

# Control adaptativo

## Aeronaves no tripuladas

Domínguez Alegre, Carlos F.  
Prof. Gomez Pérez, Ignacio

Septiembre, 2019

# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

- Modelización de la planta

- Síntesis controlador LQR

- Modificación de la planta

## Mecanismos de adaptación

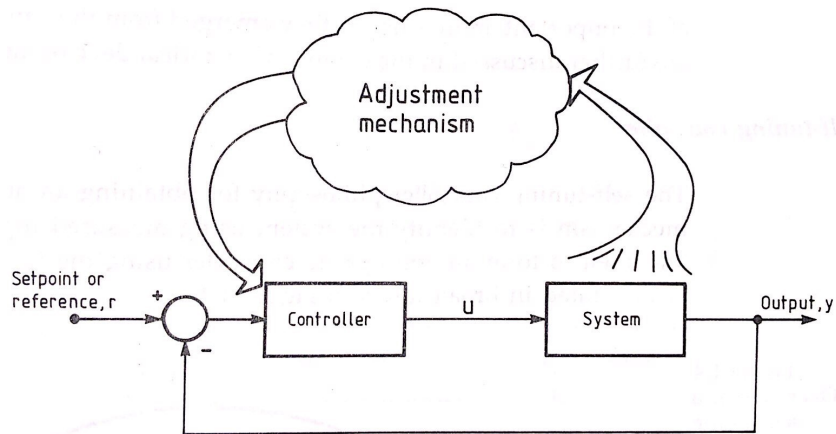
- Adaptación mediante RLSE

- Adaptación mediante SPSA

## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

# Introducción



# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

- Modelización de la planta

- Síntesis controlador LQR

- Modificación de la planta

## Mecanismos de adaptación

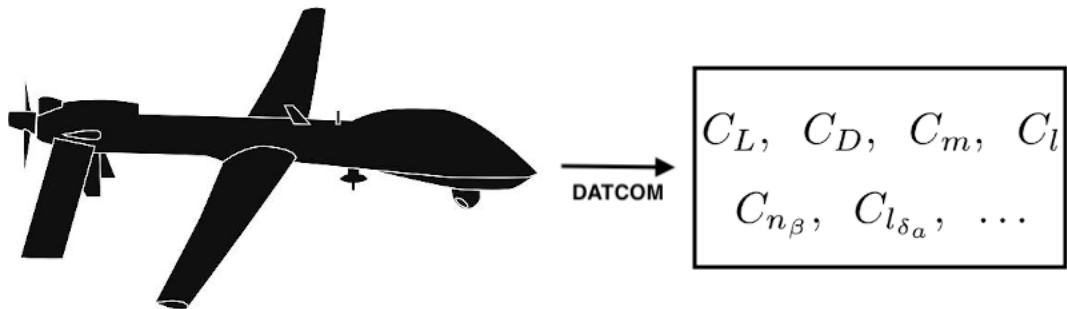
- Adaptación mediante RLSE

- Adaptación mediante SPSA

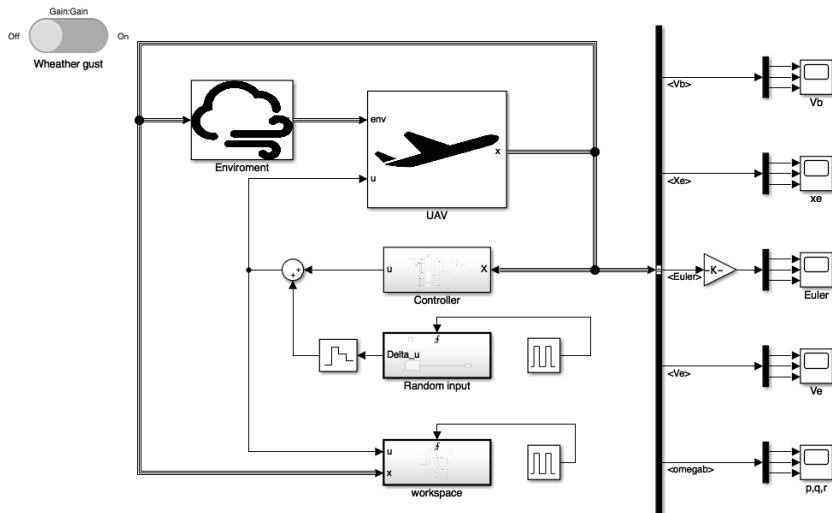
## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

# Modelización



# Modelización



# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

Modelización de la planta

**Síntesis controlador LQR**

Modificación de la planta

## Mecanismos de adaptación

Adaptación mediante RLSE

Adaptación mediante SPSA

## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

# Síntesis controlador LQR

- ▶ Controlador PID
- ▶ Estimación de los puntos de equilibrio
- ▶ Linealización de la planta mediante método mínimos cuadrados
- ▶ Síntesis de controlador LQR

$$x = \begin{bmatrix} TAS \\ w \\ \theta \\ q \end{bmatrix} \quad u = \begin{bmatrix} \delta_e \\ \delta_t \end{bmatrix}$$

$$\frac{dx}{dt} = \mathbf{A}x + \mathbf{B}u$$



# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

Modelización de la planta

Síntesis controlador LQR

**Modificación de la planta**

## Mecanismos de adaptación

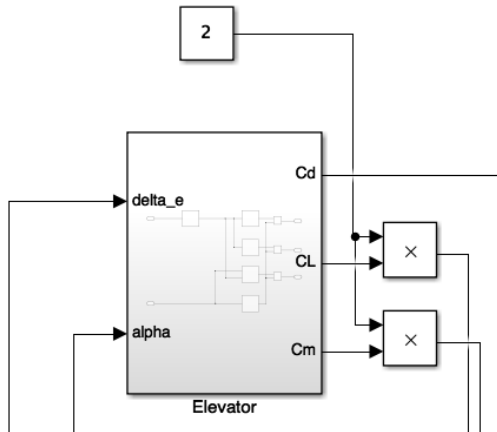
Adaptación mediante RLSE

Adaptación mediante SPSA

## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

# Modificación



# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

Modelización de la planta

Síntesis controlador LQR

Modificación de la planta

## Mecanismos de adaptación

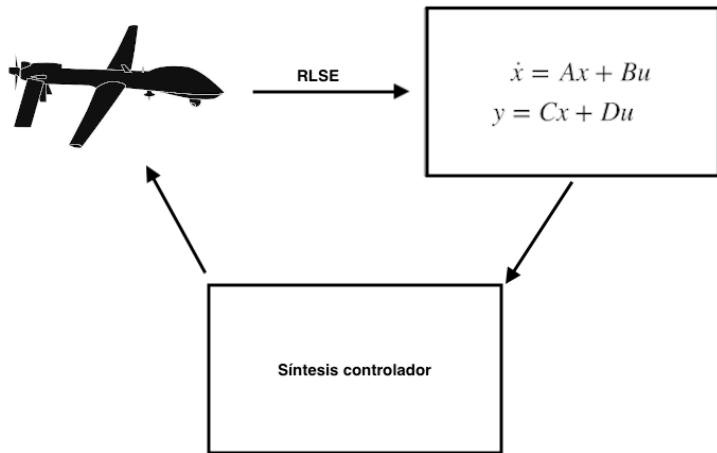
Adaptación mediante RLSE

Adaptación mediante SPSA

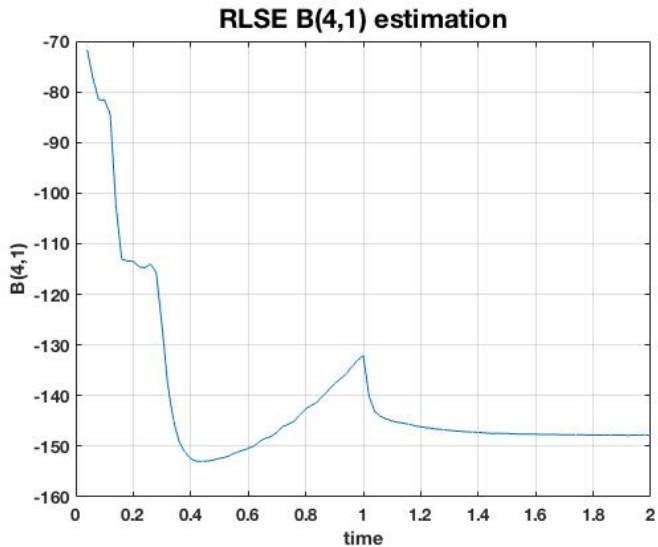
## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

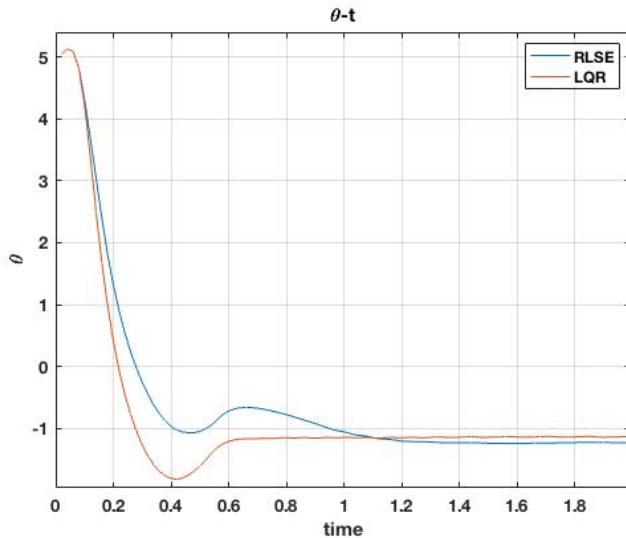
# Adaptación RLSE



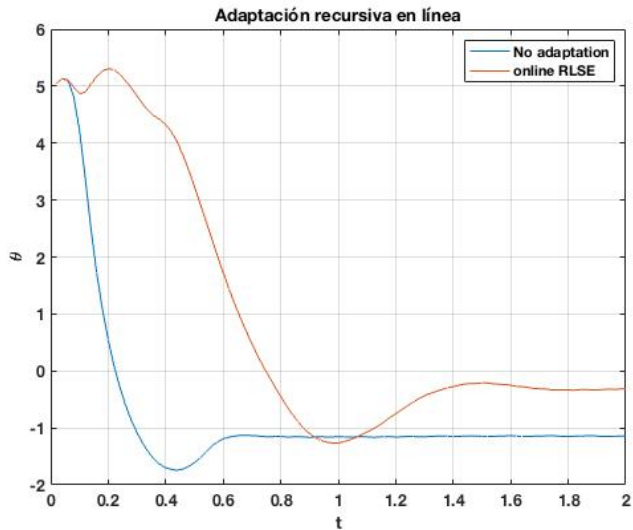
## Adaptación RLSE



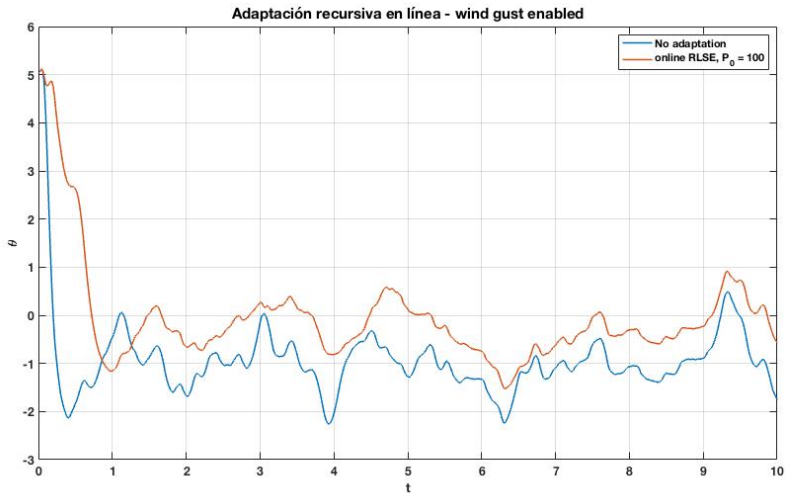
## Desempeño RLSE offline



## Desempeño RLSE online



# Desempeño RLSE online





# Contenido

## Introducción

## Desarrollo del simulador

Modelización de la planta

Síntesis controlador LQR

Modificación de la planta

## Mecanismos de adaptación

Adaptación mediante RLSE

Adaptación mediante SPSA

## Comparación de ambos métodos

## Conclusiones

# Adaptaciòn SPSA

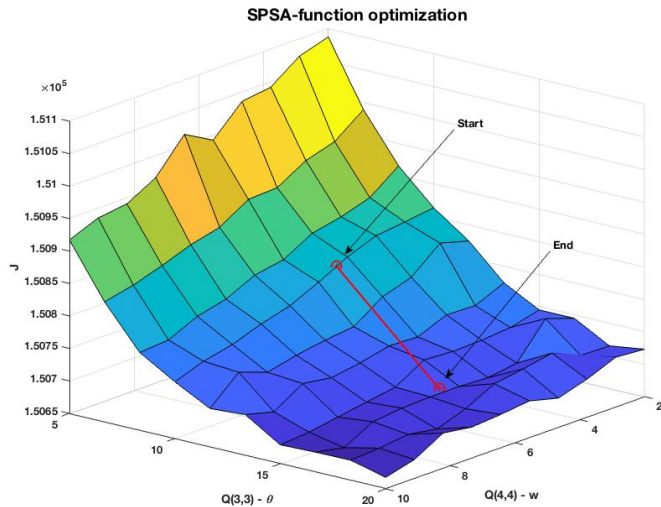
- ▶ SPSA : simultaneous perturbation stochastic approximation
- ▶ Aproximaciòn del gradiente de J mediante perturbaciones aleatorias

$$J = \sum_{k=0}^{k-1} x'_k \cdot Q \cdot x_k + u'_k \cdot R \cdot u_k$$

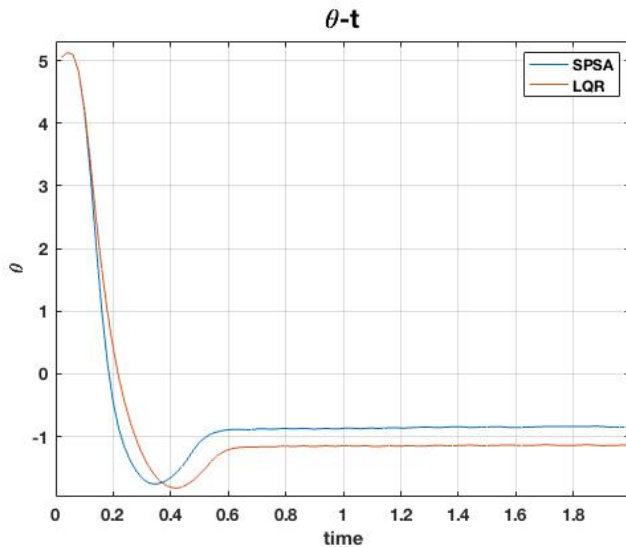
$$Q = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 10 \cdot \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5 \cdot \theta_2 \end{bmatrix}$$

- ▶  $\theta_1 \rightarrow w$  y  $\theta_2 \rightarrow q$
- ▶ Se realizaron 10 experimentos con 2 iteraciones en cada uno









# Adaptación SPSA



# Adaptación SPSA



# Comparación de los métodos

	RLSE	SPSA
Número de parámetros		
Tiempo de adaptación		
Capacidad de adaptación		
Complejidad, coste computacional		

# Conclusiones

1. Viabilidad de aplicación
2. Métodos estimación recursiva rápidos, computacionalmente costosos.
3. Métodos basados en ajuste de parámetros lentos, computacionalmente ligeros.
4. Perturbaciones de la planta necesarias pero no deseables, búsqueda de ley de activación.