ANEXO_1_Primera_combinación

November 24, 2023

0.1 Cálculo la deflexión lateral máxima de la estructura

0.1.1 Primera combinación

$$U = 1.2 \cdot D + 1.6 \cdot L + 0.8 \cdot W$$

Datos

$$L = 16\ ft$$

$$H = 12\ ft$$

$$w_d = 150\ k/ft$$

$$w_l = 100\ k/ft$$

$$w_o = 30\ k/ft$$

Ecuaciones de pendiente deflexión

Momentos de los extremos fijos (FEM) Todas las vigas y columnas que están sometidas a las cargas distribuidas tienen la misma configuracion en la distribucion de momentos en sus extremos fijos:

$$\mathrm{FEMy} = \frac{L^2 wy}{12}$$

$$\mathrm{FEMx} = \frac{H^2 wx}{12}$$

La rotación de las columnas del primer y segundo piso debido a un desplazamiento lineal que genera la carga del viento se define como:

$$\psi_1 = -\frac{\Delta_1}{H}$$

$$\psi_2 = -\frac{\Delta_2}{H}$$

Momentos internos en los extremos de cada tramo Los momentos en los extremos de cada tramo empotrado sería:

Columnas primer piso

$$M_{ab} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + 2a + b\right)}{H} + \frac{H^2wx}{12}$$

$$M_{ba} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + a + 2b\right)}{H} - \frac{H^2wx}{12}$$

$$M_{de} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + 2d + e\right)}{H}$$

$$M_{ed} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + d + 2e\right)}{H}$$

$$M_{gh} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + 2g + h\right)}{H}$$

$$M_{hg} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + g + 2h\right)}{H}$$

Columnas segundo piso

$$M_{bc} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2b + c\right)}{H} + \frac{H^2wx}{12}$$

$$M_{cb} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + b + 2c\right)}{H} - \frac{H^2wx}{12}$$

$$M_{ef} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2e + f\right)}{H}$$

$$M_{fe} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + e + 2f\right)}{H}$$

$$M_{hi} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2h + i\right)}{H}$$

$$M_{ih} = \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + h + 2i\right)}{H}$$

Vigas del techo del segundo piso

$$M_{cf} = \frac{2EI\left(2c+f\right)}{L} + \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{fc} = \frac{2EI\left(c+2f\right)}{L} - \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{fi} = \frac{2EI\left(2f+i\right)}{L} + \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{if} = \frac{2EI\left(f+2i\right)}{L} - \frac{L^2wy}{12}$$

Vigas del techo del primer piso

$$M_{be} = \frac{2EI\left(2b+e\right)}{L} + \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{eb} = \frac{2EI\left(b+2e\right)}{L} - \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{eh} = \frac{2EI\left(2e+h\right)}{L} + \frac{L^2wy}{12}$$

$$M_{he} = \frac{2EI\left(e+2h\right)}{L} - \frac{L^2wy}{12}$$

Fórmula de cortantes

Cortantes del segundo piso

$$\mathrm{Fx} = \frac{H^2wx}{2}$$

$$\mathrm{Rbc} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+b+2c\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2b+c\right)}{H} + \frac{H^2wx}{2}}{H}$$

$$\mathrm{Ref} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+e+2f\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2e+f\right)}{H}}{H}$$

$$\mathrm{Rhi} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+h+2i\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2h+i\right)}{H}}{H}$$

Cortantes del primer y segundo piso

$$\text{Fx} = \frac{H^2 wx}{2}$$

$$\text{Rgh} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+g+2h\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2g+h\right)}{H}}{H}$$

$$\text{Rde} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+d+2e\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2d+e\right)}{H}}{H}$$

$$\text{Rab} = \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+a+2b\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2a+b\right)}{H} + \frac{H^2wx}{2}}{H}$$

Ecuaciones de equilibrio

Equilibrio de momentos en los nodos C e I

$$\begin{aligned}
\text{eq}_C &= M_{cb} + M_{cf} \\
&= \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + b + 2c\right)}{H} - \frac{H^2wx}{12} + \frac{2EI\left(2c+f\right)}{L} + \frac{L^2wy}{12} \\
&= \frac{2EI\left(2c+f\right)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + b + 2c\right)}{H} - \frac{H^2wx}{12} + \frac{L^2wy}{12} \quad \text{(ecu.C)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{eq}_I &= M_{if} + M_{ih} \\
&= \frac{2EI\left(f+2i\right)}{L} - \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + h + 2i\right)}{H} \\
&= \frac{2EI\left(f+2i\right)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + h + 2i\right)}{H} - \frac{L^2wy}{12} \quad \text{(ecu.I)}
\end{aligned}$$

Equilibrio de momentos en los nodos B, H, F

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_F &= M_{fc} + M_{fi} + M_{fe} \\
&= \frac{2EI\,(c+2f)}{L} - \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\,(2f+i)}{L} + \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + e + 2f\right)}{H} \\
&= \frac{2EI\,(c+2f)}{L} + \frac{2EI\,(2f+i)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + e + 2f\right)}{H} \quad \text{(ecu.F)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_B &= M_{ba} + M_{bc} + M_{be} \\
&= \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + a + 2b\right)}{H} - \frac{H^2wx}{12} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2b + c\right)}{H} + \frac{H^2wx}{12} + \frac{2EI\,(2b+e)}{L} + \frac{L^2wy}{12} \\
&= \frac{2EI\,(2b+e)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + a + 2b\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2b + c\right)}{H} + \frac{L^2wy}{12} \quad \text{(ecu.B)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_H &= M_{hg} + M_{he} + M_{hi} \\
&= \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + g + 2h\right)}{H} + \frac{2EI\,(e+2h)}{L} - \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2h + i\right)}{H} \\
&= \frac{2EI\,(e+2h)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + g + 2h\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2h + i\right)}{H} - \frac{L^2wy}{12} \quad \text{(ecu.H)}
\end{aligned}
$$

Equilibrio de momentos en el nodo E

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_E &= M_{ed} + M_{eb} + M_{eh} + M_{ef} \\
&= \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + d + 2e\right)}{H} + \frac{2EI\,(b+2e)}{L} - \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\,(2e+h)}{L} + \frac{L^2wy}{12} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2e + f\right)}{H} \\
&= \frac{2EI\,(b+2e)}{L} + \frac{2EI\,(2e+h)}{L} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H} + d + 2e\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H} + 2e + f\right)}{H} \quad \text{(ecu.E)}
\end{aligned}
$$

Equilibrio de fuerzas en el piso 1

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_{V1} &= 2 \cdot \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rgh} + \mathrm{Rde} + \mathrm{Rab}) \\
&= 2 \cdot wx \cdot H - \left(\frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+g+2h\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2g+h\right)}{H}}{H} + \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+d+2e\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2d+e\right)}{H}}{H} + \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+a+2b\right)}{H} + \cdots}{H} \right. \\
&= 2Hwx - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+d+2e\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2d+e\right)}{H}}{H} - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+g+2h\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+2g+h\right)}{H}}{H} - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_1}{H}+a+2b\right)}{H} + \cdots}{H}
\end{aligned}
$$

Equilibrio de fuerzas en el piso 2

$$\mathrm{eq}_{V2} = \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rbc} + \mathrm{Ref} + \mathrm{Rhi})$$

$$= wx \cdot H - \left(\frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+b+2c\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2b+c\right)}{H} + \frac{H^2 wx}{2}}{H} + \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+e+2f\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2e+f\right)}{H}}{H} + \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+h+2i\right)}{H} + 2}{H} \right.$$

$$= Hwx - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+e+2f\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2e+f\right)}{H}}{H} - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+h+2i\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2h+i\right)}{H}}{H} - \frac{\frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+b+2c\right)}{H} + \frac{2EI\left(\frac{3\Delta_2}{H}+2b+c\right.}{H}}{H}$$

Reemplazando con los datos conocidos y asisgando a la inercia con el valor de $I = 1ft^4$:

$$E = 1 \ \ (kip/ft^2)$$

$$I = 1 \ \ (ft^4)$$

$$L = 16 \ \ (ft)$$

$$H = 12 \ \ (ft)$$

Considerando las combinaciones de carga

$$w_D = 150 \ \ (k/ft)$$

$$w_L = 100 \ \ (k/ft)$$

$$w_0 = 30 \ \ (k/ft)$$

$$\mathrm{wy} = 1.2 \cdot w_D + 1.6 \cdot w_L = 1.2 \cdot 150 + 1.6 \cdot 100 \quad = 340.000 \ \ (k/ft)$$

$$\mathrm{wx} = 24.000 \ \ (k/ft)$$

Ademas, los giros en los extremos empotrados es cero

$$a = 0$$

$$d = 0$$

$$g = 0$$

Los momentos internos en los extremos de cada tramo serían:

$$\psi_1 = -\frac{\Delta_1}{12}$$

$$\psi_2 = -\frac{\Delta_2}{12}$$

$$M_{ab} = 0.042\Delta_1 + 0.167b + 288.0$$

$$M_{ba} = 0.042\Delta_1 + 0.333b - 288.0$$

$$M_{de} = 0.042\Delta_1 + 0.167e$$

$$M_{ed} = 0.042\Delta_1 + 0.333e$$

$$M_{gh} = 0.042\Delta_1 + 0.167h$$

$$M_{hg} = 0.042\Delta_1 + 0.333h$$

$$M_{bc} = 0.042\Delta_2 + 0.333b + 0.167c + 288.0$$

$$M_{cb} = 0.042\Delta_2 + 0.167b + 0.333c - 288.0$$

$$M_{ef} = 0.042\Delta_2 + 0.333e + 0.167f$$

$$M_{fe} = 0.042\Delta_2 + 0.167e + 0.333f$$

$$M_{hi} = 0.042\Delta_2 + 0.333h + 0.167i$$

$$M_{ih} = 0.042\Delta_2 + 0.167h + 0.333i$$

$$M_{cf} = 0.25c + 0.125f + 7253.333$$

$$M_{fc} = 0.125c + 0.25f - 7253.333$$

$$M_{fi} = 0.25f + 0.125i + 7253.333$$

$$M_{if} = 0.125f + 0.25i - 7253.333$$

$$M_{be} = 0.25b + 0.125e + 7253.333$$

$$M_{eb} = 0.125b + 0.25e - 7253.333$$

$$M_{eh} = 0.25e + 0.125h + 7253.333$$

$$M_{he} = 0.125e + 0.25h - 7253.333$$

Las cortantes internas en las bastes de cada columna serían:

$$\mathrm{Rbc} = 0.007\Delta_2 + 0.042b + 0.042c + 144.0$$

$$\mathrm{Ref} = 0.007\Delta_2 + 0.042e + 0.042f$$

$$\mathrm{Rhi} = 0.007\Delta_2 + 0.042h + 0.042i$$

$$\mathrm{Rgh} = 0.007\Delta_1 + 0.042h$$

$$\mathrm{Rde} = 0.007\Delta_1 + 0.042e$$

$$\mathrm{Rab} = 0.007\Delta_1 + 0.042b + 144.0$$

Las ecuacioens de equilibrio serían:

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_B &= M_{ba} + M_{bc} + M_{be} \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.333b - 288.0 + 0.042\Delta_2 + 0.333b + 0.167c + 288.0 + 0.25b + 0.125e + 7253.333 \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.042\Delta_2 + 0.917b + 0.167c + 0.125e + 7253.333 \ \ \text{(e1)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_C &= M_{cb} + M_{cf} \\
&= 0.042\Delta_2 + 0.167b + 0.333c - 288.0 + 0.25c + 0.125f + 7253.333 \\
&= 0.042\Delta_2 + 0.167b + 0.583c + 0.125f + 6965.333 \ \ \text{(e2)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_E &= M_{ed} + M_{eb} + M_{eh} + M_{ef} \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.333e + 0.125b + 0.25e - 7253.333 + 0.25e + 0.125h + 7253.333 + 0.042\Delta_2 + 0.333e + 0.167f \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.042\Delta_2 + 0.125b + 1.167e + 0.167f + 0.125h \ \ \text{(e3)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_F &= M_{fc} + M_{fi} + M_{fe} \\
&= 0.125c + 0.25f - 7253.333 + 0.25f + 0.125i + 7253.333 + 0.042\Delta_2 + 0.167e + 0.333f \\
&= 0.042\Delta_2 + 0.125c + 0.167e + 0.833f + 0.125i \ \ \text{(e4)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_H &= M_{hg} + M_{he} + M_{hi} \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.333h + 0.125e + 0.25h - 7253.333 + 0.042\Delta_2 + 0.333h + 0.167i \\
&= 0.042\Delta_1 + 0.042\Delta_2 + 0.125e + 0.917h + 0.167i - 7253.333 \ \ \text{(e5)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_I &= M_{if} + M_{ih} \\
&= 0.125f + 0.25i - 7253.333 + 0.042\Delta_2 + 0.167h + 0.333i \\
&= 0.042\Delta_2 + 0.125f + 0.167h + 0.583i - 7253.333 \ \ \text{(e6)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_{V1} &= 2 \cdot \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rgh} + \mathrm{Rde} + \mathrm{Rab}) \\
&= 2 \cdot 24.000 \cdot 12 - (0.007\Delta_1 + 0.042h + 0.007\Delta_1 + 0.042e + 0.007\Delta_1 + 0.042b + 144.0) \\
&= -0.021\Delta_1 - 0.042b - 0.042e - 0.042h + 432.0 \ \ \text{(e7)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_{V2} &= \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rbc} + \mathrm{Ref} + \mathrm{Rhi}) \\
&= 24.000 \cdot 12 - (0.007\Delta_2 + 0.042b + 0.042c + 144.0 + 0.007\Delta_2 + 0.042e + 0.042f + 0.007\Delta_2 + 0.042h + 0.042 \\
&= -0.021\Delta_2 - 0.042b - 0.042c - 0.042e - 0.042f - 0.042h - 0.042i + 144.0 \ \ \text{(e8)}
\end{aligned}
$$

0.1.2 Solución del sistema de ecuaciones

Se tiene 8 varaibles y 8 ecuaciones, la solución del sistema de ecuaciones es:

```
b= -8174.7999  rad,            c= -11025.1644  rad,           e= -1370.6345  rad
b= -651.3782  rad,            c= 3843.1727  rad,           e= 9915.9863  rad
Desplazamiento piso 1= 32140.5235  ft,           Desplazamiento piso 2=
21837.6361  ft
El desplazamiento total:  53978.1596  ft
```

¿CUMPLE EL CRITERIO DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO?

$$\Delta_{max} = \frac{H}{400} = \frac{12}{400} \ = 0.03 \ ft$$

Los desplazamientos obtenidos asisgando a la inercia con el valor de $I = 1ft^4$ son

$$\mathrm{dx}_1 = 32140.523 \ \ (\mathrm{ft})$$

$$\mathrm{dx}_2 = 21837.636 \ \ (\mathrm{ft})$$

Por lo tanto, pada cumplir con el desplazamiento máximo permitido, la inercia mínima debería ser:

$$E = 4176000 \ \ (kip/ft^2)$$

$$I_{min} = 0.431 \ \ (ft^4 \text{ absoluto})$$

Por un facto de seguridad, se utilizará una indercia de

$$I = 0.500 \ \ (ft^4)$$

Realizando el mismo procedimiento anterior, obtenemos las siguientes soluciones:

Sistema de acuaciones con el momento de inercia ya ajustado

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_B &= M_{ba} + M_{bc} + M_{be} \\
&= 87000.0\Delta_1 + 696000.0b - 288.0 + 87000.0\Delta_2 + 696000.0b + 348000.0c + 288.0 + 522000.0b + 261000.0e + 7 \\
&= 87000.0\Delta_1 + 87000.0\Delta_2 + 1914000.0b + 348000.0c + 261000.0e + 7253.333 \quad \text{(e1)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_C &= M_{cb} + M_{cf} \\
&= 87000.0\Delta_2 + 348000.0b + 696000.0c - 288.0 + 522000.0c + 261000.0f + 7253.333 \\
&= 87000.0\Delta_2 + 348000.0b + 1218000.0c + 261000.0f + 6965.333 \quad \text{(e2)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_E &= M_{ed} + M_{eb} + M_{eh} + M_{ef} \\
&= 87000.0\Delta_1 + 696000.0e + 261000.0b + 522000.0e - 7253.333 + 522000.0e + 261000.0h + 7253.333 + 87000.0 \\
&= 87000.0\Delta_1 + 87000.0\Delta_2 + 261000.0b + 2436000.0e + 348000.0f + 261000.0h \quad \text{(e3)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_F &= M_{fc} + M_{fi} + M_{fe} \\
&= 261000.0c + 522000.0f - 7253.333 + 522000.0f + 261000.0i + 7253.333 + 87000.0\Delta_2 + 348000.0e + 696000 \\
&= 87000.0\Delta_2 + 261000.0c + 348000.0e + 1740000.0f + 261000.0i \quad \text{(e4)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_H &= M_{hg} + M_{he} + M_{hi} \\
&= 87000.0\Delta_1 + 696000.0h + 261000.0e + 522000.0h - 7253.333 + 87000.0\Delta_2 + 696000.0h + 348000.0i \\
&= 87000.0\Delta_1 + 87000.0\Delta_2 + 261000.0e + 1914000.0h + 348000.0i - 7253.333 \quad \text{(e5)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_I &= M_{if} + M_{ih} \\
&= 261000.0f + 522000.0i - 7253.333 + 87000.0\Delta_2 + 348000.0h + 696000.0i \\
&= 87000.0\Delta_2 + 261000.0f + 348000.0h + 1218000.0i - 7253.333 \quad \text{(e6)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_{V1} &= 2 \cdot \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rgh} + \mathrm{Rde} + \mathrm{Rab}) \\
&= 2 \cdot 24.000 \cdot 12 - (14500.0\Delta_1 + 87000.0h + 14500.0\Delta_1 + 87000.0e + 14500.0\Delta_1 + 87000.0b + 144.0) \\
&= -43500.0\Delta_1 - 87000.0b - 87000.0e - 87000.0h + 432.0 \quad \text{(e7)}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathrm{eq}_{V2} &= \mathrm{wx} \cdot H - (\mathrm{Rbc} + \mathrm{Ref} + \mathrm{Rhi}) \\
&= 24.000 \cdot 12 - (14500.0\Delta_2 + 87000.0b + 87000.0c + 144.0 + 14500.0\Delta_2 + 87000.0e + 87000.0f + 14500.0\Delta_2 + \\
&= -43500.0\Delta_2 - 87000.0b - 87000.0c - 87000.0e - 87000.0f - 87000.0h - 87000.0i + 144.0 \quad \text{(e8)}
\end{aligned}
$$

Solución del sistema de ecuaciones

```
b= -0.0039  rad,           c= -0.0053  rad,           e= -0.0007  rad
b= -0.0003  rad,           c= 0.0018  rad,           e= 0.0047  rad
Desplazamiento piso 1= 0.0154  ft,          Desplazamiento piso 2= 0.0105
```

Solución de los momentos y las costantes de cada tramo

[120]:

	Tramos	Momentos k ft	Cortantes kip
0	AB	264.72	26.58
1	BA	-1673.74	261.42
2	BC	-3364.56	-504.35
3	CB	-4415.62	792.35
4	DE	1110.75	166.09
5	ED	882.31	-166.09
6	EF	344.46	67.40
7	FE	464.34	-67.40
8	GH	1979.72	383.33
9	HG	2620.25	-383.33
10	HI	3843.62	724.95
11	IH	4855.76	-724.95
12	BE	5038.30	2496.28
13	EB	-8617.84	2943.72
14	CF	4415.62	2446.33
15	FC	-8794.32	2993.67
16	EH	7391.07	2777.95
17	HE	-6463.87	2662.05
18	FI	8329.99	2937.14
19	IF	-4855.76	2502.86

Reacciones finales del sistema

$$M_A = 264.722 \ \ (kip \cdot ft)$$

$$M_D = 1110.749 \ \ (kip \cdot ft)$$

$$M_G = 1979.717 \ \ (kip \cdot ft)$$

$$R_{Ay} = 4942.61 \ \ (kip)$$

$$R_{Dy} = 11652.479 \ \ (kip)$$

$$R_{Gy} = 5164.911 \ \ (kip)$$

$$R_{Ax} = -26.581 \ \ (kip)$$

$$R_{Dx} = -166.088 \ \ (kip)$$

$$R_{Gx} = -383.33 \ \ (kip)$$

$$\Delta_1 = 0.015 \ \ (ft)$$

$$\Delta_2 = 0.01 \ \ (ft)$$

¿CUMPLE EL CRITERIO DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO?

$$\Delta_{max} = \frac{H}{400} = \frac{12}{400} \ = 0.03 \ ft$$

```
El desplazamiento del primer piso relativo es:  0.0154  ft
El desplazamiento del segundo piso relativo es:  0.0105  ft
El desplazamiento del segundo piso absoluto es:  0.0259  ft
Empleando una sección con inercia I= 0.5  ft^4, los desplazamientos son menores
al máximo permitido
```

Propiedades finales que cumplen con esta combinación son:

$$E = 4176000 \ \ (kip/ft^2)$$

$$I_{final} = 0.500 \ \ (ft^4)$$