



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

EXPERIMENTOS CON SISTEMAS DE UN GRADO DE LIBERTAD Y SU COMPARACIÓN CON PREDICCIONES ANALÍTICAS



MANUAL DEL PROFESOR

Preparado por:

Ing. Pablo Agüero Barrantes, M.Sc.
Unidad de Puentes

Este manual es material de la Unidad de Puentes del Programa de Ingeniería Estructural del LanammeUCR. Mediante el experimento se busca mejorar la comprensión del comportamiento dinámico de estructuras de edificaciones y puentes, por parte de estudiantes y profesionales en ingeniería civil de Costa Rica. Se busca cumplir con las obligaciones conferidas al LanammeUCR y estipuladas en el artículo 6 de la ley No. 8114 con respecto a la ejecución de actividades de transferencia tecnológica para ingenieros y de investigación.

El Programa de Ingeniería Estructural está conformado por:

Ing. Pablo Agüero Barrantes, M.Sc

Ing. Sergio Álvarez González

Ing. Mauricio Araya Con

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D, Coordinador General del Programa de Ingeniería Estructural

Ing. Hellen Garita Durán

Ing. Sergio Lobo Aguilar, Ph.D

Ing. María José Rodríguez Roblero, Ph.D

Ing. Luis Guillermo Vargas Alas

Ing. Esteban Villalobos Vega, M.Sc, Coordinador de la Unidad de Puentes

Julio, 2019.

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	4
2. Introducción	4
3. Especificaciones de la mesa vibratoria	4
4. Cálculos analíticos	4
5. Referencias	6

1. RESUMEN

Este manual del profesor contiene la información necesaria para guiar al estudiante a realizar los experimentos. El objetivo final es que el estudiante realice las predicciones analíticas y compare los resultados utilizando la mesa vibratoria.

2. INTRODUCCIÓN

La "Shake Table II" de Quanser es una mesa vibratoria diseñada para fines académicos e investigativos. Se puede utilizar en clases de ingeniería sísmica y de dinámica de estructuras a nivel de grado y postgrado. La mesa también es apropiada para demostraciones en las escuelas y secundarias. Los experimentos descritos en este manual y en el manual del estudiante correspondiente serían apropiados para su uso en el nivel introductorio de clases de ingeniería sísmica y dinámica de estructuras.

El presente documento se basa en el informe Experimento con sistemas de un grado de libertad y su comparación con predicciones analíticas - Manual del profesor (LM-PI-UP-09-2013) que se encuentra en el siguiente enlace:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/handle/50625112500/1530>

3. ESPECIFICACIONES DE LA MESA VIBRATORIA

La "Shake Table II" de Quanser es una mesa vibratoria portátil uniaxial (desplazamiento longitudinal en una dirección), la cual es controlada mediante computadora (Ver Figura 1). Esta es efectiva para una amplia variedad de experimentos que incluyen estructuras de ingeniería civil. Las especificaciones técnicas de la mesa se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especificaciones técnicas de la mesa vibratoria Shake Table II de Quanser

Especificación	Valor
Sobrecarga de diseño a 2,5 g	75,8 N
Aceleración pico	2,5 g
Rango de frecuencia	0 – 20 Hz
Velocidad pico	664,9 mm/s
Dimensiones de la mesa	457 mm x 457 mm
Desplazamiento	± 76 mm
Peso de la mesa	267,5 N

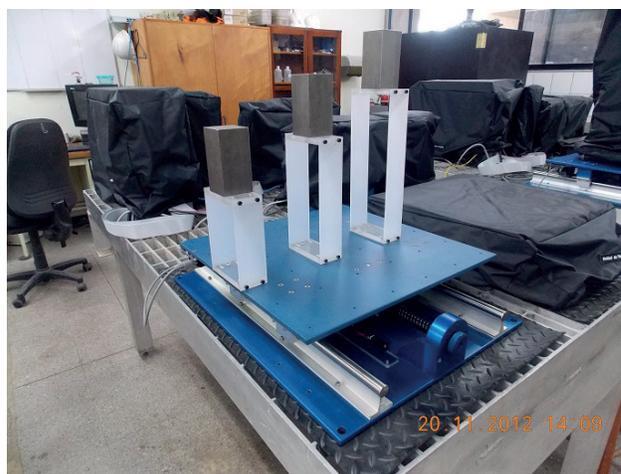


Figura 1. Mesa vibratoria con modelos de un grado de libertad

4. CÁLCULOS ANALÍTICOS

4.1 Propiedades de los materiales y dimensiones

El modelo consiste en un marco de acrílico (marca Panacril). Las columnas son placas de 50 x 3 mm con altura variable. La base y la plataforma para conectar la masa son placas de acrílico de 50 x 100 x 9.5 mm. Sobre la plataforma se ubica una masa de acero de aproximadamente dos kilogramos. En el cuadro 2 se resume las propiedades del acero y el acrílico, que son relevantes en este experimento.

Cuadro 2. Propiedades de los materiales del modelo

Propiedad	Unidad	Acero	Acrílico (Panacril)
Gravedad específica (γ)	kN/m ³	76,82	19,1
Módulo de elasticidad (E)	MPa	210000	2800

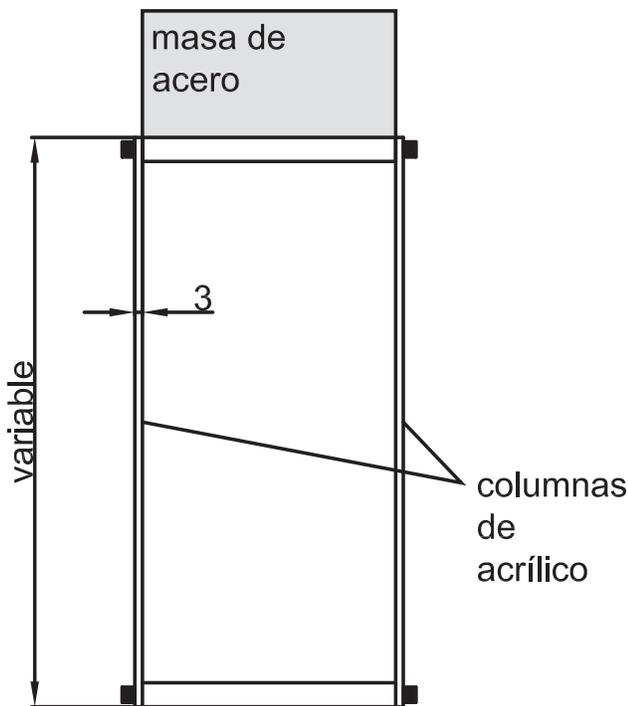


Figura 2. Esquema del modelo de un grado de libertad

4.1.1 Cálculo del periodo natural de los modelos

El modelo físico tiene condiciones de apoyo (para las columnas) que se pueden aproximar por una condición tipo rígido – rígido.

Teoría:

Para una columna empotrada arriba y abajo la rigidez en el rango elástico es (ver figura 3):

$$K = \frac{V}{\Delta} = \frac{12EI}{L^3}$$

donde, E es el módulo de elasticidad del material de la columna, I es el momento de inercia y L la longitud de la columna.

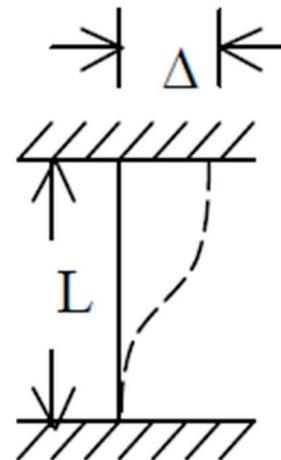


Figura 3. Modelo adoptado para las columnas

De la dinámica de estructuras, el periodo natural de un sistema de un grado de libertad es:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

donde, M es la masa del modelo y K es la rigidez definida anteriormente.

Las dimensiones del modelo (el ejemplo corresponde al modelo más pequeño de los tres a analizar):

Longitud de la columna $L = 150 \text{ mm}$
 Ancho de la columna $b = 50 \text{ mm}$
 Altura de la columna $h = 3 \text{ mm}$

Cálculos:

Propiedades de la sección:

Módulo de elasticidad del acrílico

$$E = 2800 \text{ MPa} = 2800 \text{ N/mm}^2$$

Inercia de la columna

$$I = \frac{bh^3}{12} = 112,5 \text{ mm}^4$$

Se calcula la rigidez de la columna,

$$K = \frac{12(2800 \text{ N/mm}^2)(112,5 \text{ mm}^4)}{(150 \text{ mm})^3} = 1,12 \text{ N/mm/columna}$$

Finalmente se calcula el periodo natural,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{20 \text{ N} / 9810 \text{ mm/s}^2}{(2 \text{ columnas})(1,12 \text{ N/mm/columna)}}} = 0,19 \text{ seg}$$

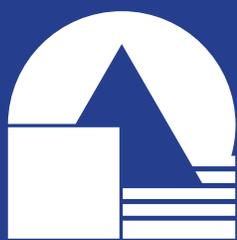
En el cuadro 3 se presenta un resumen del cálculo del periodo de los tres modelos. En la última fila se presenta la frecuencia porque es el dato de entrada del programa que controla la mesa de Quanser.

Cuadro 3. Resumen de cálculos teóricos

Modelo	1	2	3
h (mm)	150	225	300
K (N/mm)	1.12	0.332	0.140
T (seg)	0.190	0.348	0.536
f (Hz)	5.276	2.872	1.865

5. REFERENCIAS

- Chopra, A. K. *Dynamics of structures. Theory and applications to earthquake engineering*. Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2001.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

 11501-2060 San José, Costa Rica

 (506) 2511-2500

 direccion.lanamme@ucr.ac.cr

 www.lanamme.ucr.ac.cr

Centro de Transferencia Tecnológica

*Experimentos con sistemas de un grado de libertad
y su comparación con predicciones analíticas. Manual del profesor.*

Diagramación y diseño: Daniela Martínez Ortiz

Control de calidad: Óscar Rodríguez Quintana

Julio, 2019

UCR
