

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta práctica se realizará el análisis del soporte mostrado en la figura 1:

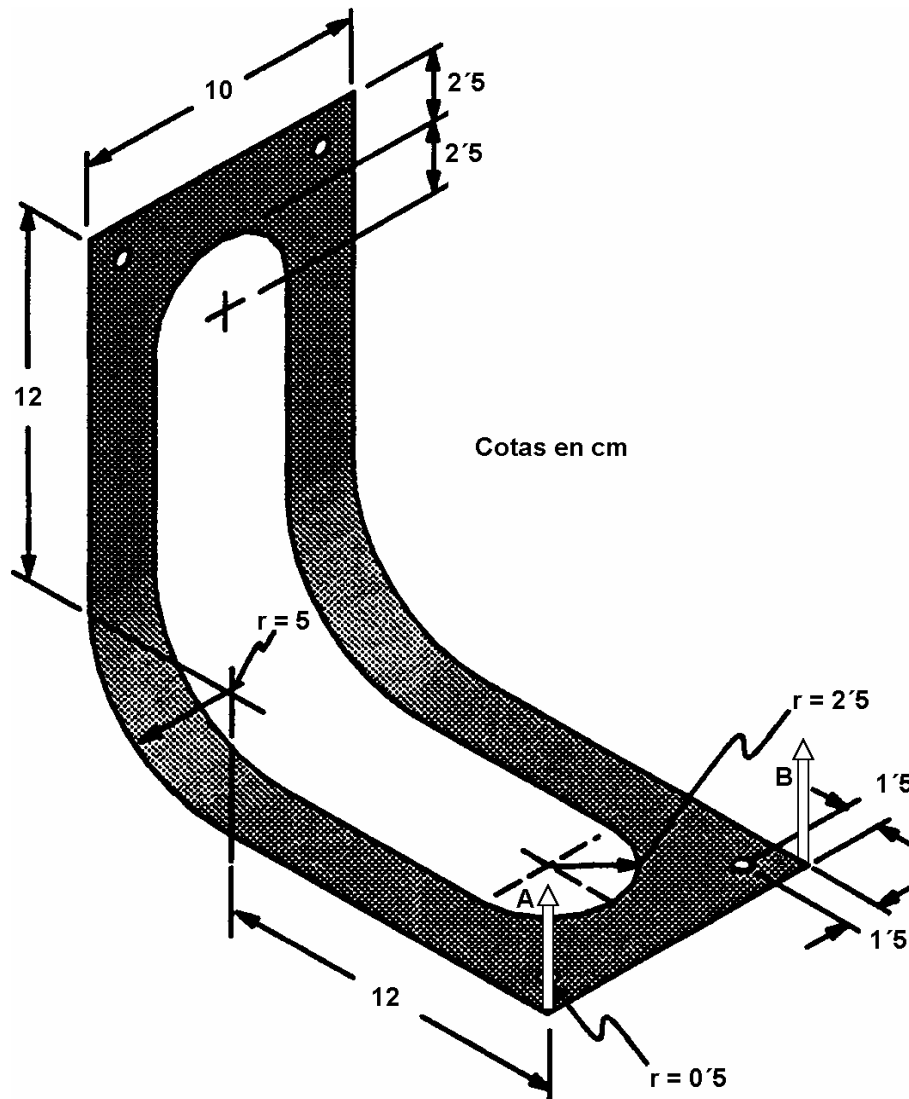


Figura 1. Modelo geométrico del soporte.

Las fuerzas mostradas en la figura tienen los siguientes valores:

<u>Fuerza</u>	<u>Comp real</u>	<u>Comp imaginaria</u>
A	6.0	0.0
B	5.6382	2.0521

Los datos del material son los siguientes:

$$\text{Módulo de Young} = 2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$$

$$\text{Coeficiente de Poisson} = 0.3$$

$$\text{Densidad} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

Se realizarán 2 tipos de análisis en este componente:

- **Análisis Estático**
- **Análisis Armónico**

2. MODELIZACIÓN MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Se utilizará el elemento placa cuadrático (SHELL93) con un espesor de 3 mm. Para generar la malla se recomienda utilizar un tamaño global de elemento de 6.25 mm y un tamaño específico en las líneas del contorno de los agujeros de 2 mm.

ANÁLISIS ESTÁTICO

En este análisis las cargas que hay aplicadas en el componente se corresponden con las componentes reales de las fuerzas especificadas. Las restricciones de desplazamiento son empotramiento en las circunferencias de los agujeros del plano vertical.

Obtener el máximo desplazamiento en los puntos de aplicación de la carga y la tensión máxima según el criterio de von Mises.

ANÁLISIS ARMÓNICO

La realización de este análisis pasa por dos etapas

- 1º Cálculo de frecuencias naturales y modos de vibración del soporte.
- 2º Aplicación de fuerzas y superposición modal.

El objetivo de este tipo de análisis es obtener la respuesta en frecuencia en algunos puntos del soporte cuando se aplican las fuerzas especificadas.

Grados de libertad master y análisis modal

Para realizar el cálculo de frecuencias naturales y modos de vibración en este análisis se utilizará un método de solución reducida. Este tipo de método permite resolver la ecuación del movimiento utilizando matrices reducidas, lo que puede disminuir de forma importante el tiempo de cálculo. Para ello es necesario definir los denominados grados de libertad master que son aquellos que caracterizan el comportamiento dinámico de la estructura analizada.

En primer lugar hay que elegir el tipo de análisis modal en Loads, Analysis Type. Luego hay que establecer las opciones del análisis en Loads, Analysis Options. Se elige el método reducido (opción Reduced) y se dejan el resto de opciones por defecto. Al hacer clic en OK se abre otra ventana con opciones para el método reducido, figura 2, aquí establecemos el rango de frecuencias en el que se harán los cálculos, en este caso entre 0 y 400 Hz.

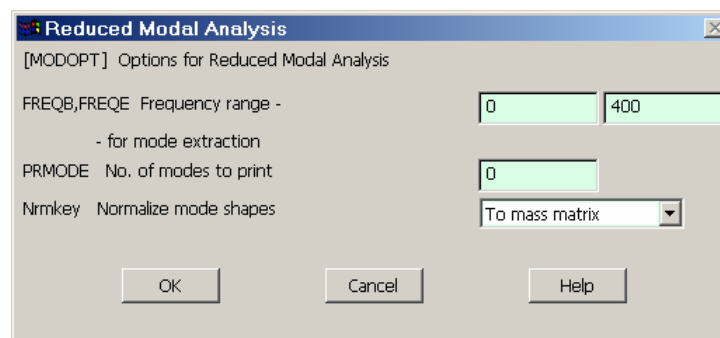


Figura 2. Opciones del análisis modal reducido.

A continuación hay que definir los grados de libertad master, en este caso utilizaremos los asociados a los nodos de la arista que conecta los dos keypoints donde están aplicadas las fuerzas. Seleccionamos en primer lugar dichos nodos con la opción **Select Entities** del menú de utilidades (seleccionar los nodos localizados en $z = 0.17$ m). Para definir los grados de libertad master hay que hacer clic en la opción **Master DOFS, User Selected, Define** dentro del menú **Solution**. Se abre una ventana de selección de entidades y seleccionamos todos los nodos (que serán los de la arista previamente seleccionada) con **Pick All**. A continuación aparece un cuadro de diálogo como el de la figura 3 para definir los grados de libertad master, en este caso los desplazamientos UX, UY y UZ. Otra posibilidad sería indicarle al programa que defina automáticamente los grados de libertad master con la opción **Master DOFS, Program Selected**. En la ventana gráfica aparecerán representados los grados de libertad master.

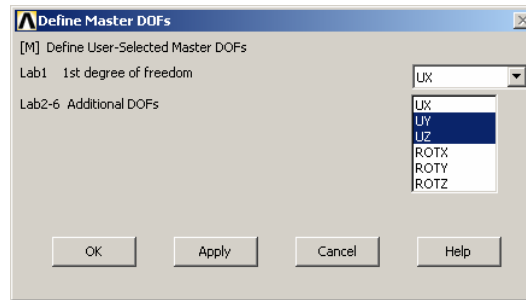


Figura 3. Definición de grados de libertad master.

Volvemos a seleccionar todos los nodos de la malla (comando NSEL,ALL o la opción Select Everything del menú de utilidades) y ya podemos calcular las frecuencias naturales y modos de vibración haciendo clic en la opción Solution, Solve, Current LS del menú principal.

Superposición modal

Una vez calculadas las frecuencias naturales y modos de vibración realizamos el análisis armónico mediante superposición modal.

En primer lugar hay que salir (Finish) y volver a entrar en el módulo Solution y elegir la opción Harmonic dentro de Analysis Type. A continuación indicamos que el método de solución es el de superposición modal haciendo clic en la opción Loads, Analysis Type, Analysis Options y eligiendo la opción Mode Superpos'n en la ventana que aparece, como en la figura 3. Al hacer clic en OK se abre la ventana de la figura 4, donde dejaremos los valores por defecto para las opciones del análisis de superposición modal.

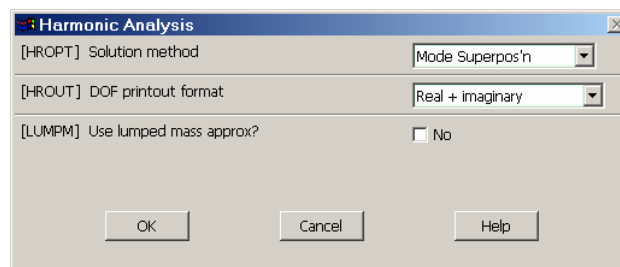


Figura 3. Selección del método de solución para análisis armónico.

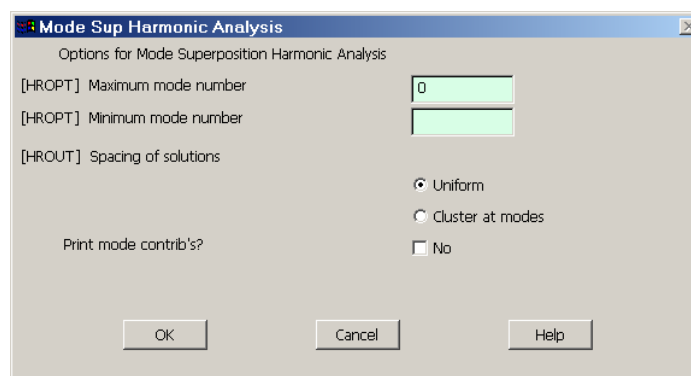


Figura 4. Selección del método de solución para análisis armónico.

Para aplicar las fuerzas indicadas en la figura 1 hacemos clic en la opción Loads, Define Loads, Apply, Structural, Force/Moment, On Keypoints. Seleccionamos el correspondiente keypoint y al hacer clic en OK se abre una ventana como la de la figura 5, donde se establece la dirección de la fuerza y sus componentes real e imaginaria (la existencia de componentes reales e imaginarias de las fuerzas sirve para especificar el desfase entre las fuerzas aplicadas, en este caso ambas fuerzas tienen la misma amplitud pero están desfasadas 20°).

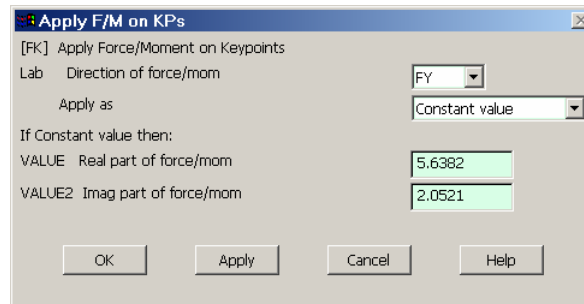


Figura 5. Cuadro de diálogo para definir fuerzas en keypoints.

A continuación establecemos las opciones del análisis armónico en Solution, Load Step Opts, Time/Frequenc, Freq and Substps. Aparece la ventana de la figura 6 donde indicamos el rango de frecuencia de 0 a 400 Hz y el número de frecuencias en los que se harán los cálculos dentro de ese rango (40), así como la forma en que se aplica la carga (Stepped, es decir, mediante una función escalón).

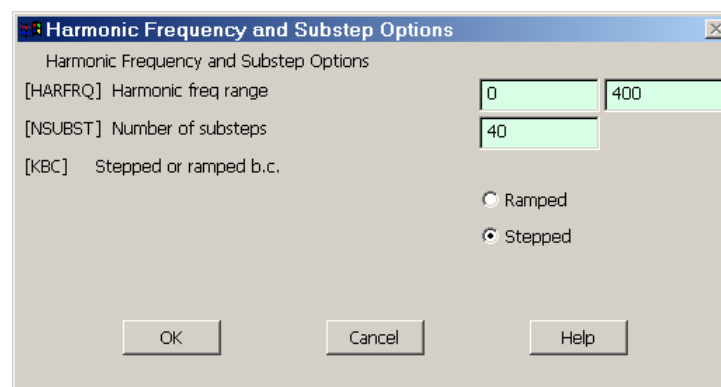


Figura 6. Opciones para el análisis armónico.

El coeficiente de amortiguamiento del material se especifica usando la opción Solution, Load Step Opts, Time/Frequenc, Damping. Aparece la ventana de la figura 7 donde se introduce el coeficiente de amortiguamiento en la casilla Constant damping ratio (0.03).

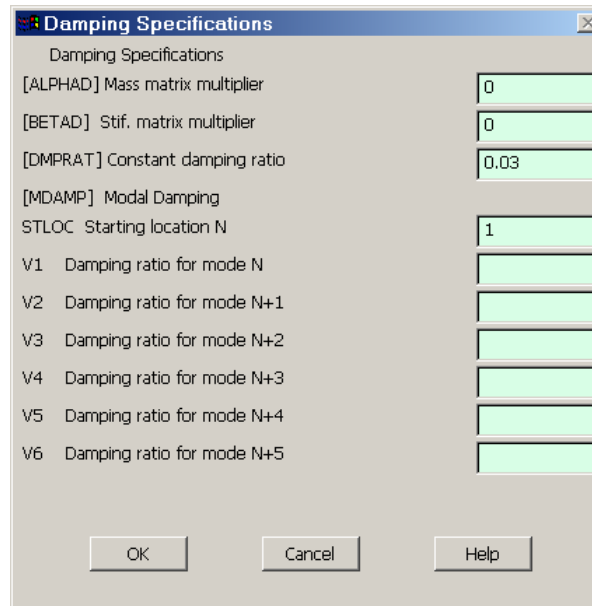


Figura 7. Coeficiente de amortiguamiento.

Para calcular la solución hacemos clic en Solution, Solve, Current LS.

La solución calculada contiene sólo la respuesta en frecuencia para las frecuencias naturales dentro del rango elegido. Si se quiere obtener la respuesta para una determinada frecuencia o para un rango de frecuencias debemos expandir la solución. Para ello tenemos que salir (Finish) y volver a entrar en el módulo Solution, al hacer clic en la opción ExpansionPass dentro de Analysis Type aparece la ventana de la figura 8 y establecemos la opción Expansion pass a On. A continuación se establece el valor de la frecuencia deseada con la opción Solution, Load Step Opts, ExpansionPass, Single Expand, By Time/Freq, como en la figura 9, o el número de soluciones a expandir para el rango de frecuencia deseado con la opción Range of Solu's dentro de Single Expand, como en la figura 10. Para terminar se calcula la solución con Solve, Current LS.

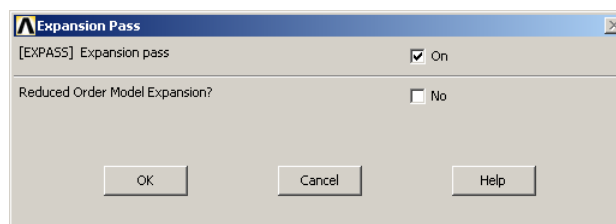


Figura 8. Opción para expandir la solución del análisis armónico.

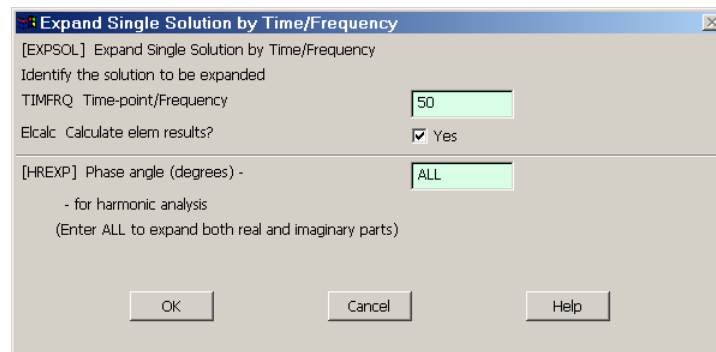


Figura 9. Expansión de la solución para una frecuencia.

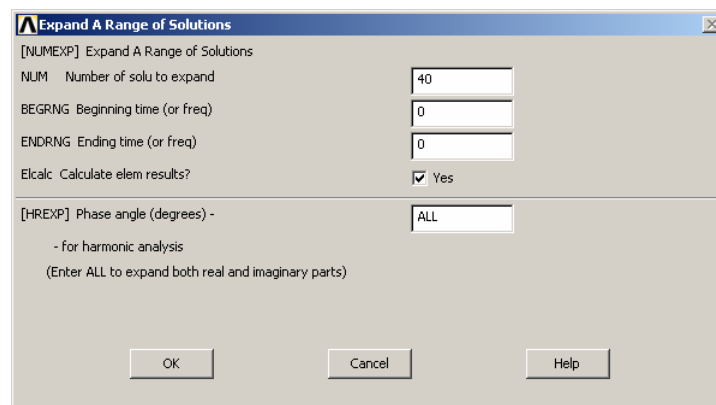


Figura 10. Expansión de la solución para un rango de soluciones.

Postproceso del análisis armónico

Para analizar la solución entramos en el postprocesador para historias temporales, TimeHist Postpro. En primer lugar seleccionamos las variables que se desean analizar (variable de la solución y nodo o elemento). Se puede representar gráficamente la respuesta en frecuencia de cualquier variable (o imprimir un listado). Por ejemplo, en la figura 11 se representa el desplazamiento en dirección Y del nodo que coincide con el punto A del modelo.

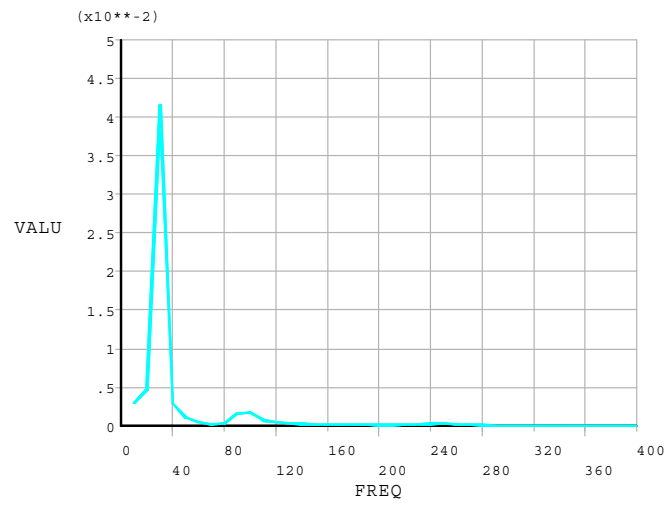


Figura 11. Respuesta en frecuencia del desplazamiento UY del punto A.