

# Capítulo 8

## Conclusiones

Se abordó el problema de generar oscilaciones periódicas en el péndulo de la Rueda de Inercia, un sistema mecánico subactuado. Se emplearon dos distintas técnicas de control para resolver este problema: un controlador de estructura variable, específicamente el controlador de dos relevadores, y un controlador basado en restricciones holonómicas virtuales. Se llevó a cabo comparación de los resultados teóricos de estos dos controladores y a partir de ésta se puede concluir lo siguiente.

- El controlador de dos relevadores:
  - es más eficiente en términos de gasto de control y esto se debe a que no requiere de un seguimiento de trayectorias para generar las oscilaciones.
  - su precisión depende fuertemente del tipo de linealización que se utilice, pero en general es aceptable.
  - resulta sencillo calcular y ajustar sus dos parámetros  $c_1, c_2$ ; esto facilitó su implementación en la plataforma experimental, el MKT de Quanser<sup>®</sup>.
  - a pesar de ser un controlador de estructura variable, no se presenta el fenómeno de *chattering* puesto que no se requiere de la convergencia a una superficie deslizante.
  - la convergencia a los ciclos límites diseñados es rápida.
- El controlador por restricciones holonómicas virtuales:
  - tiene una precisión excelente, el error en todos los casos analizados es prácticamente nulo.
  - la señal de control es suave.
  - acepta condiciones iniciales arbitrarias.
  - permite gran libertad a la hora de escoger la restricción holonómica.

También se implementó el controlador de dos relevadores bajo dos distintas circunstancias: linealizando el modelo matemático por medio del Jacobiano y por retroalimentación de estados. La comparación de los resultados experimentales y las simulaciones correspondientes arroja que la linealización parcial por retroalimentación de estados es claramente superior; ofrece una mejor precisión, permite generar oscilaciones de mayor amplitud y no exige un mayor gasto de control para generar las oscilaciones e inclusive en algunos casos el gasto es menor (Figura 6.5 y Figura 6.8)

En general, se observaron las ventajas de combinar la teoría establecida para sistemas lineales con las nuevas herramientas matemáticas para sistemas no lineales; es claro que éstos no son necesariamente dos caminos distintos sino que se pueden complementar para resolver un mayor espectro de problemas. También se llevaron a cabo análisis en frecuencia y en el dominio del tiempo, lo que reafirma el punto anterior de la necesidad de contar con la mayor cantidad posible de recursos matemáticos.

Finalmente cabe mencionar que la flexibilidad de las dos metodologías estudiadas permitió cumplir con el objetivo de este trabajo a pesar del problema de subactuación que se presenta en la Rueda de Inercia. De aquí que se propone como trabajo a futuro aplicar esta teoría en sistemas eléctricos; la generación de oscilaciones en este caso se podría utilizar en el proceso de conversión de corriente directa a corriente alterna con el fin de diseñar un nuevo tipo de inversor.