



Universidad de  
**los Andes**



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA  
Y CIENCIAS  
APLICADAS**

---

# **Entrega 0, Proyecto 2**

## **Metodos Computacionales en OOCC, IOC 4201**

---

**Profesor:**

Patricio Moreno

**Ayudante:**

Maximiliano Biasi

**Alumno:**

Bernardo Caprile Canala-Echevarría

**21 de octubre de 2024**

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Método Manual</b>	<b>2</b>
2.1. Resultados Método Manual . . . . .	2
<b>3. Método desplazamientos virtuales</b>	<b>3</b>
3.1. Resultados Método Desplazamientos Virtuales . . . . .	3
<b>4. Código en OpenSees.py</b>	<b>4</b>
4.1. Resultados Código en OpenSees.py . . . . .	4
<b>5. Análisis de Resultados</b>	<b>6</b>
<b>6. Conclusión</b>	<b>7</b>

## Índice de figuras

1. Enrejado a analizar. . . . .	1
2. Enrejado sin desplazamientos y con desplazamientos. . . . .	5

## 1. Introducción

En la ingeniería civil, es fundamental saber las fuerzas que actúan en una estructura. Ya que, en base a estas fuerzas, se puede determinar la geometría de las barras o componentes de la estructura, para garantizar que esta sea segura y cumpla con los requerimientos de diseño. Por lo tanto, es necesario contar con herramientas que permitan calcular estas fuerzas de manera rápida y precisa. Para ello, se pueden utilizar métodos manuales o computacionales.

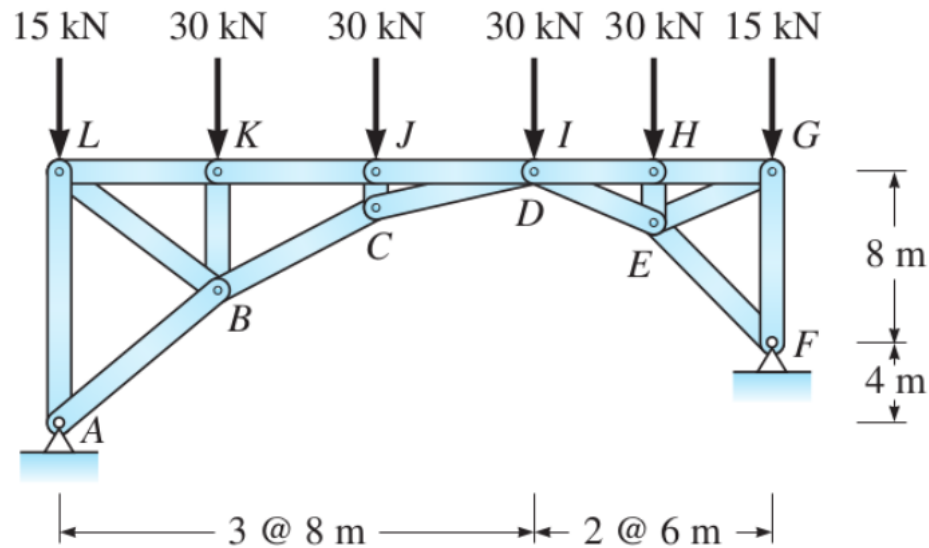


Figura 1: Enrejado a analizar.

El objetivo de esta tarea fue calcular las fuerzas en las barras, determinar propiedades y la geometría de las barras y, finalmente, los desplazamientos en los nodos del enrejado mostrado en la figura 1 ocupando un método manual y otro computacional. Por un lado, el método manual fue utilizar equilibrio de fuerzas en los nodos y desplazamientos virtuales. Por otro lado, el método computacional fue utilizar la librería OpenSeesPy, la cual permite modelar estructuras y calcular fuerzas y desplazamientos.

## 2. Método Manual

Para poder calcular la fuerza en las barras del enrejado, lo que se hizo primero fue calcular la fuerza en las reacciones. Luego, se procedió a calcular la fuerza en cada barra del enrejado con equilibrio de fuerzas en cada nodo. El procedimiento está detallado en el siguiente link: [Desarrollo](#)

### 2.1. Resultados Método Manual

Miembro	Fuerza axial (kN)
1	-15.0
2	-89.41
3	0.0
4	0.0
5	-30.0
6	-71.887
7	0.0
8	0.0
9	-30.0
10	-64.33
11	0.0
12	0.0
13	-70.07
14	-30.0
15	0.0
16	0.0
17	-86.5
18	-15.0

Cuadro 1: Fuerzas axiales en cada barra del enrejado.

Luego de calcular las fuerzas axiales, se procedió a determinar la geometría de cada barra, junto con su área y módulo de elasticidad. Como se puede observar en la tabla 1 existen dos rangos de fuerzas axiales, el primero que va desde 0 kN hasta 30kN (Barras tipo B) y el segundo que va desde 30kN hasta 89.41 kN (Barras tipo A). Los parámetros de las barras se pueden observar en la siguiente tabla:

Tipo de barra	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Inercia (mm <sup>4</sup> )	Área (mm <sup>2</sup> )
A	150	50	24,543,692.61	15,707.96
B	100	30	4,783,074.82	6,597.34

Cuadro 2: Propiedades de las barras tipo A y B

Con estos datos, se procedió a calcular el desplazamiento en el Nodo D.

### 3. Método desplazamientos virtuales

Para poder calcular el desplazamiento en el Nodo D, se empleó el método de desplazamientos virtuales. Este método consiste en aplicar una carga unitaria en el nodo que se quiere calcular el desplazamiento y luego calcular la fuerza en las barras. El procedimiento está detallado en el siguiente link: [Cálculos](#)

#### 3.1. Resultados Método Desplazamientos Virtuales

Luego de calcular las fuerzas axiales en cada barra, se procedió a calcular el desplazamiento en el Nodo D con la siguiente fórmula:

$$\delta = \sum \frac{L_i \cdot N_i \cdot n_i}{EA_i} \quad (1)$$

Donde:

- $L$  es la longitud de la barra. (m)
- $N$  es la fuerza axial en la barra. (kN)
- $n$  es la fuerza axial en la barra generada por la fuerza virtual.
- $EA$  es el producto del módulo de elasticidad y el área de la barra. (kN)

Con los datos obtenidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Eje	Desplazamiento (mm)
X	-1.015
Y	-2.270

## 4. Código en OpenSees.py

Para poder calcular las fuerzas en cada barra y los desplazamientos del enrejado, se utilizó la librería OpenSeesPy. El código utilizado se encuentra en el siguiente link: [Código](#)

Lo primero que se hizo fue definir los nodos y las barras del enrejado. Luego, se procedió a definir las propiedades de los materiales y las secciones de las barras. Posteriormente, se definieron las restricciones de los apoyos. Finalmente, se procedió a calcular las fuerzas en las barras y los desplazamientos.

### 4.1. Resultados Código en OpenSees.py

Miembro	Fuerza axial (kN)
1	-15.0
2	-89.411
3	0.0
4	-0.0
5	-30.0
6	-71.873
7	-0.008
8	0.008
9	-30.0
10	-64.313
11	-0.008
12	-0.0
13	-70.062
14	-30.0
15	0.0
16	-0.0
17	-86.488
18	-15.0

Cuadro 3: Fuerzas axiales en cada barra del enrejado.

Nodo	ux (mm)	uy (mm)
1	0.0	0.0
2	-1.539	-0.13
3	-1.096	0.7
4	-1.539	0.608
5	-1.522	1.116
6	-1.539	1.11
D	-1.539	-3.055
8	-0.972	-1.396
9	-1.539	-1.453
10	-1.539	-0.087
11	0.0	0.0

Cuadro 4: Desplazamientos en los nodos

## Métodos Computacionales en Obras Civiles

Posteriormente, se procedió a plotear el enrejado sin desplazamientos y con desplazamientos aumentados con un factor de 500, para ver de mejor manera los desplazamientos. Los resultados se pueden observar en la siguiente figura:

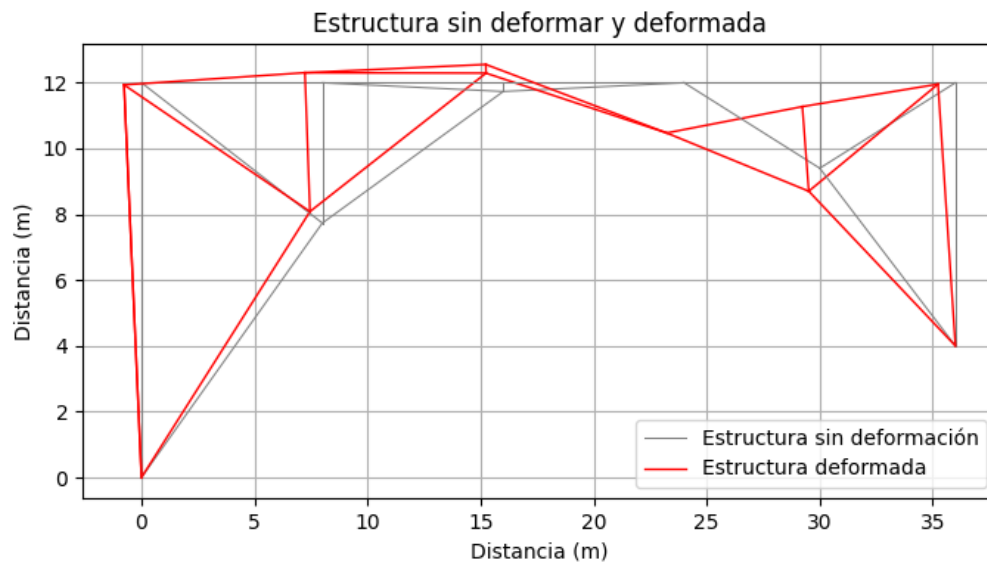


Figura 2: Enrejado sin desplazamientos y con desplazamientos.

## 5. Análisis de Resultados

Como se puede observar, los resultados obtenidos con el método manual y programado son prácticamente idénticos. Sin embargo, cuando se compara con el método de desplazamientos virtuales, se observa una diferencia en los desplazamientos en el Nodo D. Esto se puede observar en la siguiente tabla:

<b>Eje</b>	<b>Método Manual (mm)</b>	<b>Método Desplazamientos Virtuales (mm)</b>	<b>Error ( % )</b>
X	-1.539	-1.015	34.02
Y	-3.055	-2.270	25.67

Cuadro 5: Comparación de desplazamientos en el Nodo D.

Aunque hay una diferencia entre los datos obtenidos con el Método de Desplazamientos Virtuales y el software OpenSees.py, esta diferencia se puede explicar porque, en el método manual de desplazamientos virtuales, es fácil cometer errores. Estos errores pueden surgir al hacer los cálculos manualmente o al interpretar los resultados, lo que genera el margen de error observado. Por lo tanto, aunque los resultados no son exactamente iguales, es probable que la diferencia se deba a imprecisiones propias del cálculo manual.



## **6. Conclusión**