

# From simulation to reality: a learning methodology for understanding control systems and robotic arms with the ARCHIE robot

## PROBLEMA

La enseñanza de sistemas de control y robótica en la educación superior suele limitarse a formulaciones matemáticas abstractas y simulaciones idealizadas. Los estudiantes diseñan controladores en entornos virtuales que omiten fenómenos físicos reales como la fricción no modelada, el ruido en las señales, los retardos dinámicos y la saturación de los actuadores.

## OBJETIVO GENERAL

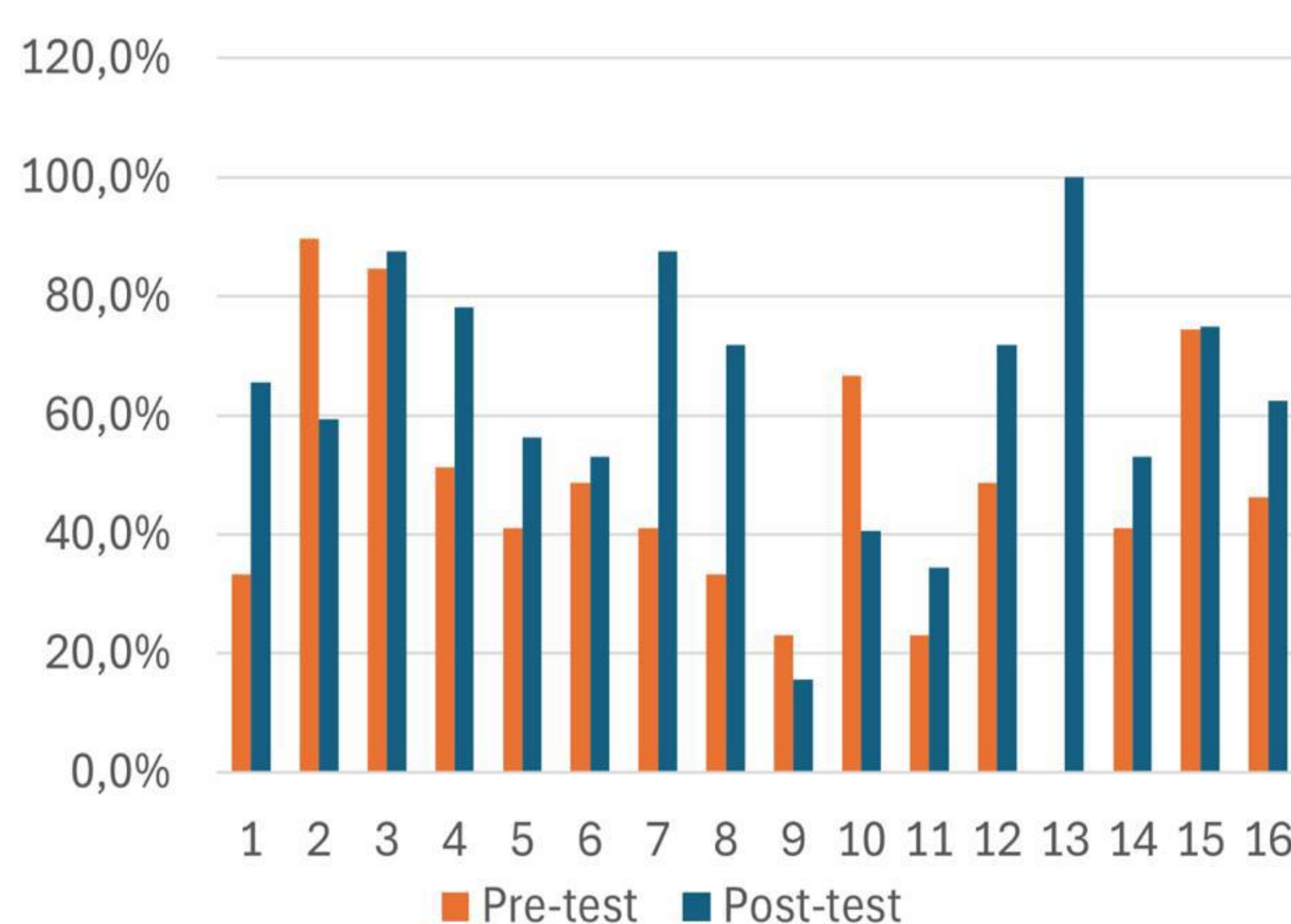
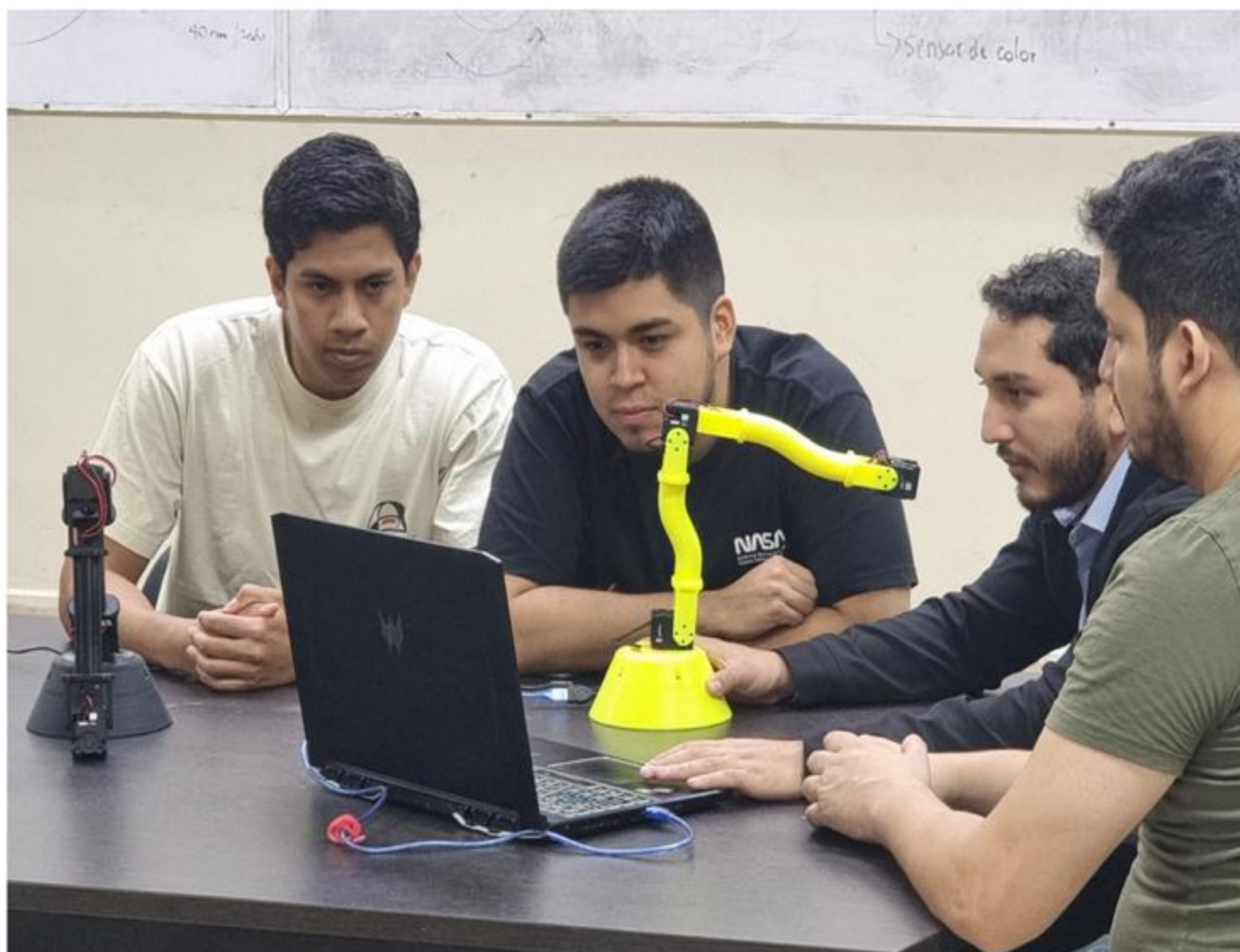
Desarrollar y evaluar una metodología de aprendizaje activo basada en un flujo de trabajo de la simulación a la realidad (Sim2Real), utilizando el manipulador articulado de código abierto y bajo costo ARCHIE (6 grados de libertad), para mitigar la brecha de comprensión en la teoría de control y la sintonización de controladores PID en estudiantes de ingeniería.

## PROPUESTA

La metodología se fundamenta en los principios del aprendizaje experiencial y se estructuró en tres fases consecutivas durante un taller práctico de dos horas con estudiantes de ingeniería mecatrónica:

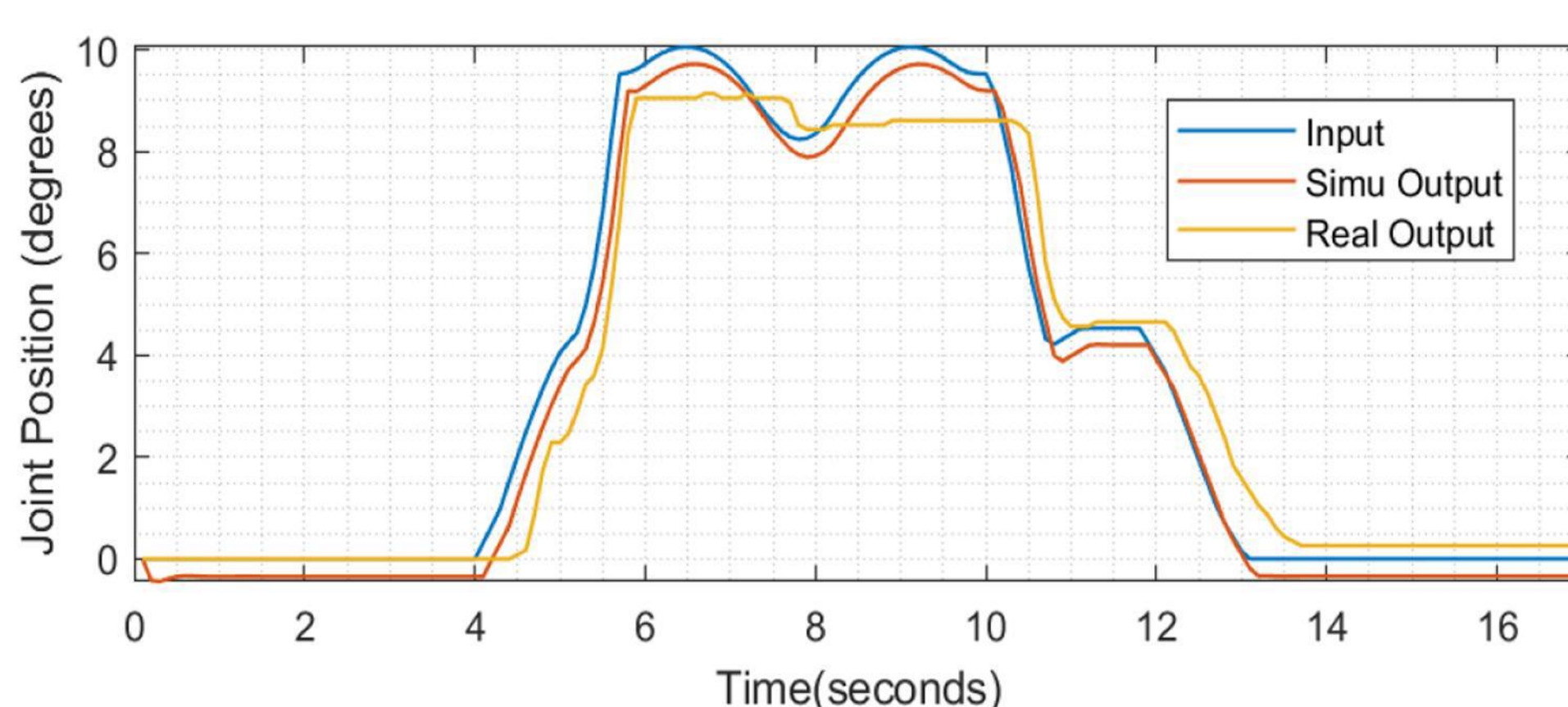
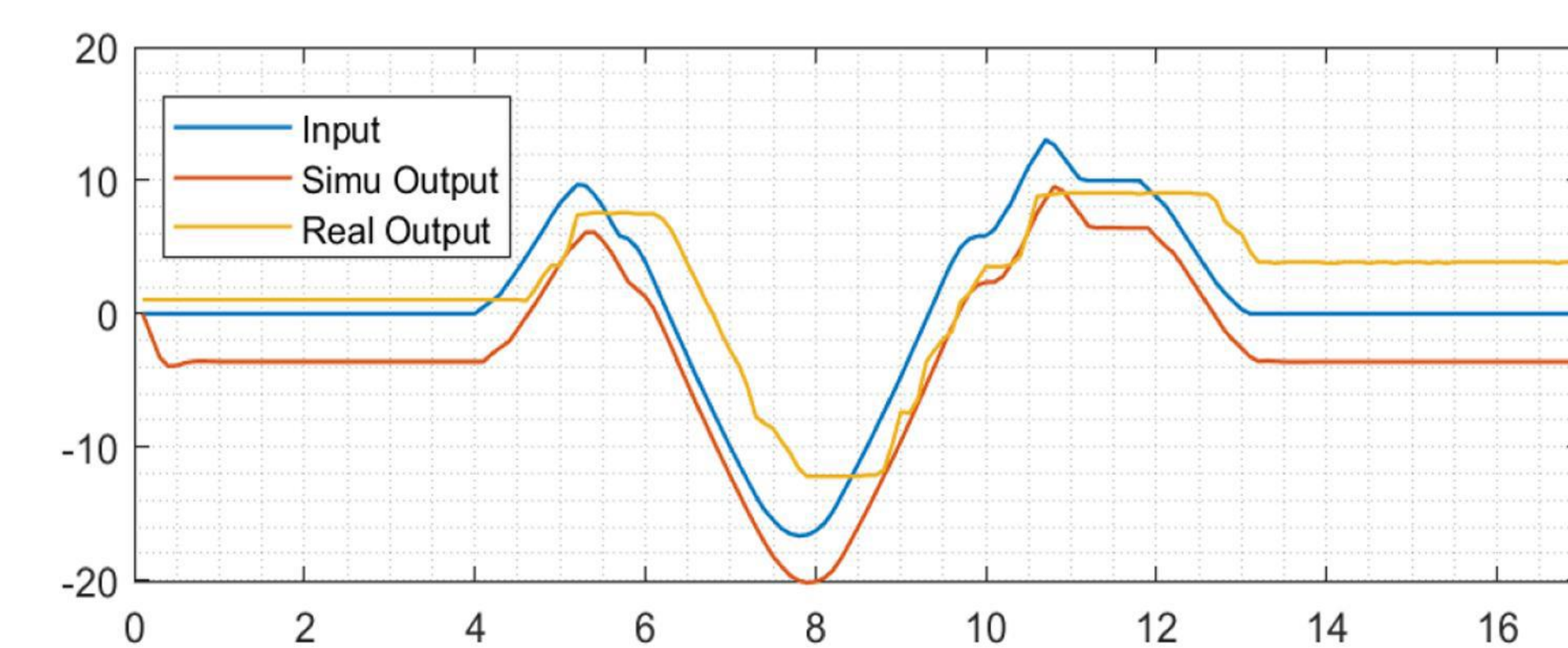
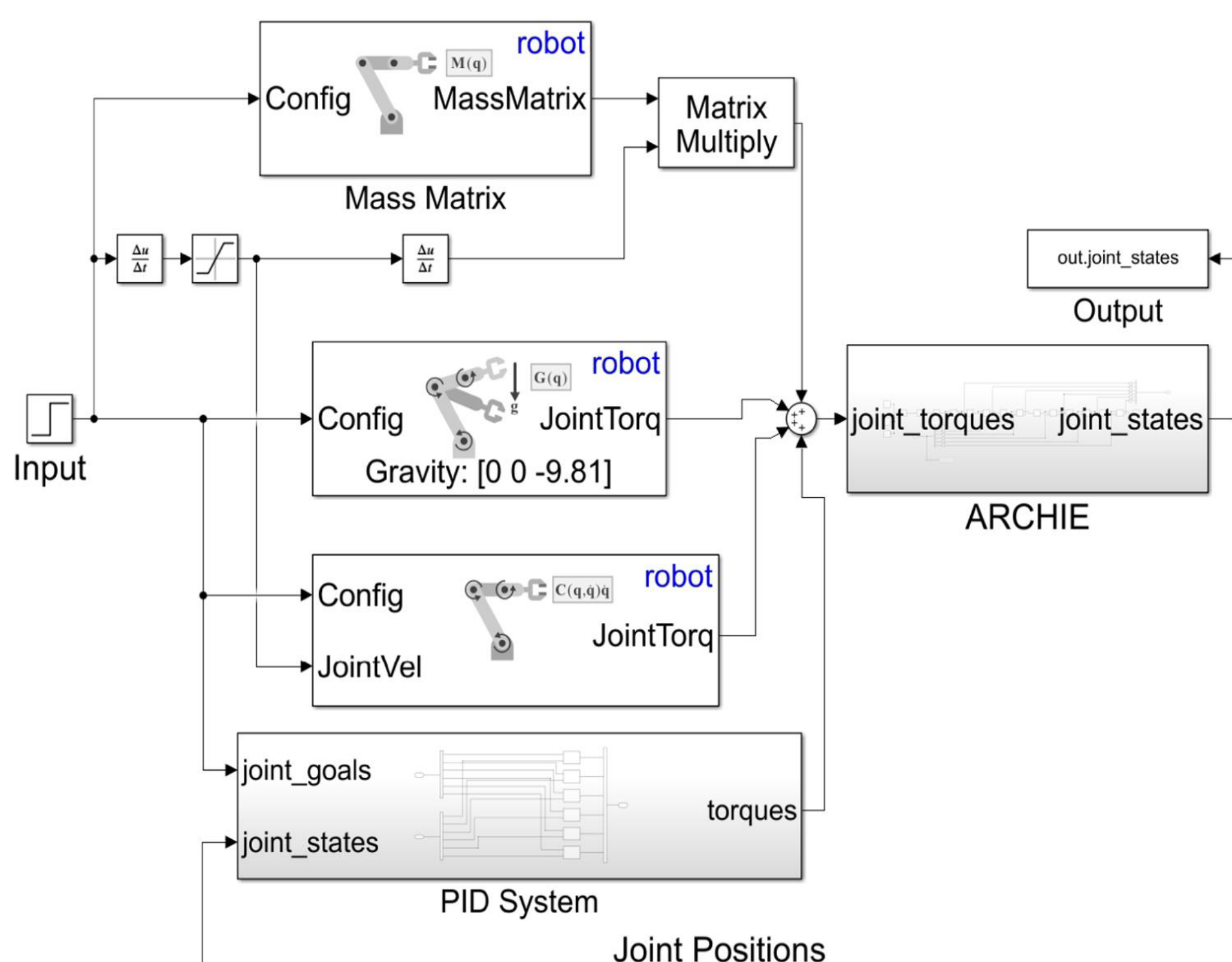
- Medición del conocimiento previo de los estudiantes sobre los conceptos fundamentales y los efectos de las ganancias PID.
- Los estudiantes modelaron la dinámica del robot y sintonizaron las constantes del controlador evaluando métricas.
- Se transfirió los parámetros para evaluar discrepancias entre lo real y lo simulado.

Para evaluar la efectividad del taller se elaboró un pre-test y un post-test sobre conocimientos en control. Esto se evaluó con una prueba t para muestras pareadas



## RESULTADOS

- El puntaje promedio de las evaluaciones conceptuales aumentó del 46.6% en el pre-test al 63.3% en el post-test.
- Un análisis de prueba t de dos colas emparejada confirmó la significancia estadística del progreso con un valor de  $p = 0.0454$  ( $t = 2.18$ ,  $df = 15$ ) y un tamaño de efecto moderado (Cohen's  $d = 0.55$ ).
- El sistema simulado en Simulink presentó un desajuste máximo de apenas  $1^\circ$ , mientras que el robot físico ejecutó los movimientos con un error máximo observado de  $1.5^\circ$ .



## CONCLUSIONES

ARCHIE demostró ser una plataforma educativa de alta fidelidad, accesible y robusta, capaz de democratizar la enseñanza práctica de robótica avanzada y control avanzado en los currículos universitarios de ingeniería. Esta metodología resulta eficaz para que los estudiantes puedan comprender tanto el uso de brazos robóticos como entender conceptos de sistemas de control.