

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2021

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-21-GIJON-1-04

1. Datos del proyecto

Título: Instrumentación y experimentación sobre pasarela peatonal de laboratorio

Fechas inicial y final del proyecto: 11-10-21 a 31-12-21

Investigador/a Principal: Marta García Diéguez

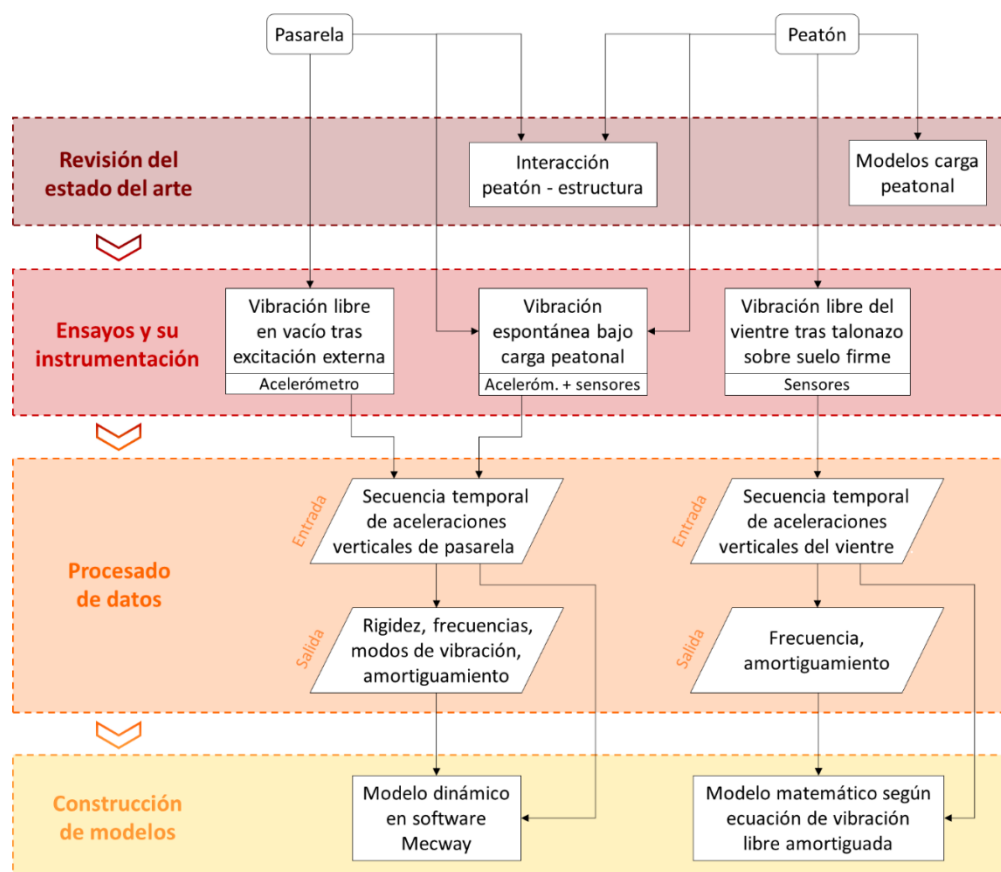
Otros investigadores: José Luis Zapico Valle

Personal contratado: Javier Mendivil Calvo

Fechas inicial y final de contratación: 11-10-21 a 31-12-21

Empresas o instituciones colaboradoras: CETEMAS y MEDIA MADERA

2. Resumen Gráfico



3. Memoria descriptiva del proyecto

3.1 Resumen ejecutivo

Este proyecto de colaboración tiene como objetivo general participar en los primeros ensayos que se realizaron con la pasarela experimental y su instrumentación correspondiente. Dicha estructura fue construida este mismo año, en la Escuela Politécnica de Mieres, y servirá para estudiar la interacción dinámica entre peatón y estructura [1].

La pasarela, formada por perfiles tubulares metálicos, tiene 12 m de vano, 1,5 m de ancho y, a diferencia de las estructuras de servicio, está diseñada para que vibre con el paso de peatones. Esta oscilación se da según un modo de vibración de sólido rígido gracias a una articulación ubicada en el centro del vano que permite la rotación entre sí de cada una de las dos mitades del tablero. Esta vibración está controlada por un balancín y un apoyo elástico, ubicados bajo la articulación. Estos elementos están diseñados para que se puedan modificar las características dinámicas de la estructura, ya que el diseño permite modificar la rigidez del apoyo elástico y la masa sobre el balancín.

El equipo de instrumentación empleado en el proyecto consta de un acelerómetro de alta sensibilidad, para medir las aceleraciones de la estructura, y unos sensores corporales, que adheridos a diferentes partes del cuerpo humano permiten determinar la aceleración de estos puntos.

Las tareas realizadas en la colaboración estuvieron basadas en ensayos iniciales previos a la investigación. Por un lado, se estudió experimentalmente el comportamiento dinámico de la estructura con el objetivo de desarrollar un modelo de elementos finitos de la misma. Por otro lado, se realizaron ensayos para modelizar un sistema dinámico simplificado del cuerpo humano. Finalmente, también se realizaron ensayos de interacción peatón – pasarela que sirvieron para extraer unas conclusiones iniciales.

Se realizaron tres tipos de ensayos:

- Ensayos de vibración libre de la pasarela en vacío: se aplicaba manualmente una carga inicial a la pasarela y se dejaba vibrar libremente hasta que se detenía por su propio amortiguamiento. Se empleaba el acelerómetro de alta sensibilidad.
- Ensayos de vibración por carga peatonal: con la pasarela en reposo un peatón ingresaba en ella y la cruzaba caminando, produciéndose una vibración espontánea por la acción peatonal. Se empleaba el acelerómetro sobre la pasarela y los sensores adheridos a tobillos y pelvis del peatón.
- Ensayos de vibración corporal mediante talonazos: sobre suelo firme el sujeto se ponía de puntillas para a continuación dejar caer libremente sus talones sobre el suelo, generando una vibración en su cuerpo. Se empleaban sensores adheridos al vientre.

Los ensayos iniciales en los que se basó esta colaboración tienen importantes beneficios para el proyecto de investigación. Caracterizar el comportamiento dinámico de la pasarela y del cuerpo humano permite construir modelos matemáticos de ambos sistemas, que, perfeccionados de tal forma que el error sea mínimo, sirven para realizar simulaciones. Las simulaciones por ordenador abren una importante posibilidad, ya que, por su corto tiempo de ejecución, permiten generar una enorme

cantidad de datos a una gran velocidad, que de ser obtenidos mediante ensayos experimentales requerirían una cantidad de tiempo inviable. De esta manera, se pueden emplear los modelos matemáticos para estudiar la interacción peatón - estructura, y los ensayos experimentales sobre la pasarela para validar los resultados obtenidos.

Los objetivos del proyecto de colaboración se cumplieron con éxito. Se construyó un modelo de la estructura empleando el software Mecway que arrojó unos resultados de comportamiento similares a los obtenidos experimentalmente mientras que, en el caso de la carga peatonal, se consiguieron ajustar los resultados experimentales a una ecuación de vibración libre amortiguada.

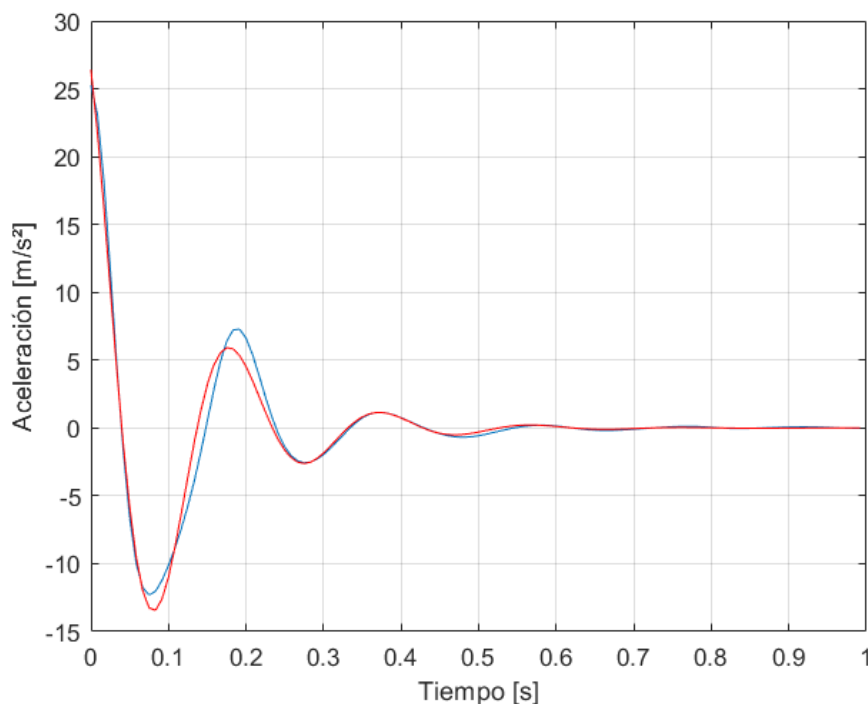


Figura 1 · Ejemplo ajuste según ecuación de vibración libre amortiguada. En azul, señal experimental; en rojo, ecuación modelizada.

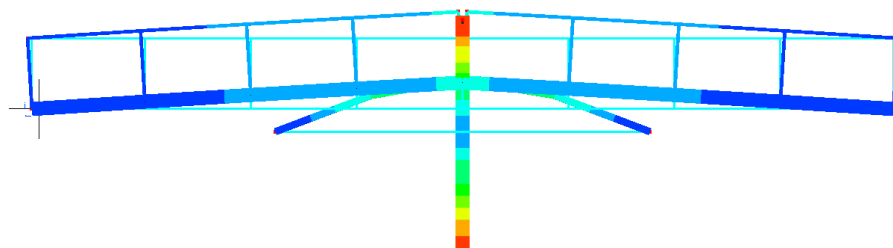


Figura 2 · Modelo de la pasarela en Mecway mostrando el modo de vibración sólido rígido. En línea azul celeste fina se muestra la posición en reposo. Se ha aplicado un factor de escala a las deformaciones.

3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

1. Construir un modelo de la pasarela experimental en el software Mecway con un comportamiento dinámico fiel al de la estructura real. Completado.
2. Ajustar la señal de aceleraciones medidas en el vientre del sujeto según una ecuación de vibración libre amortiguada. Completado.
3. Establecer una metodología de ensayos adecuada para la identificación de la pasarela y del peatón. Completado.
4. Identificar las propiedades modales de la estructura en diferentes configuraciones de masa y amortiguamiento. Completado.

3.3 Tareas realizadas

Las tareas realizadas han sido las siguientes:

- Revisión del estado del arte en materia de interacción peatón - estructura y modelos de carga peatonal.
- Preparación y realización de diferentes ensayos, en los que se obtiene aceleración de la pasarela y/o de la pelvis y tobillos del sujeto.
- Procesado de los datos brutos obtenidos en los ensayos, empleando el software Matlab. Recorte y filtrado de las secuencias temporales de aceleraciones y cálculo de parámetros estructurales y dinámicos (frecuencias, amortiguamientos, modos de vibración, rigideces) a partir de ellas.
- Comprobación y ajuste del modelo estructural en el software Mecway y del modelo matemático simplificado del sistema dinámico del cuerpo humano según la ecuación de vibración libre amortiguada, empleando el software Matlab.

3.4 Resultados obtenidos

Conclusiones extraídas de los resultados de los ensayos experimentales:

1. El amortiguamiento de la estructura aumenta considerablemente, hasta 4 veces más, cuando hay peatones sobre ella respecto a la situación en vacío.
2. No existe correlación entre frecuencia, aceleración y amortiguamiento en las oscilaciones medidas en el vientre del sujeto con los ensayos de talonazos y es un proceso altamente disperso.
3. El cuerpo humano se puede modelizar como un sistema dinámico de grados de libertad los cuales se pueden ajustar según una ecuación de vibración libre amortiguada, de la forma:

$$a(t) = A e^{(-\xi \omega_n t)} \sin(\omega_D t + \varphi)$$

Siendo:

$a(t)$	Aceleración en el instante t .
A	Aceleración máxima o amplitud de onda.
ξ	Amortiguamiento.
ω_n	Frecuencia natural.
ω_D	Frecuencia amortiguada.

t Instante de tiempo.

φ Fase inicial.

3.5 Trabajos o necesidades futuras

El proyecto de investigación continuará estudiando la interacción peatón - estructura. Gracias a los modelos creados durante esta colaboración, en un futuro se podrán realizar simulaciones con diferentes configuraciones y, en base a sus resultados, decidir qué ensayos experimentales son interesantes realizar para caracterizar la mencionada interacción dinámica.

3.6 Divulgación de los resultados

Se ha publicado en el canal oficial de la Universidad de Oviedo un vídeo divulgativo sobre el proyecto (<https://youtu.be/kkeh251xkNA>).

Parte de esta colaboración se presentará en un congreso el próximo verano en el congreso IABMAS 2022

4. Memoria económica

4.1 Gastos:

CONCEPTO	GASTOS
Personal	3155€
Fungibles	
Amortización	
.....	
TOTAL GASTOS	3155€

4.2 Ingresos:

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Personal	TOTAL INGRESOS

5. Bibliografía

- Shahabpoor, E., Pavic, A., Racic, V. *Interaction between walking humans and structures in vertical direction: A literature review. Shock and Vibration* 3430285 (2016).