# Práctica 4. Evaluación de un de un robot serial en el espacio

1. **Objetivo de la práctica**

*El alumno evaluará la capacidad cinemática de movilidad que tiene un robot 3R en el espacio durante la realización de una tarea mediante el índice de manipulabilidad.*

1. **Metas**

Para la realización de la práctica se deben cumplir las siguientes metas:

* El alumno programará una simulación de una planeación de trayectorias en el espacio de trabajo del robot 3R en el espacio, en la cual moverá su efector final de un punto a otro dentro de su espacio de trabajo.
* Para la planeación se programará una solución analítica dentro de la interfase de Simulink.
* De la simulación de la trayectoria en el espacio de trabajo del robot el alumno obtendrá las gráficas del comportamiento cinemático de la posición, las velocidades y de los pares obtenidos en cada una de las juntas, además de la gráfica del índice de manipulabilidad (El determinante de la matriz Jacobiana).

1. **Antecedentes**

Los robots son sistemas mecatrónicos los cuales tienen la capacidad de interactuar con su entorno manipulando materiales y herramientas con el fin de realizar algún tipo de tarea. La capacidad de un robot de realizar una tarea depende de las características de la configuración de su estructura mecánica. Actualmente, se ha propuesto varios criterios para evaluar la capacidad cinemática de un robot de manipular un objeto dentro de su espacio de trabajo en función de su postura. Uno de los criterios más utilizados para estimar la capacidad cinemática de un robot es el índice de manipulabilidad el cual se obtiene del cálculo del determinante de la matriz Jacobiana.

1. **Conocimientos previos**

Los conocimientos necesarios para la realización de la práctica:

* Conocimientos básicos de Matlab.
* Conocimientos básicos de Simulink.

1. **Materiales y Equipo**

Para la realización de la práctica es necesario contar con lo siguiente:

* Una computadora con Matlab con Simulink y Simscape Multibody.
* Tener instalado el recurso de Multibody.
* Archivos para generar la simulación.

1. **Preparativos previos y recomendaciones**

* Descargar el paquete de archivos comprimidos “Robot\_RRR\_vert2.zip”, y descomprimirlos en una carpeta específica.

1. **Desarrollo de la práctica**
2. Colocarse en la ventana de “Current Folder” correspondiente a la práctica 3.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Figura 4.. Archivos ubicados en la ventana del Current Folder

1. Abrir Simulink y el archivo de archivo de la simulación de la práctica 3.

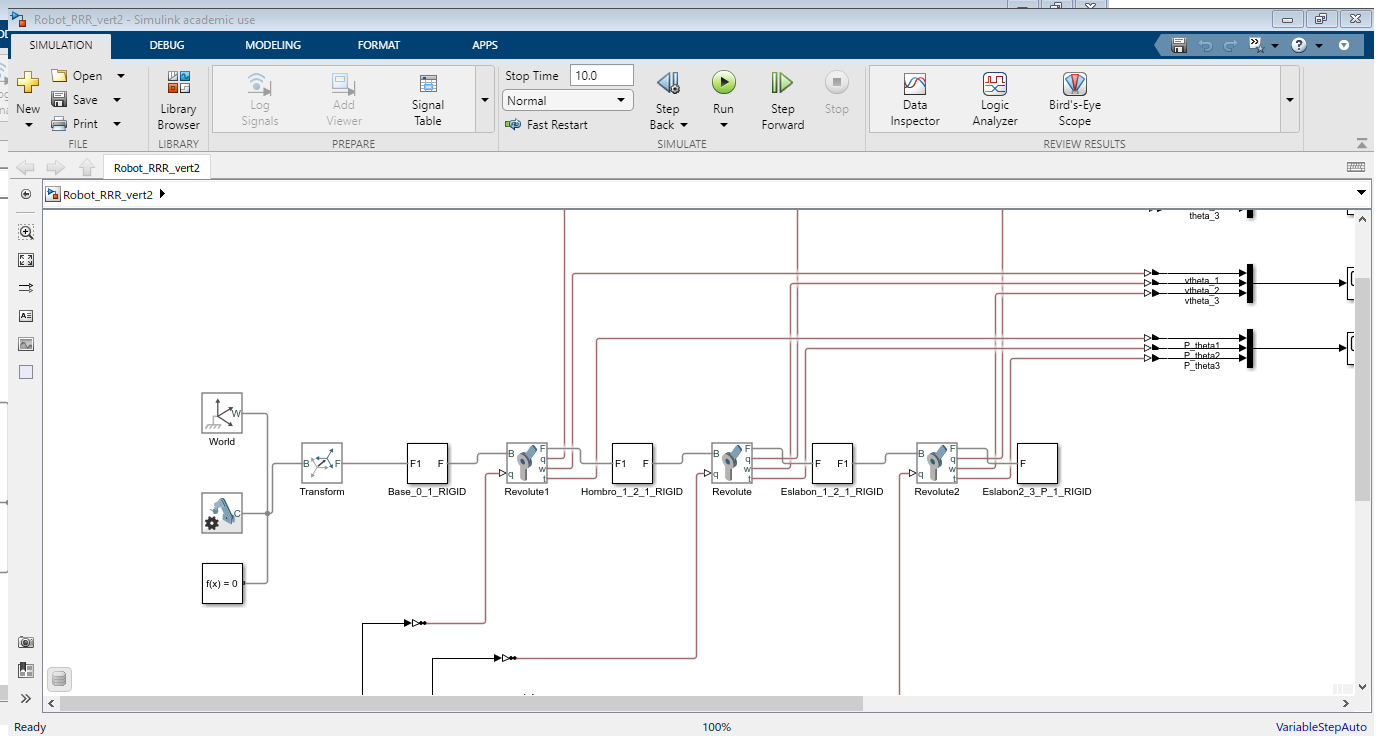


Figura 4.2. Diagrama de la simulación del robot RRR.

1. Para implementar las simulaciones es necesario crear una función con el fin de calcular las posturas iniciales y finales del robot al inicio de cada simulación, por lo que hay crear un nuevo Script en un archivo .m, y colocar el siguiente código:

\*Nota: el script debe llamarse igual que la función “postura”.

1. Generar la información de la trayectoria y de las juntas mediante la programación del siguiente script.

%%%Programa de solución analítica de un robot 3R en el espacio

%Definición de la trayectoria%%%%%%%%

%Punto inicial%%%%%%%%%%%%

x\_in = 0.25;

y\_in = 0.20;

z\_in = 0.05;

%Punto final%%%%%%%%%%%%%%

x\_fin = 0.25;

y\_fin = -0.20;

z\_fin = 0.15;

%Definición de los parámetros de la trayectoria%%%%%%%%%%%%

t\_total = 10;

t\_in = 0.1;

t\_sim = 0:t\_in:t\_total;

%Puntos de la trayectoria%%%%%%%%%%%%%%

xp = x\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(x\_fin-x\_in);

yp = y\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(y\_fin-y\_in);

zp = z\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(z\_fin-z\_in);

plot3(xp,yp,zp)

grid on

title('Trayectoria')

xlabel('x')

ylabel('y')

zlabel('z')

%%%%%%%parametros del robot

b1 = 0.085;%0z1

L1 = 0.25; %1z2

L2 = 0.2875;%2z3

%%Cálculo de la solución analítica

z1 = [0;0;1]; %Vector de dirección z1

z1\_n = 1; %Norma del vector z1

p0\_1 = [0;0;b1]; %Posición del sistema 1 con respecto al sistema 0

for i=1:length(t\_sim)

p0\_P = [xp(i);yp(i);zp(i)]; %Vector de posición del sistema P con respecto a 0

p1\_P = p0\_P-p0\_1;

%Vector de posición del sistema P con respecto a 1

nor\_p1\_P = norm(p1\_P);

%Cálculo de la norma del vector p1\_P

produc\_p = dot(z1,p1\_P);

ang\_phi = acos(dot(z1,p1\_P)/(norm(p1\_P)\*z1\_n));

ang\_alfa = acos((L1^2+nor\_p1\_P^2-L2^2)/(2\*L1\*nor\_p1\_P));

theta1\_analitic(i) = atan2(yp(i),xp(i));

theta2\_analitic(i) = ang\_phi-ang\_alfa;

theta3\_analitic(i) = pi-asin(nor\_p1\_P\*sin(ang\_alfa)/L2);

end

%%Grafica de la postura de las juntas

figure

plot(t\_sim,theta1\_analitic,t\_sim,theta2\_analitic,t\_sim,theta3\_analitic)

grid on

title('Posiciones angulares numerico')

xlabel('t')

ylabel('rad/s')

legend({'theta1','theta2','theta3'},'Location','southwest')

%%Generación de las señales de salida

t = transpose(t\_sim);

theta1\_geo = transpose(-theta1\_analitic);

theta2\_geo = transpose(-theta2\_analitic);

theta3\_geo = transpose(theta3\_analitic);

signal\_theta1geo = [t theta1\_geo];

signal\_theta2geo = [t theta2\_geo];

signal\_theta3geo = [t theta3\_geo];

%Cálculo de la inversa cinemática

for i=1:length(t\_sim)

theta1\_sol = theta1\_analitic(i);

theta2\_sol = theta2\_analitic(i);

theta3\_sol = theta3\_analitic(i);

J11 = -sin(theta1\_sol)\*(L2\*sin(theta2\_sol+theta3\_sol)+L1\*sin(theta2\_sol));

J12 = cos(theta1\_sol)\*(L2\*cos(theta2\_sol+theta3\_sol)+L1\*cos(theta2\_sol));

J13 = L2\*cos(theta2\_sol+theta3\_sol)\*cos(theta1\_sol);

J21 = cos(theta1\_sol)\*(L2\*sin(theta2\_sol+theta3\_sol)+L1\*sin(theta2\_sol));

J22 = sin(theta1\_sol)\*(L2\*cos(theta2\_sol+theta3\_sol)+L1\*cos(theta2\_sol));

J23 = L2\*cos(theta2\_sol+theta3\_sol).\*sin(theta1\_sol);

J31 = 0;

J32 = -L2\*sin(theta2\_sol+theta3\_sol)-L1\*sin(theta2\_sol);

J33 = -L2\*sin(theta2\_sol+theta3\_sol);

J = [J11,J12,J13;J21,J22,J23;J31,J32,J33];

pvx = xpv(i);

pvy = ypv(i);

pvz = zpv(i);

pv = [pvx;pvy;pvz];

qv = inv(J)\*pv;

theta1v\_n(i)=-qv(1);

theta2v\_n(i)=-qv(2);

theta3v\_n(i)=qv(3);

w(i) = det(J);

end

figure

plot(t\_sim,w)

grid on

title('Manipulabilidad')

xlabel('t')

ylabel('w')

figure

plot(t\_sim,theta1v\_n,t\_sim,theta2v\_n,t\_sim,theta3v\_n)

grid on

title('Velocidades angulares numerico')

xlabel('t')

ylabel('rad/s')

legend({'theta1','theta2','theta3'},'Location','southwest')

Para finalizar es necesario correr el script para generar la información en el espacio de trabajo.

5. Modificar la trayectoria para que corresponda a la siguiente ecuación

Forma, Flecha

Descripción generada automáticamente

%%%%Trayectoria en el espacio %%%%

xc = 0.25;

yc = 0.0;

zc = 0.2;

A = 0.1;

B = 0.05;

ang\_gama = pi/3;

ang\_beta = pi/6;

ang\_alpha = pi/6;

thetae\_in = 0;

thetae\_fin = 2\*pi;

%Definición de los parámetros de la trayectoria

t\_total = 10;

t\_in = 0.1;

t\_sim = 0:t\_in:t\_total;

%theta\_e= thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in)

% theta\_ev = ((30/t\_total^3)\*t\_sim.^2-(60/t\_total^4)\*t\_sim.^3+(30/t\_total^5)\*t\_sim.^4)\*(thetae\_fin-thetae\_in)

xp = xc-B\*sin(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in))\*(cos(ang\_gama)\*sin(ang\_alpha)-cos(ang\_alpha)\*sin(ang\_beta)\*sin(ang\_gama))+A\*cos(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in))\*cos(ang\_alpha)\*cos(ang\_beta);

yp = yc+B\*sin(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in))\*(cos(ang\_gama)\*cos(ang\_alpha)+sin(ang\_alpha)\*sin(ang\_beta)\*sin(ang\_gama))+A\*cos(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in))\*sin(ang\_alpha)\*cos(ang\_beta);

zp = zc-A\*cos(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in))\*sin(ang\_beta)+B\*cos(ang\_beta)\*sin(ang\_gama)\*sin(thetae\_in+((10/t\_total^3)\*t\_sim.^3-(15/t\_total^4)\*t\_sim.^4+(6/t\_total^5)\*t\_sim.^5)\*(thetae\_fin-thetae\_in));

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Grafica de la trayectoria

plot3(xp,yp,zp)

grid on

title('Trayectoria')

xlabel('x')

ylabel('y')

zlabel('z')

6. Determinar los parámetros de la trayectoria propuesta en el punto anterior de tal manera que la trayectoria resultante la pueda realizar el robot.

7. Implementar los datos obtenidos en la simulación

Imagen que contiene Gráfico de cajas y bigotes

Descripción generada automáticamente

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 4.3. Implementación de la información en la simulación.

1. Extraer la información de la simulación

La información de la simulación que se debe extraer son las gráficas:

* Las posturas de sus juntas
* De las velocidades en las juntas del robot
* Los pares en cada una de las juntas del robot
* La gráfica del índice de manipulabilidad del robot

1. **Resultados**

Los resultados esperados son los siguientes:

* Simulación del robot realizando las trayectorias establecidas en cada una de las planeaciones.

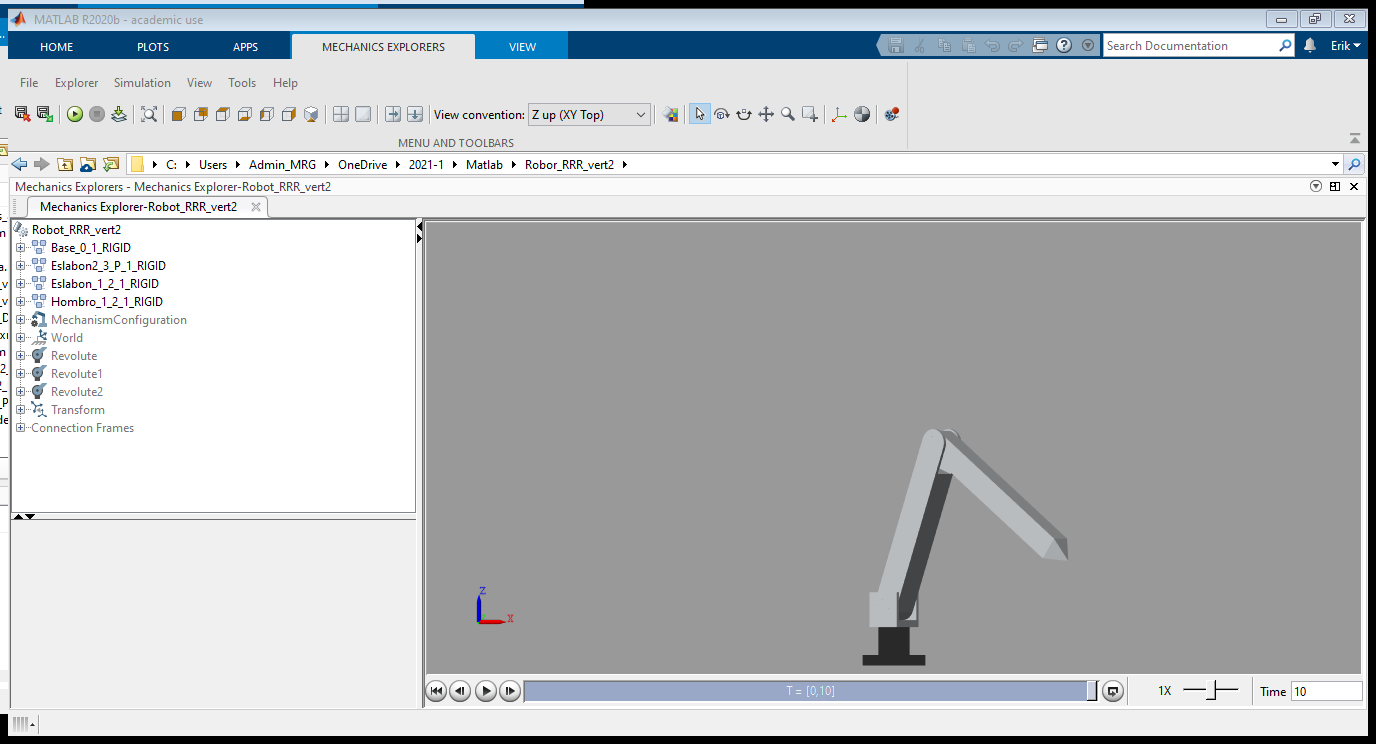


Figura 4.4.Resultado de la simulación del robot RRR.

* Graficas de las Y las gráficas de las posturas, velocidades angulares y pares de cada una de las juntas calculada de manera analítica utilizando un método geométrico.
* Y las gráficas de las posturas, velocidades angulares y pares de cada una de las juntas que muestran en los bloques *Dashboard Scope*.
* Comparación del comportamiento cinemático y dinámico de cada una de las simulaciones.

\*Las gráficas deben contener título y leyenda sobre los ejes.

1. **Conclusiones**

La conclusión de una práctica se establece conforme al objetivo de la práctica y el complimiento de las metas planteadas para su realización.

**Bibliografía**

* Reporte de robot serial, clase de termas selectos de robótica semestre 2019-2.
* Documentación de Simscape Multibody de Matlab.
* Material de apuntes de clase.