

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA

LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

Cinemática

ROBÓTICA

Profesor:

Dr. Fernando Reyes Cortés

Alumno:

Hanan Ronaldo Quispe Condori

Número de Matrícula:

555010653

25 de abril de 2020

A) Demostrar la Controlabilidad Completa del sistema.

Usaremos la función *ctrb* para calcular directamente la matriz de controlabilidad del sistema dado seguidamente usaremos la función *rank* para calcular el rango de esta matriz. Sea el siguiente script de MATLAB

```
clc;clear all; close all;
A=1e-6*[-73.81 2.58 0 0 0;1.88 -75.55 1.88 0 0;0 1.88 -75.55 1.88 0;0 0 1.88 -75.55 1.88;0 0 0 1.59 -24.36]
B=[0.01361 0 0 0 0;0 0.2723 0 0 0;0 0 0.2723 0 1;0 0 0 0.2723 0;0 0 0 0 0.00689]
D=eye(5)
fprintf('Matriz de Controlabilidad\n')
controlab=ctrb(A,B)
fprintf('El rango es:');
rank(ctrb(A,B))
```

El resultado de este script es el siguiente.

```
A1 =
2
3 1.0e-04 *
4
5 -0.7381    0.0258    0    0    0
6 0.0188   -0.7555    0.0188    0    0
7 0    0.0188   -0.7555    0.0188    0
8 0    0    0.0188   -0.7555    0.0188
9 0    0    0    0.0159   -0.2436
10
11
B2 =
13
14 0.0136    0    0    0    0
15 0    0.2723    0    0    0
16 0    0    0.2723    0    1.0000
17 0    0    0    0.2723    0
18 0    0    0    0    0.0069
19
20
D1 =
22
23 1    0    0    0    0
24 0    1    0    0    0
25 0    0    1    0    0
26 0    0    0    1    0
27 0    0    0    0    1
28
Matriz de Controlabilidad
controlab =
31
32 Columns 1 through 12
33
34 0.0136    0    0    0    0    -0.0000    0.0000    0    ↵
35 0    0.2723    0    0    0    0.0000    -0.0000    0    ↵
36 0    0    0.0000   -0.0000    0.0000    0    0.0000    -0.0000    0.0000    ↵
37 0    0    0.2723    0    1.0000    0    0.0000   -0.0000    0.0000    ↵
38 0    0    0    0.2723    0    0    0    0.0000    0.0000    ↵
39 0    0    0    0    0.0069    0    0    0    0    ↵
40 Columns 13 through 24
41
42 0.0000    0    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    ↵
43 -0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000    ↵
44 -0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000    0.0000
```

```

44  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  ↵
      0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000
45  -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000  ↵
      -0.0000  0.0000  -0.0000  0.0000
46  0.0000  -0.0000  0.0000  0  0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000  ↵
      0.0000  -0.0000  0.0000  -0.0000
47
48 Column 25
49
50  0.0000
51  -0.0000
52  0.0000
53  -0.0000
54  0.0000
55
56
57 El rango es:
58 ans =
59
60  5
61
62 diary off

```

Tenemos el rango de la matriz de controlabilidad es 5 por lo tanto queda demostrada la controlabilidad completa del sistema.

B) Demostrar la Observabilidad Completa del sistema.

Usaremos la función *obsv* para calcular directamente la matriz de observabilidad del sistema dado seguidamente usaremos la función *rank* para calcular el rango de esta matriz. Sea el siguiente script de MATLAB

```

clc;clear all; close all;
A=1e-6*[-73.81 2.58 0 0 0;1.88 -75.55 1.88 0 0;0 1.88 -75.55 1.88 0;0 0 1.88 -75.55 ↵
      1.88;0 0 0 1.59 -24.36]
B=[0.01361 0 0 0 0;0 0.2723 0 0 0;0 0 0.2723 0 1;0 0 0 0.2723 0;0 0 0 0 0.00689]
D=eye(5)
fprintf('Matriz de Observabilidad\n')
obsrv=obsv(A,D)
fprintf('El rango es:');
rank(obsrv(A,B))

```

El resultado de este script es el siguiente.

```

A1 =
2
3  1.0e-04 *
4
5  -0.7381    0.0258         0         0         0
6   0.0188   -0.7555    0.0188         0         0
7         0    0.0188   -0.7555    0.0188         0
8         0         0    0.0188   -0.7555    0.0188
9         0         0         0    0.0159   -0.2436
10
11
12 B2 =
13
14  0.0136         0         0         0         0
15         0    0.2723         0         0         0
16         0         0    0.2723         0    1.0000
17         0         0         0    0.2723         0
18         0         0         0         0    0.0069
19
20

```

```

D1 =
22
23     1     0     0     0     0
24     0     1     0     0     0
25     0     0     1     0     0
26     0     0     0     1     0
27     0     0     0     0     1
28
Matriz de Observabilidad
30
observ =
32
33     1.0000     0     0     0     0
34     0     1.0000     0     0     0
35     0     0     1.0000     0     0
36     0     0     0     1.0000     0
37     0     0     0     0     1.0000
38    -0.0001     0.0000     0     0     0
39     0.0000    -0.0001     0.0000     0     0
40     0     0.0000    -0.0001     0.0000     0
41     0     0     0.0000    -0.0001     0.0000
42     0     0     0     0.0000    -0.0000
43     0.0000    -0.0000     0.0000     0     0
44    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000     0
45     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
46     0     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000
47     0     0     0.0000    -0.0000     0.0000
48    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000     0
49     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
50    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000
51     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
52     0     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000
53     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
54    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000
55     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
56    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000
57     0.0000    -0.0000     0.0000    -0.0000     0.0000
58
El rango es:
59
60
61
62     5
63
diary off

```

Tenemos el rango de la matriz de observabilidad es 5 por lo tanto queda demostrada la observabilidad completa del sistema.

C) Calcular la matriz de ganancias del Observador de Estado.

Usaremos la operaciones simbolicas para calcular esta matriz de ganancias, los valores propios deseados se encuentran en el vector P.

```

clc;clear all; close all;
A=1e-6*[-73.81 2.58 0 0 0;1.88 -75.55 1.88 0 0;0 1.88 -75.55 1.88 0;0 0 1.88 -75.55 0;
1.88 0 0 1.59 -24.36]
B=[0.01361 0 0 0 0;0 0.02723 0 0 0;0 0 0.02723 0 1;0 0 0 0.02723 0;0 0 0 0 0.00689]
D=eye(5);
p=[-2+4i -2-4i -1+5i -1-5i -0.5];
%k=place(A',D,p)
syms z k k11 k12 k13 k14 k15 k21 k22 k23 k24 k25 k31 k32 k33 k34 k35 k41 k42 k43 k44 k45 k51
k52 k53 k54 k55;
caract=children(collect((z-(-2+4i))*(z-(-2-4i))*(z-(-1+5i))*(z-(-1-5i))*(z-(-0.5))))
k=[k11 k12 k13 k14 k15;k21 k22 k23 k24 k25;k31 k32 k33 k34 k35;k41 k42 k43 k44 k45;k51
k52 k53 k54 k55];
error=z*eye(5)-(A-k*D)
mdl=children(collect(det(error)))

```

```
eqns=[caract(1)==pol(1),caract(2)==pol(2),caract(3)==pol(3),caract(4)==pol(4),caract(5)==pol(5),caract(6)==pol(6)];
[k11 k12 k13 k14 k15 k21 k22 k23 k24 k25 k31 k32 k33 k34 k35 k41 k42 k43 k44 k45 k51 k52 k53 k54 k55] = solve(eqns,[k11 k12 k13 k14 k15 k21 k22 k23 k24 k25 k31 k32 k33 k34 k35 k41 k42 k43 k44 k45 k51 k52 k53 k54 k55])
```

En la línea 9 se usará la ecuación dada en la hoja de teoría.

```
1
2 A2 =
3
4 1.0e-04 *
5
6 -0.7381    0.0258    0    0    0
7 0.0188    -0.7555    0.0188    0    0
8 0    0.0188    -0.7555    0.0188    0
9 0    0    0.0188    -0.7555    0.0188
10 0    0    0    0.0159    -0.2436
11
12 B3 =
13
14
15 0.0136    0    0    0    0
16 0    0.2723    0    0    0
17 0    0    0.2723    0    1.0000
18 0    0    0    0.2723    0
19 0    0    0    0    0.0069
20
21 D2 =
22
23
24 1    0    0    0    0
25 0    1    0    0    0
26 0    0    1    0    0
27 0    0    0    1    0
28 0    0    0    0    1
29
30 caract =
31
32 z^5, (13*z^4)/2, 57*z^3, 171*z^2, 592*z, 260]
33
34
35 error =
36
37 k11 + z + 680777090040251/9223372036854775808, k12 -
38 3045926381450921/1180591620717411303424, k13, k14, k15]
39 k21 - 2219512246948733/1180591620717411303424, k22 + z +
40 2787303029537513/36893488147419103232, k23 - k24, k25]
41 2219512246948733/1180591620717411303424, k31, k32 -
42 2219512246948733/1180591620717411303424, k33 + z +
43 2787303029537513/36893488147419103232, k34 - k35]
44 2219512246948733/1180591620717411303424, k41, k42, k43 -
45 2219512246948733/1180591620717411303424, k44 + z +
46 2787303029537513/36893488147419103232, k45 -
47 2219512246948733/1180591620717411303424]
48 k51, k52, k53, k54 -
49 469285169235171/295147905179352825856, k55 + z +
50 3594901485084517/147573952589676412928]
51
52 diary off
```

Apartir de este punto se tiene que calcular el determinante de la matriz de error e igualar este

a a la matriz característica con los polos deseados esta ecuación se encuentra en la línea 33, seguidamente se usará la función *solve* para calcular las ganancias deseadas. para simplificar estas operaciones se usó la función *place* dando la siguiente matriz de ganancias.

```

ki =
2
3  1.9999261900000000    4.0000018800000000          0          0 ←
4 -3.9999974200000000    1.9999244500000000    0.0000018800000000          0 ←
5          0    0.0000018800000000    0.9999244500000000    5.0000018800000000 ←
6          0          0    -4.9999812000000000    0.9999244500000000 ←
7          0          0          0    0.0000018800000000 ←
0.4999756400000000
diary off

```