

# Modelo Dinámico e Identificación de un robot Hexápodo

M.Mazzanti<sup>1</sup>, J.R.Reynal<sup>1</sup>, F.Pessacg<sup>2</sup>, P.De Cristoforis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA  
<sup>2</sup> ICC-Conicet

Laboratorio de Robótica y  
Sistemas Embebidos



## Resumen

En este trabajo se muestran los resultados de la implementación y simulación del modelo dinámico completo de una pata de un robot hexápodo Phantom AX. El modelo es validado tanto con simulaciones computacionales como con experimentos con la plataforma real. A partir del modelo se estiman las diferencias entre la posiciones deseadas y las medidas determinándose thresholds (umbrales) que le permiten a cada pata del robot la detección de colisiones. Por la simetría del mismo, se extendió dicho modelo a la plataforma completa. De esta forma el robot puede adaptar sus patrones de movimiento mejorando los provistos por el fabricante.

## Motivaciones

- Utilización de este tipo de robots en zonas de derrumbes.
- Optimizar gaits comerciales del Phantom AX para permitir atravesar diversos terrenos.
- Detección de colisiones de las patas en todo el espacio.

## Robot Hexápodo Phantom AX



### Medidas:

- Cuerpo/Frame: 21.5cm x 11.5cm
- Pata estirada: 24.8cm

## Dinámica completa de una pata

- Dinámica de cadena de cuerpos rígidos.
- Formalismo de Euler-Lagrange:

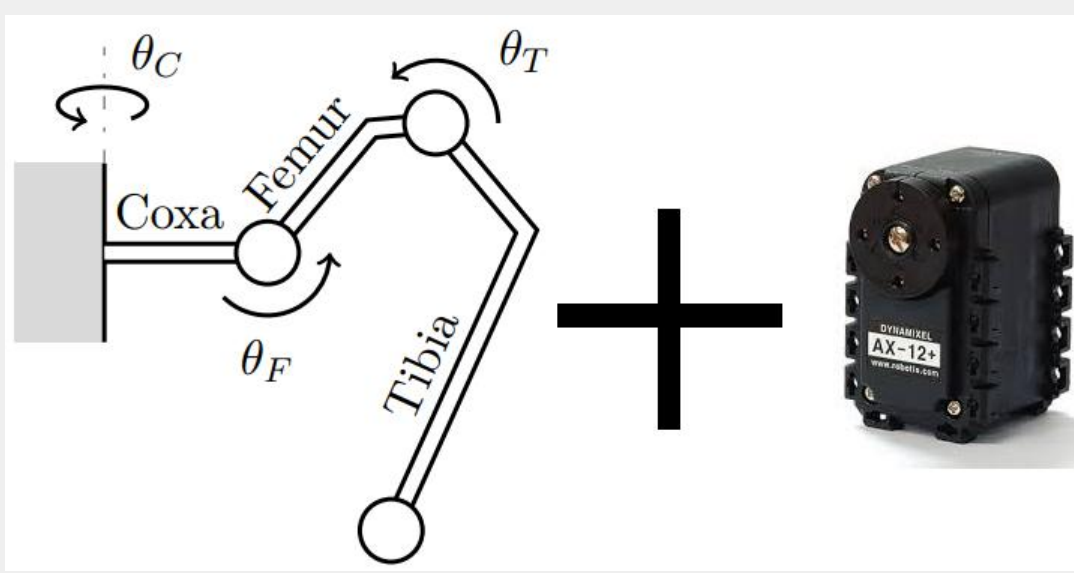
$$\tau = \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta}$$

$$D(\theta)\ddot{\theta} + C(\theta, \dot{\theta})\dot{\theta} + G(\theta) = \tau \quad [1]$$

- Modelo Electromecánico.

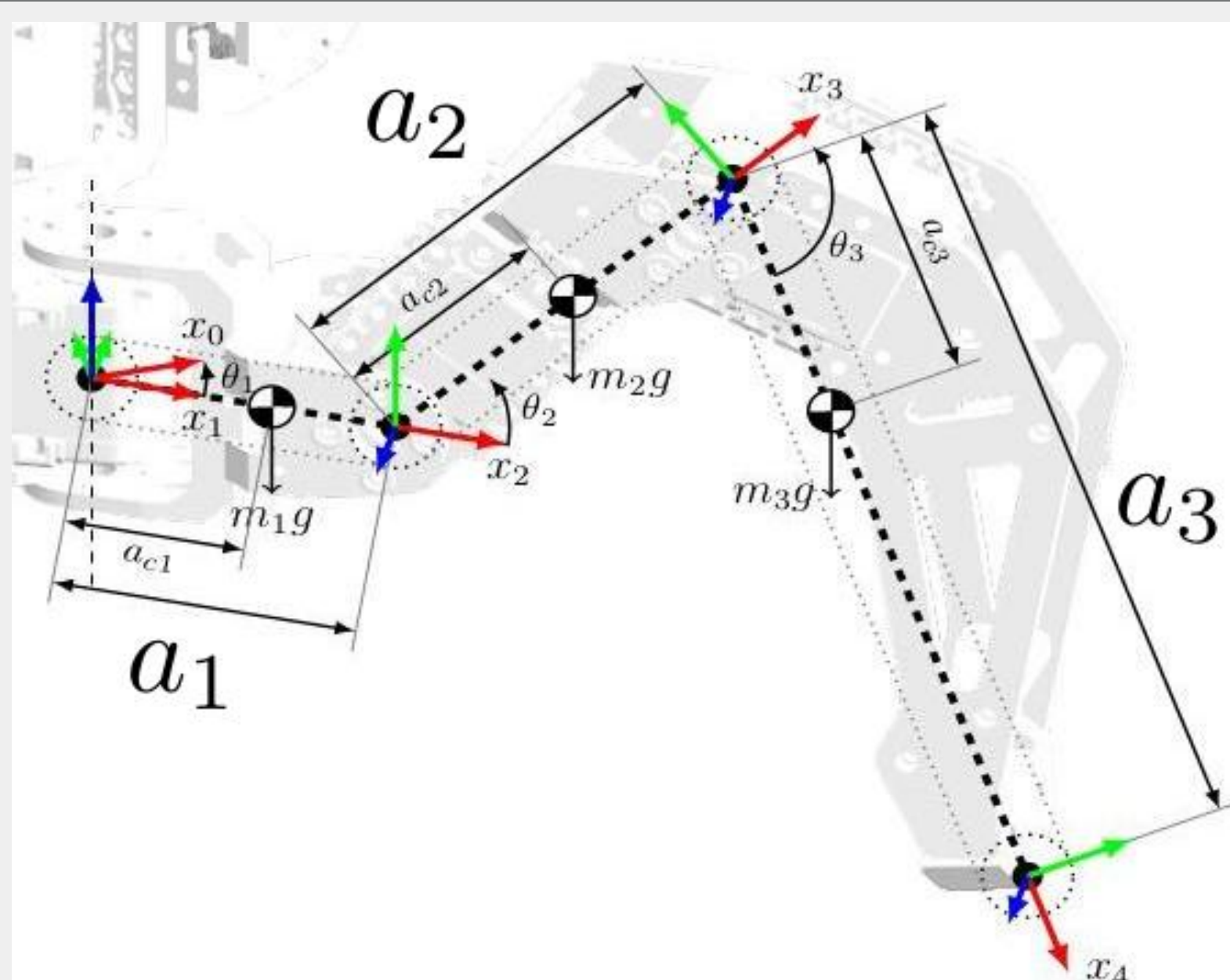
$$J^M \ddot{\theta}^M + B \dot{\theta}^M + F^M (\dot{\theta}^M) + R \tau = K^M V \quad [2]$$

- Modelo dinámico completo de una pata:



$$D'(\theta)\ddot{\theta} + C'(\theta)\dot{\theta} + F_{fric}(\dot{\theta}) + G'(\theta) = K'V$$

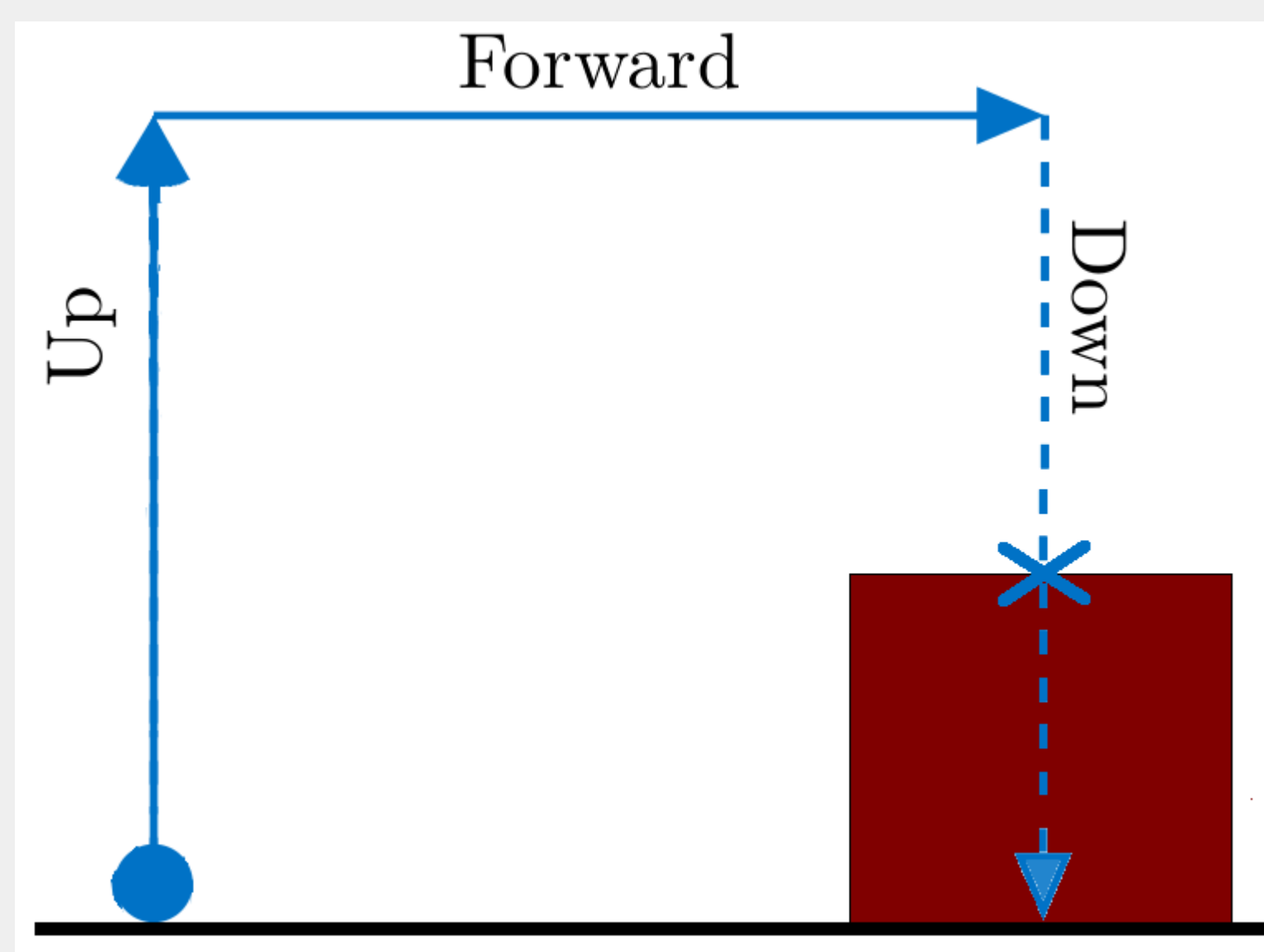
## Configuración de una pata



$$a_1 = 52\text{mm}, a_2 = 66\text{mm}, a_3 = 130\text{mm}$$

## Objetivos - Gaits adaptativos

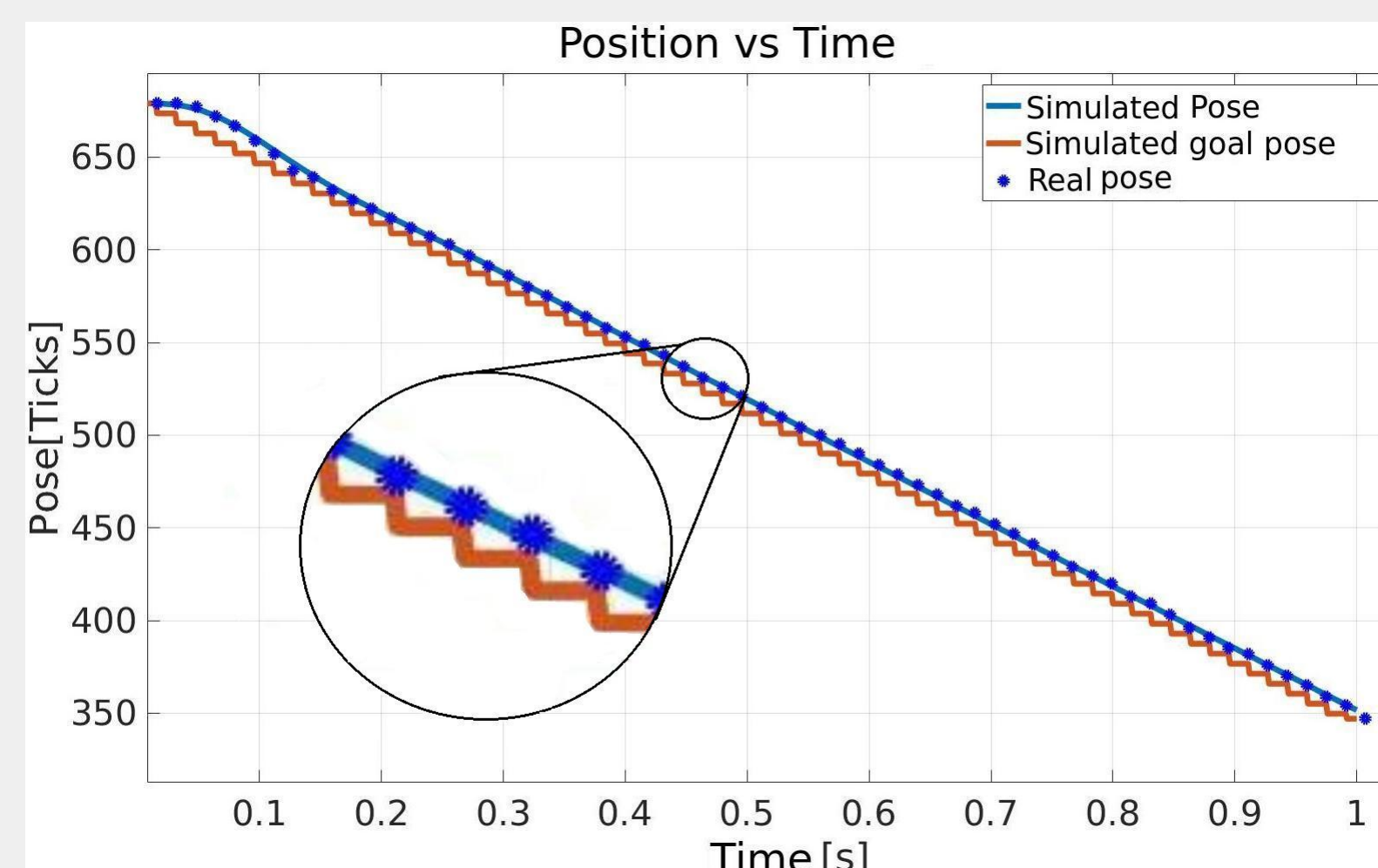
- Detección de suelos → enfoque minimalista. [3]
- Lectura de posición de los servomotores.



### Se necesita un modelo dinámico para:

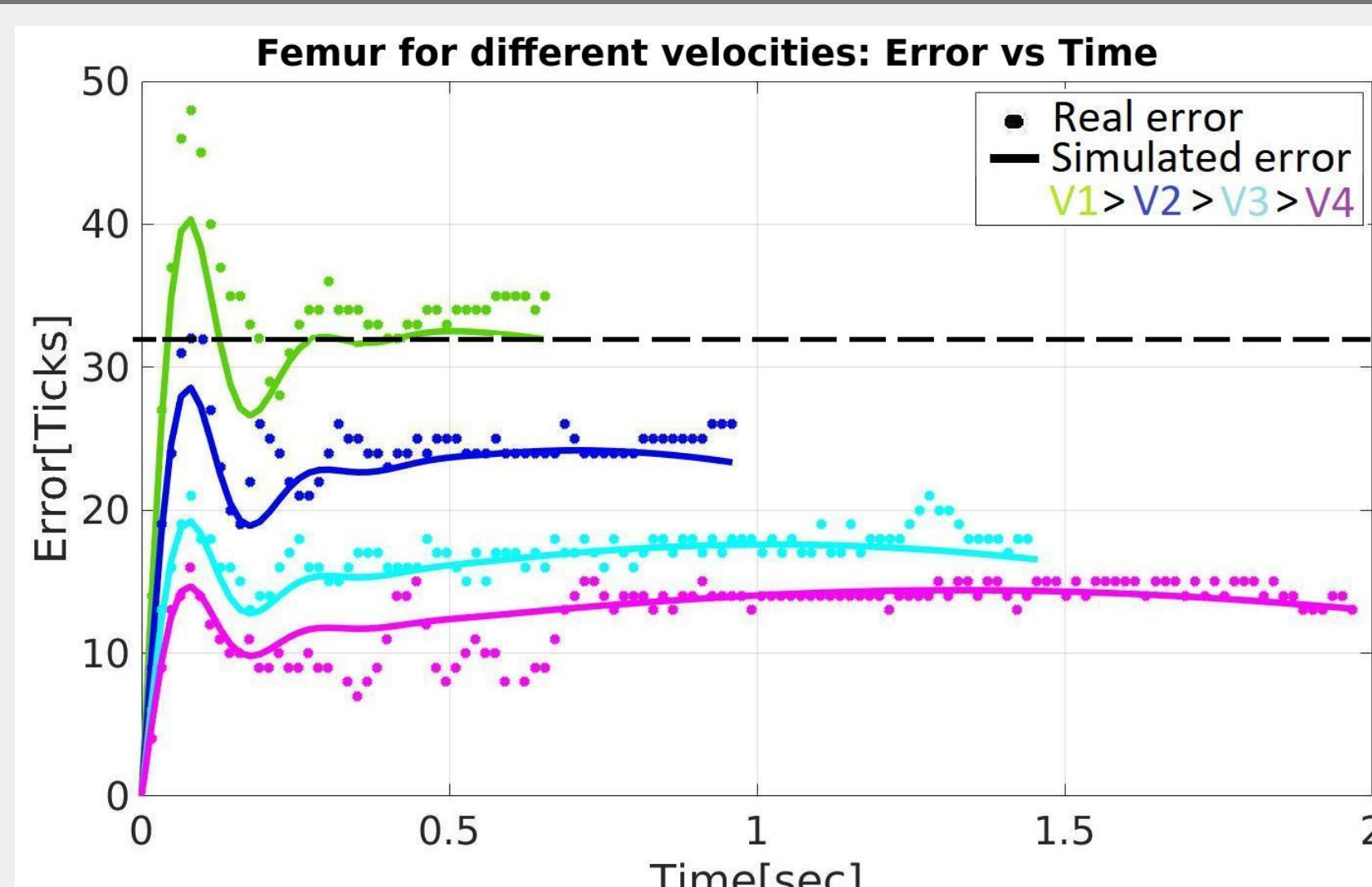
- Estimar el error entre la posición deseada y la medida experimental.
- Compensar fuerzas externas → atravesar terrenos irregulares.
- Determinación de threshold (umbrales).
- Evitar sobrecarga en los servomotores y desestabilización de la plataforma.

## Simulación completa de una pata



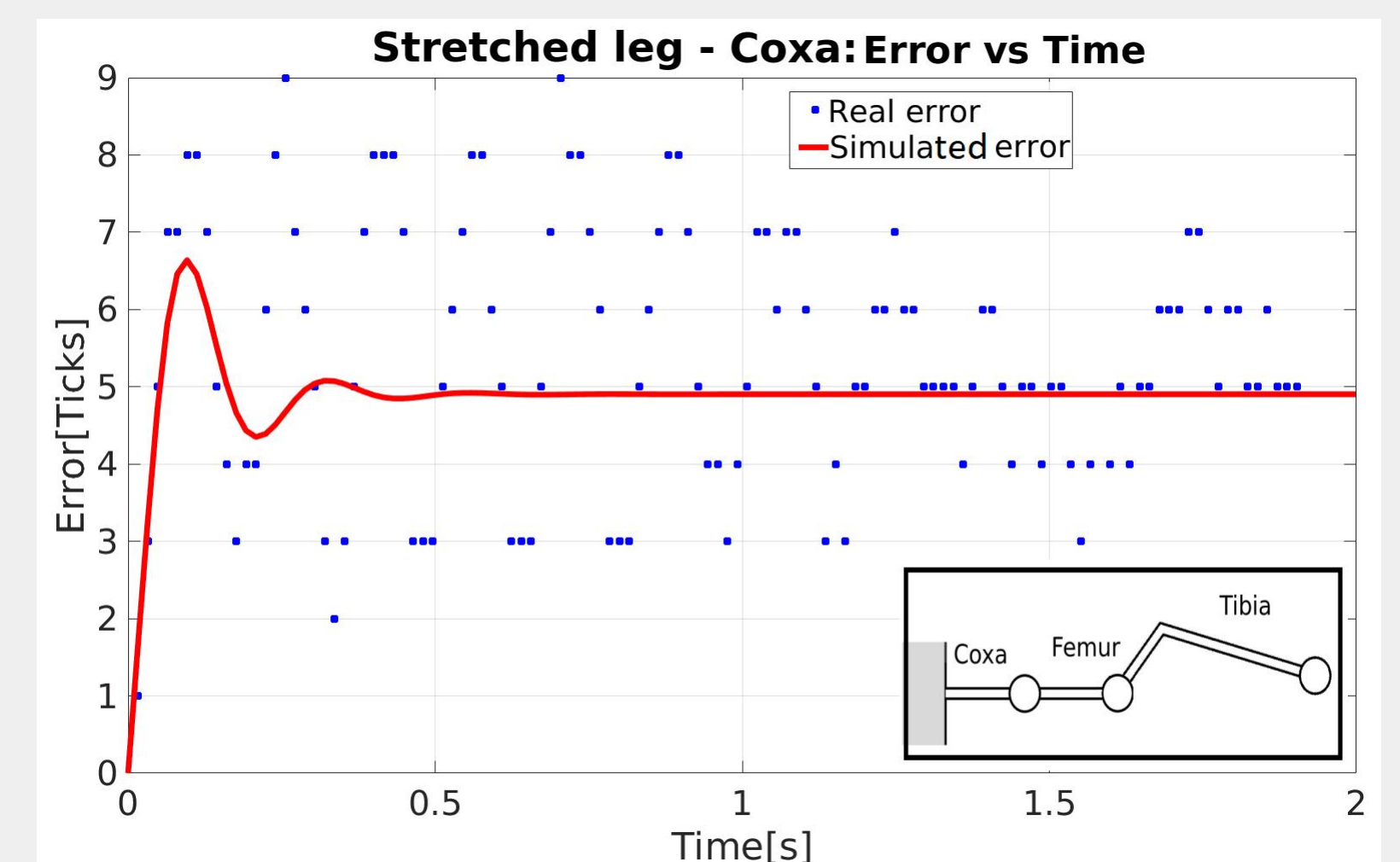
- Interpolación lineal entre una posición inicial y una final.
- Controlador proporcional en posición:  $Vel = K(X_{goal} - X_{real})$
- Simulación reproduce el comportamiento de una pata.

## Análisis de la velocidad en el threshold



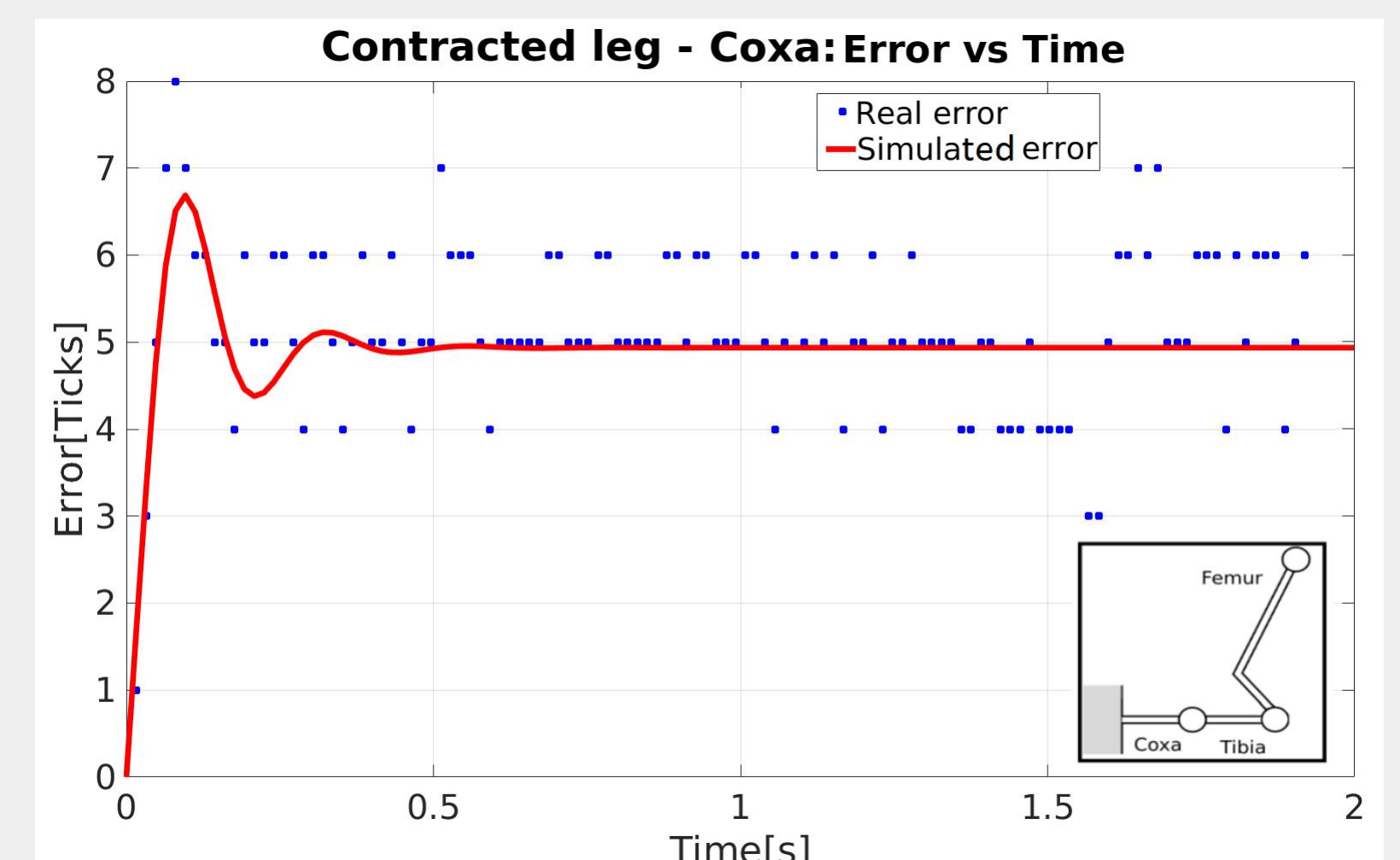
- Dependencia de la velocidad en la determinación de los thresholds.
- Gait adaptativo a partir del modelo dinámico.

## Error en coxa - pata estirada



- Dependencia del momento de inercia en la determinación de los thresholds.
- Vibraciones no consideradas en el modelo → mayor error entre la simulación y la realidad.
- Valores de thresholds mas grandes → posible sobrecarga en los motores.

## Error en coxa - pata contraída



- Menor momento de inercia → menores vibraciones.
- Valores de thresholds más chicos → mayor precisión en el gait adaptativo.
- Trabajo futuro: cambiar perfil de aceleraciones para suavizar el movimiento.

## Conclusiones

- Caracterización del servomotor a partir del modelo electromecánico.
- Implementación y simulación de la dinámica completa de una pata.
- Determinación de thresholds a partir del modelo dinámico.
- Implementación de gaits adaptativos → capacidad de atravesar diferentes terrenos.

## Referencias

- [1] Spong, Mark W., Seth Hutchinson, and Mathukumalli Vidyasagar. Robot modeling and control. New York: John Wiley & Sons, 2006.
- [2] Krishnan R. Electric motor drives: Modeling, analysis, and control. 2001.
- [3] Mrva J. Adaptive Body Motion for Blind Hexapod Robot in a Rough Environment. Czech Technical University. Praga, Republica Checa. 2015.