9th International Interdisciplinary Congress on Renewable Energies, Industrial Maintenance, Mechatronics and Informatics

Booklets

RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas
1702902 CONAHCYT

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - Google Scholar DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID - V|LEX

Title: Innovative Approaches in Teaching Modal Analysis: Utilizing Additive Manufacturing for Structural Engineering Education

Authors: Centeno-Moreno, Alan Ibrahim, Torres-Cedillo, Sergio Guillermo, Cortes-Pérez, Jacinto and Reyes-Solís, Alberto

Centro Tecnológico Aragón, FES- UNAM LBI-0.442-2024 0009-0004-3506-1492 2057518
Centro Tecnológico Aragón, FES- UNAM 0000-0002-3297-6409 229481
Centro Tecnológico Aragón, FES- UNAM 209116
Centro Tecnológico Aragón, FES- UNAM 0000-0002-5208-8919

Editorial label ECORFAN: 607-8695
BCIERMMI Control Number: 2024-01
BCIERMMI Classification (2024): 241024-0001
RNA: 03-2010-032610115700-14
Pages: 12

CONAHCYT classification:
Area: Engineering
Field: Engineering
Discipline: Mechanical engineering
Subdiscipline: Modal analysis

ECORFAN-México, S.C.
Park Pedregal Business. 3580, Anillo Perif., San Jerónimo Aculco, Álvaro Obregón, 01900 Ciudad de México, CDMX,
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings
Mexico, Colombia, Guatemala, Bolivia, Cameroon, Democratic Republic of Congo, Spain, El Salvador, Ecuador, Taiwan, Peru, Paraguay, Nicaragua

CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN

I. Introducción

II. Metodología

III. Resultados

IV. Conclusiones

V. Referencias

I. Introducción

¿Por qué emplear la manufactura aditiva en la creación de bancos de prueba?

- Fabricación de estructuras **tridimensionales.**
- Alternativa a materiales convencionales en **diversas aplicaciones**.
- Implementación en **entornos educativos** para fomentar el aprendizaje práctico.

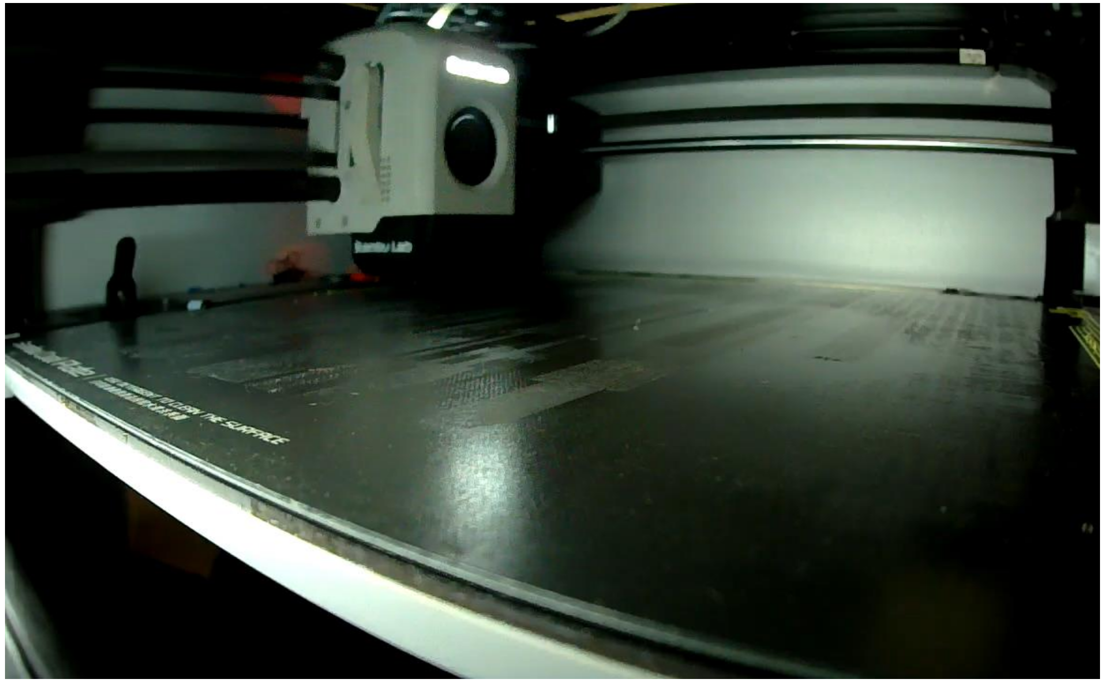


Figura 1. Ejemplo de manufactura aditiva

Ventajas de la impresión 3D en bancos de pruebas académicos

- Optimización en los **tiempos de producción**.
- Capacidad para fabricar **geometrías complejas** con mayor precisión.
- Incremento en la **sostenibilidad** de los procesos productivos.
- Producción de piezas con menor peso, manteniendo sus propiedades estructurales.

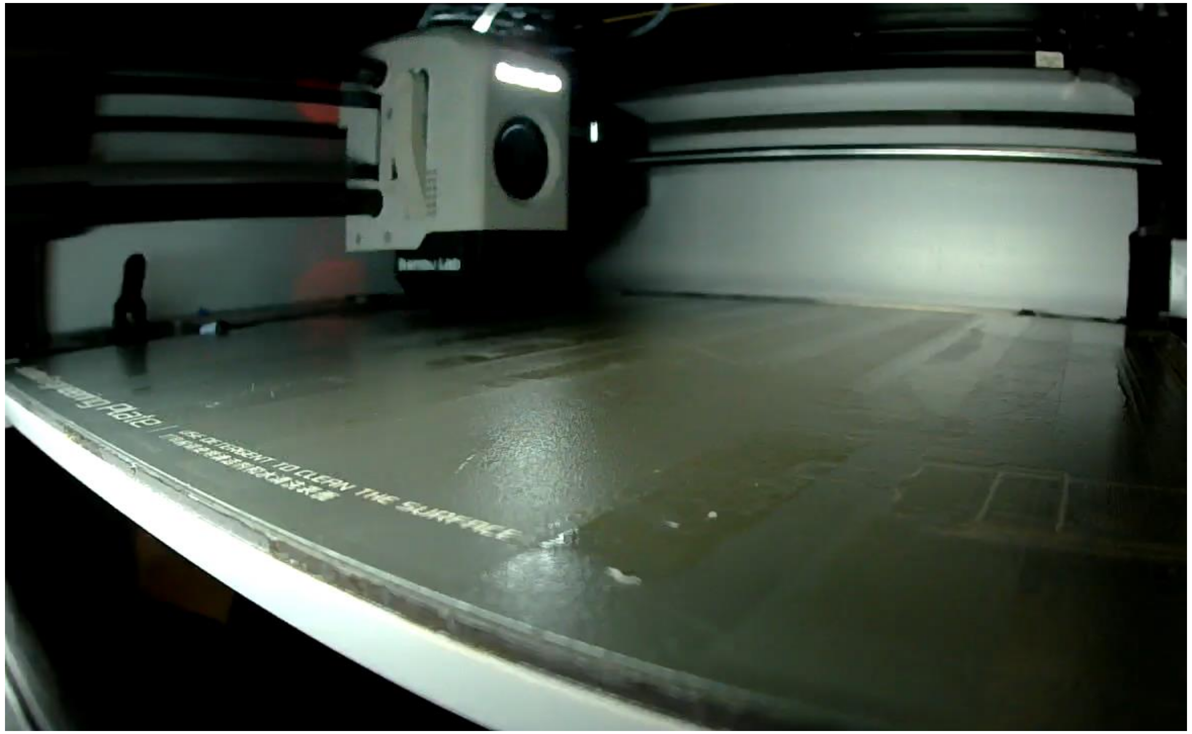


Figura 2. Ejemplo de manufactura aditiva

II. Metodología

-Elementos de inercia

-Elementos de rigidez

-Uniones

Figura 3. Plataforma académica

Figura 4. Impresoras 3D CTA Aragón

MODIFICACION DE RIGIDECES

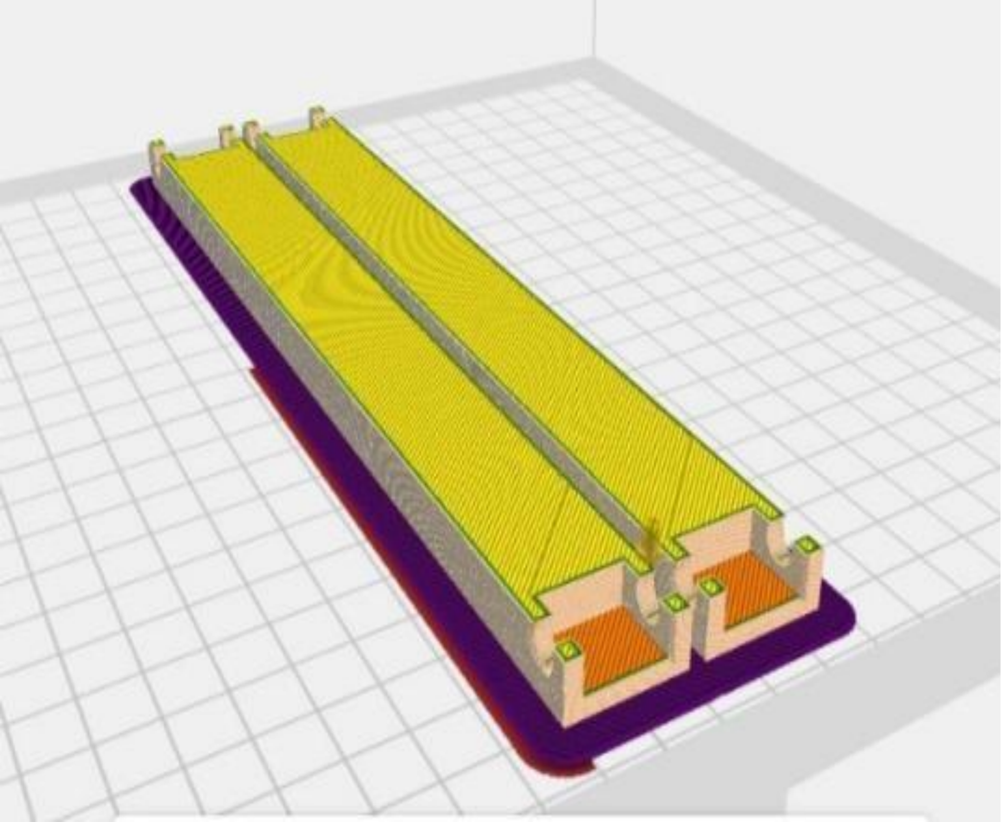


Figura 5. Laminado de elemento de rigidez

-Medidas de 20 x 0.5 cm con espesor de ½”

-Orificios correspondientes para las uniones

-Elementos de perfil rectangular

-Modificación para 4 densidades: 100%, 75%, 50%, 25%

INSTRUMENTACION

(a)

Figura 6. **Martillo de impacto** PCB PIEZOTRONICS 086C03

(b)

Figura 7. **Acelerómetro** PCB PIZOTRONICS ICP 352 C03

(c)

Figura 8. **KRYPTON-4xACC**

(d)

Figura 9. **Software Dewesoft**

INSTRUMENTACION DEL BANCO DE PRUEBAS

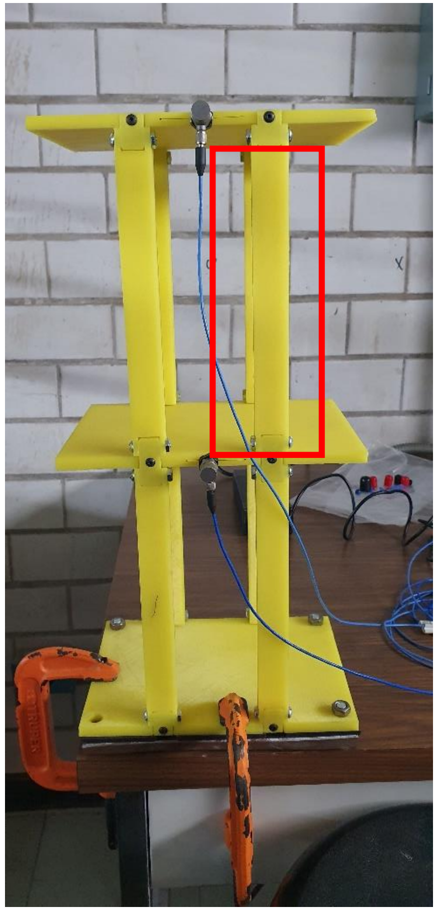


Figura 10. Instrumentación de **100%**

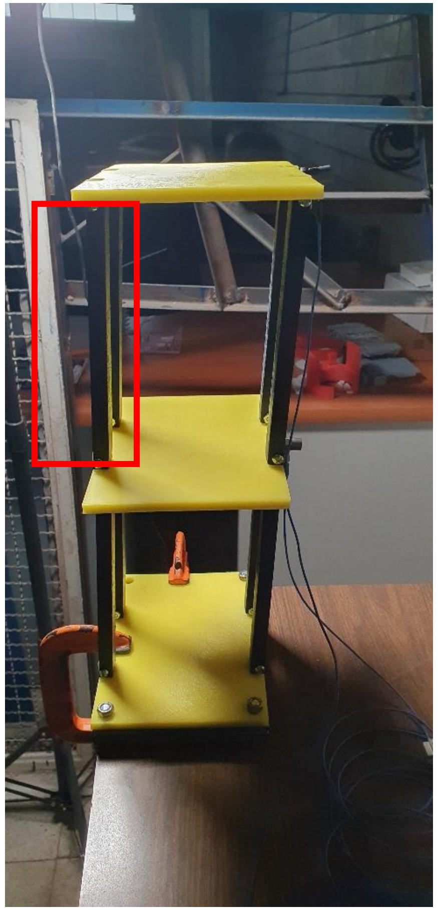


Figura 11. Instrumentación de **75%**

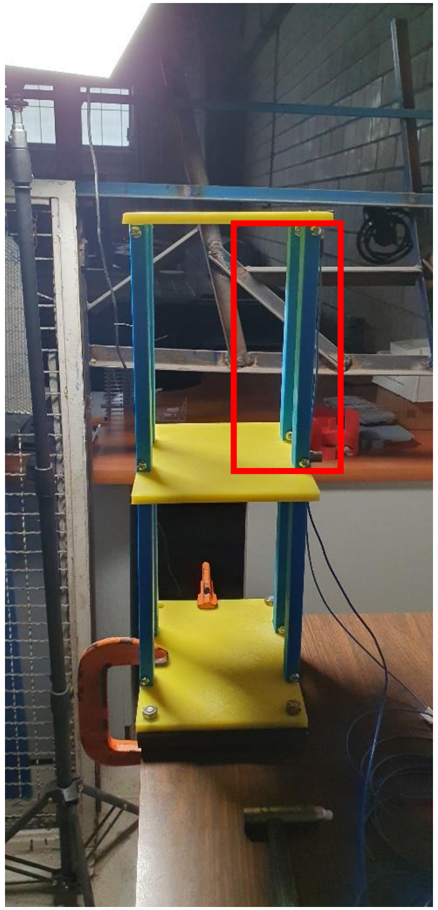


Figura 12. Instrumentación de **50%**

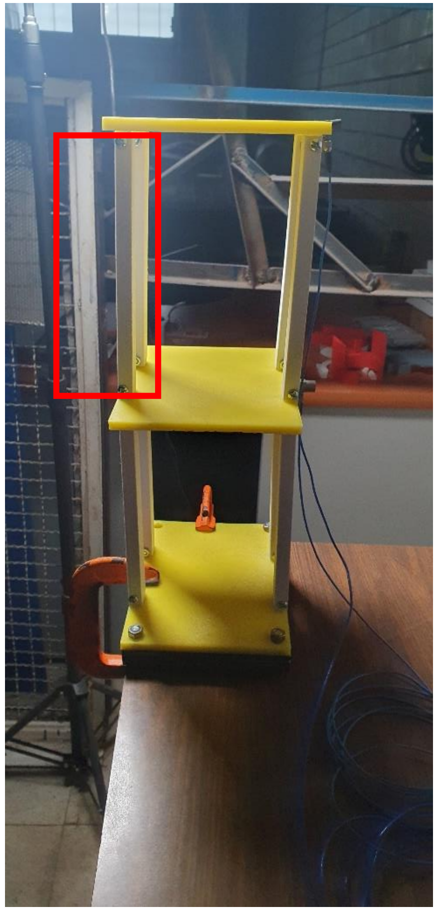
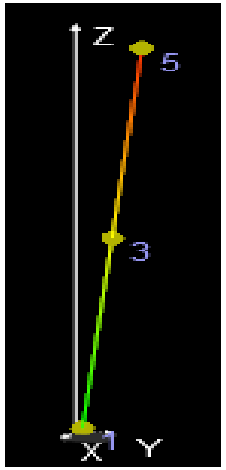


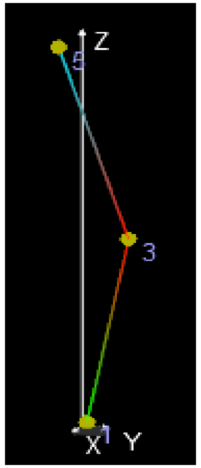
Figura 13. Instrumentación de **25%**

III. RESULTADOS

Figura 14. Modos de vibración **100%**.
a) Primer modo
b) Segundo modo
c) Diagrama FRF



(a)



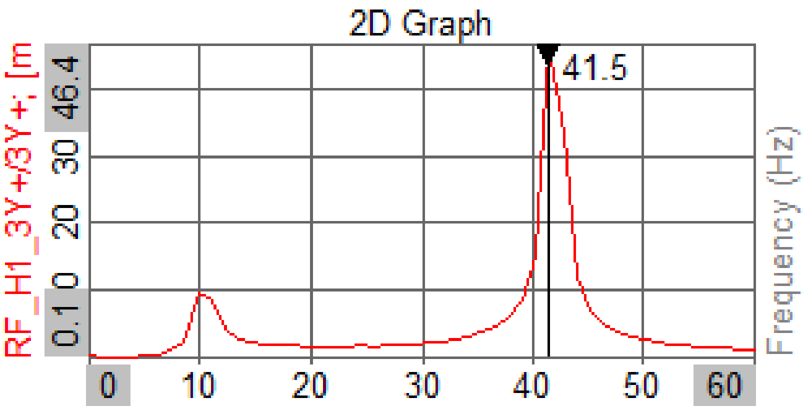
(b)

Modo 1 = 10.36 Hz

η= 0.036

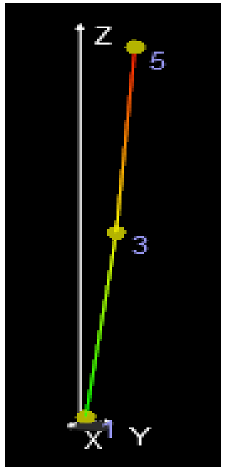
Modo 2 = 41.5 Hz

η= 0.012

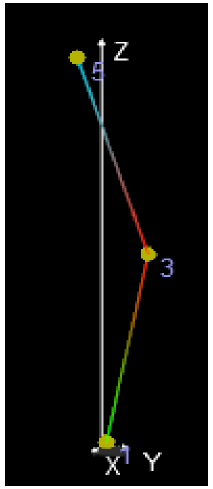


FRF 100%

Figura 15. Modos de vibración **75%**.
a) Primer modo
b) Segundo modo
c) Diagrama FRF



(a)



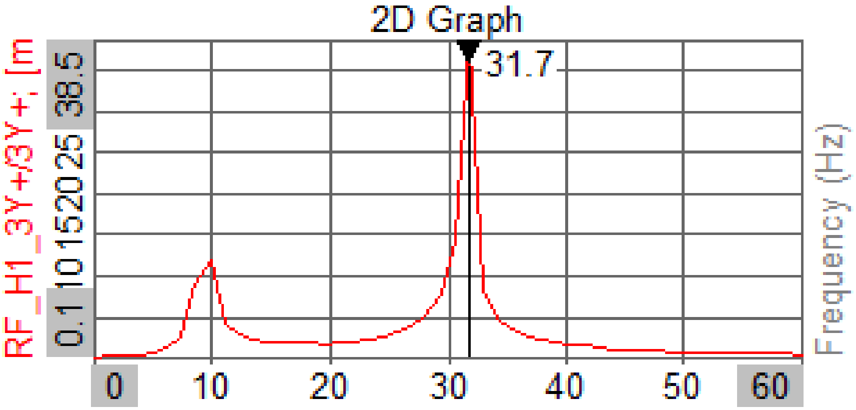
(b)

Modo 1 = 9.8 Hz

η= 0.022

Modo 2 = 31.7 Hz

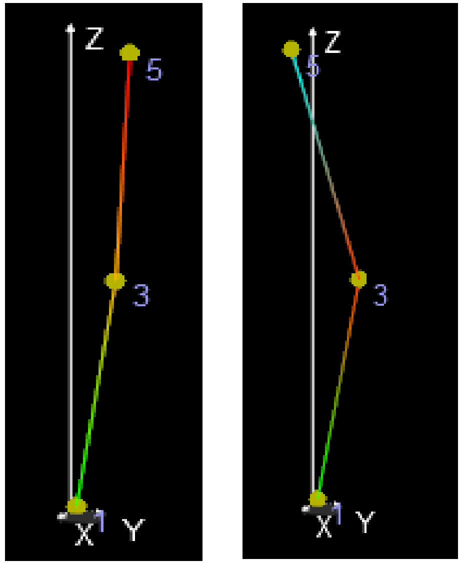
η= 0.015



FRF 75%

III. RESULTADOS

Figura 13. Modos de vibración **50%.**
a) Primer modo
b) Segundo modo
c) Diagrama FRF



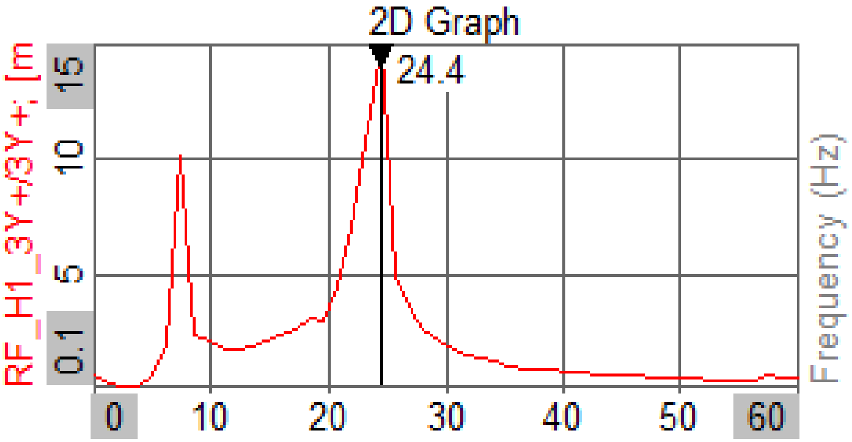
(a) (b)

Modo 1 = 7.3 Hz

η= 0.050

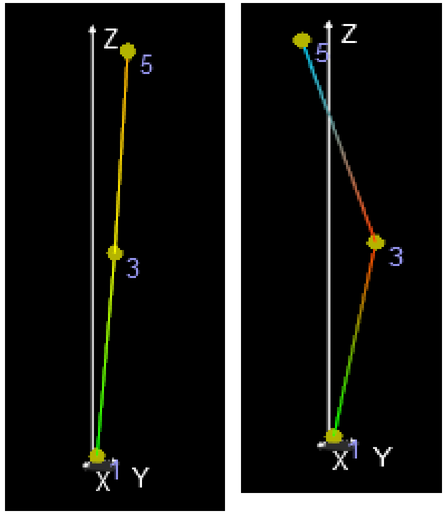
Modo 2 = 24.4 Hz

η= 0.070



FRF 50%

Figura 13. Modos de vibración **25%.**
a) Primer modo
b) Segundo modo
c) Diagrama FRF

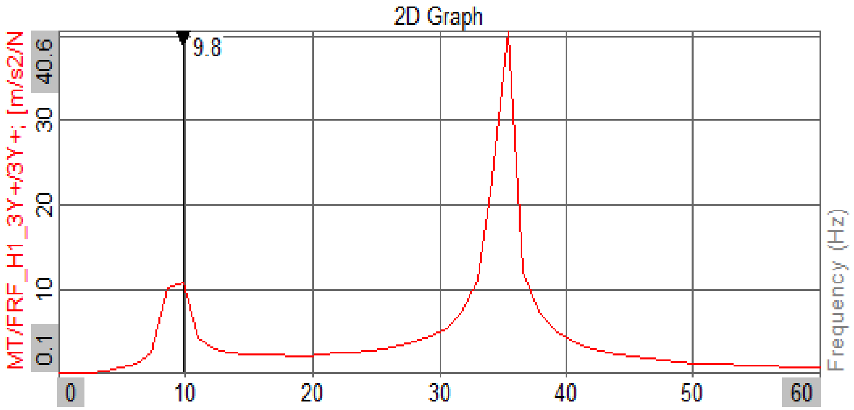


Modo 1 = 9.15 Hz

η= 0.030

Modo 2= 34.9 Hz

η= 0.025



FRF 25%

Densidad de relleno (%)	Modo	Frecuencia Natural(Hz)	Factor de Perdida de Amortiguamiento (η)	Media η
100	1	10.36	0.036	0.024
	2	41.5	0.012	
75	1	9.8	0.022	0.018
	2	31.7	0.015	
50	1	7.3	0.050	0.06
	2	24.4	0.070	
25	1	9.15	0.030	0.027
	2	34.9	0.025	

Tabla 1. Frecuencia natural y relación de amortiguamiento

IV. CONCLUSIONES

-Manufactura aditiva con enfoque potencial en enseñanza

-Modos de vibración primarios precisos.

-Articulaciones presentan espectros de respuesta particulares

-Aplicación de distintos apoyos.

-Correcciones para uniones fijas.

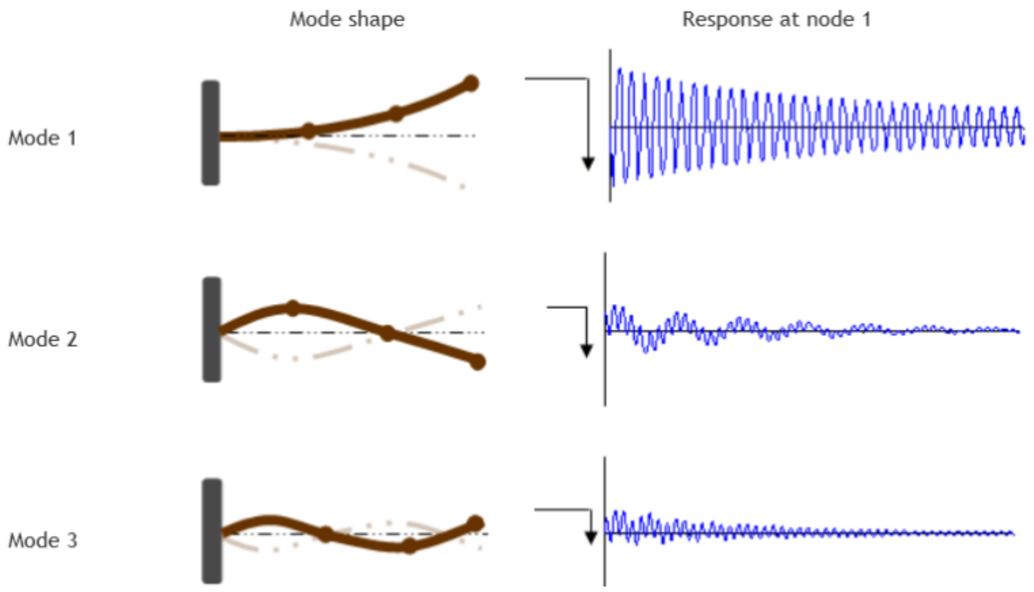


Figura 16. Modos de vibración de una viga empotrada [18]

V. RFERENCIAS

[1] S. S. Rao, Mechanical Vibrations. Pearson Education, Incorporated, 2017. [Online]. Available: https://books.google.com.mx/books?id=t6gHswEACAAJ

[2] G. Kouroussis, B. Fekih, C. Conti, and O. Verlinden, EasyMod: A MatLab/SciLab toolbox for teaching modal analysis, vol. 4. 2012.

[3] A. Oktav, "Identification of non-proportional structural damping using experimental modal analysis data," Journal of Measurements in Engineering, vol. 8, no. 1, 2020, doi: 10.21595/jme.2020.21259.

[4] S. François et al., "Stabil: An educational Matlab toolbox for static and dynamic structural analysis," Computer Applications in Engineering Education, vol. 29, no. 5, 2021, doi: 10.1002/cae.22391.

[5] D. Ji and L. Li, "Modal analysis of frame structure teaching building," in 2014 International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering, MEIC 2014, 2014. doi: 10.2991/meic-14.2014.388.

[6] S. G. Guzmán Ríos, "Dictamen estructural de un edificio localizado en zona de transición de la Ciudad de México, utilizando diferentes programas especializados para el análisis y diseño estructural.," UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO , 2020. Accessed: Aug. 15, 2024. [Online]. Available: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/18146?show=full

[7] D. W. Ghatole, "Modal Analysis Of A Stepped Bar Using Matlab & Ansys," Int J Innov Res Sci Eng Technol, vol. 7, no. 3, 2018.

[8] S. J. S. Tabatabaei and A. M. Fattahi, "A finite element method for modal analysis of FGM plates," Mechanics Based Design of Structures and Machines, vol. 50, no. 4, 2022, doi: 10.1080/15397734.2020.1744004.

[9] Ö. Şahin and N. Caglar, "Simulation-Based Model-Updating Method for Linear Dynamic Structural Systems," Applied Sciences (Switzerland), vol. 13, no. 18, 2023, doi: 10.3390/app131810494.

[10] A. Brandt, Noise and Vibration Analysis: Signal Analysis and Experimental Procedures, Second Edition. 2023. doi: 10.1002/9780470978160.

[11] M. Ceballos, J. Stuardi, and G. Chiappero, "Calibración de modelos numéricos de un pórtico mediante técnicas de análisis modal experimental," Revista De La Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales, vol. 9, no. 2, pp. 37–47, Dec. 2022.

[12] C. Riley, "Teaching modal analysis with mobile devices," in ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2018. doi: 10.18260/1-2--31059.

[13] M. Jiménez, L. Romero, I. A. Domínguez, M. del M. Espinosa, and M. Domínguez, "Additive Manufacturing Technologies: An Overview about 3D Printing Methods and Future Prospects," Complexity, vol. 2019, p. 9656938, 2019, doi: 10.1155/2019/9656938.

[14] S. Ford and T. Minshall, "Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education," 2019. doi: 10.1016/j.addma.2018.10.028.

[15] J. Ginsberg, and W. Seemann, "Mechanical and Structural Vibration: Theory and Applications," Appl Mech Rev, vol. 54, no. 4, 2001, doi: 10.1115/1.1383673.

[16] D. J. Ewins, "Modal Analysis and Modal Testing," in Handbook of Noise and Vibration Control, 2008. doi: 10.1002/9780470209707.ch47.

[17] K. G. McConnell, "Modal testing," 2001. doi: 10.1098/rsta.2000.0711

[18] Molero, B. (2016, January 22). *Teoría de vibraciones*. https://iberisa.wordpress.com/tag/frequency-response/

ECORFAN®