

Modelo de Wan y Schimmels

Julian Avila *

*Programa Académico de Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Abstract—This study examines the dynamic response of a human body subjected to vibrations in a vehicle seat, employing the biomechanical model proposed by Wan Schimmels. The system's response to a unit step input is analysed to determine displacement, velocity, and acceleration across various body segments. The findings reveal significant variations in dynamic behaviour, with the highest accelerations observed in the head and neck regions due to increased stiffness and damping coefficients. These results emphasise the need to optimise mechanical parameters to improve user comfort and safety in vehicular environments.

Index Terms—Dynamic response; Vehicle seat; Biomechanical model.

Resumen—Este estudio examina la respuesta dinámica de un cuerpo humano sometido a vibraciones en un asiento vehicular, utilizando el modelo biomecánico propuesto por Wan Schimmels. Se analiza la respuesta del sistema a una entrada de escalón unitario para determinar el desplazamiento, la velocidad y la aceleración en diferentes segmentos del cuerpo. Los resultados muestran variaciones significativas en el comportamiento dinámico, con las mayores aceleraciones observadas en la cabeza y el cuello debido a los mayores coeficientes de rigidez y amortiguamiento en estas regiones. Estos hallazgos subrayan la importancia de optimizar los parámetros mecánicos para mejorar el confort y la seguridad del usuario en entornos vehiculares.

Index Terms—Respuesta dinámica, Asiento vehicular, Modelo biomecánico.

I. OBJETIVOS

- Evaluar las respuestas dinámicas del cuerpo humano en un asiento vehicular usando el modelo de Wan Schimmels [1].

II. MARCO TEÓRICO

El modelo biomecánico utilizado describe el cuerpo humano como un sistema de cuatro masas conectadas entre sí mediante resortes y amortiguadores. Este enfoque permite representar de forma simplificada la respuesta dinámica del cuerpo frente a las vibraciones transmitidas desde un asiento vehicular. Las ecuaciones diferenciales que gobiernan el comportamiento del sistema se presentan en las ecuaciones (1) a (4), donde cada masa modela una parte específica del cuerpo humano, tal como se describe a continuación:

- m_1 : Torso inferior.
- m_2 : Viscera.
- m_3 : Torso superior.
- m_4 : Cabeza y el cuello.

$$m_1\ddot{x}_1 = -c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - k_2(x_1 - x_2) - c_{31}(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_{31}(x_1 - x_3) + c_1(\dot{x}_s - \dot{x}_1) + k_1(x_s - x_1) \quad (1)$$

$$m_2\ddot{x}_2 = c_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + k_2(x_1 - x_2) - c_3(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) - k_3(x_2 - x_3) \quad (2)$$

$$m_3\ddot{x}_3 = c_3(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_3(x_2 - x_3) + c_{31}(\dot{x}_1 - \dot{x}_3) + k_{31}(x_1 - x_3) - c_4(\dot{x}_3 - \dot{x}_4) - k_4(x_3 - x_4) \quad (3)$$

$$m_4\ddot{x}_4 = c_4(\dot{x}_3 - \dot{x}_4) + k_4(x_3 - x_4) \quad (4)$$

El desplazamiento del asiento x_s genera las fuerzas que provocan el movimiento en el sistema, afectando las masas a través de resortes y amortiguadores, los cuales introducen efectos de rigidez y amortiguamiento, respectivamente. Cada ecuación refleja las interacciones entre las masas, modeladas por los coeficientes de rigidez (k) y los coeficientes de amortiguamiento (c), que permiten simular la propagación de vibraciones a través del cuerpo humano. Estas ecuaciones son fundamentales para estudiar cómo el cuerpo responde a las fuerzas transmitidas por el vehículo en condiciones de vibración, y son cruciales para el diseño de sistemas que mejoren la seguridad y confort del usuario en un entorno vehicular.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Empleando las ecuaciones diferenciales que describen el sistema, se obtuvo la respuesta a una entrada x_s de escalón unitario con amplitud 0.01 m, tiempo de activación $t = 1$ s y duración de 5 s.

Las figuras 1 a 4 presentan el desplazamiento de cada una de las masas del modelo. El mayor pico ocurre en la viscera, mientras que el torso inferior exhibe un desplazamiento semejante a un sistema críticamente amortiguado.

Las figuras 5 a 8 ilustran las velocidades de las masas. Como se deduce de la figura 4, la cabeza y el cuello alcanzan las mayores velocidades, resultado de la combinación de un alto k_4 y un valor medio de c_4 .

Las figuras 9 a 12 muestran las aceleraciones de las masas. Destacan picos elevados, siendo el más alto en el cuello y la cabeza, con más de 24.0 m s^{-2} . Este valor podría ser incómodo para el usuario. Las aceleraciones aumentan desde la base hacia la parte superior del cuerpo, lo cual es coherente con la propagación del movimiento.

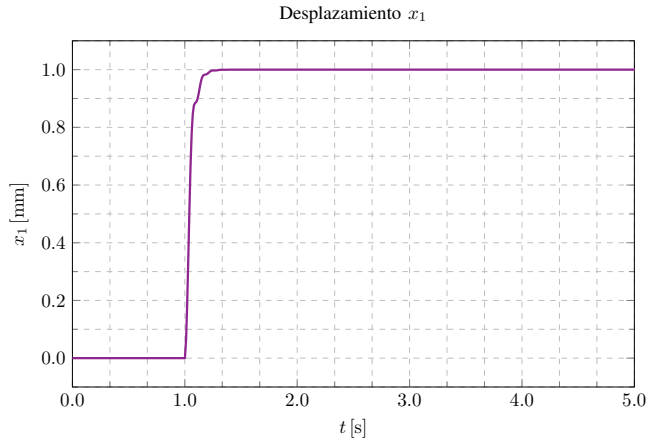


Figura 1. Desplazamiento del Torso inferior.

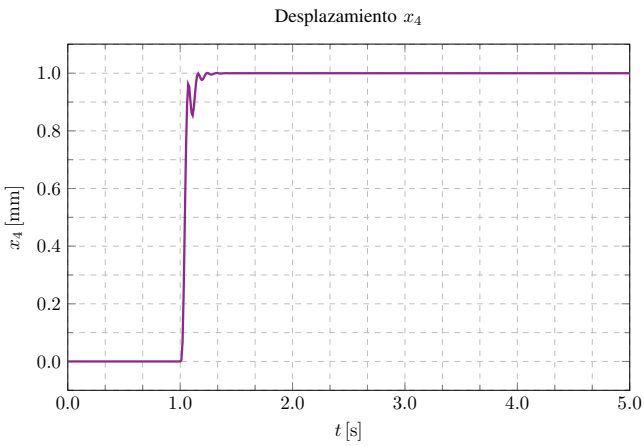


Figura 4. Desplazamiento de la Cabeza y Cuello.

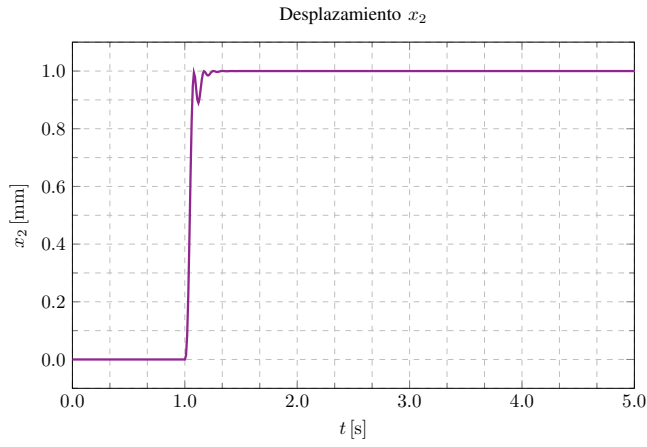


Figura 2. Desplazamiento de la Viscera.

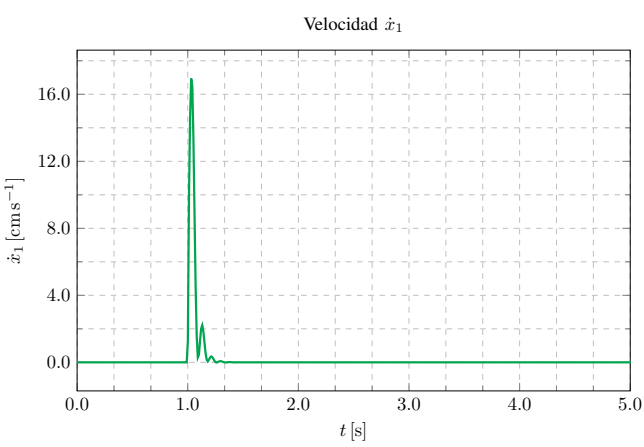


Figura 5. Velocidad del Torso inferior.

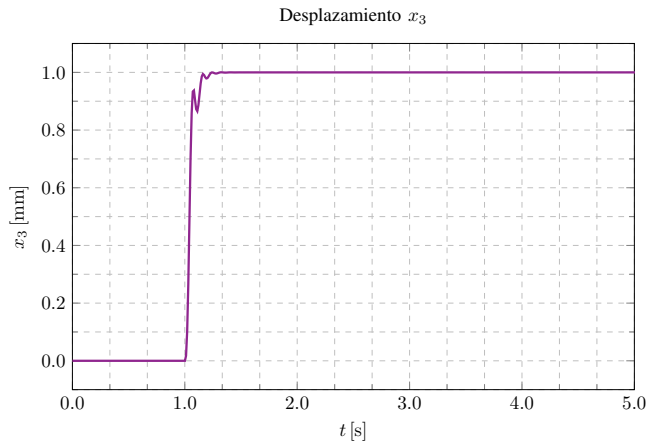


Figura 3. Desplazamiento del Torso superior.

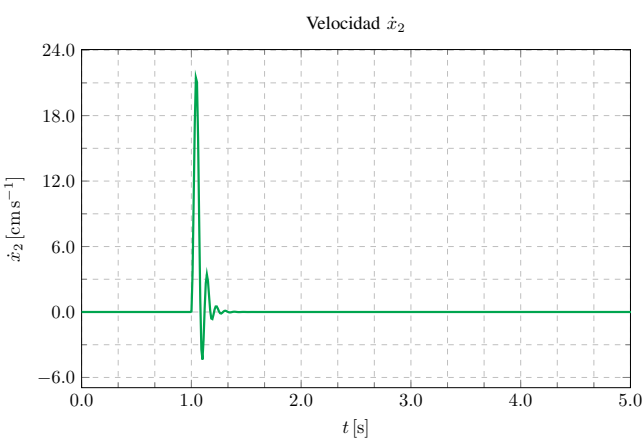


Figura 6. Velocidad de la Viscera.

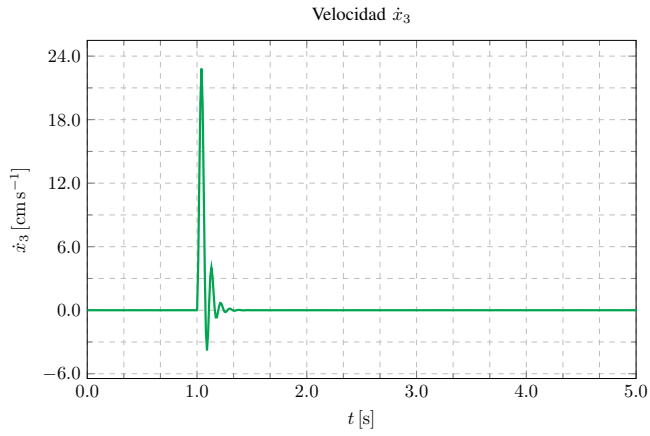


Figura 7. Velocidad del Torso superior.

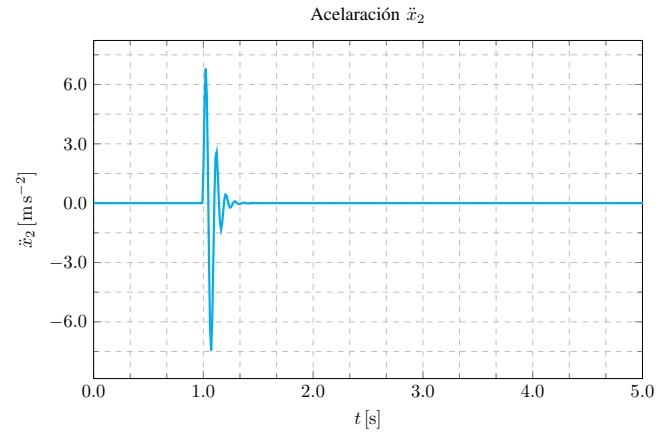


Figura 10. Aceleración de la Viscera.

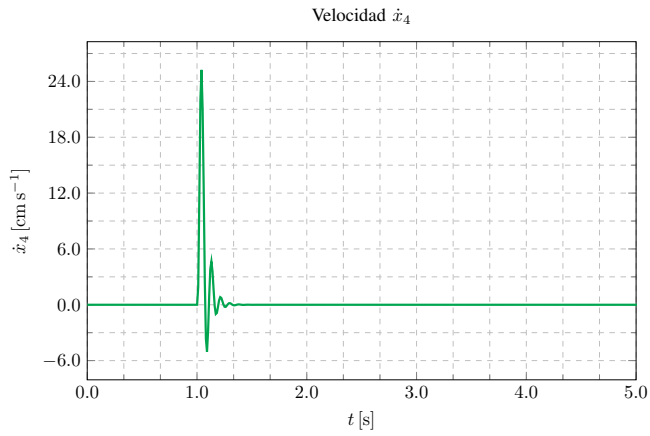


Figura 8. Velocidad de la Cabeza y Cuello.

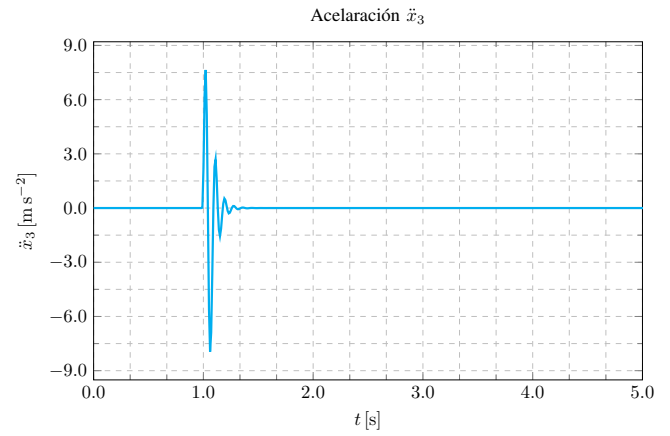


Figura 11. Aceleración del Torso superior.

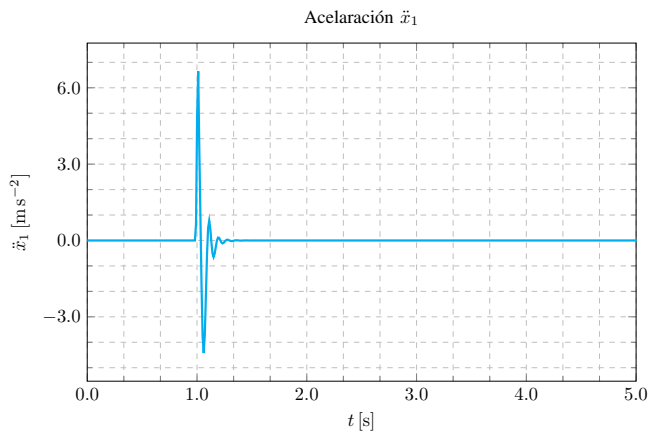


Figura 9. Aceleración del Torso inferior.

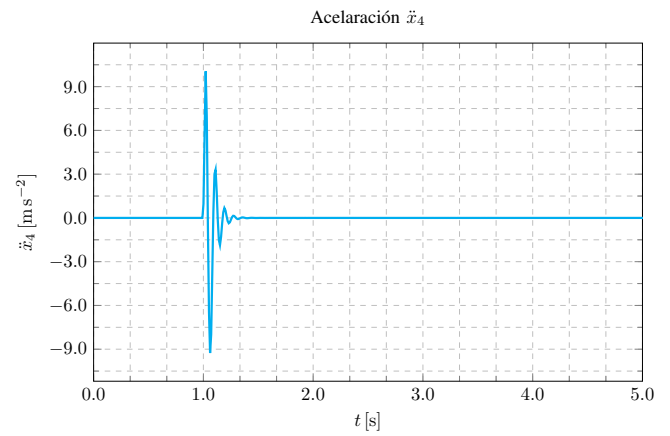


Figura 12. Aceleración de la Cabeza y Cuello.

IV. CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis realizado muestra que las respuestas dinámicas del sistema, en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración, varían de manera significativa entre las diferentes partes del cuerpo. Particularmente, la cabeza y el cuello presentan las mayores aceleraciones, lo que podría generar incomodidad o riesgos para el usuario. Estos resultados destacan la importancia de considerar los parámetros mecánicos, como k y c , para diseñar sistemas que minimicen impactos adversos en la interacción entre el cuerpo y el vehículo.

REFERENCIAS

- [1] Sergio Barca. «Comparativa dinámica de modelos del cuerpo humano». En: (ene. de 2010).