

# Manual: Laboratorio Virtual de Dinámica Experimental - MGD

## 1. Introducción

El objetivo de este laboratorio es evaluar la respuesta dinámica de sistemas de múltiples grados de libertad sometidos a diferentes excitaciones en la base, para ello el laboratorio virtual cuenta con una interfaz gráfica intuitiva y amigable la cual permitirá al usuario modelar diferentes sistemas de forma rápida y sencilla.

La respuesta del sistema se calcula resolviendo la ecuación de movimiento mediante el método numérico Newmark aceleración lineal del cual se obtienen datos de aceleración y desplazamientos.

## 2. Procedimiento

El usuario caracterizará un sistema dinámico de múltiples grados de libertad. Para ello, contará con el menú de propiedades dinámicas, donde podrá definir las propiedades de los elementos del sistema que seleccione. Posteriormente, podrá inducir un comportamiento dinámico utilizando el menú de excitaciones. Mediante acelerómetros y sensores de desplazamiento láser, se medirá la respuesta de la estructura. Durante el ensayo, se podrán visualizar tanto las solicitudes dinámicas y/o desplazamientos aplicados al sistema como la respuesta del mismo en términos de aceleración y desplazamiento totales.

El sistema estructural tiene propiedades definidas por defecto, por lo tanto el usuario puede ir directamente al menú de excitaciones para aplicar una excitación y visualizar la respuesta.

## 3. Panel de control

El laboratorio virtual cuenta con una interfaz gráfica interactiva en la que el usuario puede definir los parámetros necesarios para caracterizar el experimento.

El panel de control consta de tres menús desplegables que permiten configurar los sensores, las propiedades físicas o dinámicas del sistema, y seleccionar el tipo de desplazamiento. Además, incluye tres menús no desplegables que permiten al usuario iniciar la simulación, exportar los datos, limpiar los campos, definir el sentido del desplazamiento y cambiar entre diferentes vistas. Dentro de los paneles, se encuentran iconos con signos de interrogación que brindan pistas rápidas sobre el funcionamiento de los mismos.

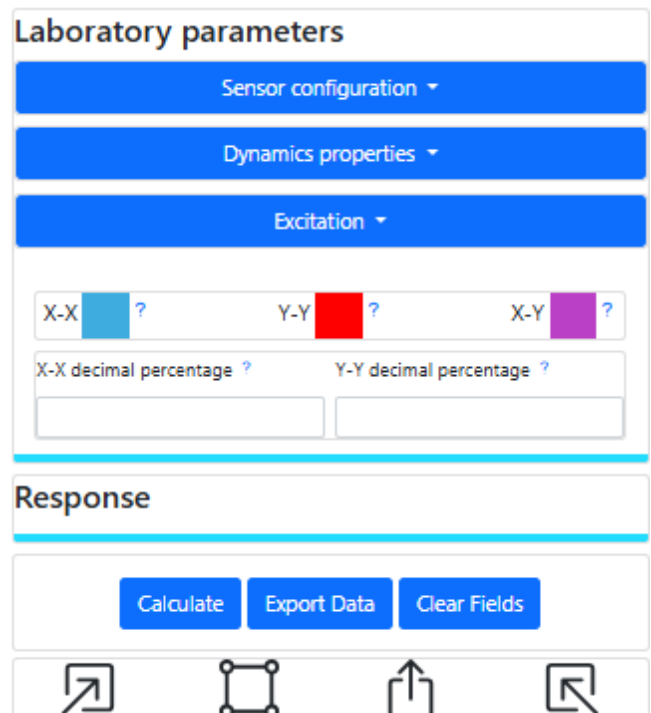


Figura 1: Menú

### 3.1. Panel central

En este panel, el usuario puede seleccionar el pórtico que desea analizar haciendo clic sobre el pórtico de uno o dos pisos, que están enmarcados dentro de un recuadro rojo (Ver figura 2). Para cambiar la dirección del desplazamiento de la mesa, el usuario puede hacer clic nuevamente sobre el pórtico que desea modelar, lo que cambiará los colores del pórtico en la mesa vibratoria. Los colores representan las siguientes direcciones de movimiento: azul para X-X, rojo para Y-Y y morado para X-Y.

Además, para definir las propiedades de los elementos como vigas y columnas (frame) o losas (slab), el usuario puede hacer clic sobre ellos. Esto desplegará el menú de propiedades dinámicas, donde podrá definir las características del elemento seleccionado. Para quitar la selección, el usuario puede hacer clic en cualquier lugar del panel central. Una vez que el elemento se deseleccione, el programa guardará los datos automáticamente.

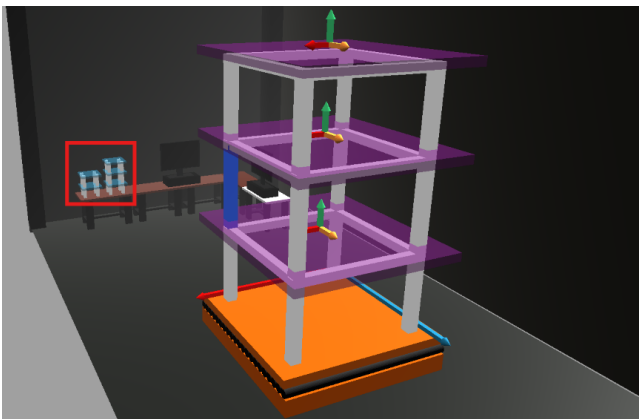


Figura 2: Panel central

### 3.2. Menú de respuesta

El menú de respuesta para el módulo de múltiples grados de libertad permite visualizar tanto las solicitaciones dinámicas como los desplazamientos resultantes del sistema para cada piso. Las gráficas uno y dos muestran los resultados en las direcciones  $x$  y  $y$ , respectivamente, mien-

tras que la tercera gráfica presenta permanentemente las solicitaciones inducidas en la base del sistema. Además, el módulo cuenta con dos interruptores que permiten alternar entre la visualización de la respuesta en términos de desplazamiento o aceleración.

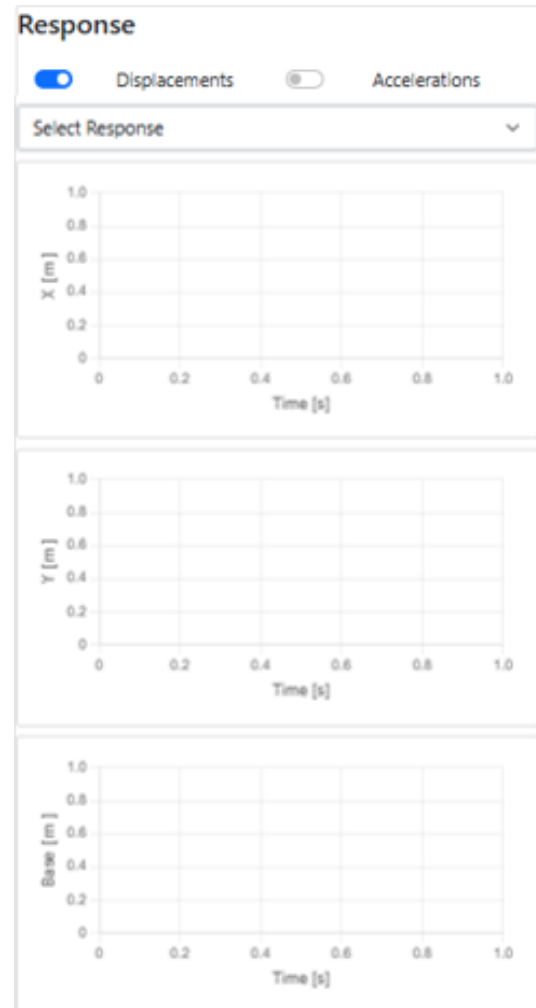


Figura 3: Gráfica de la respuesta

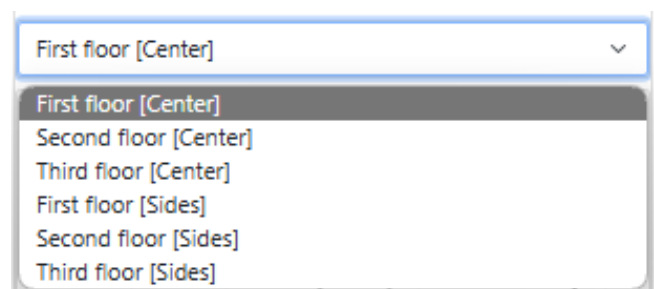


Figura 4: Respuestas

### 3.3. Menú de sensores

Despliega un menú que permite al usuario asignar los sensores de aceleración y desplazamiento para medir la respuesta. También cuenta con opciones que permiten agregar ruido a la amplitud y la señal, además de seleccionar frecuencia de muestreo.

Los sensores deberán ser asignados para graficar y guardar los datos del ensayo. Todos los sensores muestrean a una frecuencia de 50 Hz.

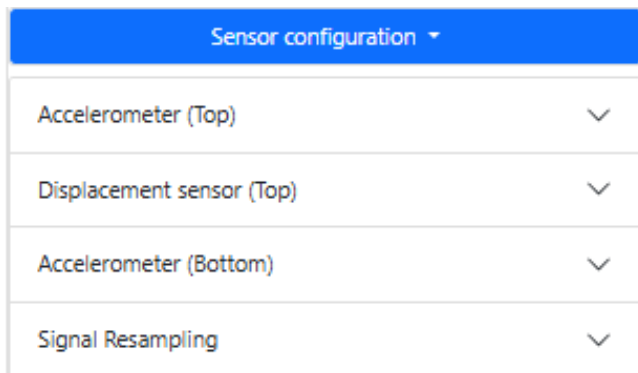


Figura 5: Configurar sensores

#### 1. Accelerometer (Top):

Sensor de aceleración ubicado en la masa.

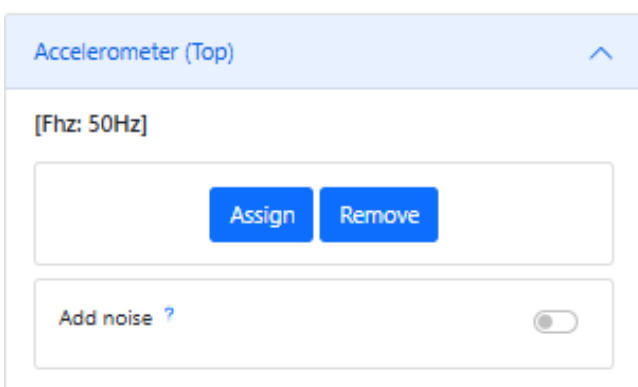


Figura 6: Dynamics properties: Modulo de un grado de libertad

#### 2. Displacement sensor (Top):

Sensor de desplazamiento relativo en la masa.

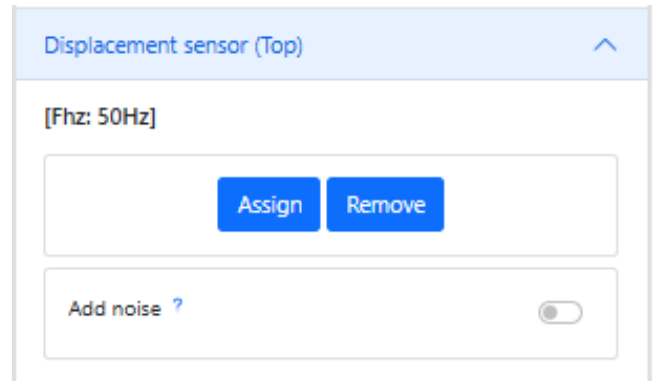


Figura 7: Dynamics properties: Modulo de un grado de libertad

#### 3. Accelerometer (Bottom):

Sensor de aceleración ubicado en la mesa sísmica.

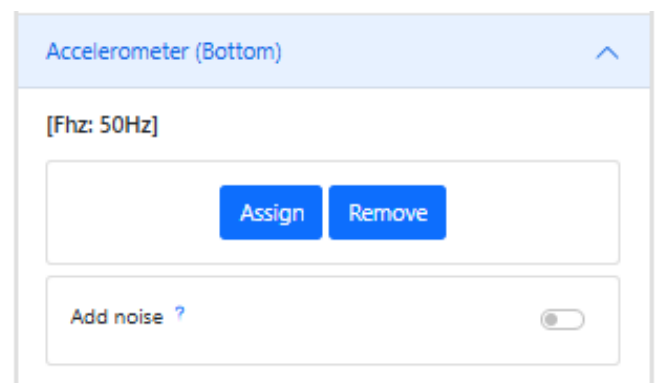


Figura 8: Dynamics properties: Modulo de un grado de libertad

#### 4. Signal resampling:

Esta función permite al usuario remuestrear la señal capturada por los sensores a frecuencias inferiores a 50 Hz, que es la frecuencia de muestreo predeterminada.

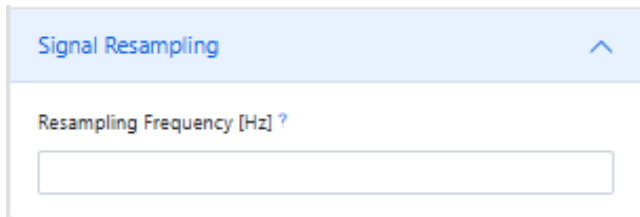


Figura 9: Dynamics properties: Modulo de un grado de libertad

### 3.4. Menú de propiedades

El menú de propiedades permite definir las características del elemento que el usuario seleccione. Además, el usuario puede asignar manualmente el amortiguamiento de cada modo o elegir entre uno de los casos predefinidos.

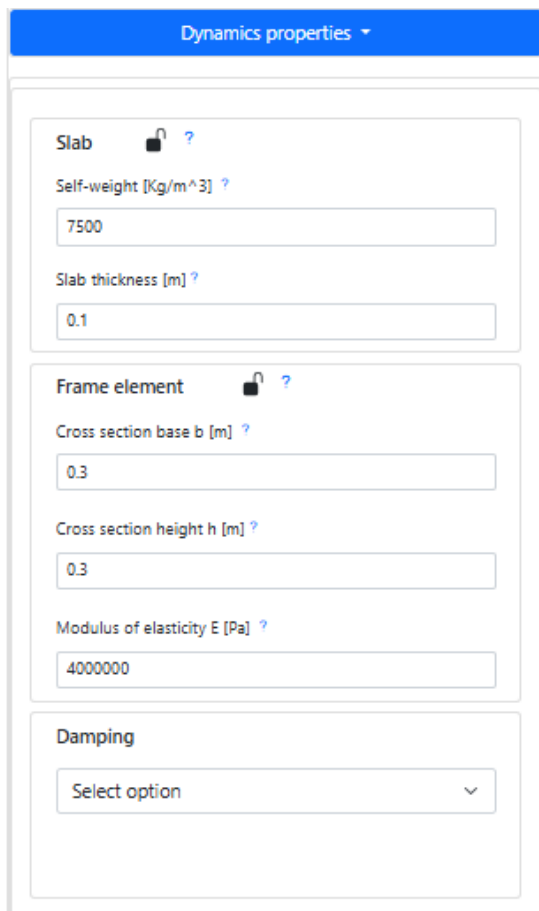


Figura 10: Modoulo de múltiples grados de libertad: Dynamics properties.

### 3.5. Menú de excitaciones

El menú de excitaciones 'Excitation' permite al usuario elegir el tipo de sollicitación dinámica que la mesa sísmica aplicará al sistema. Al utilizar este menú, el usuario puede seleccionar entre cinco tipos de desplazamientos: Vibración Libre, Desplazamiento sinusoidal, Barrido de frecuencias, Sismos predefinidos, y Carga de desplazamiento y aceleración.

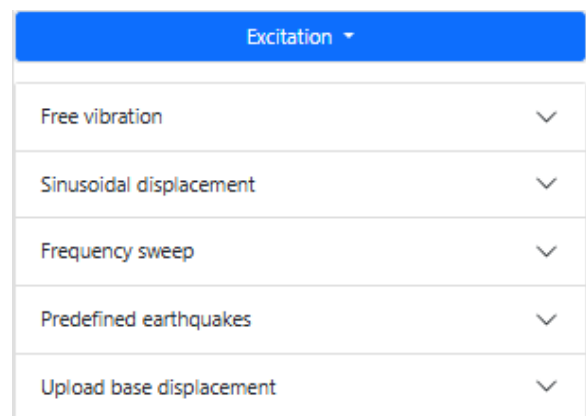


Figura 11: Excitation

#### 1. Free vibration:

El usuario ingresa dos valores: la amplitud en metros [m] y la duración del ensayo en segundos [s].

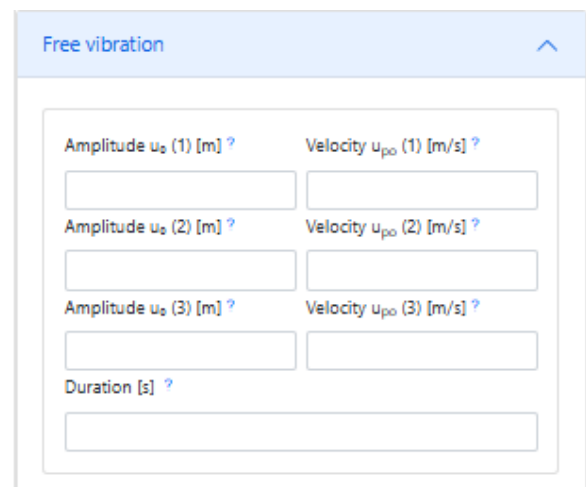


Figura 12: Modulo de múltiples grados de libertad: Free vibration.

## 2. Sinusoidal displacement:

El usuario ingresa tres valores: la amplitud  $u_o$  en metros [m], la frecuencia de excitación  $\omega$  en radianes por segundo [rad/s], y la duración del ensayo en segundos [s].

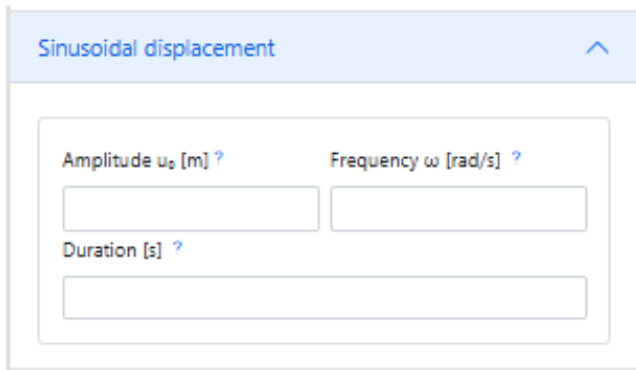


Figura 13: Sinusoidal displacement.

## 3. Frequency sweep:

El usuario ingresa cuatro valores: la frecuencia inicial  $F_1$  y la frecuencia final  $F_2$  en hercios [Hz], la duración del ensayo en segundos [s], y la amplitud en metros (m).

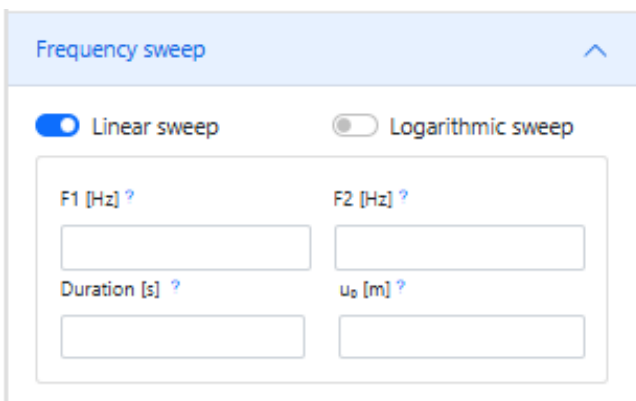


Figura 14: Frequency sweep

## 4. Predefined earthquakes:

El usuario ingresa un solo valor: un escalar adimensional que ajusta la escala de los sismos. Si no se proporciona este escalar, la simulación lo asumirá como 1. Además, el usuario debe seleccionar uno

de los cinco sismos predefinidos: El Centro, La Vega, Armenia, Loma Prieta y Gilroy.

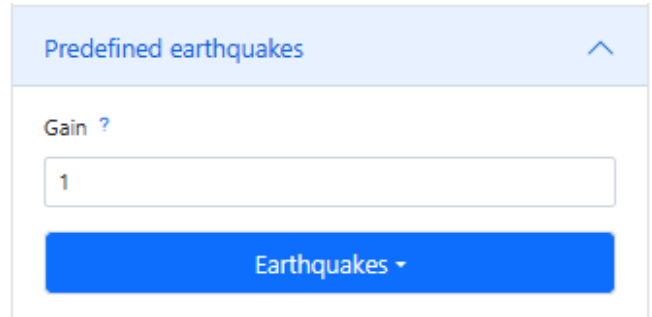


Figura 15: Predefined earthquakes

## 5. Upload base displacement:

El usuario debe cargar un archivo con los datos de desplazamiento en formato xlsx, con la información contenida en la columna A, como se ilustra en la figura 17.

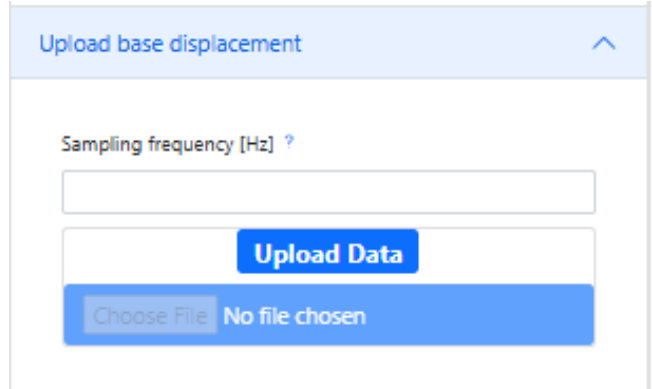


Figura 16: Load displacement

|   | A       |
|---|---------|
| 1 | Dsp [m] |
| 2 | 0.001   |
| 3 | 0.002   |
| 4 | 0.003   |
| 5 | 0.004   |
| 6 | 0.005   |

Figura 17: Formato de datos

### 3.5.1. Menú de desplazamientos

Este menú proporciona información sobre cómo cambiar las direcciones de desplazamiento. Además, cuando el desplazamiento en la dirección XY está activo, es posible indicar el porcentaje de influencia en forma decimal para cada dirección. En el caso de utilizar el submenú de vibración libre, los desplazamientos y velocidades iniciales que se ingresen en las cajas de texto se aplicarán en ambas direcciones, multiplicándose por los porcentajes de X-X y Y-Y, respectivamente.

|                        |                      |                        |                      |     |                      |
|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----|----------------------|
| X-X                    | <input type="text"/> | Y-Y                    | <input type="text"/> | X-Y | <input type="text"/> |
| X-X decimal percentage |                      | Y-Y decimal percentage |                      |     |                      |
| <input type="text"/>   |                      | <input type="text"/>   |                      |     |                      |

Figura 18: Menú de desplazamientos

### 3.5.2. Menú de vistas

Este menú le permite al usuario intercambiar entre diferentes vistas.



Figura 19: Menú de desplazamientos

## 3.6. Opciones de exportación y limpieza de datos

Este menú cuenta con 3 botones los cuales le permiten al usuario iniciar la simulación, exportar los datos y limpiar todos los campos. Para calcular la respuesta, no debe haber ningún elemento seleccionado. El botón calcular ejecutará la solicitud dinámica que se encuentre desplegada actualmente en el menú de excitaciones.

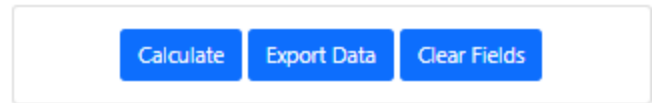


Figura 20: Iniciar/Detener

## 4. Consideraciones adicionales

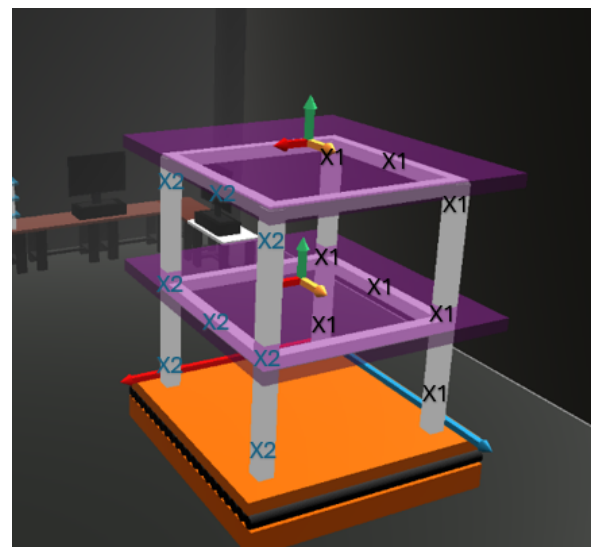


Figura 21: Configuración de pórticos en X

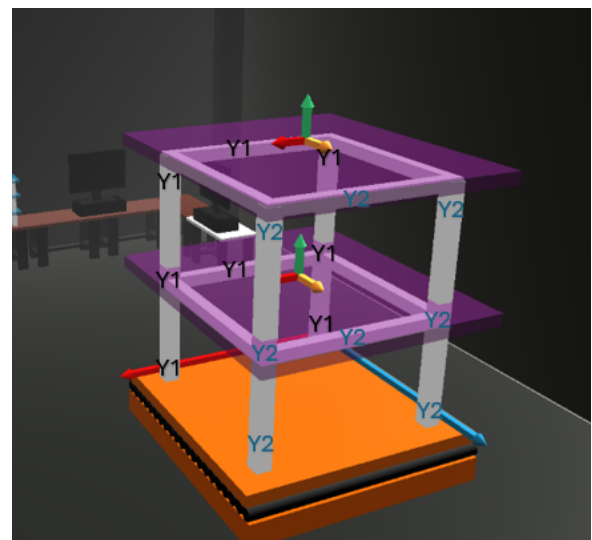


Figura 22: Configuración de pórticos en Y