

DISEÑO Y CONTROL DE UNA PRÓTESIS TRANSFEMORAL CON UN AMORTIGUADOR MAGNETOREOLÓGICO

P. A. Ospina-Henao^a, Zuly A. Mora P^b, César H. Valencia^b,
Marcelo Becker^c y Framsol López-Suspes^a

VII Encuentro de Investigación •Alberto Magno•

Información del semillero o grupo de investigación

^a**Grupo de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas (GICIBAYA):** Diseñar, realizar y difundir investigaciones en el área de Ciencias Básicas y Aplicadas (Matemática, Física, Estadística, Biología, Química y afines), además, tiene como propósito contribuir al avance de la región y el país desarrollando mediante la presentación de proyectos de investigación.

^b**Grupo de Investigación en Aplicaciones Mecatrónicas (GRAM):** El grupo trabaja en el desarrollo de aquellos temas de investigación tanto del diseño mecatrónico como del control y automatización que busquen dar soluciones a la industria local.

^c**Grupo de Investigación en Desarrollo de Sistemas Mecatrónicos:** El desarrollo de proyectos de sistemas mecatrónicos tiene como objetivo equilibrar la aplicación de diferentes disciplinas de la ingeniería, aplicar nuevas tecnologías en entornos productivos y transformar máquinas en sistemas cooperativos capaces de interactuar de forma inteligente con el usuario.

Problema a resolver

Las prótesis transfemorales son utilizadas para sustituir el miembro amputado de forma estética o funcional, no obstante, las estéticas o funcionales de baja calidad pueden causar daños en la cadera debido a una mala amortiguación o desalineación de la prótesis.

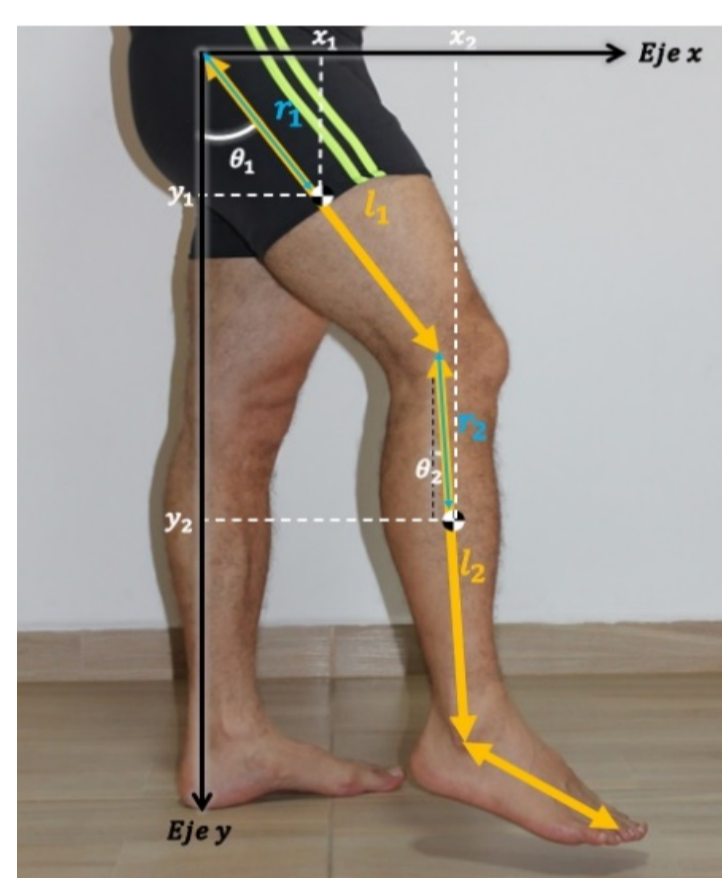
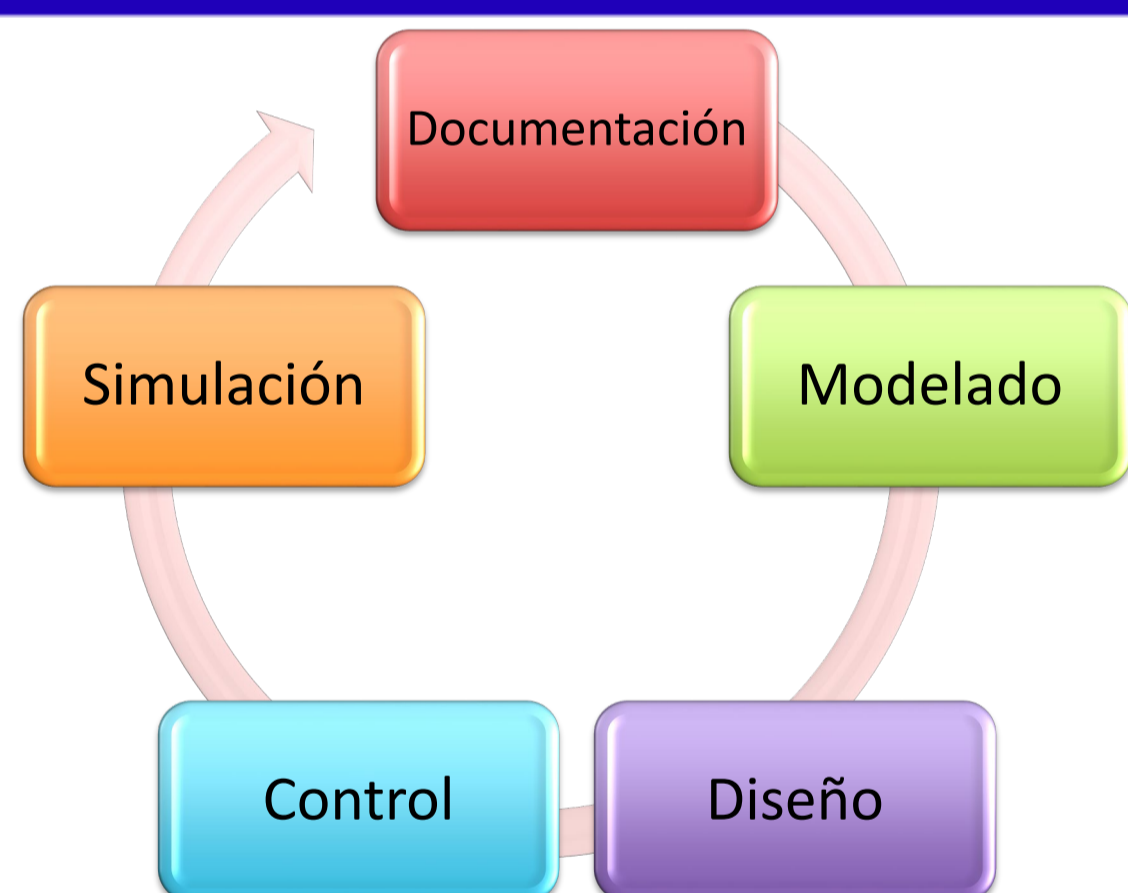


Figura 1. Variables del sistema

Metodología empleada



Modelado: Ecuaciones de movimiento de la pierna por medio del formalismo de Euler – Lagrange.

$$\tau_1 = \ddot{\theta}_1(m_1r_1^2 + m_2l_1^2) + m_2l_1r_2\ddot{\theta}_2 \cos(\theta_1 - \theta_2) + m_2l_1r_2\dot{\theta}_2^2 \sin(\theta_1 - \theta_2) + (m_1r_1 + m_2l_1)g \sin \theta_1 + \beta_1\dot{\theta}_1$$

$$\tau_2 = \ddot{\theta}_2(m_2l_2r_2^2 + m_2l_1r_2^2 \sin^2(\theta_1 - \theta_2)) + m_2l_1r_2\dot{\theta}_1^2 \sin(\theta_1 - \theta_2) + m_2r_2g \sin \theta_2 + \beta_2\dot{\theta}_2$$

Modelo de Bouc-Wen modificado del amortiguador magnetoreológico.

$$F = c_1\dot{y} + k_1(x - x_0)$$

$$\dot{y} = \frac{1}{c_0 + c_1}[\alpha z + k_0(x - y) + c_0\dot{x}]$$

$$\dot{z} = -\gamma|\dot{x} - \dot{y}|z|z|^{n-1} - \mu(\dot{x} - \dot{y})|z|^n + A(\dot{x} - \dot{y})$$

Diseño: Diseño del prototipo de la prótesis transfemoral usando el software SolidWorks.

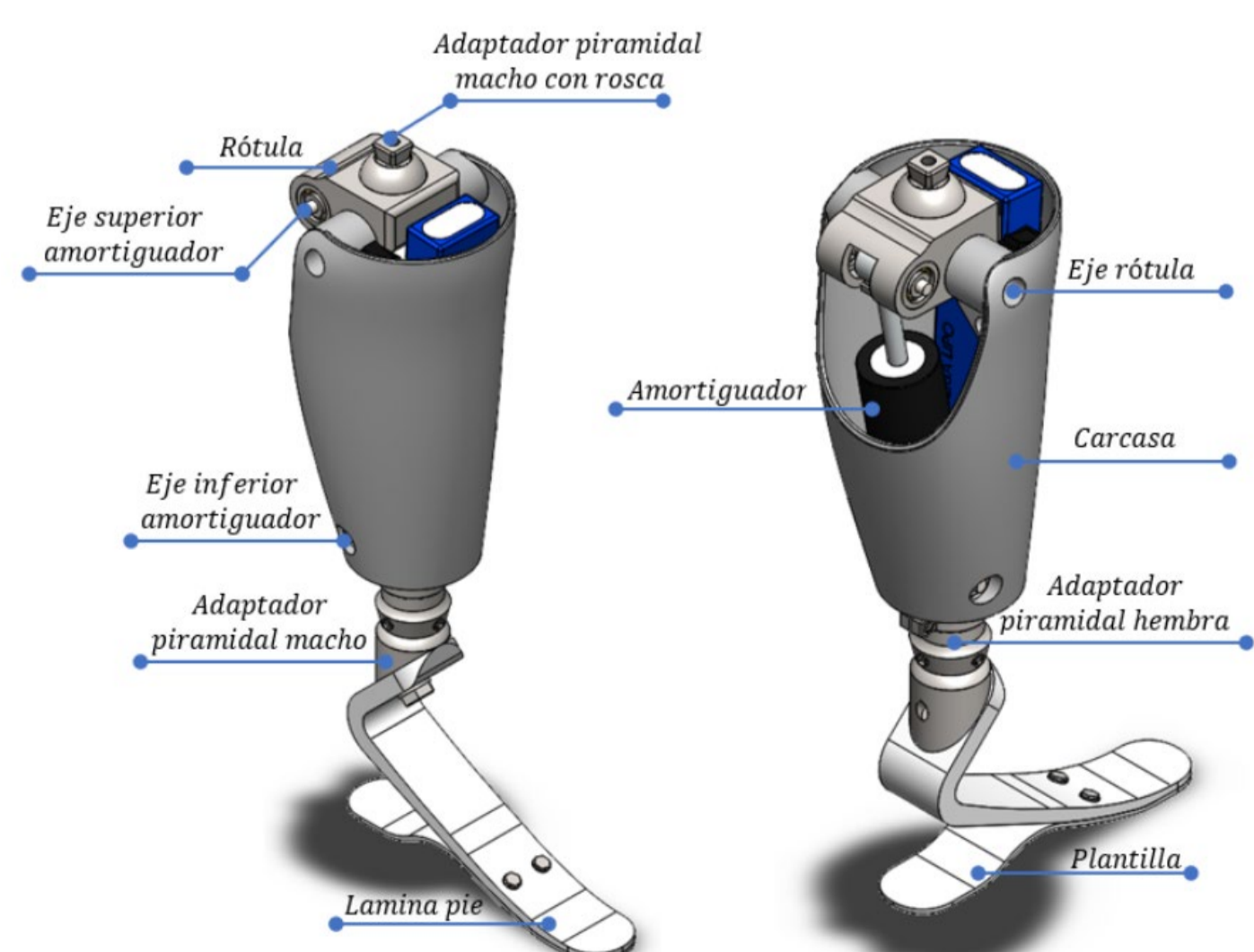


Figura 2. Modelo CAD de la prótesis transfemoral

Control: Control por realimentación de estados con la técnica de asignación de polos y determinación de ganancias de realimentación con la formula de Ackerman.

Metodología empleada

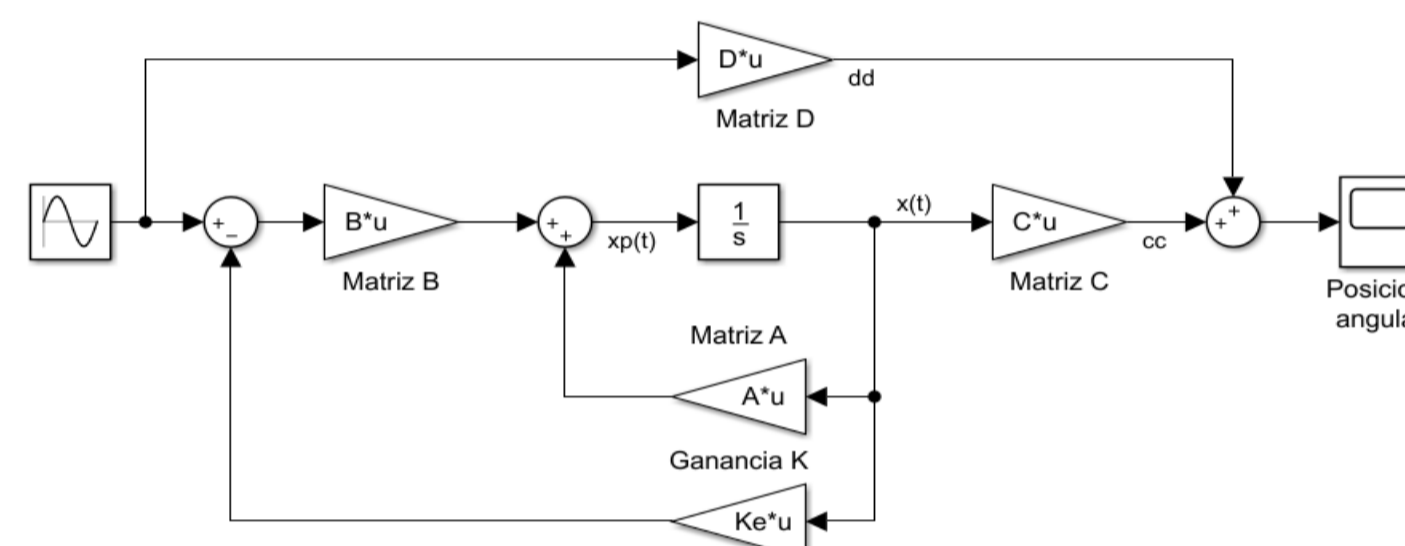


Figura 3. Diagrama de bloques con el controlador

Resultados esperados

Ecuaciones de movimiento de la pierna cuando la cadera esta a 20° y la rodilla en posición neutral (0°).

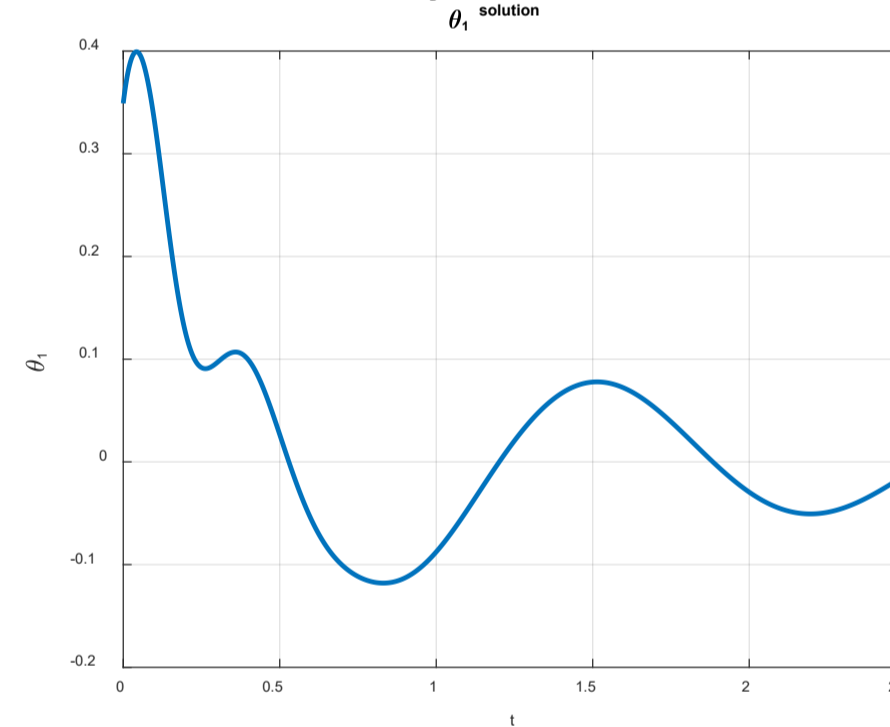


Figura 4. Solución de la cadera

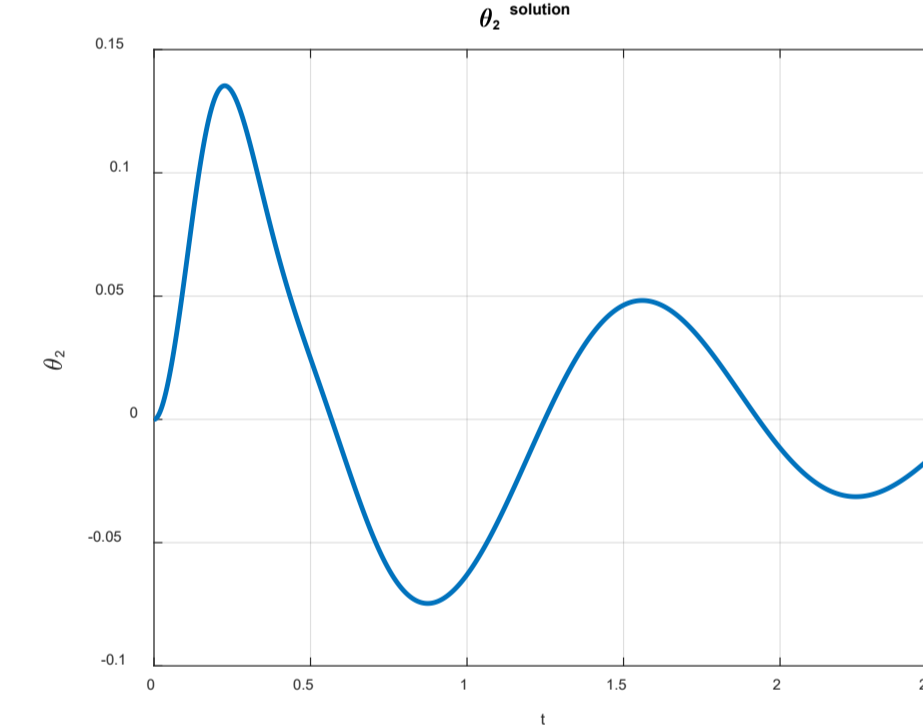


Figura 5. Solución de la rodilla

Comportamiento del amortiguador magnetoreológico con diferentes voltajes de entrada.

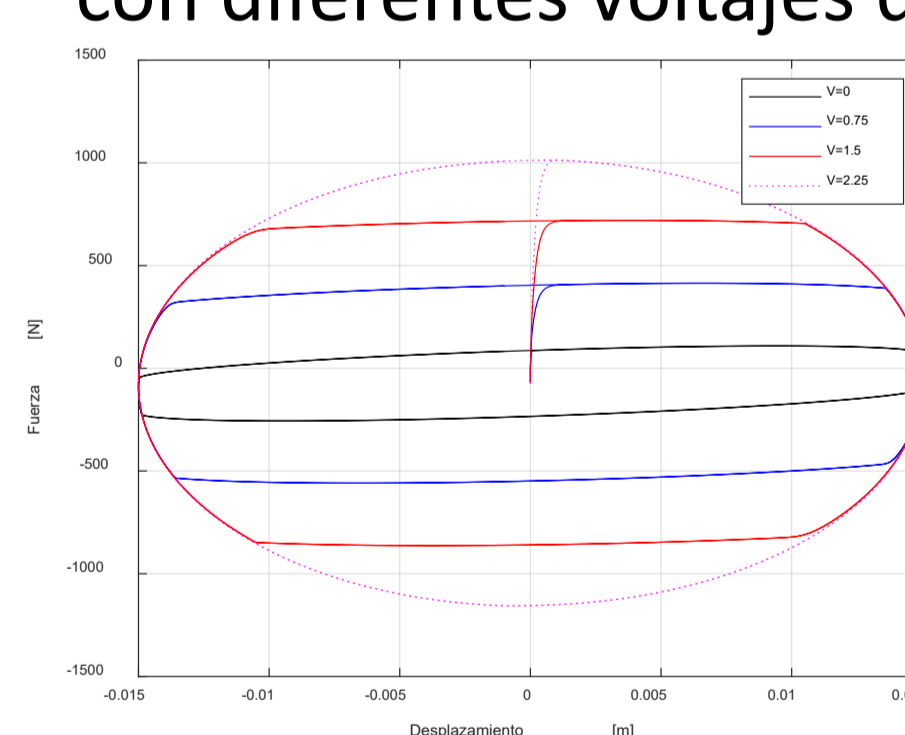


Figura 6. Fuerza vs Desplazamiento

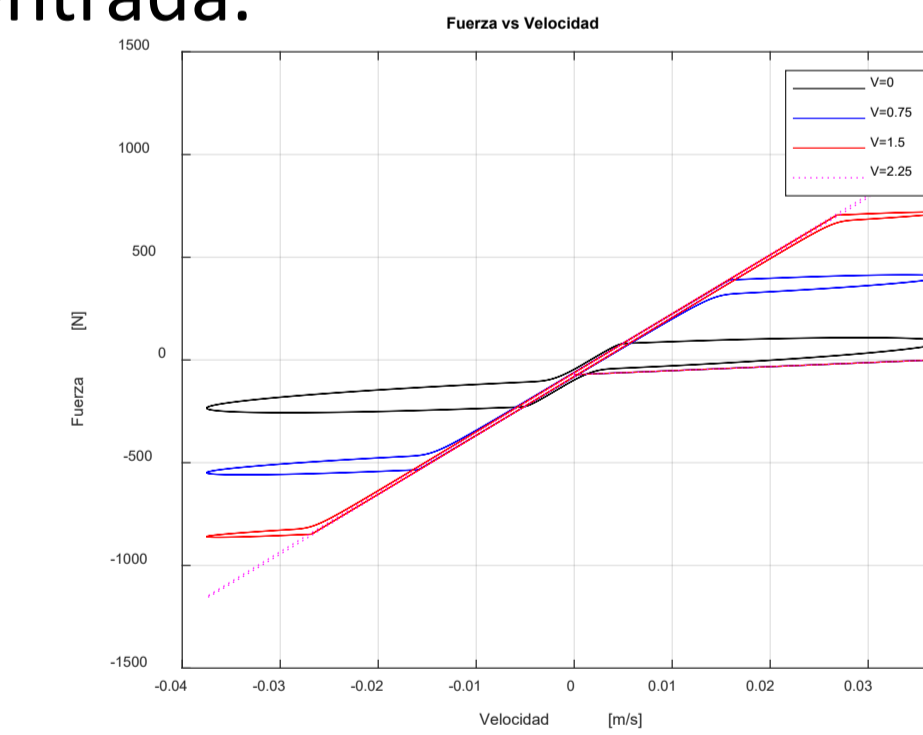


Figura 7. Fuerza vs Velocidad

Salida del sistema con el control por realimentación de estados.

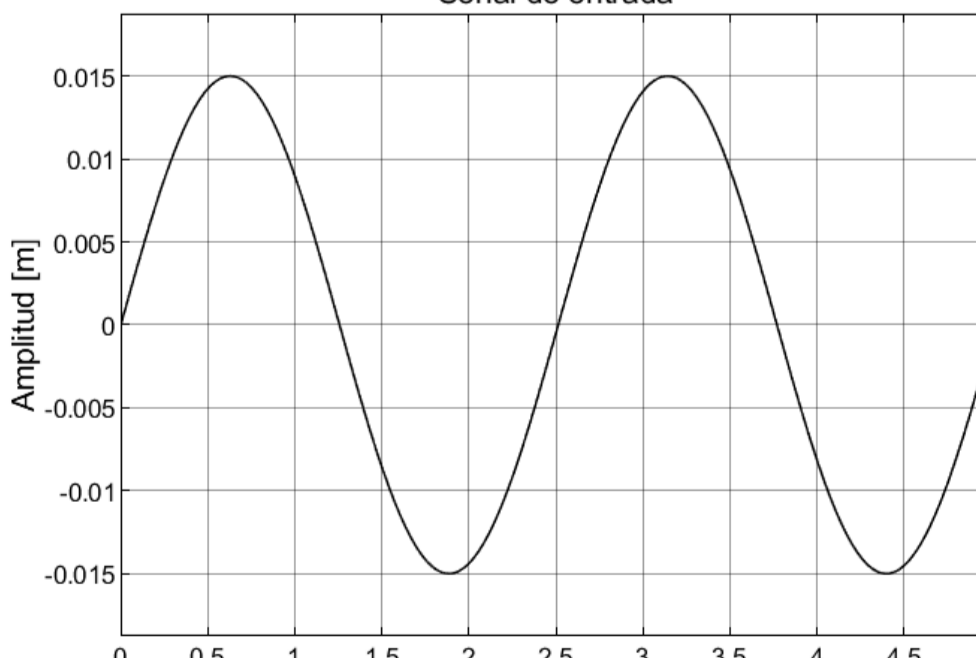


Figura 8. Señal de entrada

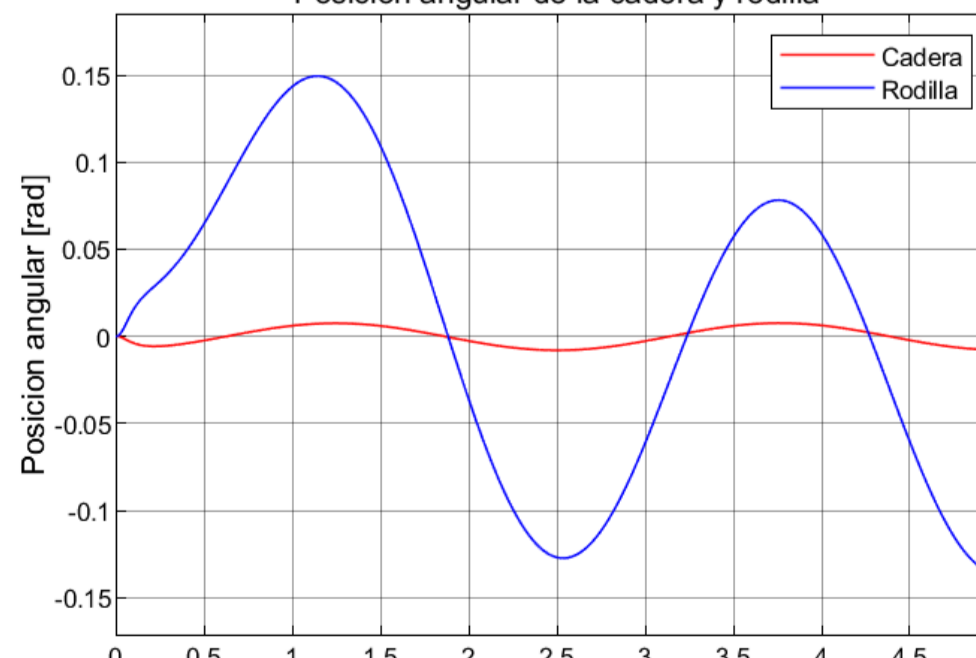


Figura 9. Salida con el sistema de control

La señal de la rodilla sigue la señal sinusoidal de entrada garantizado el funcionamiento del sistema de control mientras que la cadera al no estar controlada y tener un torque nulo hace una pequeña oscilación debido que las ecuaciones de movimiento están acopladas.

Principales referentes bibliográficos

- ✓ Goldstein. *Classical Mechanics*. Editorial Addison Wesley, 1980.
- ✓ D. M. Pacheco Martín, "Ajuste de un modelo directo de amortiguador MR mediante algoritmos genéticos", Escuela politécnica superior, Universidad Carlos III, Madrid, 2015.
- ✓ Ogata, K. *Ingeniería de Control Moderna*, 5 edn, p. 675-730. Pearson Education S.A., Madrid, 2010.