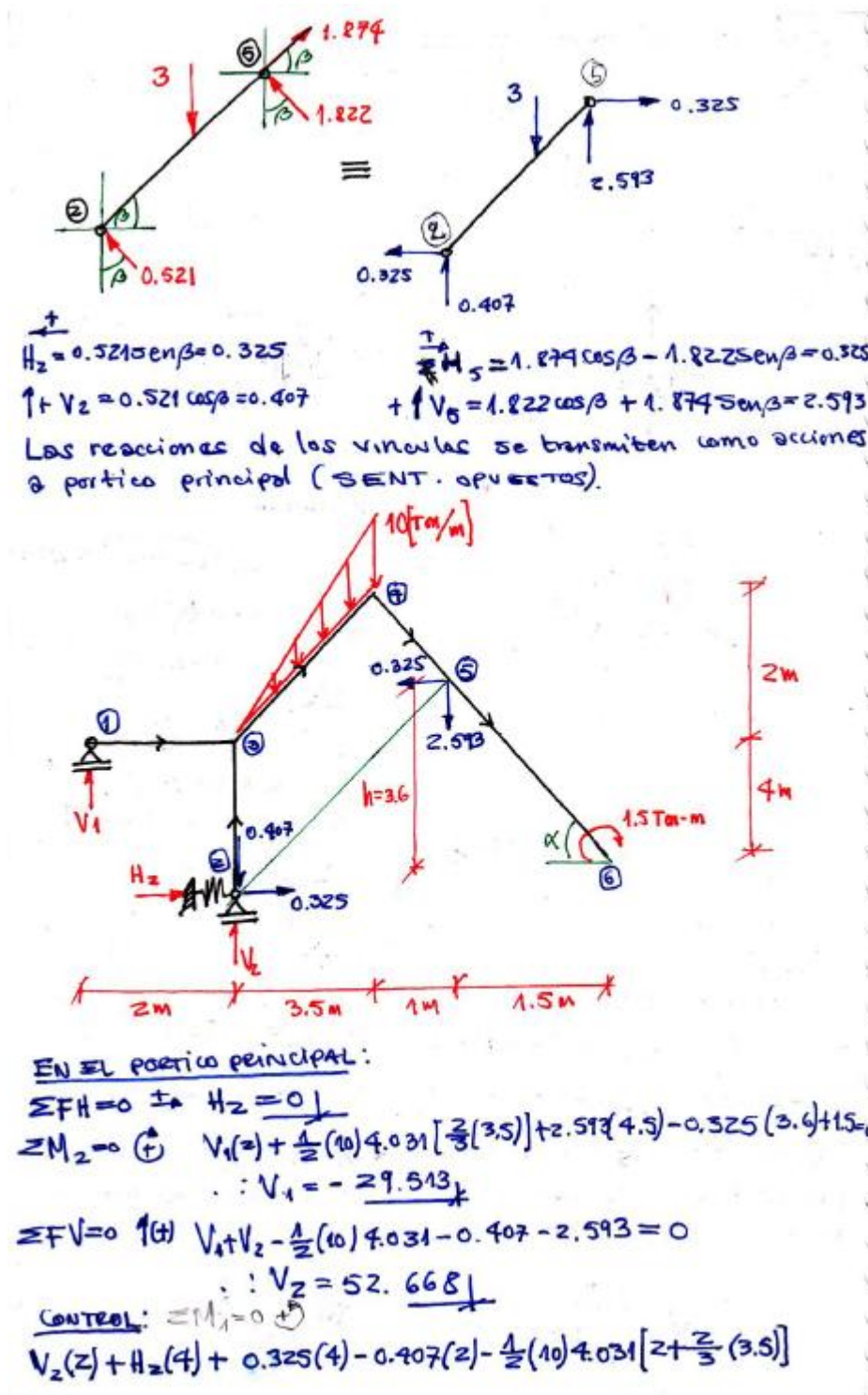
PROYECTANDO LAS REACCIONES DE LOS VINCULOS DE LA BARRA BIARTICULADA.



ESTABLE



INESTABLE



$$-2.593(6.5) - 0.325(0.4) - 1.5 = 0 \Rightarrow 0 = 0 \downarrow$$

FUNCIÓNES DE MOMENTO FLECTOR:

BARRA: 1-3 ORIGEN z ①

$$M = V_1 z$$

$$M = -29.513z$$

z	M
① 0	0
③ 4	-59.026

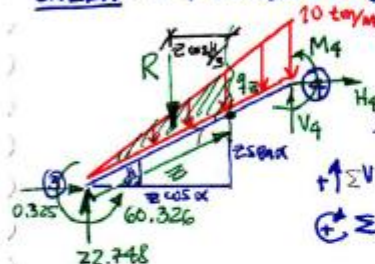
BARRA: 2-3 ORIGEN z ②

$$M = -H_2 z - 0.325 z$$

$$M = -0.325 z$$

z	M
② 0	0
③ 4	-1.3

BARRA: 3-4 ORIGEN z ③



RESULTANTE EQUIVALENTE EN ③
DE 1-3 Y 2-3.

$$\rightarrow H_3 = 0.325$$

$$\uparrow \Sigma V_3 = V_1 + V_2 - 0.407 = +22.748$$

$$\circlearrowleft \Sigma M_3 = V_1(2) - (H_2 + 0.325)4 = -60.326$$

$$\frac{q_z}{z} = \frac{10}{L_{34}} \Rightarrow q_z = \frac{10}{4.031} z$$

$$M = -60.326 + 22.748z \cos \alpha - 0.325z \sin \alpha - \frac{1}{z} \left(\frac{10}{4.031} z \right) z \left(\frac{z \cos \alpha}{3} \right)$$

$$M = -60.326 + 19.51z - 0.359z^3$$

z	M
③ 0	-60.326
④ 2.016	-23.774
④ 4.031	-4.873

BARRA: 5-6 ORIGEN z ⑥

$$M = -1.5$$

BARRA: 4-5 ORIGEN z ⑤



$$\rightarrow z H_5 = -0.325$$

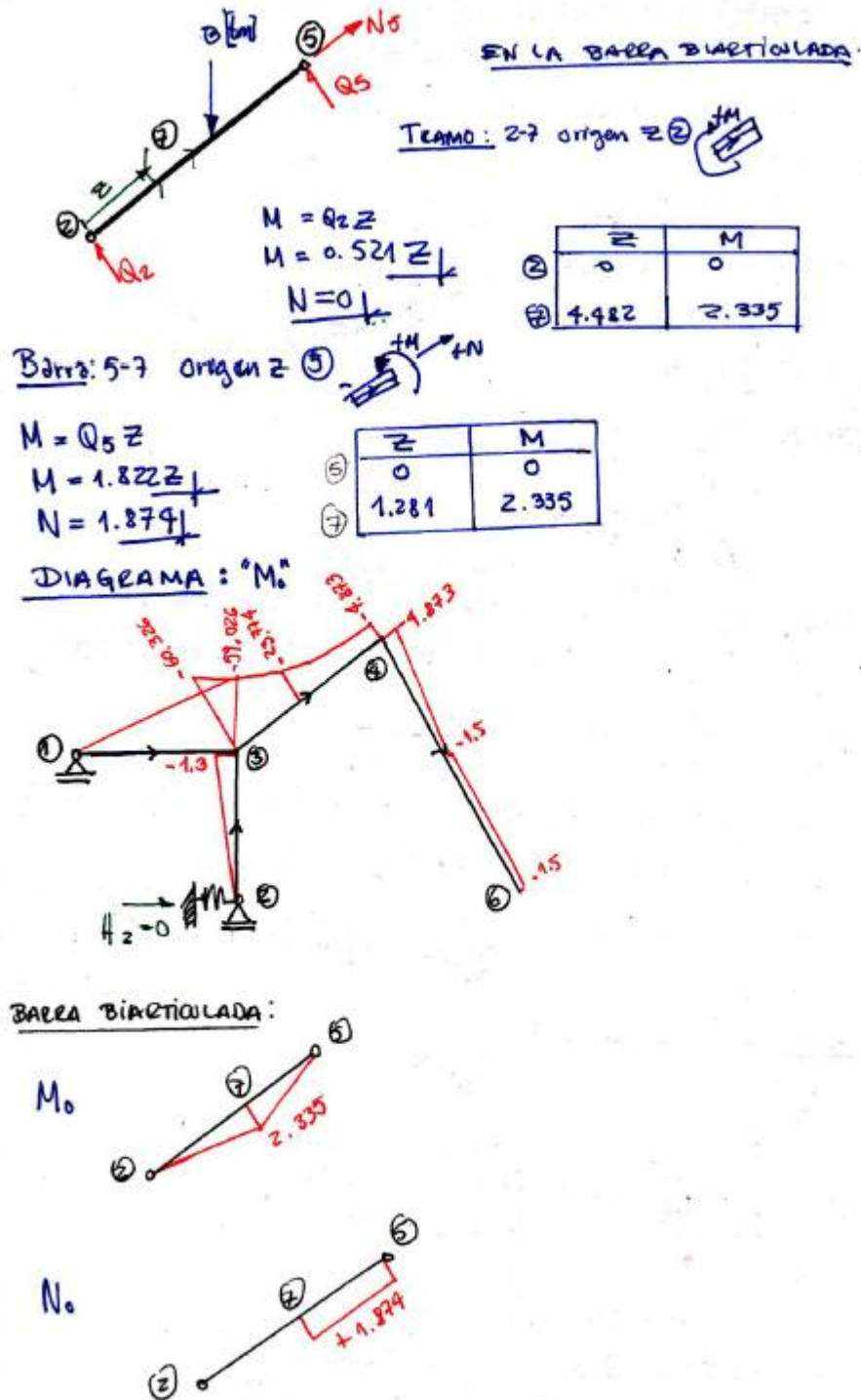
$$\uparrow \Sigma V_5 = -2.593$$

$$\circlearrowleft \Sigma M_5 = 1.5$$

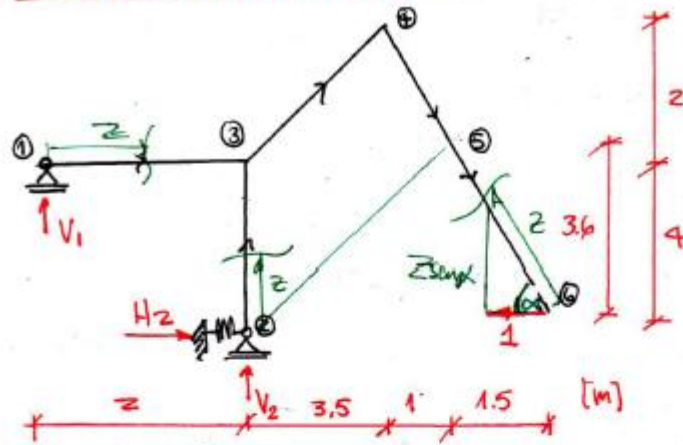
$$M = -1.5 - 0.325z \sin \alpha - 2.593z \cos \alpha$$

$$M = -1.5 - 1.297z$$

z	M
⑤ 0	-1.5
④ 2.6	-4.872



ESTRUCTURA PRIMARIA + $X_1 = 1$



BARRA BIARTICULADA:

la barra 2-5 No tiene carga en su tramo:

$$\begin{aligned} Q_2 &= 0 \downarrow & Q_5 &= 0 \downarrow \\ \sum F_x &= 0 \Rightarrow & N_5 &= 0 \downarrow \end{aligned}$$

EN EL PORTICO PRINCIPAL

$$\sum F_H = 0 \Rightarrow H_2 - 1 = 0 \Rightarrow H_2 = 1 \downarrow$$

$$\sum M_2 = 0 \Rightarrow V_1(2) = 0 \Rightarrow V_1 = 0 \downarrow$$

$$\sum F_V = 0 \Rightarrow V_2 + V_1 = 0 \Rightarrow V_2 = 0 \downarrow$$

CONTROL: $\sum M_1 = 0 \Rightarrow$

$$V_2(2) + H_2(4) - 1(4) = 0 \Rightarrow 0 = 0 \downarrow$$

FUNCION DE MOMENTO FLECTOR:

Barra: 1-3 origen z ①

$$m = 0$$

Barra: 2-3 origen z ②

$$m = -H_2 z$$

$$m = -z$$

Barra: 3-4 origen z ③

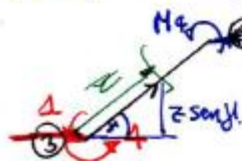
z	m_1
0	0
4	-4

Resultante Equivalente en ②

$$\rightarrow \sum H_3 = H_2 = 1$$

$$\uparrow \sum V_3 = 0$$

$$\curvearrowright \sum M_3 = -H_2(4) = -4 \text{ G}$$



$$M = -4 - Z \sin \alpha$$

$$M = -4 - 0.996 Z$$

Z	M ₁
0	-4
2.016	-5
4.031	-6

Barra: 5-6 Origen Z ⑥

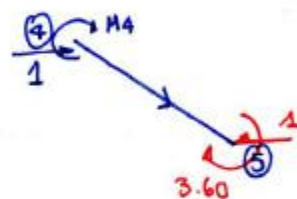
$$M = -1Z \sin \alpha$$

$$M = -0.923 Z$$



Z	M ₁
0	0
3.9	-3.6

Barra: 4-5 Origen Z ⑤



Resultante Equivalente en ⑤

$$\sum H_5 = 1 \leftarrow \sum V_5 = 0$$

$$\sum M_5 = -1(3.60) = -3.60$$

$$M = -3.60 - 1Z \sin \alpha$$

$$M = -3.60 - 0.923 Z$$

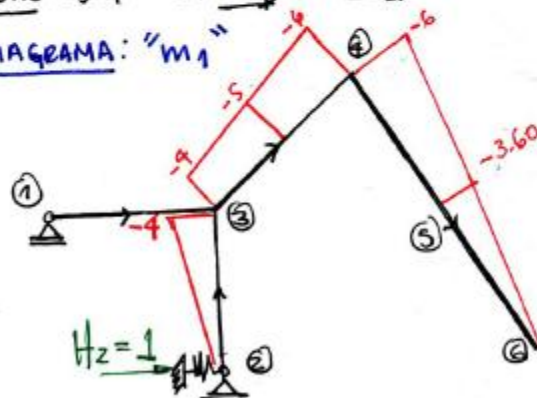
Z	M ₁
0	-3.60
2.6	-6

Barra Biarticulada:

Barra: 2-7 $M=0$ $N=0$

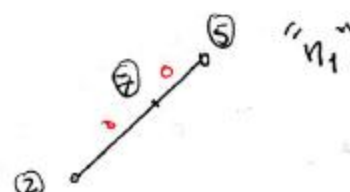
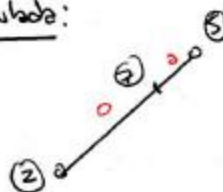
Barra: 5-7 $M=0$ $N=0$

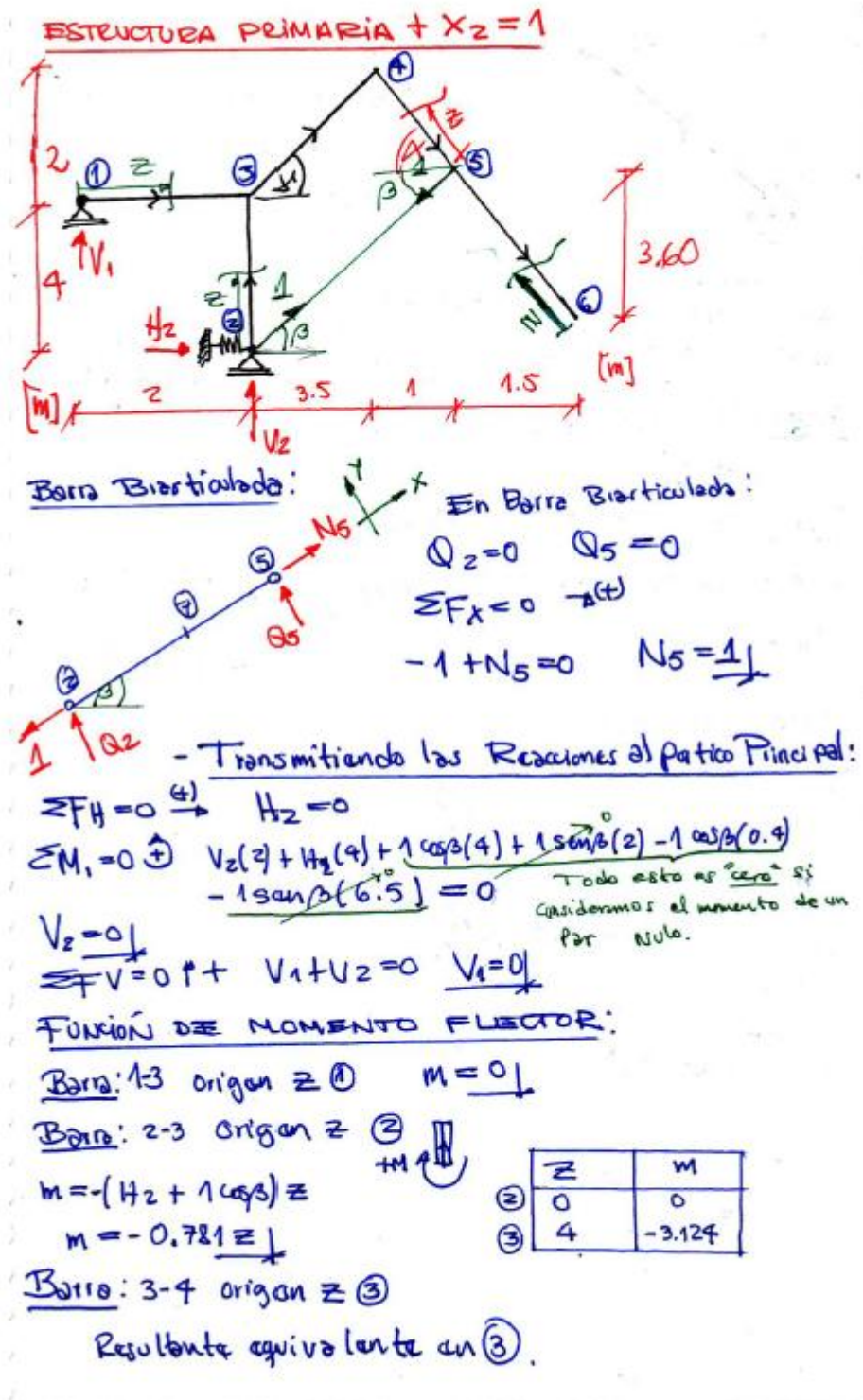
DIAGRAMA: "M₁"

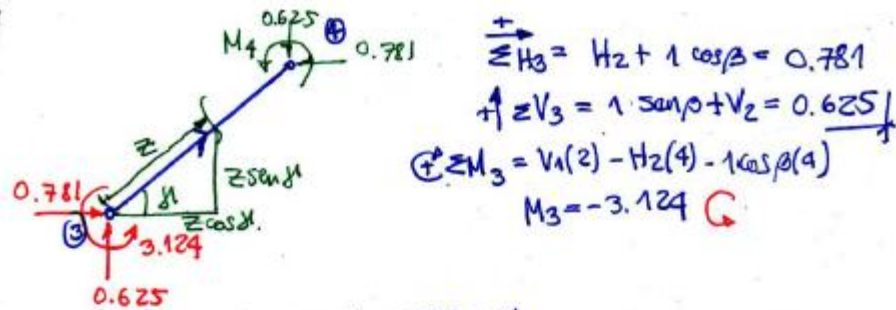


Barra Biarticulada:

"M₁"







$$m = -3.124 + 0.625 z \cos \alpha - 0.781 z \sin \alpha$$

$$m = -3.124 + 0.155 z$$

z	m
0	-3.124
2.016	-2.812
4.031	-2.499

BARRA: 5-6 origen z ⑥

$$m = 0$$

BARRA: 4-5 origen z ⑤

$$m = -(1 \cos \beta) z \sin \alpha - 1 \sin \beta (z \cos \alpha)$$

$$m = -$$

z	m
0	0
2.6	-2.499

BARRA BIARTICULADA:

BARRA: 2-7 ORIGEN Z ②

$$M_2 = 0$$

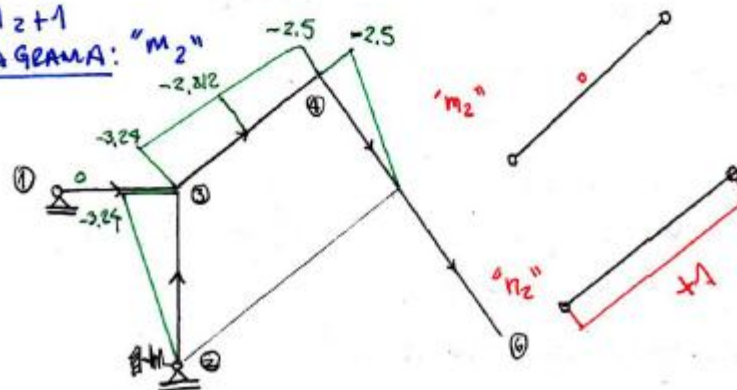
$$n_2 = +1$$

BARRA: 5-7 ORIGEN Z ⑤

$$M_2 = 0$$

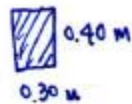
$$n_2 = +1$$

DIAGRAMA: "M₂"



SECCION Y MATERIAL

VIGA HORIZONTAL INCLINADA:



$$E = 2.1 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2 = 2.1 \times 10^6 \text{ ton/m}^2$$

$$EI = 2.1 \times 10^6 \left(\frac{0.30 \times 0.40^3}{12} \right)$$

COLUMNA:

$$EI = 3360 \text{ kg}$$



$$EI = 2.1 \times 10^6 \left(\frac{0.30^4}{12} \right) = 1417.5 \text{ kg}$$

BARRA BIARTICULADA:



$$D = 2'' = 0.0508 \text{ m} \quad E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2 = 2.1 \times 10^7 \text{ ton/m}^2$$

$$t = \frac{1}{4}'' = 0.0064 \text{ m} \quad EA = 2.1 \times 10^7 \frac{\pi}{4} [0.0508^2 - 0.0064^2]$$

$$EA = 18747.014 \text{ kg}$$

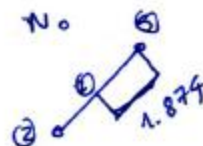
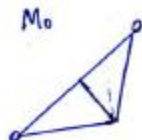
$$K = 1500 \text{ ton/m}$$

Ecuación de compatibilidad de deformaciones:

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -D_{10} \\ -D_{20} \end{Bmatrix}$$

$$D_{ib} = \sum_{\text{BARRAS}} \int \frac{M_i M_j}{EI} dz + \sum_{\text{RESORTES}} \frac{P_i P_j}{K} + \sum_{\substack{\text{BARRAS} \\ \text{DIART.}}} \int \frac{N_i N_j}{EA} dz$$

$$f_{ij} = \sum_{\text{BARRAS}} \int \frac{m_i m_j}{EI} dz + \sum_{\text{RESORTES}} \frac{P_i P_j}{K} + \sum_{\substack{\text{BARRAS} \\ \text{BIART.}}} \frac{n_i n_j}{EA} \cdot L$$



BAJA	1-3	2-3	3-4	5-6	4-5	2-7.	5-7	K	Σ
DEL	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦		
LIMITES	0-2	0-4	0-4.031	0-3.9	0-2.6	0-4.482	0-1.281		
EI	3360	1417.5	3360	3360	3360	EA=18749.014	18749.014	K=1500	
M ₀	-29.5132	-0.3252	-60.306+19.5102-0.35123	-1.5	-15-1.2472	N ₀ =0	N ₀ =1.874	P ₀ =0	
M _i	0	-2	-4-0.4962	-0.4232	-360-0.4232	N ₁ =0	N ₁ =0	P ₁ =1	
M _j	0	-0.7812	-3.124+0.1552	0	-0.9612	N ₂ =1	N ₂ =1	P ₂ =0	
D ₁₀	0	0.004801	0.148721	0.003134	0.012256	0	0	0	0.169102
D ₂₀	0	0.00382	0.093743	0	0.003623	0	0.000128	0	0.101314
f ₁₁	0	0.01505	0.030388	0.005013	0.018449	0	0	0.000667	0.069317
f ₁₂ =f ₂₁	0	0.01754	0.016739	0	0.005027	0	0	0	0.033520
f ₂₂	0	0.00918	0.009523	0	0.00161	0.000239	0.000068	0	0.020620

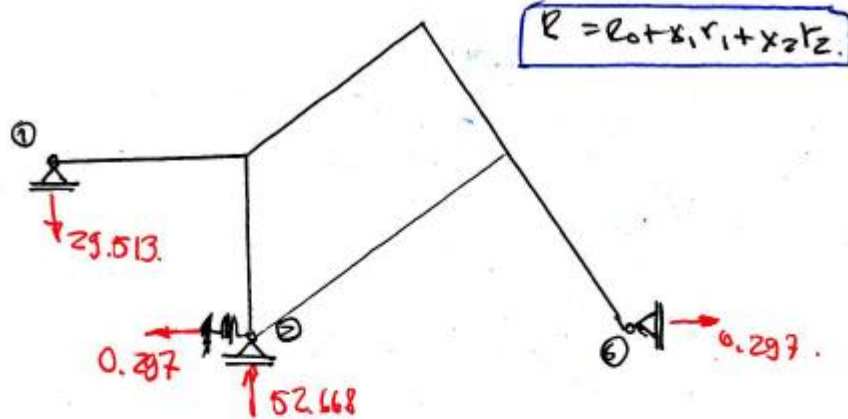
$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{10} \\ -D_{20} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.069317 & 0.03352 \\ 0.03352 & 0.02062 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.169102 \\ -0.101314 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D_{10} &= 0.169102 \\ D_{20} &= 0.101314 \\ f_{11} &= 0.069317 \\ f_{12} = f_{21} &= 0.033520 \\ f_{22} &= 0.020620 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_1 &= -0.297 \\ x_2 &= -4.430 \end{aligned}$$

REACCIONES DE APOYO FINALES:



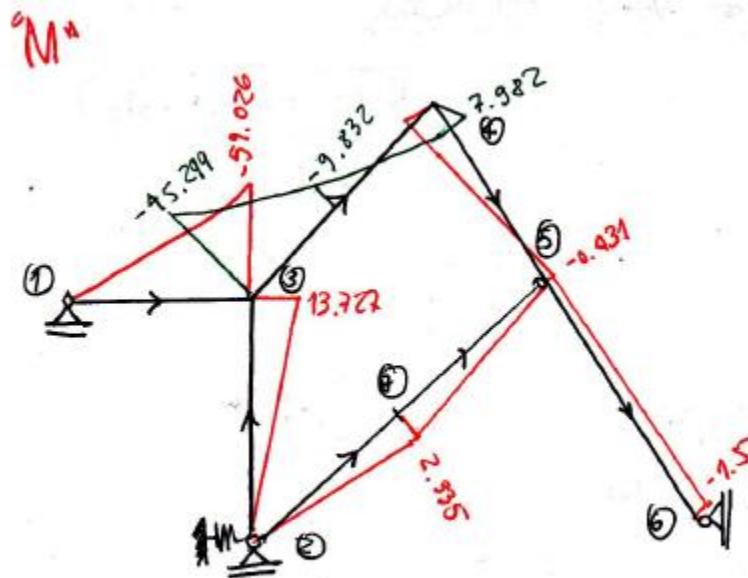
$$H_6 = X_1 \quad H_6 = -0.297 \rightarrow$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -29.513 \\ 52.668 \\ 0 \end{bmatrix} - 0.297 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 1.430 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -29.513 \\ 52.668 \\ -0.297 \end{bmatrix}$$

DIAGRAMA DE MOMENTOS FINALES:

$$M = M_0 + X_1 \cdot m_1 + X_2 \cdot m_2$$

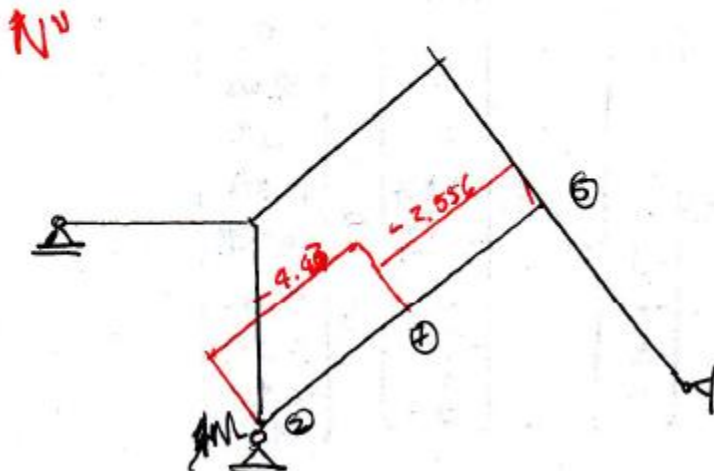
$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_{31} \\ M_{23} \\ M_{32} \\ M_{34} \\ M_{42} \\ M_4 \\ M_5 \\ M_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -59.026 \\ 0 \\ -1.3 \\ -60.326 \\ -23.774 \\ -9.875 \\ -1.5 \\ -1.5 \end{bmatrix} - 0.297 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -4 \\ -4 \\ -5 \\ -6 \\ -3.6 \\ 0 \end{bmatrix} - 9.93 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -3.124 \\ -3.124 \\ -2.812 \\ -2.5 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -59.026 \\ 0 \\ 13.777 \\ -45.299 \\ -9.832 \\ 7.982 \\ -0.431 \\ -1.5 \end{bmatrix}$$



FUERZA NORMAL BARRA BIARTICULADA:

$$N = N_0 + x_1 n_1 + x_2 n_2$$

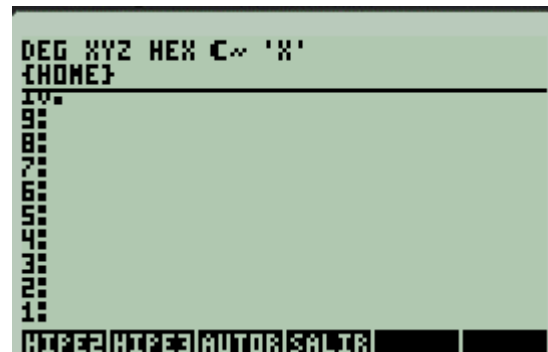
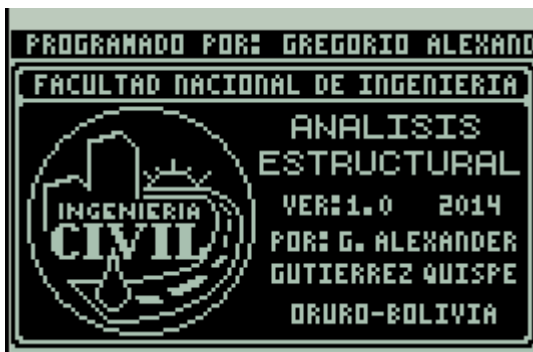
$$\begin{bmatrix} N_{27} \\ N_{57} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.874 \end{bmatrix} - 0.217 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} - 0.943 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.943 \\ -2.556 \end{bmatrix}$$



EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA:

Elegir una de las opciones, 2 veces hiperestático o 3 veces hiperestático. Para el ejemplo elegiremos para 2 veces hiperestático.

INGRESO DE DATOS:



Marcar la opcion barras, si la estructura posee barra biarticulada de igual manera marcar la opcion y si la estructura tambien posee resortes marcar dicha opcion.



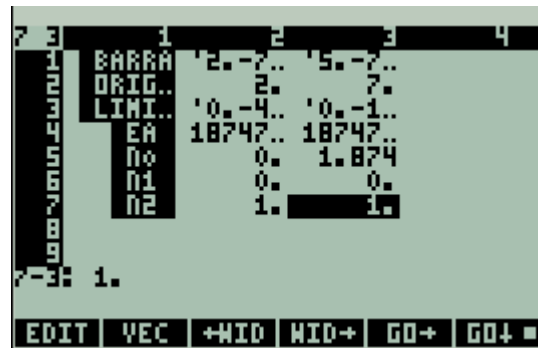
En este caso en el EJEMPLO tenemos barras, barras biarticulas y resortes entonces marcaremos las tres opciones en el menú. Y damos **OK.** ó **ENTER.**



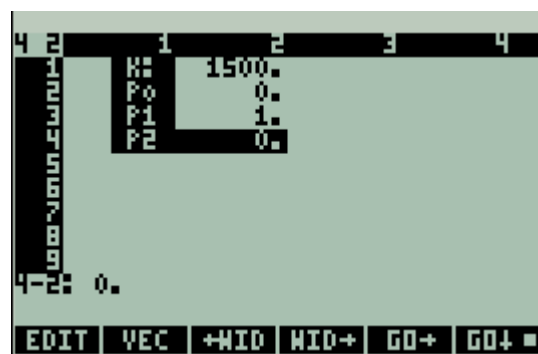
Ingresar datos de las BARRAS como se indica en la ilustracion..



Despues de terminar de ingresar datos de las barras presionar ENTER.



Ingresar datos de las BARRAS BIARTICULADAS como se indica en la ilustracion.
Despues de terminar de ingresar datos de las barras biarticuladas presionar ENTER.



Ingresar datos de los RESORTES como se indica en la ilustracion. Despues de terminar de ingresar datos de los resortes presionar ENTER.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



```

      PREPARANDO LA TABLA
      DE FLEXIBILIDADES...

EDIT  VEC  +WID  MID+  GO+  GO+
  
```

BARRA	1.-2.	2.-3.	
ORIGEN-2	1.	2.	
LIMITES	0.-2.	0.-4.	
EI	3360.	1417.5	
Mo	-29.5132	-.3252	-60.321
n1	0.	-2	
n2	0.	-.7812	-
D10	0.	.004891	
Δ	Δ	ΔΔ787	

	3.-4.	5.-6.
	3.	6.
	0.-4.031	0.-3.9
5	3360.	3360.
2	-60.326+19.592-.3592 ³	-1.5
	-4.-.4962	-.9232
2	-3.124+.1552	0.
31	.148721	.003134
Δ	ΔΔ7787	Δ

	5.-6.	4.-5.	BARRA
	6.	5.	ORIGEN-2
	0.-3.9	0.-2.6	LIMITES
	3360.	3360.	EA
1	-1.5	-1.5-1.2972	Mo
	-.9232	-3.6-.9232	n1
	0.	-.9612	n2
	.003134	.012356	D10
Δ	Δ	ΔΔ7577	Δ78

2.-7.	5.-7.	RESORTE	M1.
2.	7.	.	.
0.-4.482	0.-1.281	.	.
18747.014	18747.014	K	1500
0.	1.874	Po	0.
0.	0.	P1	1.
1.	1.	P2	0.
0.	0.	D10	0.
Δ	ΔΔΔ778	Δ78	Δ

5.-7.	RESORTE	M1.	Σ+
7.	.	.	.
0.-1.281	.	.	.
18747.014	K	1500.	.
1.874	Po	0.	.
0.	P1	1.	.
1.	P2	0.	.
0.	D10	0.	.169102
ΔΔΔ778	Δ78	Δ	ΔΔ7411

M0	-29.5132	-.3252	-60.321
M1	0.	-2	
M2	0.	-.7812	-
D10	0.	.004891	
D20	0.	.00382	
f11	0.	.01505	
f12=f21	0.	.011754	
f22	0.	.00918	

252	-60.326+19.592-.3592 ³	-1.
2	-4.-.4962	-.922
812	-3.124+.1552	0.
4891	.148721	.0031
382	.093743	0.
505	.030388	.0050
1754	.016739	0.
918	.009523	0.

2 ³	-1.5	-1.5-1.2972	M0
	-.9232	-3.6-.9232	M1
	0.	-.9612	M2
	.003134	.012356	D10
	0.	.003623	D20
	.005013	.018199	f11
	0.	.005027	f12=f21
	0.	.00161	f22

	0.	1.874	P0	
	0.	0.	P1	
	1.	1.	P2	
	0.	0.	D10	
	0.	.000128	D20	
	0.	0.	f11	.00
21	0.	0.	f12=f21	
	.000239	.000068	f22	

1.874	P0	0.	.
0.	P1	1.	.
1.	P2	0.	.
0.	D10	0.	.169102
.000128	D20	0.	.101314
0.	f11	.000667	.069317
0.	f12=f21	0.	.03352
.000068	f22	0.	.02062

- Para ver la ecuación de compatibilidad de deformaciones presionar ENTER

```
EC.DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES:
[[.069317 .03352] [X1] + [-.169102]
[.03352 .02062] [X2] + [-.101314]]
```

```
COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES:
[[.069317 .03352] [X1] + [-.169102]
[.03352 .02062] [X2] + [-.101314]]
```

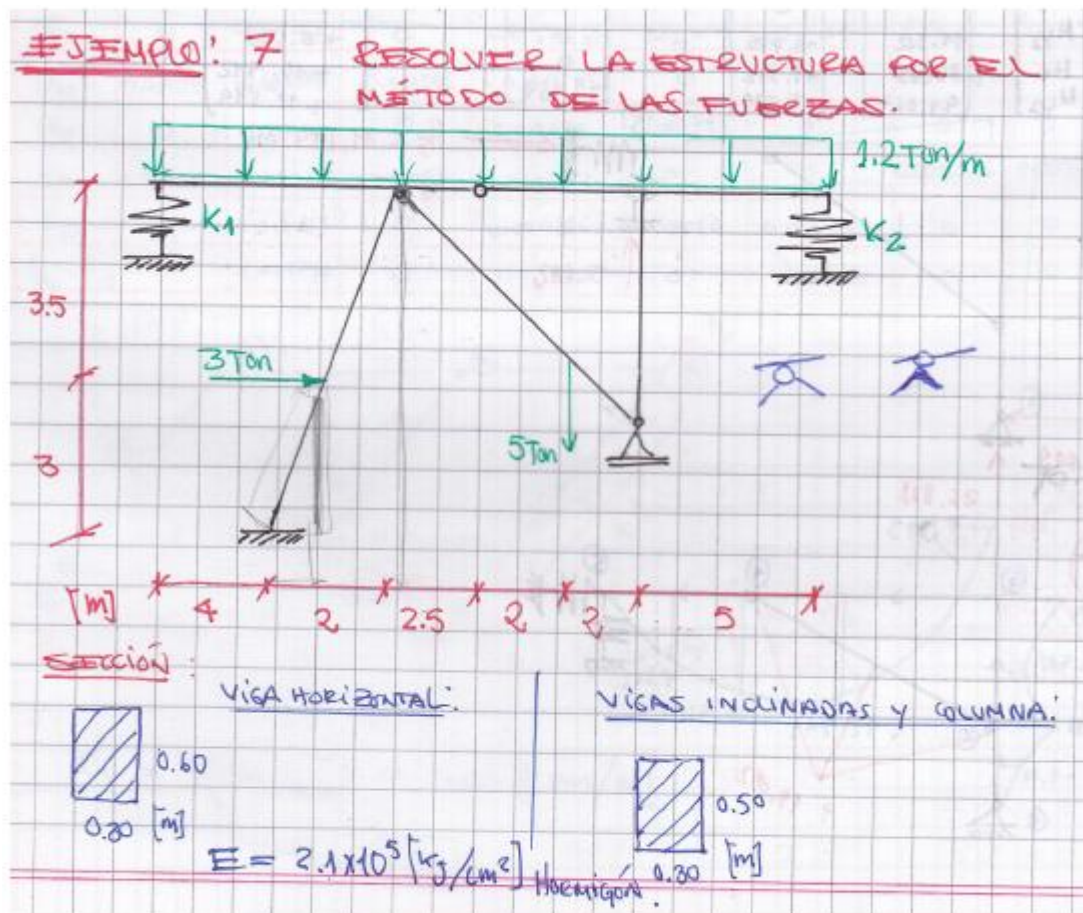
- Para ver los resultados de la ecuación de compatibilidad de deformaciones presionar ENTER

LOS RESULTADOS	
X1.	-0.297
X2.	-4.43

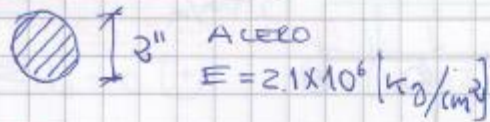
Para resolver estructuras 3 veces hiperestáticas, el ingreso de datos y los pasos a seguir son los mismos, espero que sea de utilidad dicho programa.

EJEMPLO DE APLICACIÓN: 2

Estructura pódico 3 veces hiperestático.



BARRA BIARTICULADA:

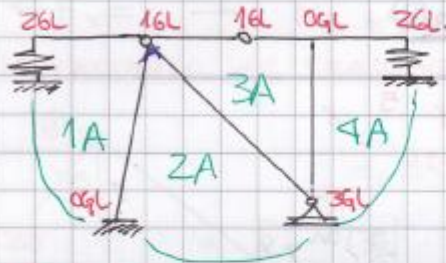


RESORTES:

$$k_1 = 5 \text{ (ton/m)}$$

$$k_2 = 3 \text{ (ton/m)}$$

1. GRADO HIPERESTATICO:



$$G_H = 3A - G_L$$

$$A = 4$$

$$G_L = 2 + 1 + 1 + 3 + 2 = 9$$

$$G_H = 3(4) - 9$$

$$G_H = 3$$

OTRA FORMA:

$$G_H = 3A - G_L + \# \text{ RESORTES} + \# \text{ BARRAS BIART.}$$

* SE CONSIDERA LA SEPARACIÓN DE RESORTES Y BARRAS BIARTICULADAS.



$$A = 1 \quad G_L = 3$$

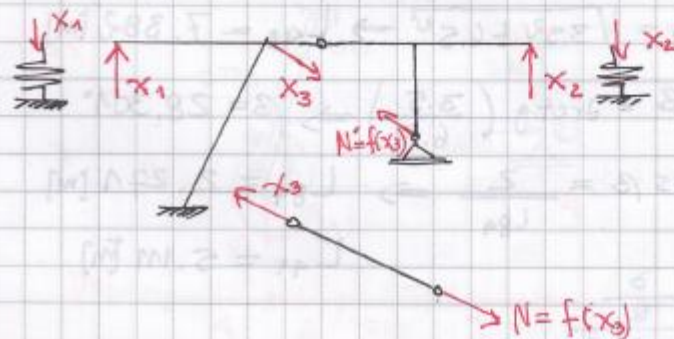
$$\# \text{ RESORTES} = 2$$

$$\# \text{ BARRAS BIART} = 1$$

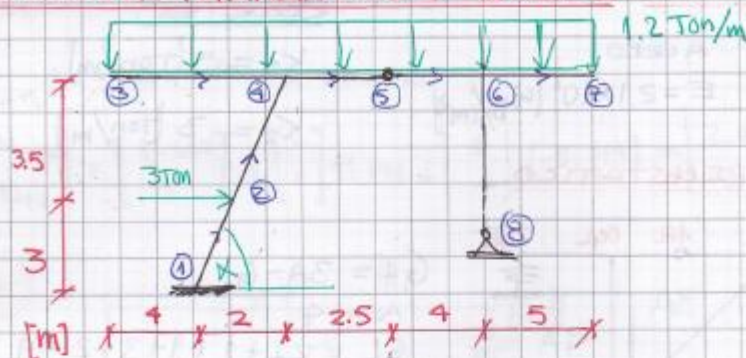
$$G_H = 3(1) - 3 + 2 + 1$$

$$G_H = 3$$

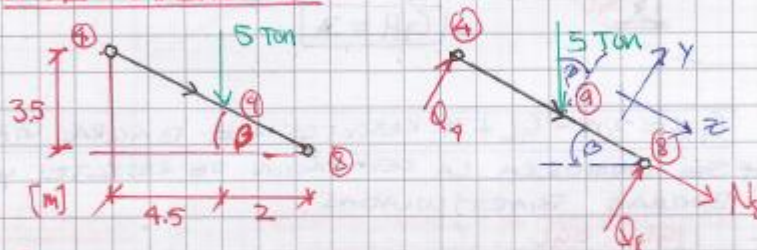
2. ESTRUCTURA PRIMARIA ADOPTADA.



ESTRUCTURA PRIMARIA MAS CARGAS.



BARRA BINECULADA:



GEOMETRIA:

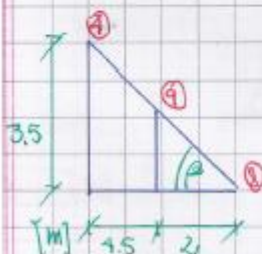


$$L_{12} = \sqrt{2^2 + 3^2} \Rightarrow L_{12} = 3.606 \text{ [m]}$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{3}{2}\right) \Rightarrow \alpha = 56.31^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{3}{L_{12}} \Rightarrow L_{12} = 3.606 \text{ [m]}$$

$$L_{23} = 3.606 \text{ [m]}$$



$$L_{12} = \sqrt{4.5^2 + 3.5^2} \Rightarrow L_{12} = 5.726 \text{ [m]}$$

$$\beta = \arctg\left(\frac{3.5}{4.5}\right) \Rightarrow \beta = 37.5^\circ$$

$$\cos \beta = \frac{4.5}{L_{12}} \Rightarrow L_{12} = 5.726 \text{ [m]}$$

$$L_{23} = 5.726 \text{ [m]}$$



$$\tan \alpha = \frac{3}{2}$$

$$\alpha = 56.31^\circ$$

REACCIONES DE APOYO:

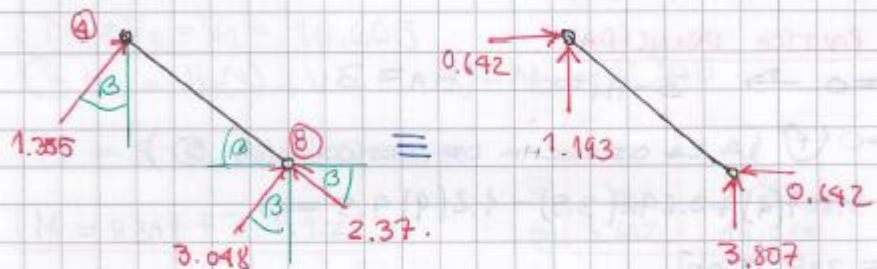
BARRA BIARTICULADA:

$$\sum M_B = 0 \quad \uparrow + \quad Q_4(7.382) - 5(2) = 0 \quad Q_4 = 1.355$$

$$\sum M_4 = 0 \quad \uparrow + \quad Q_8(7.382) - 5(4.5) = 0 \quad Q_8 = 3.048$$

$$\sum F_x = 0 \quad \rightarrow \quad N_B + 5 \sin \beta = 0 \quad N_B = -2.370$$

PROYECTANDO LAS REACCIONES DE LOS VINCULOS EXTREMOS:



$$\rightarrow H_4 = 1.355 \sin \beta = 0.642$$

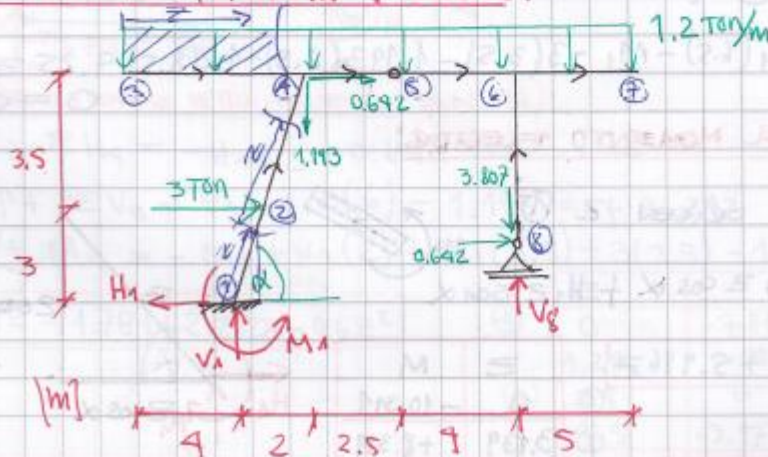
$$\uparrow V_4 = 1.355 \cos \beta = 1.193$$

$$\rightarrow H_8 = 3.048 \sin \beta - 2.37 \cos \beta = -0.642 \leftarrow$$

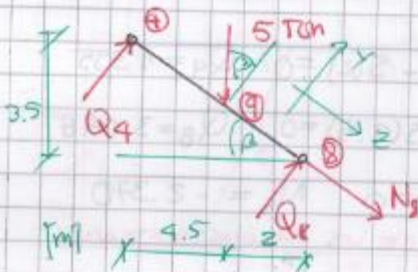
$$\uparrow V_8 = 3.048 \cos \beta - 2.37 \sin \beta = 3.807$$

SE TRANSMITEN ESTAS REACCIONES AL PORTICO PRINCIPAL POR ACCIÓN Y REACCIÓN INVERTIR SENTIDOS.

ESTRUCTURA PRIMARIA + CARGAS:



BARRA BIARTICULADA:



EN EL PORTICO PRINCIPAL:

$$\sum F_H = 0 \rightarrow 3 - H_1 = 0 \quad H_1 = 3$$

$$\sum M_5 = 0 (\uparrow) \text{ (A LA DERECHA DE ARTICULACIÓN 5)}$$

$$V_8(4) - 3.807(4) + 0.642(3.5) - 1.2(9)4.5 = 0$$

$$V_8 = 15.395 \text{ Ton}$$

$$\sum F_V = 0 \uparrow + \quad V_1 + V_8 - 1.2(17.5) - 1.193 - 3.807 = 0$$

$$V_1 = 10.605$$

$$\sum M_1 = 0 (\uparrow)$$

$$V_8(8.5) - 0.642(3) - 3.807(8.5) - 1.2(17.5)9.25 - 1.193(2) + 0.642(6.5) - 3(3) + M_1 = 0$$

$$\Rightarrow M_1 = 10.391$$

CONTROL:

$$\sum M_5 = 0 (\uparrow) \text{ (A LA IZQUIERDA DE ARTICULACIÓN 5)}$$

$$V_1(4.5) + H_1(6.5) - M_1 - 3(3.5) - 1.193(2.5) - 1.2(8.5)9.25 = 0$$

$$0 = 0 \checkmark$$

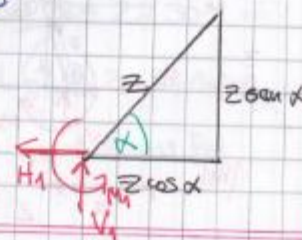
FUNCIÓN DEL MOMENTO FLECTOR:

TRAMO 1-2: origen Z ①

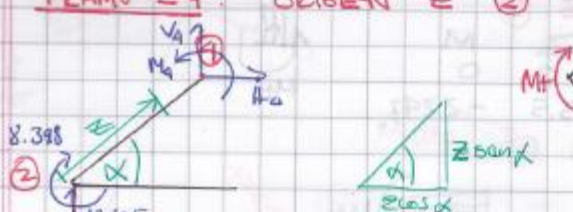
$$M = -M_1 + V_1 Z \cos \alpha + H_1 Z \sin \alpha$$

$$M = -10.391 + 5.986 Z$$

Z	M
① 0	-10.391
② 3.139	+8.319



TRAMO 2-4: ORIGEN Z (2)



RESULTANTE EQUIVALENTE EN (2)

$$\begin{aligned} \sum M_2 &= -H_1 + 3 = 0 \\ \uparrow + \sum V_2 &= V_1 = 10.605 \\ \curvearrowright + \sum M_2 &= H_1(3) + V_1(0.923) - M_1 = 8.398 \\ M &= 8398 + 10.605 z \cos \alpha \\ M &= 8398 + 3.119 z \end{aligned}$$


z	M
0	8.398
3.662	19.819

TRAMO 3-4 ORIGEN Z (3)

$$\begin{aligned} M &= -1.2 z \left(\frac{z}{2}\right) \\ M &= -0.6 z^2 \end{aligned}$$

z	M
0	0
3	-5.4
6	-21.6

TRAMO 4-6: ORIGEN Z (4)



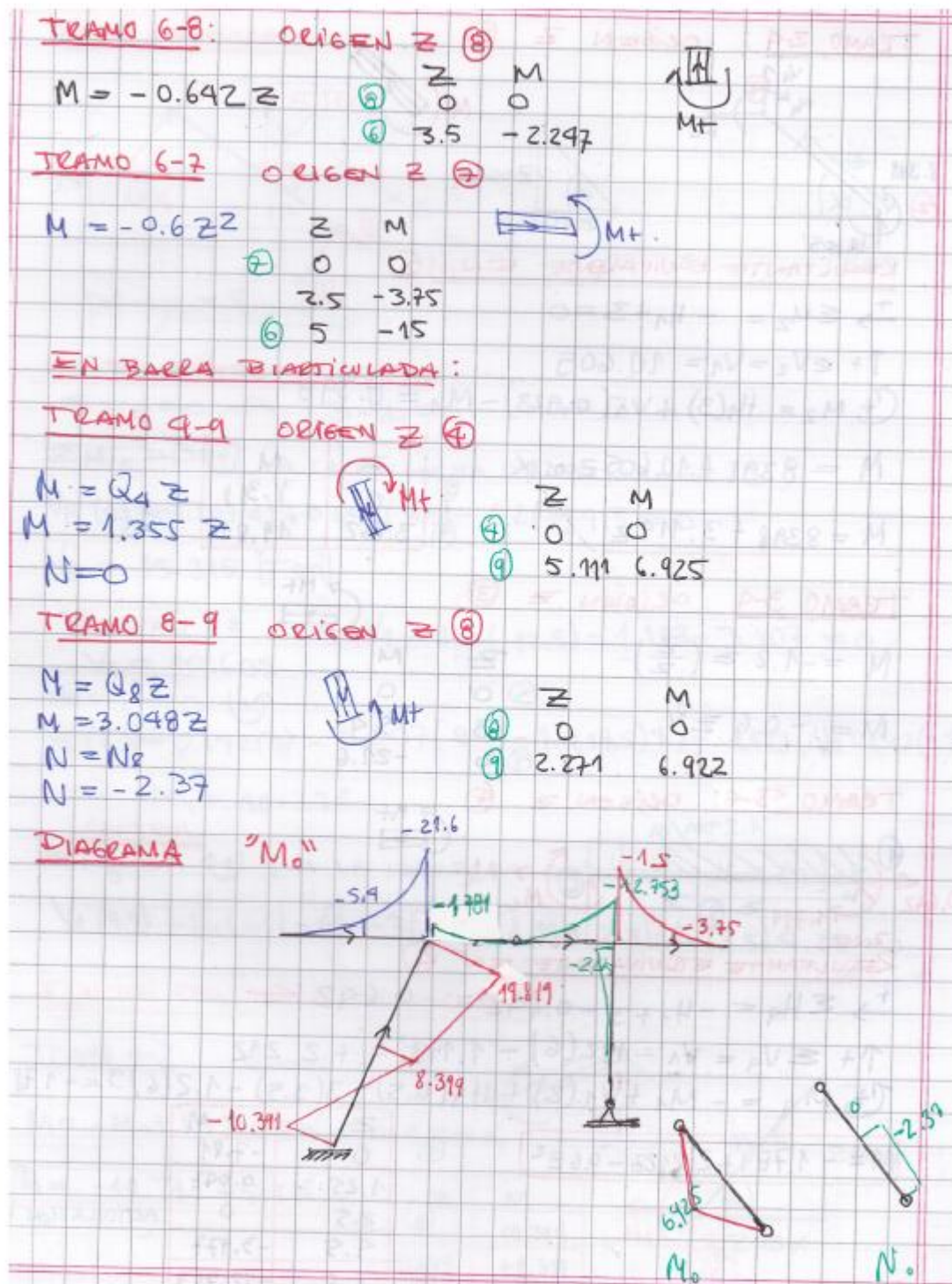
RESULTANTE EQUIVALENTE EN (4)

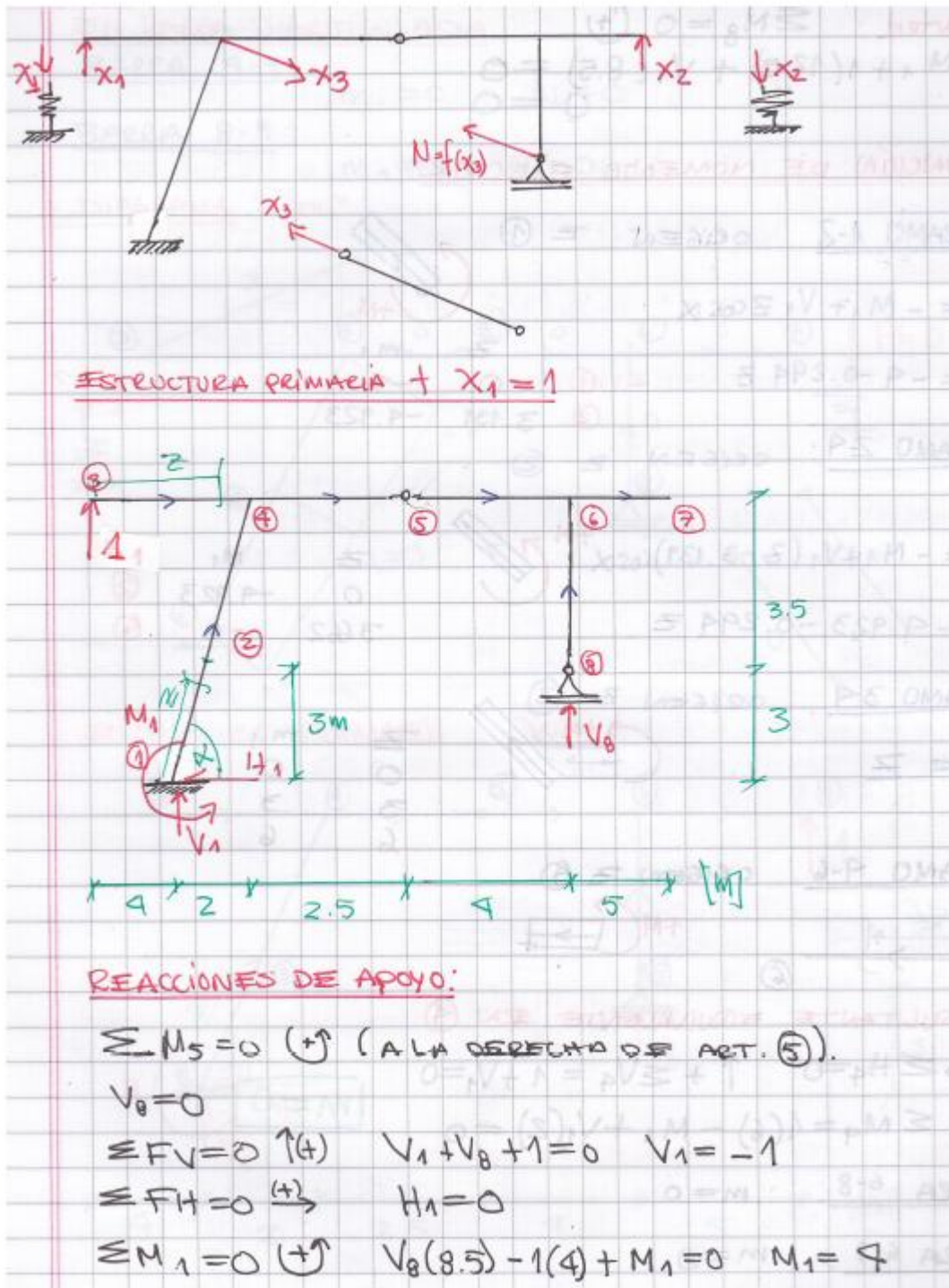
$$\begin{aligned} \sum H_4 &= -H_1 + 3 - 0.642 = -0.642 \leftarrow \\ \uparrow + \sum V_4 &= V_1 - 1.2(6) - 1.193 = +2.212 \\ \curvearrowright + \sum M_4 &= -M_1 + V_1(2) + H_1(6.5) - 3(3.5) - 1.2(6)^3 = -1.781 \end{aligned}$$

$$M = -1.781 + 2.212z - 0.6z^2$$

z	M
0	-7.81
1.25	0.047
2.5	0
4.5	-3.977
6.5	-12.753

ACTIVACION M=0





CONTROL: $\sum M_8 = 0 \quad (+)$
 $-M_1 + 1(12.5) + V_1(8.5) = 0$
 $0 = 0$

FUNCIÓN DE MOMENTO FLECTOR:

TRAMO 1-2 ORIGEN $z \text{ (1)}$

$m = -M_1 + V_1 z \cos \alpha$

$m = -4 - 0.294 z$

z	m_1
0	-4
3.131	-4.923

TRAMO 2-3: ORIGEN $z \text{ (2)}$

$m = -M_1 + V_1(z + 3.131) \cos \alpha$

$m = -4.923 - 0.294 z$

z	m_1
0	-4.923
3.662	-6

TRAMO 3-4: ORIGEN $z \text{ (3)}$

$m = z$

z	m_1
0	0
3	3
6	6

TRAMO 4-6 ORIGEN $z \text{ (4)}$

$m = 0$

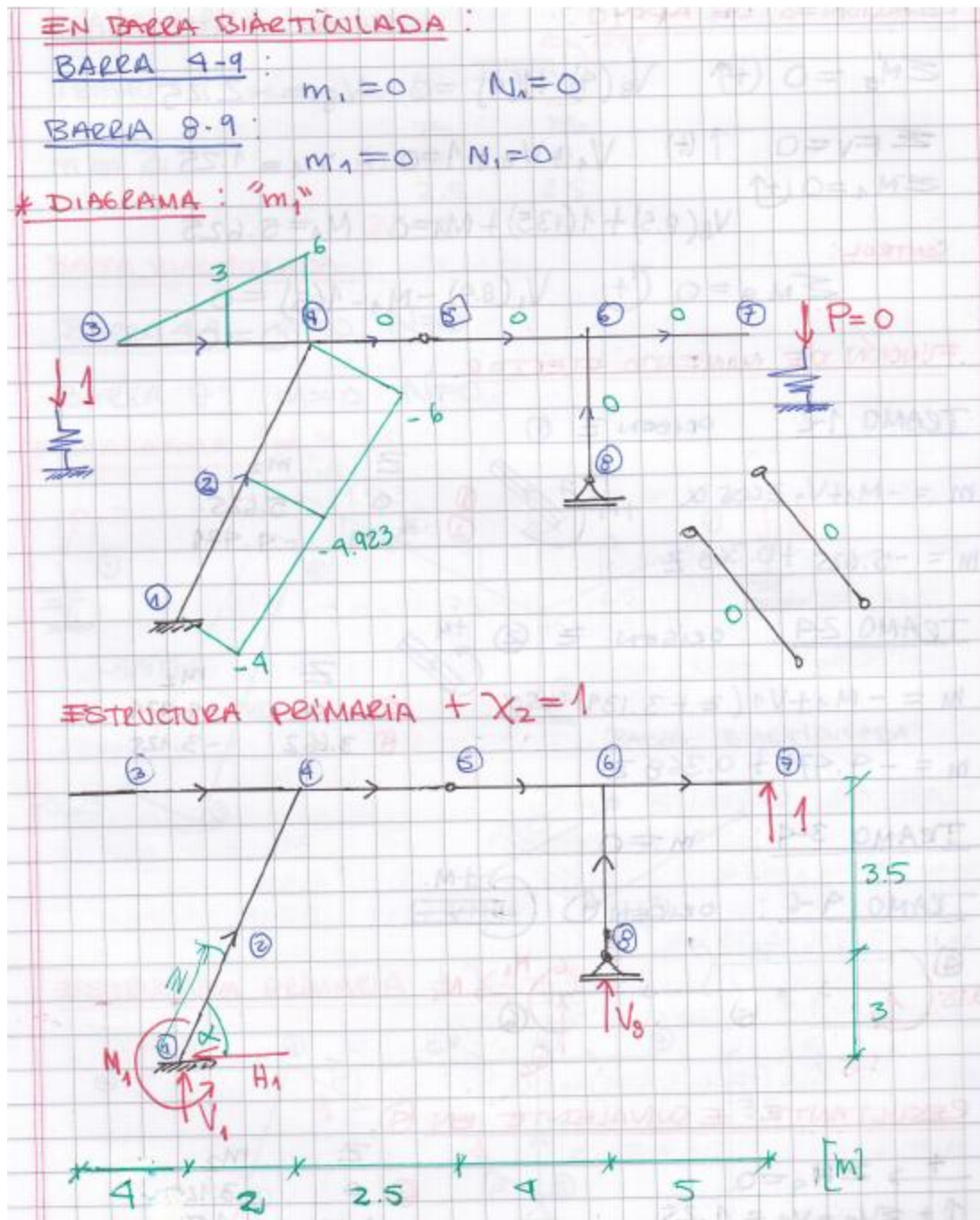
RESULTANTE EQUIVALENTE EN (4)

$\sum H_4 = 0 \quad \uparrow + \sum V_4 = 1 + V_1 = 0$

$\sum M_4 = 1(6) - M_1 + V_1(2) = 0$

BARRA 6-8: $m = 0$

BARRA 6-7: $m = 0$



REACCIONES DE APOYO:

$$\sum F_H = 0 \quad H_1 = 0$$

$$\sum M_5 = 0 \quad (+\uparrow) \quad V_8(4) + 1(9) = 0 \quad V_8 = -2.25$$

$$\sum F_V = 0 \quad (+\uparrow) \quad V_1 + V_8 + 1 = 0 \quad V_1 = 1.25$$

$$\sum M_1 = 0 \quad (+\uparrow) \quad V_8(8.5) + 1(13.5) + M_1 = 0 \quad M_1 = 5.625$$

CONTROL:

$$\sum M_8 = 0 \quad (+\uparrow) \quad V_1(8.5) - M_1 - 1(5) = 0$$

$$0 = 0$$

FUNCIÓN DE MOMENTO FLECTOR:

TRAMO 1-2: ORIGEN Z ①

$$m = -M_1 + V_1 z \cos \alpha$$

$$m = -5.625 + 0.368 z$$

Z	m ₂
① 0	-5.625
② 3.139	-4.471

TRAMO 2-4: ORIGEN Z ②

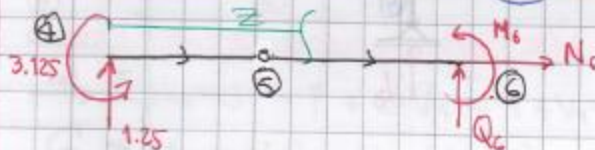
$$m = -M_1 + V_1(z + 3.139) \cos \alpha$$

$$m = -4.471 + 0.368 z$$

Z	m ₂
② 0	-4.471
③ 3.662	-3.125

TRAMO 3-4: m = 0

TRAMO 4-6: ORIGEN ④



RESULTANTE EQUIVALENTE EN ④

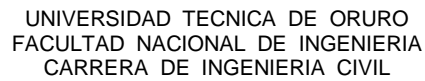
$$\sum H_4 = 0$$

$$\sum V_4 = V_1 = 1.25$$

$$\sum M_4 = -M_1 + V_1(2) = -3.125$$

$$m = -3.125 + 1.25 z$$

Z	m ₂
④ 0	-3.125
1.25	-1.563
⑤ 2.5	0
4.5	+2.5
⑥ 6.5	+5



TRAMO 6-8: $m=0$

TRAMO 6-7

ORIGEN \approx ⑦

$$m = z$$

7

C

2

⑥

1

$\leftarrow M+$

$$M_2$$

2.5

5

BARRA BIARTICULADA:

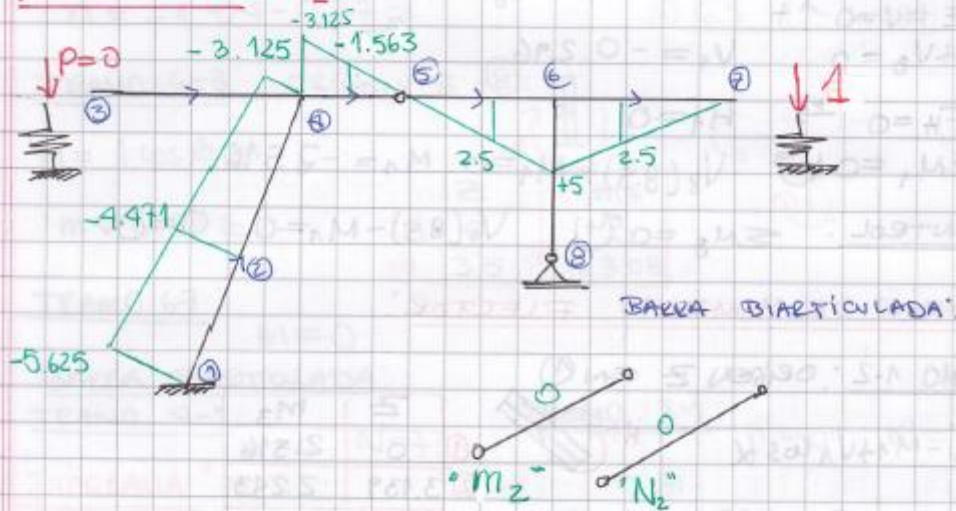
BALL 4-9

$$m=0 \quad N=0$$

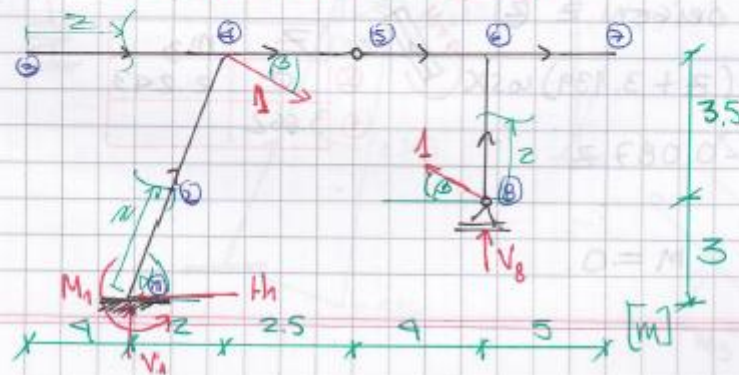
BACRA 8-9

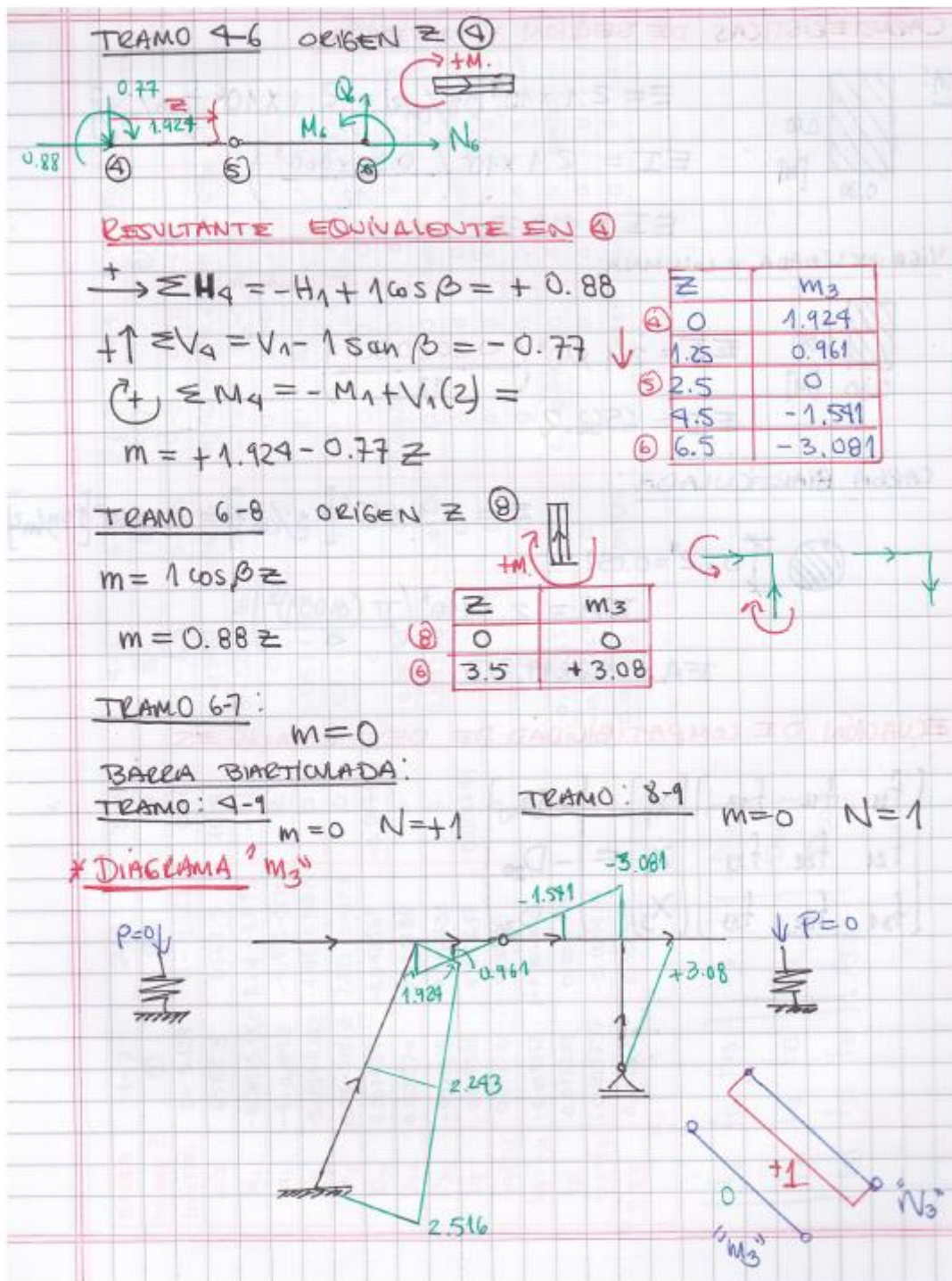
$$m=0 \quad N=0$$

* DIAGRAMA "m₂"



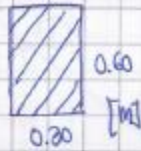
ESTRUCTURA PRIMARIA + $X_3 = 1$





CARACTERÍSTICAS DE SECCIÓN Y MATERIAL.

VIGA:

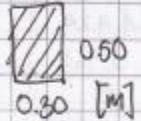


$$E = 2.1 \times 10^5 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 2.1 \times 10^6 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

$$EI = 2.1 \times 10^6 \left(\frac{0.30 \times 0.60^3}{12} \right)$$

$$EI = 11340$$

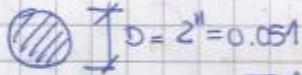
VIGA INCLINADA Y COLUMNA:



$$EI = 2.1 \times 10^6 \left(\frac{0.30 \times 0.50^3}{12} \right)$$

$$EI = 6562.5$$

CARGA BIARTICULADA:



$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 2.1 \times 10^7 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

$$EA = 2.1 \times 10^7 \left(\frac{\pi (0.051)^2}{4} \right)$$

$$EA = 92899.23$$

ECUACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES:

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{10} \\ -D_{20} \\ -D_{30} \end{bmatrix}$$

BARRA	1-2	2-4	3-4	4-6	6-8	6-7	4-9	8-9	K ₁	K ₂
ORIGEN Z	①	②	⑤	④	⑧	⑦		③		
LIMITES	0-3.139	0-3.662	0-6	0-6.5	0-3.5	0-5	0-5.11	0-2.24		
E-I	6562.5	6562.5	11340	11340	6562.5	11340	11340	11340	K ₁ =5000	K ₂ =3000
M ₀	-10.391+5.18Z	8.398+3.119Z	-0.6Z ²	-1.781+2.212Z-0.6Z ²	-0.642Z	-0.6Z ²	N ₀ =0	N ₀ =-237	P ₀ =0	P ₀ =0
m ₁	-4-0.284Z	-4.923-0.244Z	Z	0	0	0	N ₁ =0	N ₁ =0	P ₁ =1	P ₁ =0
m ₂	-5.625+0.368Z	-4.971+0.368Z	0	-3.125+1.25Z	0	Z	N ₂ =0	N ₂ =0	P ₂ =0	P ₂ =1
m ₃	12.316-0.087Z	2.243-0.087Z	0	1.924-0.77Z	0.88Z	0	N ₃ =1	N ₃ =1	P ₃ =0	P ₃ =0
D ₁₀	0.001439	-0.048569	-0.047443	0	0	0	0	0	0	0
D ₂₀	0.003270	-0.029180	0	-0.005893	0	-0.008267	0	0	0	0
D ₃₀	-0.001338	0.016236	0	0.003632	-0.001230	0	0	-0.00045	0	0
f ₁₁	0.009555	0.016697	0.006349	0	0	0	0	0	0.017175	0
f ₁₂ =f ₂₁	0.010729	0.011505	0	0	0	0	0	0	0.032801	0
f ₁₃ =f ₃₁	-0.003068	-0.006334	0	0	0	0	0	0	0.022239	0
f ₂₂	0.012239	0.008130	0	0.003657	0	0.003674	0	0	-0.011902	0
f ₂₃ =f ₃₂	-0.005757	-0.004435	0	-0.002253	0	0	0	0	0.00333	0.028033
f ₃₃	0.002741	0.002428	0	0.001388	0.001686	0	0.001141	0.000653	0	0

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D_{10} \\ -D_{20} \\ -D_{30} \end{bmatrix}$$

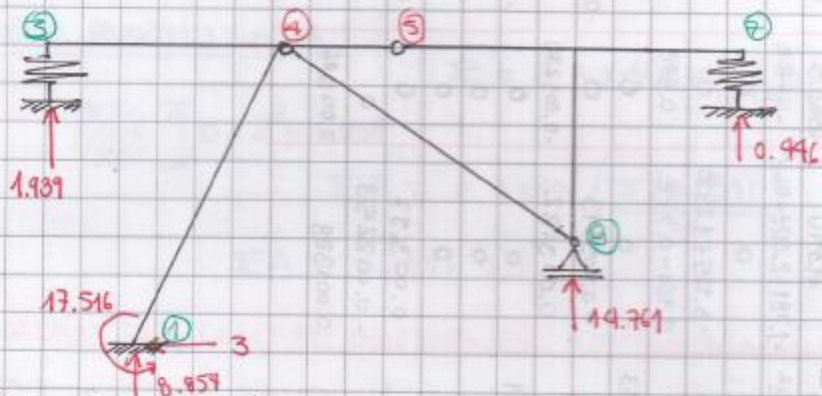
CÁLCULO DE HIPERESTÁTICOS:

$$\begin{bmatrix} 0.0032861 & 0.022234 & -0.011402 \\ 0.022234 & 0.028033 & -0.012445 \\ -0.011402 & -0.012445 & 0.008395 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} +0.059278 \\ +0.09007 \\ -0.017175 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= 1.939 \text{ Ton} = V_3 \\ X_2 &= 0.446 \text{ Ton} = V_7 \\ X_3 &= 1.248 \text{ Ton} \end{aligned}$$

REACCIONES DE APOYO FINALES:

$$R = R_0 + r_1 X_1 + r_2 X_2 + r_3 X_3$$



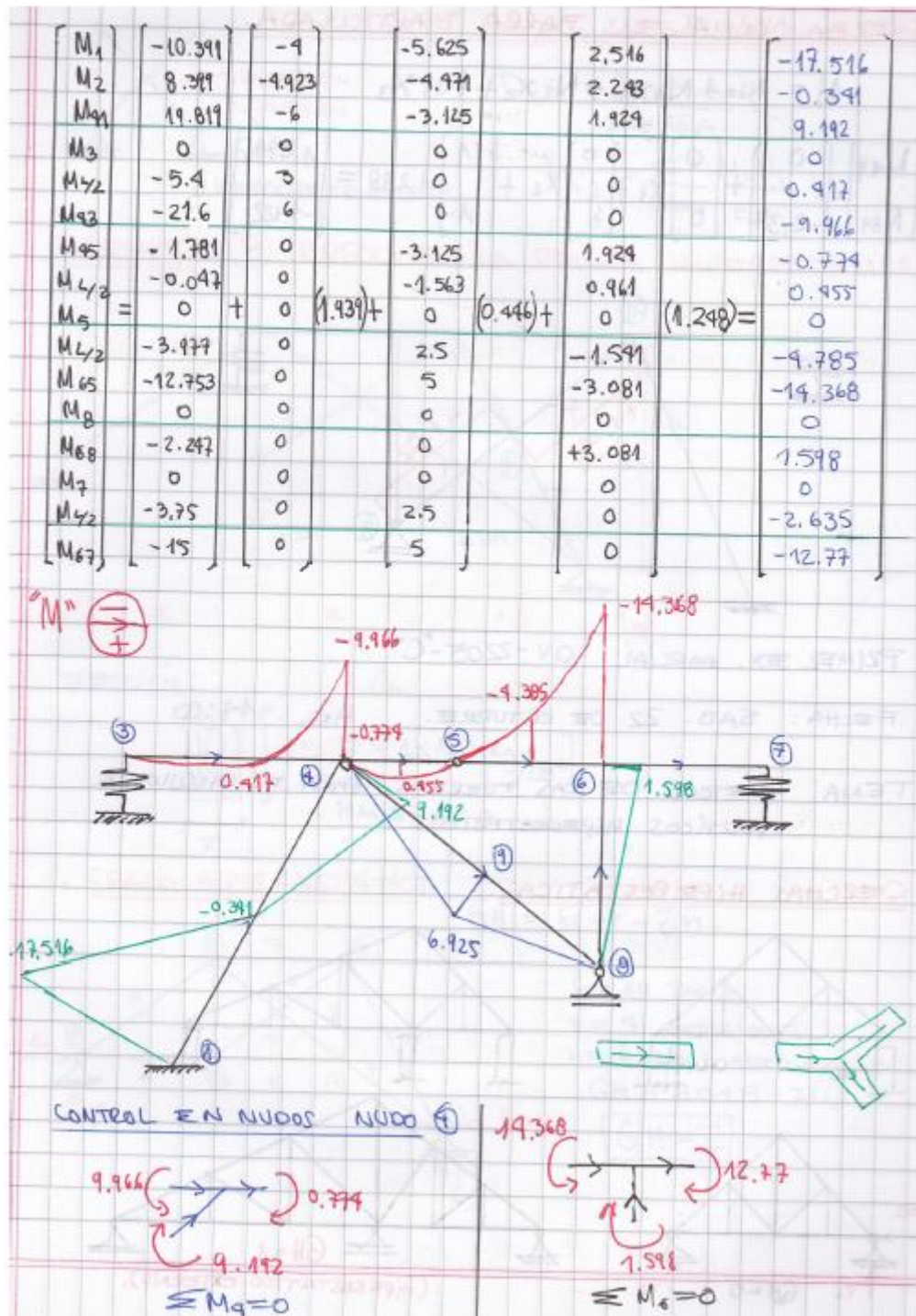
$$V_3 = X_1 \quad V_3 = 1.939$$

$$V_7 = X_2 \quad V_7 = 0.446$$

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ H_1 \\ M_1 \\ V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10.605 \\ 3 \\ 10.391 \\ 15.395 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix} (1.939) + \begin{bmatrix} 1.25 \\ 0 \\ 3.625 \\ -2.25 \end{bmatrix} (0.446) + \begin{bmatrix} -0.296 \\ 0 \\ -2.516 \\ 0.296 \end{bmatrix} (1.248) = \begin{bmatrix} 8.859 \\ 3 \\ 17.516 \\ 14.761 \end{bmatrix}$$

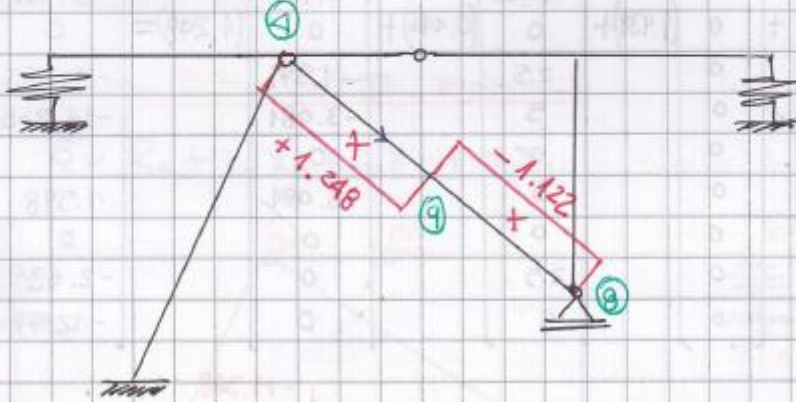
MOMENTO FLECTOR FINAL:

$$M = M_0 + m_1 X_1 + m_2 X_2 + m_3 X_3$$



FUERZA NORMAL EN BARRA BIARTICULADA.

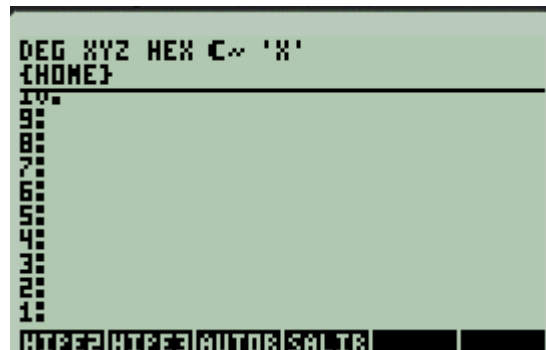
$$N = N_0 + N_1 X_1 + N_2 X_2 + N_3 X_3$$

$$\begin{bmatrix} N_{49} \\ N_{89} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -2.37 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} X_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} X_2 + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} 1.248 = \begin{bmatrix} 1.248 \\ -1.122 \end{bmatrix}$$


EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL PROGRAMA:

Elegir una de las opciones, 2 veces hiperestático o 3 veces hiperestático. Para el ejemplo elegiremos para 3 veces hiperestático.

INGRESO DE DATOS:



Marcar la opción barras, si la estructura posee barra biarticulada de igual manera marcar la opción y si la estructura también posee resortes marcar dicha opción.

MATRIZ DE FLEXIBILIDADES

EC.DEFORMACIONES

G. ALEXANDER
GUTIERREZ Q.

$\begin{bmatrix} F11 & F12 \\ F21 & F22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D10 \\ -D20 \end{bmatrix}$

☐ [SI] BARRAS

☐ [SI] B. BIART.

☐ [SI] RESORTES

R=R0+r1x1+r2x2
M=M0+m1x1+m2x2
N=N0+n1x1+n2x2

MARQUE PARA BARRAS ESTRUCTURA

EDIT ☐ ☒ CHK ☐ CANCL ☐ OK

MATRIZ DE FLEXIBILIDADES

EC.DEFORMACIONES

G. ALEXANDER
GUTIERREZ Q.

$\begin{bmatrix} F11 & F12 \\ F21 & F22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -D10 \\ -D20 \end{bmatrix}$

☒ [SI] BARRAS

☒ [SI] B. BIART.

☒ [SI] RESORTES

R=R0+r1x1+r2x2
M=M0+m1x1+m2x2
N=N0+n1x1+n2x2

MARQUE ESTRUCTURA TIENE RESORTES

EDIT ☐ ☒ CHK ☐ CANCL ☐ OK

En este caso en el EJEMPLO tenemos barras, barras biarticulas y resortes entonces marcaremos las tres opciones en el menú. Y damos **OK**. ó **ENTER**.

Ingresar datos de las BARRAS como se indica en la ilustracion..

B 1 1 2 3 4 5 6

1 BA..

2 DR..

3 LI..

4 EI..

5 M0

6 M1

7 M2

8 M3

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

348

349

350

351

352

353

354

355

356

357

358

359

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

370

371

372

373

374

375

376

377

378

379

380

381

382

383

384

385

386

387

388

389

390

391

392

393

394

395

396

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

420

421

422

423

424

425

426

427

428

429

430

431

432

433

434

435

436

437

438

439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450

451

452

453

454

455

456

457

458

459

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

537

538

539

540

541

542

543

544

545

546

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

615

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636

637

638

639

640

641

642

643

644

645

646

647

648

649

650

651

652

653

654

655

656

657

658

659

660

661

662

663

664

665

666

667

668

669

670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

680

681

682

683

684

685

686

687

688

689

690

691

692

693

694

695

696

697

698

699

700

701

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721

722

723

724

725

726

727

728

729

730

731

732

733

734

735

736

737

738

739

740

741

742

743

744

745

746

747

748

749

750

751

752

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

769

770

771

772

773

774

775

776

777

778

779

780

781

782

783

784

785

786

787

788

789

790

791

792

793

794

795

796

797

798

799

800

801

802

803

804

805

806

807

808

809

810

811

812

813

814

815

816

817

818

819

820

821

822

823

824

825

826

827

828

829

830

831

832

833

834

835

836

837

838

839

840

841

842

843

844

845

846

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

859

860

861

862

863

864

865

866

867

868

869

870

871

872

873

874

875

876

877

878

879

880

881

882

883

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898

899

900

901

902

903

904

905

906

907

908

909

910

911

912

913

914

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

940

941

942

943

944

945

946

947

948

949

950

951

952

953

954

955

956

957

958

959

960

961

962

963

964

965

966

967

968

969

970

971

972

973

974

975

976

977

978

979

980

981

982

983

984

985

986

987

988

989

990

991

992

993

994

995

996

997

998

999

1000

1001

1002

1003

1004

1005

1006

1007

1008

1009

1010

1011

1012

1013

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

1035

1036

1037

1038

1039

1040

1041

1042

1043

1044

1045

1046

1047

1048

1049

1050

1051

1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

1065

1066

1067

1068

1069

1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077

1078

1079

1080

1081

1082

1083

1084

1085

1086

1087

1088

1089

1090

1091

1092

1093

1094

1095

1096

1097

1098

1099

1100

1101

1102

1103

1104

1105

1106

1107

1108

1109

1110

1111

1112

1113

1114

1115

1116

1117

1118

1119

1120

1121

1122

1123

1124

1125

1126

1127

1128

1129

1130

1131

1132

1133

1134

1135

1136

1137

1138

1139

1140

1141

1142

1143

1144

1145

1146

1147

1148

1149

1150

1151

1152

1153

1154

1155

1156

1157

1158

1159

1160

1161

1162

1163

1164

1165

1166

1167

1168

1169

1170

1171

1172

1173

1174

1175

1176

1177

1178

1179

1180

1181

1182

1183

1184

1185

1186

1187

1188

1189

1190

1191

1192

1193

1194

1195

1196

1197

1198

1199

1200

1201

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

1219

1220

1221

1222

1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

1237

1238

1239

1240

1241

1242

1243

1244

1245

1246

1247

1248

1249

1250

B	1	2	3	4	5	6
1	BA..					
2	OR..					
3	LI..					
4	EA					
5	NO					
6	N1					
7	N2					
8	N3					

EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+

B	1	2	3	4	5
1	BA..	4.	8.		
2	OR..	8.	8.		
3	LI..	0.	0.		
4	EA	4289.	4289.		
5	NO	0.	-2.37		
6	N1	0.	0.		
7	N2	0.	0.		
8	N3	1.	1.		

EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+

Despues de terminar de ingresar datos de las barras biarticuladas presionar ENTER.

S	1	2	3	4	5
1	W:				
2	P0				
3	P1				
4	P2				
5	P3				

EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+

S	1	2	3	4	5
1	W:	5000.	3000.		
2	P0	0.	0.		
3	P1	1.	0.		
4	P2	0.	1.		
5	P3	0.	0.		

EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+

Ingresar datos de los RESORTES como se indica en la ilustracion. Despues de terminar de ingresar datos de los resortes presionar ENTER.

OBTENCION DE RESULTADOS:

- Para ver todos los resultados desplazarse con las teclas de direccion:



CALCULANDO... BARRAS.

33.1% + COMPLETADO.

EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+

BARRA	1.-2.	2.-4.
ORIGEN-2	1.	2.
LIMITES	0.-3.139	0.-3.6
EI	6562.5	6562.
M0	-10.391+5.986*2	8.398+3.
M1	-4.-.294*2	-4.923-.
M2	-5.625+.368*2	-4.471+.
M3	2.516-.087*2	2.243-.0

2.-4.	3.-4.	4.-
2.	3.	4
0.-3.662	0.-6.	0.-
6562.5	11340.	113
8.398+3.119.2	-1.6.2 ²	-1.781+2.2
-4.923-.294.2	2	0
-4.471+.368.2	0.	-3.125.
2.243-.087.2	0.	1.924.
0.47558	0.47403	0

4.-6.	5.-8.	5.
4.	8.	7
0.-6.5	0.-3.5	0.
11340.	6562.5	113
-1.781+2.212.2-.6.2 ²	-1.642.2	-1.6
0.	0.	0
-3.125+1.25.2	0.	
1.924-.77.2	.88.2	0
0	0	0

1.	5.-7.	BARRA	4.-9.	8.
	7.	ORIGEN-2	8.	1
5	0.-5.	LIMITES	0.-5.11	0.-i
5	11340.	EA	42899.23	4289
3.2	-1.6.2 ²	no	0.	-2
	0.	n1	0.	
	2	n2	0.	
2	0.	n3	1.	
0	0	0	0	0

8.-9.	RESORTE	K1.	K2.
8.	.	.	.
0.-2.271	.	.	.
42899.23	K	5000.	3000.
-2.37	Po	0.	0.
0.	P1	1.	0.
0.	P2	0.	1.
1.	P3	0.	0.
0	0	0	0

RESORTE	K1.	K2.	Σ+
.	.	.	.
71	.	.	.
23	K	5000.	3000.
.	Po	0.	0.
.	P1	1.	0.
.	P2	0.	1.
.	P3	0.	0.
0	0	0	0

D10	.001434	-.0435
D20	.00327	-.0293
D30	-.001338	.01623
f11	.009555	.01669
f12=f21	.010729	.01150
f13=f31	-.005068	-.0063
f22	.012239	.0081
f23=f32	-.005757	-.0044
f33	.002711	.00246

	-.043569	-.017143
	-.02918	0.
3	.016236	0.
	.016697	.006349
	.011505	0.
3	-.006334	0.
	.00813	0.
2	-.004435	0.
	.002428	0.

	0.	0.	0
	-.005893	0.	-.00
	.003632	-.00123	0
	0.	0.	0
	0.	0.	0
	0.	0.	0
	.003657	0.	.00
	-.002253	0.	0
	.001388	.001686	0

0.	D10	0.	0.
-.008267	D20	0.	0.
0.	D30	0.	-.0000
0.	f11	0.	0.
0.	f12=f21	0.	0.
0.	f13=f31	0.	0.
.003674	f22	0.	0.
0.	f23=f32	0.	0.
0.	f33	.000119	.0000

0.	D10	0.	0.	-.
0.	D20	0.	0.	-.
-.000125	D30	0.	0.	.
0.	f11	.00002	0.	.
0.	f12=f21	0.	0.	.
0.	f13=f31	0.	0.	-.
0.	f22	0.	.000333	.
0.	f23=f32	0.	0.	-.
.000053	f33	0.	0.	.

D10	0.	0.	-.059278
D20	0.	0.	-.04007
D30	0.	0.	.017175
f11	.00002	0.	.032801
f12=f21	0.	0.	.022234
f13=f31	0.	0.	-.011402
f22	0.	.000333	.028033
f23=f32	0.	0.	-.012445
f33	0.	0.	.008385

- Para ver la ecuación de compatibilidad de deformaciones presionar ENTER

REEMPLAZANDO EN EC.COMPATIBILIDAD				
[	.032801	.022234	-.011402]
[	.022234	.028033	-.012445]
[	-.011402	-.012445	.008385]

.COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES:				
[-.011402	[X1	[	.059278]
-.012445	[X2	→	.04007]
.008385	[X3		-.017175]

- Para ver los resultados de la ecuación de compatibilidad de deformaciones presionar ENTER

LOS RESULTADOS	
X1.	1.94
X2.	.447
X3.	1.253

CONDICIONES DE USO:

Este programa se proporciona **tal como está** con la esperanza de que sea útil. No ofrece garantía alguna con respecto a este programa, el autor no se hace responsable ante cualquier persona por daños especiales, colaterales, accidentales o consecuentes relacionados o causados por este programa.

Para modificarlo y lanzarlo nueva versión se me debe comunicar y consultar previamente, por lo tanto respetar el derecho intelectual del autor.

AGRADECIMIENTOS:

Agradecer a muchas personas involucradas que contribuyeron de alguna manera en la elaboración de este programa, entre los destacados se menciona:

- **Hewlett-Packard:** por escribir la versión original de USAG para 48.
- **Cyrille de Brebisson;** por Extable, Debug2, entre muchos más para 49G/50G.
- **Jurjen N. Bos:** por el incomparable Nosy para 49G/50G.
- **Thomas Rast:** por las mejoras en Extable y por escribir PortBrowser para 49G.
- **Wolfgang Rutenberg:** por su utilidad OT49+ para 49G/50G.
- **Peter Geelhoed:** por ser co-autor de Emacs
- **Carsten Dominik:** por Emacs para 49G/50G.
- **William Graves:** por Debug4x, basado en Debug2.
- **Christoph Giesselink:** por el único Emu48.
- **Claudio Lapilli:** por HPGCC.



- **Roger Broncano:** por HpUserEdit
- **William Graves:** por Debug4x
- **Nicolás Rivero:** por AmProV2.0
- **Alberth Huaman A.:** por Show Table
- **Andrés Garcia:** por el texto programación USER-RPL Aplicado a Ingeniería Civil.
- **Alberto Villalba K.:** por el texto de programación en SYSTEM-RPL y el texto de ML Ensamblador.
- **Gustavo Portales:** por el texto de ML Ensamblador.
- **Eduardo de Mattos Kalinowski y Carsten Dominik:** por el texto de programación en SYSTEM-RPL. Versión en Inglés.
- **Cesar Vásquez A.:** por traducir y mejorar el texto de programación en SYSTEM-RPL con Debug4X. Versión en español.
- **Eric Rechlin:** por mantener la página: www.hpcalc.org
- **Alexis Davalos Zuleta:** por su texto programación USER-RPL y por su apoyo en mis inicios como programador. (F.N.I.)

El agradecimiento es por igual para todos.

DONDE ENCONTRARME:

Si usas el programa mándame algún comentario críticas o reportes de error para poder mejorarlo.

Para más programas solo contáctese con el autor mediante:

- www.facebook.com
- alex-fni@hotmail.com
- Teléfono Celular: 771-45555