

## Clase 6 – Control Óptimo y difuso para distintos plantas

Nombres: Brayan Gerson Duran Toconas, Jhon Ariel Larico Machaca

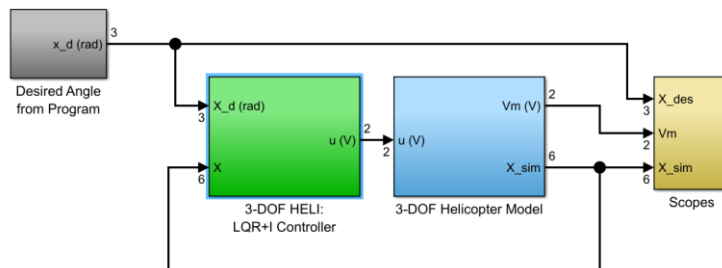
- Objetivos:  
Comprender el controlador actual utilizado por cada planta no lineal (Helicóptero y Crane).
- Modificar la ganancia LQR del Helicóptero para reducir el overshoot del ángulo pitch en al menos 15%.

### Helicóptero

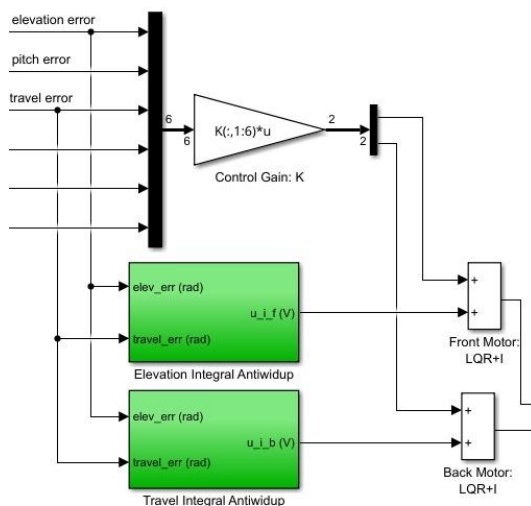
#### Controlador original

- Modelo del helicóptero

Quanser 3-DOF Helicopter:  
Closed-loop System Simulation



- Bloque de la ley de control típica:



$$u = [u_{\text{front}}, u_{\text{back}}]$$

- Matriz de Ganancias original: \_\_\_\_\_

K =

```
51.9211 16.1899 -16.1293 24.6004 5.2787 -21.2682 14.1421 -1.4142
51.9211 -16.1899 16.1293 24.6004 -5.2787 21.2682 14.1421 1.4142
```

### Controlador original modificado del LQR (Reducción de overshoot)

- Definición de Q y R

```
elseif strcmp(WITH_ADS, 'YES')
    %Q = diag([100 1 10 0 0 2 10 0.1]);
    Q = diag([100 17 10 0 0 2 10 0.1]);
    R = 0.025*diag([1 1]);
```

Aumentar selectivamente los pesos asociados a:

- velocidad angular pitch

Nueva Matriz Q:

Q =

```
100.0000 0 0 0 0 0 0 0
0 17.0000 0 0 0 0 0 0
0 0 10.0000 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 2.0000 0 0
0 0 0 0 0 0 10.0000 0
0 0 0 0 0 0 0 0.1000
```

- Generar la nueva ganancia:  $K_{\text{new}} = \text{lqr}(A, B, Q, R)$ ;

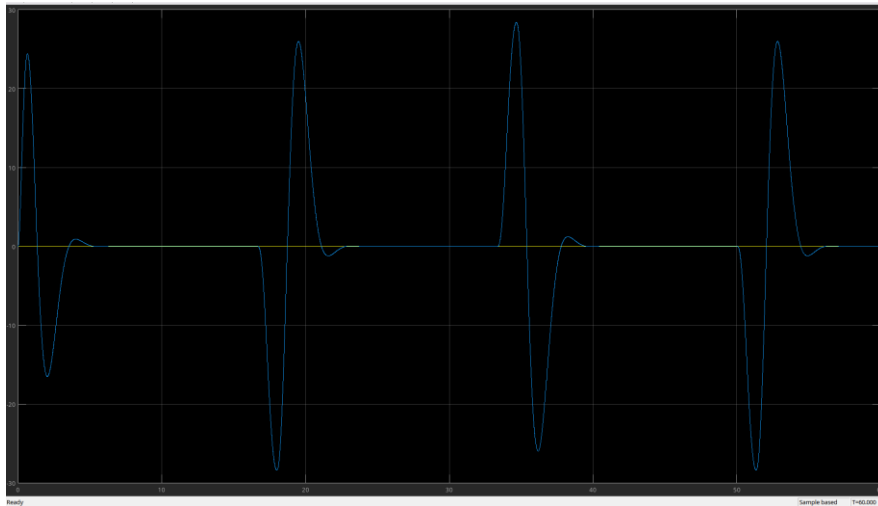
K =

```
51.9211 27.9770 -16.7090 24.6004 6.9392 -27.9985 14.1421 -1.4142
51.9211 -27.9770 16.7090 24.6004 -6.9392 27.9985 14.1421 1.4142
```

### Capturas de los Resultados de la Simulación

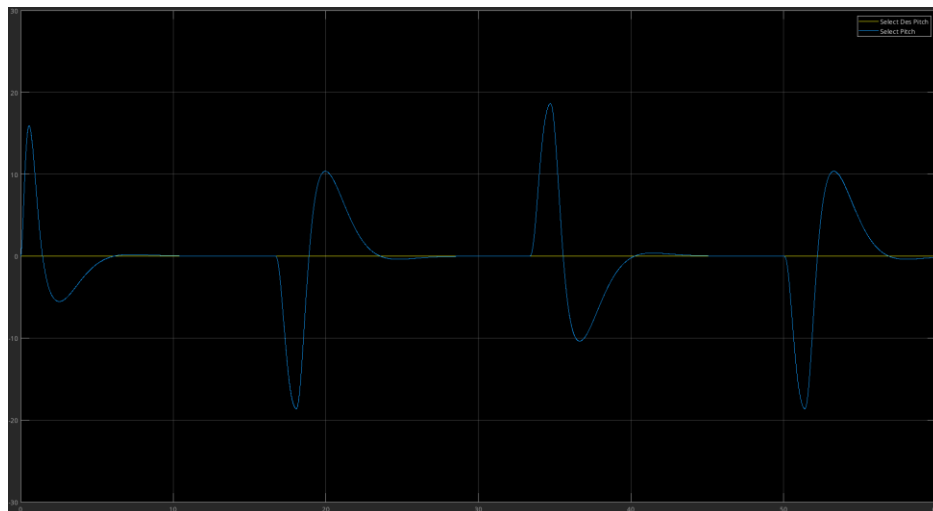
- Overshoot original**

Overshot de 28 (deg)



- **Overshoot modificado**

Overshot de 18.4 (deg)



- **Tiempo de establecimiento**

**Tiempo de establecimiento de original:** 3s con Overshot mayor a 15% o mayor a 20 (deg)

**Nuevo tiempo de establecimiento:** 7.5s Con Overshot menor a 15% o menor a 20 (deg)

## Helicóptero – Control Difuso

- Comprender las variables de entrada  $e$  y  $de$ , la base de reglas y la función de defuzificación utilizada.

(error)  $e$  : Esta entrada corresponde a que tan lejos se encuentra del SetPoint

(del\_error)  $de$ : Esta entrada corresponde a que tan alejado está el valor en el tiempo en función al valor que tiene actualmente el error.

Reglas:

- Si **ERROR es grande**: el sistema está lejos y aplicar acción grande.
- Si **ERROR es pequeño**: el sistema está casi en el punto y aplicar acción pequeña.
- Si **DEL\_ERROR es positivo**: el error crece y actuar más fuerte.
- Si **DEL\_ERROR es negativo**: el error se reduce y actuar menos.

- Anote el OS, ST y el RT de la implementación real.

OS = 1%

ST = 8.4 s

RT = 1.8 s

## Crane – LQR Agresivo

- Identificar sistema y controlador base para el Trolley, Cart o JIB o Localizar matrices  $A$ ,  $B$ , matrices de peso  $Q$  y  $R$  originales y la ganancia  $K$ .

```

A = np.array([[0, 0, 1, 0, 0],
              [0, 0, 0, 1, 0],
              [0, -1.7019, 0, 1, 0],
              [0, -13.3301, 0, 1, 0],
              [1, 0, 0, 0, 0]])
B = np.array([[0],
              [0],
              [18.2478],
              [21.1299],
              [0]])
C = np.array([[1, 0, 0, 0, 0],
              [0, 1, 0, 0, 0],
              [0, 0, 1, 0, 0],
              [0, 0, 0, 1, 0],
              [0, 0, 0, 0, 1]])
D = np.array([[0], [0], [0], [0], [0]])

Q = np.diag([1, 1, 1, 1, 1])
R = np.array([[1]])

```

- Anotar la matriz de Ganancias original: \_\_\_\_\_

```

Q (shape (5, 5)):
[[1 0 0 0 0]
 [0 1 0 0 0]
 [0 0 1 0 0]
 [0 0 0 1 0]
 [0 0 0 0 1]]

K (LQR gain) (shape (1, 5)):
[[2.055 3.212 1.612 0.152 1.   ]]

```

- Ajuste para comportamiento agresivo o Reducir R (penaliza menos el esfuerzo → control más rápido)
- Aumentar pesos en Q para la posición del trolley y velocidad

```

Q (shape (5, 5)):
[[500  0  0  0  0]
 [  0 200  0  0  0]
 [  0  0 650  0  0]
 [  0  0  0 500  0]
 [  0  0  0  0 100]]

K (LQR gain) (shape (1, 5)):
[[343.363 720.378 339.49  20.835 100.  ]]

```

- Simule el sistema con las nuevas ganancias o Adjunte capturas de pantalla del sistema controlado con LQR modificado.

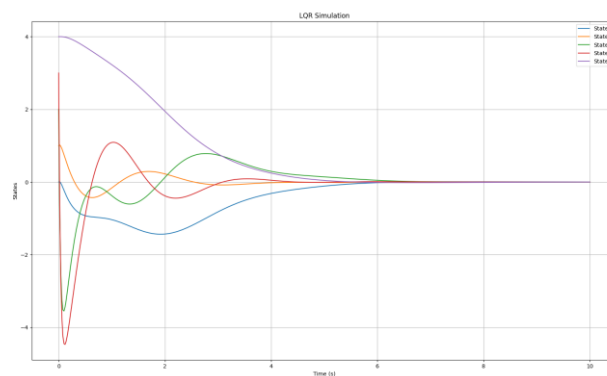
▪ Anote el OS, ST y el RT.

OS = 5 %

ST = 9.5 s

RT = 0.5 s

## Sistema Original



## Sistema con Matriz Q modificada

