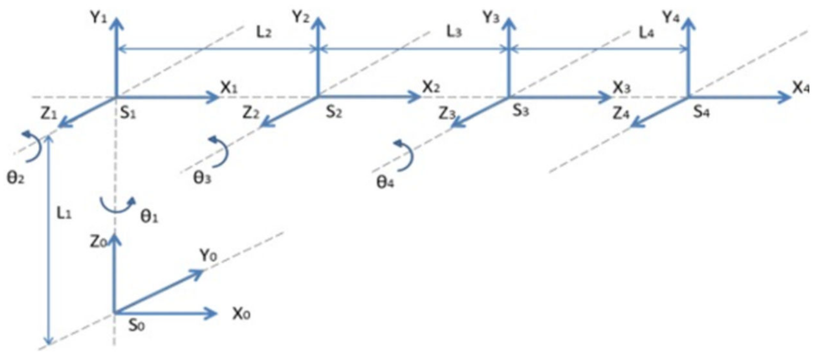
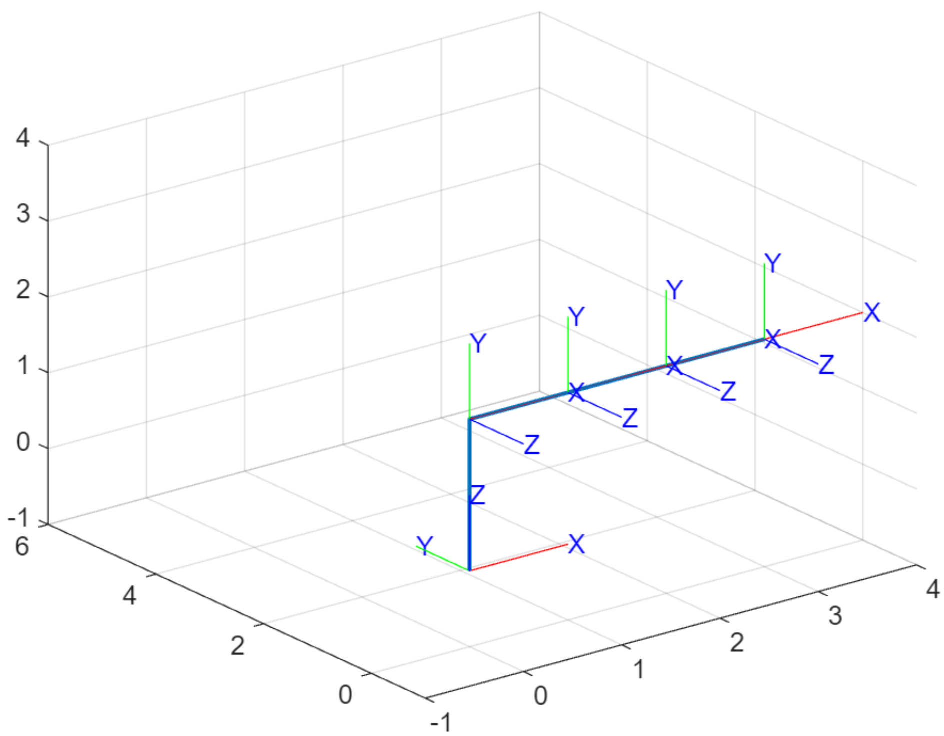
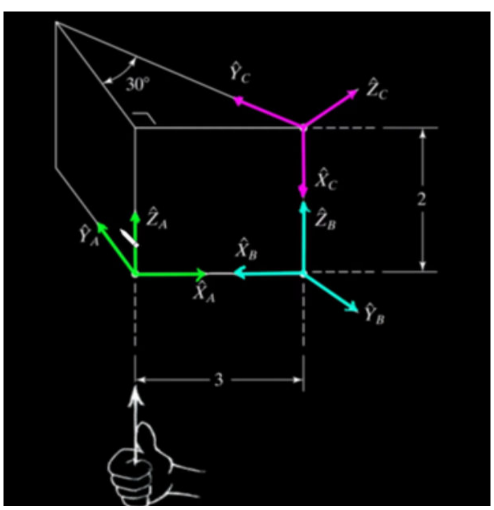
Presentación Final (Cinemática Diferencial de Piernas)




```
%Limpieza de pantalla
clear all
close all
clc

%Calculamos las matrices de transformación homogénea
H0=SE3;
H1=SE3(rotx(pi/2), [0 0 2]);
H2=SE3(roty(0), [1 0 0]);
H3=SE3(roty(0), [1 0 0]);
H4=SE3(roty(0), [1 0 0]);

H20 = H1*H2;
H30 = H20*H3;
H40 = H30*H4;


%Coordenadas de la estructura de translación y rotación
x=[0 0 1 2 3 ];
y=[0 0 0 0 0 ];
z=[0 2 2 2 2 ];

plot3(x, y, z,'LineWidth', 1.5); axis([-1 4 -1 6 -1 4]); grid on;
hold on;

%Graficamos la trama absoluta o global
trplot(H0,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 4])
%
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H0, H1,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
 tranimate(H1, H20,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
```

```
 %pause;
  tranimate(H20, H30,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H30, H40,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])

hold off
```



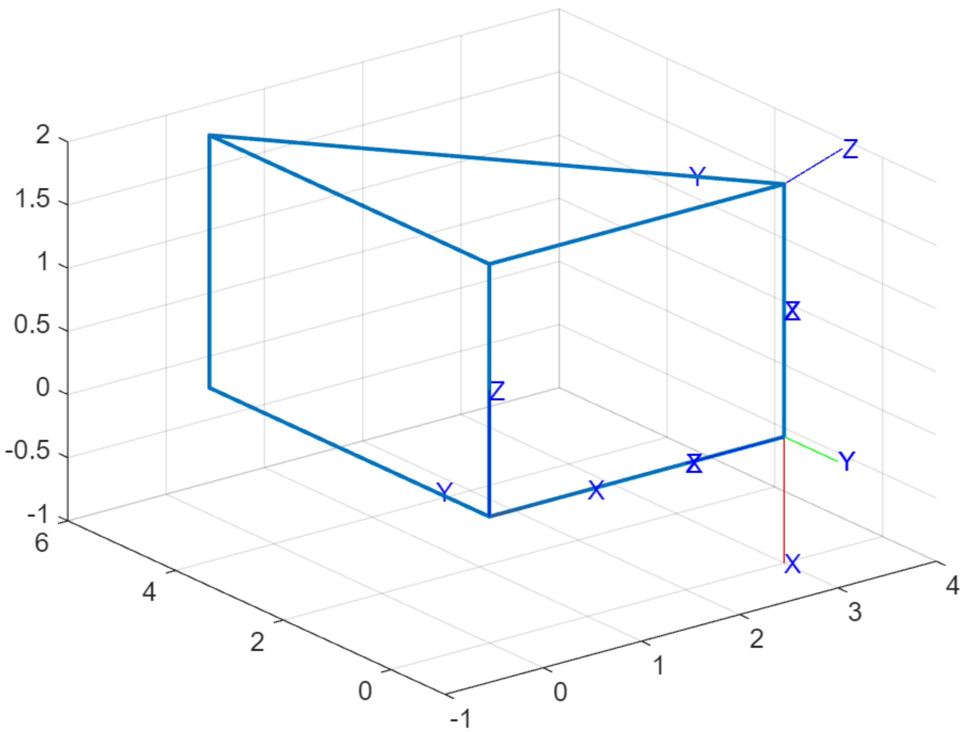


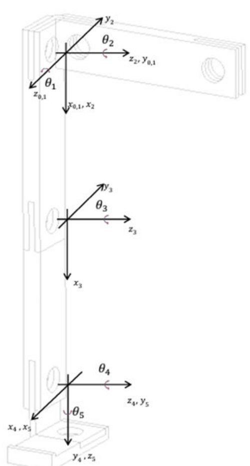

```
%Calculamos las matrices de transformación homogénea
H0=SE3;
H1=SE3(rotz(pi), [3 0 0]);
```

```
H2=SE3(roty(pi/2), [0 0 0]);
H3=SE3(rotx(150*pi/180), [-2 0 0]);

H20= H1*H2;
H30= H20*H3; %Matriz de transformación homogenea global de 3 a 0

%Coordenadas de la estructura de translación y rotación
x=[0 3 3 0 0 0     0     0 0     3];
y=[0 0 0 0 0 5.196 5.196 0 5.196 0];
z=[0 0 2 2 0 0     2     2 2     2];

plot3(x, y, z,'LineWidth', 1.5); axis([-1 4 -1 6 -1 2]); grid on;
hold on;

%Graficamos la trama absoluta o global
trplot(H0,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
%
% %Realizamos una animación para la siguiente trama

  tranimate(H0, H1,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
% %Realizamos una animación para la siguiente trama

 tranimate(H1, H20,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siguiente trama

  tranimate(H20, H30,'rgb','axis', [-1 4 -1 6 -1 2])
  disp(H30);
```

```
         0     -0.5    0.866        3
         0    0.866      0.5        0
        -1        0        0        2
         0        0        0        1
```

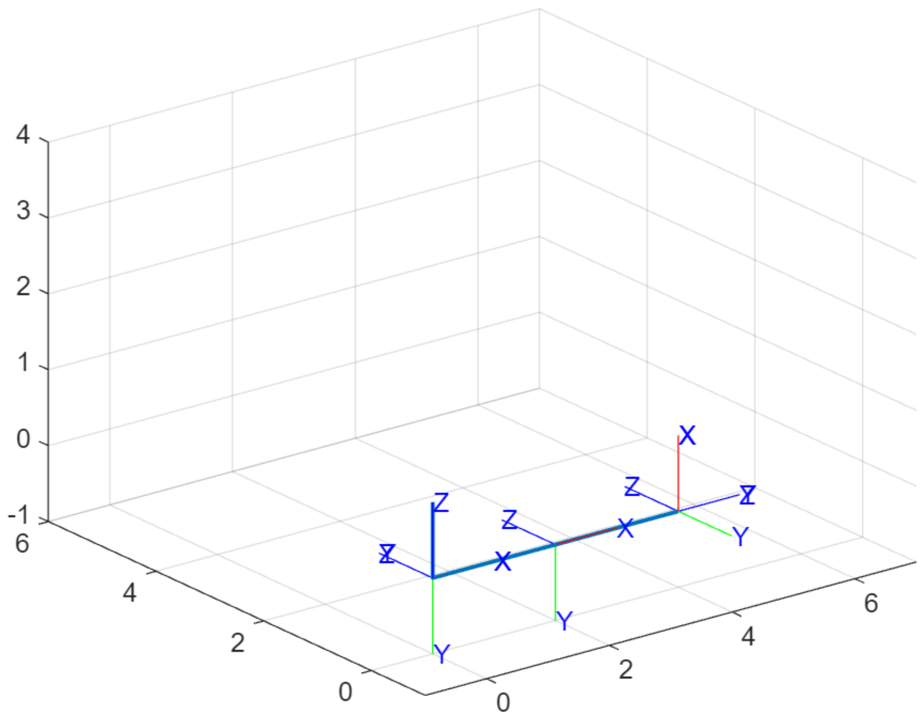
```
hold off
```

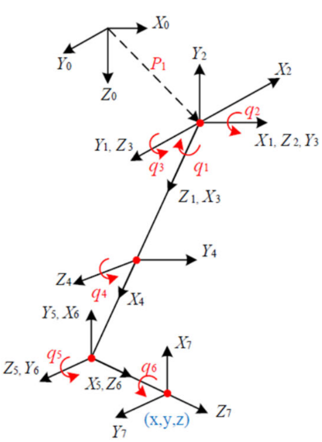




```
%Calculamos las matrices de transformación homogénea
H0=SE3;
H1=SE3(rotx(-pi/2), [0 0 0]);
H2=SE3(rotx(0), [2 0 0]);
H3=SE3(rotz(-pi/2), [2 0 0]);
H4=SE3(rotx(-pi/2), [0 0 0]);
%H5=SE3(rotz(pi/2), [0 0 1]);
%H6=SE3(rotz(0), [0 0 1]);

H20 = H1*H2;
H30 = H20*H3;
```

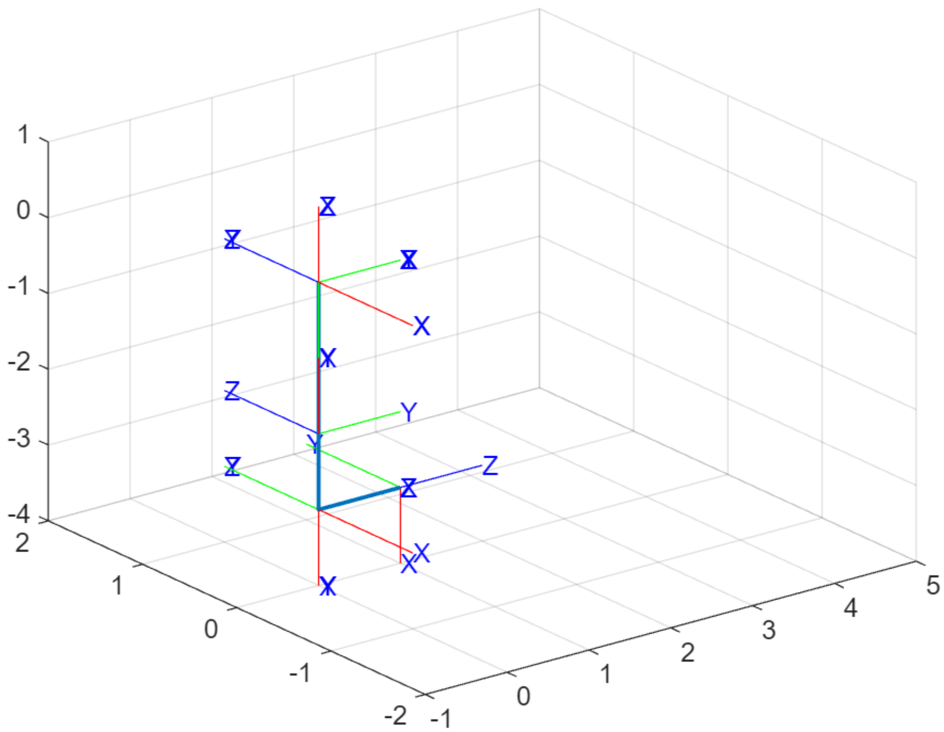
```
H40 = H30*H4;
%H50 = H40*H5;
%H60 = H50*H6;

%Coordenadas de la estructura de translación y rotación
x=[0 0 2 4 ];
y=[0 0 0 0 ];
z=[1 0 0 0 ];

plot3(x, y, z,'LineWidth', 1.5); axis([-1 7  -1 6 -1 4]); grid on;
hold on;

%Graficamos la trama absoluta o global
trplot(H0,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
%
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H0, H1,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
 tranimate(H1, H20,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H20, H30,'rgb','axis', [-1 77 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siuiente trama
 %pause;
  tranimate(H30, H40,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  %tranimate(H40, H50,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

  %tranimate(H50, H60,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

hold off
```






```
%Calculamos las matrices de transformación homogénea
H0=SE3;
H1=SE3(rotx(-pi/2), [0 0 0]);
H2=SE3(roty(pi/2), [0 0 0]);%2
H3=SE3(rotx(pi/2), [0 0 0]);
H4=SE3(roty(-pi/2), [0 0 0]); %3
H5=SE3(rotz(0), [-2 0 0]);%4
H6=SE3(rotz(pi/2), [-1 0 0]);%5
H7=SE3(roty(pi/2), [0 0 0]);
H8=SE3(rotz(pi/2), [0 0 0]);
H9=SE3(rotz(0), [0 0 1]);
```

```
H20 = H1*H2;
H30 = H20*H3;
H40 = H30*H4;
H50 = H40*H5;
H60 = H50*H6;
H70 = H60*H7;
H80 = H70*H8;
H90 = H80*H9;

%Coordenadas de la estructura de translación y rotación
x=[0  0  0  1 ];
y=[0  0  0  0 ];
z=[0 -2 -3 -3 ];

plot3(x, y, z,'LineWidth', 1.5); axis([-1 5  -2 2 -4 1]); grid on;
hold on;

%Graficamos la trama absoluta o global
trplot(H0,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
%
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H0, H1,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
% %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
 tranimate(H1, H20,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H20, H30,'rgb','axis', [-1 77 -1 6 -1 2])
% % %Realizamos una animación para la siuiente trama
 %pause;
  tranimate(H30, H40,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

% % %Realizamos una animación para la siguiente trama
 %pause;
  tranimate(H40, H50,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

  tranimate(H50, H60,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

  tranimate(H60, H70,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

  tranimate(H70, H80,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

  tranimate(H80, H90,'rgb','axis', [-1 7 -1 6 -1 2])

hold off
```




```
%Declaración de variables simbólicas
syms th1(t) th2(t) th3(t) th4(t) th5(t) th6(t) th7(t) t a1 a2 a3

%Configuración del robot, 0 para junta rotacional, 1 para junta prismática
RP=[0 0 0 0 0 0 0];

%Creamos el vector de coordenadas articulares
Q= [th1, th2, th3, th4, th5, th6, th7];
%disp('Coordenadas generalizadas');
%pretty (Q);

%Creamos el vector de velocidades generalizadas
Qp= diff(Q, t);
%disp('Velocidades generalizadas');
%pretty (Qp);
%Número de grado de libertad del robot
GDL= size(RP,2);
GDL_str= num2str(GDL);

  y_transf= [0 0 1;   %y 90
             0 1 0;
            -1 0 0];

  x_transf= [1  0       0;       %x 150
             0 -0.8660 -0.5000 ;
```

```
             0  0.5    -0.8660];

 Rot2= y_transf*x_transf;
%
%  rotacion_z= [cos(th2) -sin(th2)  0;
%               sin(th2)  cos(th2)  0;
%                0         0        1];
%
%  transfor_2= x_transf*rotacion_z;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
rotx = [1  0  0;
        0  0  1;
        0 -1  0];

roty = [ 0  0  1;
         0  1  0;
        -1  0  0];

rotz = [0 -1  0;
        1  0  0;
        0  0  1];

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

%% Articulaciones
P = sym(zeros(3, 1, GDL));
R = sym(zeros(3, 3, GDL));

%Articulación 1
%Posición de la articulación 1 respecto a 0
P(:,:,1)= [0;0;0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
Rotz_1 = [cos(th1) -sin(th1)  0;
          sin(th1)  cos(th1)  0;
          0         0         1];


R(:,:,1) = Rotz_1*rotx*roty;

%Articulación 2
%Posición de la articulación 2 respecto a 1
P(:,:,2)= [0; 0;0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
Rotz_2 = [cos(th2) -sin(th2)  0;
          sin(th2)  cos(th2)  0;
          0         0         1];

R(:,:,2) = Rotz_2*rotx*roty;
```

```
%Articulación 3
%Posición de la articulación 3 respecto a 2
P(:,:,3)= [0; 0;0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
Rotz_3 = [cos(th3) -sin(th3)  0;
          sin(th3)  cos(th3)  0;
          0         0         1];

R(:,:,3) = Rotz_3;

%Articulación 4
%Posición de la articulación 3 respecto a 2
P(:,:,4)= [a1; 0; 0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
R(:,:,4)= [cos(th4) -sin(th4)  0;
           sin(th4)  cos(th4)  0;
           0         0         1];

%Articulación 5
%Posición de la articulación 3 respecto a 2
P(:,:,5)= [a2; 0; 0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
Rotz_5 = [cos(th5) -sin(th5)  0;
          sin(th5)  cos(th5)  0;
          0         0         1];

R(:,:,5) = rotz*Rotz_5;

%Articulación 6
%Posición de la articulación 3 respecto a 2
P(:,:,6)= [0; 0;0];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
Rotz_6 = [cos(th6) -sin(th6)  0;
          sin(th6)  cos(th6)  0;
          0         0         1];

R(:,:,6) = roty*rotz*Rotz_6;

%Articulación 7
%Posición de la articulación 3 respecto a 2
P(:,:,7)= [0; 0; a3];
%Matriz de rotación de la junta 1 respecto a 0....
R(:,:,7)= [1  0  0;
           0  1  0;
           0  0  1];



%Creamos un vector de ceros
Vector_Zeros= zeros(1, 3);
```

```
%Inicializamos las matrices de transformación Homogénea locales
A(:,:,GDL)=simplify([R(:,:,GDL) P(:,:,GDL); Vector_Zeros 1]);
%Inicializamos las matrices de transformación Homogénea globales
T(:,:,GDL)=simplify([R(:,:,GDL) P(:,:,GDL); Vector_Zeros 1]);
%Inicializamos las posiciones vistas desde el marco de referencia inercial
PO(:,:,GDL)= P(:,:,GDL);
%Inicializamos las matrices de rotación vistas desde el marco de referencia inercial
RO(:,:,GDL)= R(:,:,GDL);


for i = 1:GDL
    i_str= num2str(i);
   %disp(strcat('Matriz de Transformación local A', i_str));
    A(:,:,i)=simplify([R(:,:,i) P(:,:,i); Vector_Zeros 1]);
   %pretty (A(:,:,i));

   %Globales
    try
       T(:,:,i)= T(:,:,i-1)*A(:,:,i);
    catch
       T(:,:,i)= A(:,:,i);
    end
    disp(strcat('Matriz de Transformación global T', i_str));
    T(:,:,i)= simplify(T(:,:,i));
    pretty(T(:,:,i));

    RO(:,:,i)= T(1:3,1:3,i);
    PO(:,:,i)= T(1:3,4,i);
    %pretty(RO(:,:,i));
    %pretty(PO(:,:,i));
end
```

```
Matriz de Transformación global T1
/  sin(th1(t)),  0, cos(th1(t)), 0 \
|                                  |
| -cos(th1(t)),  0, sin(th1(t)), 0 |
|                                  |
|       0,      -1,      0,      0 |
|                                  |
\       0,       0,      0,      1 /
Matriz de Transformación global T2
/  sin(th1(t)) sin(th2(t)), -cos(th1(t)),  cos(th2(t)) sin(th1(t)), 0 \
|                                                                     |
| -cos(th1(t)) sin(th2(t)), -sin(th1(t)), -cos(th1(t)) cos(th2(t)), 0 |
|                                                                     |
|        cos(th2(t)),            0,           -sin(th2(t)),      0 |
|                                                                     |
\             0,                  0,                0,            1 /
Matriz de Transformación global T3
/  cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t)) - cos(th1(t)) sin(th3(t)),  - cos(th1(t)) cos(th3(t)) - sin(th1(t)) sin(th2(t
|
| - sin(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t)),  cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t
|
|                       cos(th2(t)) cos(th3(t)),                                          -cos(th2(t)) sin(th3(t)),
```

```
|
\                                0,                                                              0,
Matriz de Transformación global T4
/ - cos(th4(t)) #3 - sin(th4(t)) #4, sin(th4(t)) #3 - cos(th4(t)) #4,  cos(th2(t)) sin(th1(t)), a1 cos(th3(t)) sin(t
|
| - cos(th4(t)) #1 - sin(th4(t)) #2, sin(th4(t)) #1 - cos(th4(t)) #2, -cos(th1(t)) cos(th2(t)),
|
|        cos(th2(t)) cos(#5),             -cos(th2(t)) sin(#5),           -sin(th2(t)),
|
\                 0,                                0,                             0,

where

   #1 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #2 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #3 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #4 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #5 == th3(t) + th4(t)
Matriz de Transformación global T5
/ sin(th5(t)) #2 - cos(th5(t)) #5, cos(th5(t)) #2 + sin(th5(t)) #5,  cos(th2(t)) sin(th1(t)), a1 cos(th3(t)) sin(th1
|
| sin(th5(t)) #3 - cos(th5(t)) #4, cos(th5(t)) #3 + sin(th5(t)) #4, -cos(th1(t)) cos(th2(t)),
|
|       -cos(th2(t)) sin(#1),            -cos(th2(t)) cos(#1),            -sin(th2(t)),                  cos(th2(t)
|
\                0,                                0,                            0,

where

   #1 == th3(t) + th4(t) + th5(t)

   #2 == cos(th4(t)) #8 + sin(th4(t)) #9

   #3 == cos(th4(t)) #6 + sin(th4(t)) #7

   #4 == cos(th4(t)) #7 - sin(th4(t)) #6

   #5 == cos(th4(t)) #9 - sin(th4(t)) #8

   #6 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #7 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #8 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #9 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))
Matriz de Transformación global T6
/     cos(th6(t)) #2 + cos(th2(t)) sin(th1(t)) sin(th6(t)),       cos(th2(t)) cos(th6(t)) sin(th1(t)) - sin(th6(t))
|
|     cos(th6(t)) #3 - cos(th1(t)) cos(th2(t)) sin(th6(t)),      - sin(th6(t)) #3 - cos(th1(t)) cos(th2(t)) cos(th6
|
| - sin(th2(t)) sin(th6(t)) - cos(th2(t)) cos(th6(t)) cos(#1), cos(th2(t)) sin(th6(t)) cos(#1) - cos(th6(t)) sin(th2
|
\                              0,                                                           0,

where

   #1 == th3(t) + th4(t) + th5(t)

   #2 == cos(th5(t)) #4 + sin(th5(t)) #5
```

```
   #3 == cos(th5(t)) #6 + sin(th5(t)) #7

   #4 == cos(th4(t)) #8 + sin(th4(t)) #9

   #5 == cos(th4(t)) #9 - sin(th4(t)) #8

   #6 == cos(th4(t)) #10 + sin(th4(t)) #11

   #7 == cos(th4(t)) #11 - sin(th4(t)) #10

   #8 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #9 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #10 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #11 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))
Matriz de Transformación global T7
/     cos(th6(t)) #2 + cos(th2(t)) sin(th1(t)) sin(th6(t)),       cos(th2(t)) cos(th6(t)) sin(th1(t)) - sin(th6(t))
|
|     cos(th6(t)) #3 - cos(th1(t)) cos(th2(t)) sin(th6(t)),      - sin(th6(t)) #3 - cos(th1(t)) cos(th2(t)) cos(th6(
|
| - sin(th2(t)) sin(th6(t)) - cos(th2(t)) cos(th6(t)) cos(#1), cos(th2(t)) sin(th6(t)) cos(#1) - cos(th6(t)) sin(th2
|
\                              0,                                                          0,

where

   #1 == th3(t) + th4(t) + th5(t)

   #2 == cos(th5(t)) #11 + sin(th5(t)) #9

   #3 == cos(th5(t)) #10 + sin(th5(t)) #8

   #4 == cos(th5(t)) #8

   #5 == cos(th5(t)) #9

   #6 == sin(th5(t)) #10

   #7 == sin(th5(t)) #11

   #8 == cos(th4(t)) #13 - sin(th4(t)) #12

   #9 == cos(th4(t)) #15 - sin(th4(t)) #14

   #10 == cos(th4(t)) #12 + sin(th4(t)) #13

   #11 == cos(th4(t)) #14 + sin(th4(t)) #15

   #12 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #13 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #14 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #15 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))
```

```
%Calculamos el jacobiano lineal de forma analítica
Jv_a(:,GDL)=PO(:,:,GDL);
Jw_a(:,GDL)=PO(:,:,GDL);

for k= 1:GDL
    if RP(k)==0
       %Para las juntas de revolución
        try
            Jv_a(:,k)= cross(RO(:,3,k-1), PO(:,:,GDL)-PO(:,:,k-1));
            Jw_a(:,k)= RO(:,3,k-1);
        catch
            Jv_a(:,k)= cross([0,0,1], PO(:,:,GDL));%Matriz de rotación de 0 con
respecto a 0 es la Matriz Identidad, la posición previa tambien será 0
            Jw_a(:,k)=[0,0,1];%Si no hay matriz de rotación previa se obtiene la
Matriz identidad
         end
     else
%         %Para las juntas prismáticas
        try
            Jv_a(:,k)= RO(:,3,k-1);
        catch
            Jv_a(:,k)=[0,0,1];
        end
            Jw_a(:,k)=[0,0,0];
     end
 end

Jv_a= simplify (Jv_a);
Jw_a= simplify (Jw_a);
disp('Jacobiano lineal obtenido de forma analítica');
```

```
Jacobiano lineal obtenido de forma analítica
```

```
pretty (Jv_a);
```

```
/                                           #7,                                                  sin(th1(t)) #
|
| a1 cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t)) - a3 #4 - a1 cos(th1(t)) sin(th3(t)) - a2 #9,                 -cos(th1(t))
|
|
|                                           0,                                   -sin(th2(t)) (#12 - a3 sin(#1
\

where

   #1 == a1 cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t)) - a2 cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th1(t)) - a1 cos(th3(t)) sin(th1(t

                     2
   #2 == cos(th2(t))

   #3 == - sin(th2(t)) #7 - cos(th1(t)) cos(th2(t)) #8

   #4 == cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #15 - sin(th4(t)) #14) - sin(th5(t)) #9
```

```
#5 == -cos(th2(t)) (a1 sin(th3(t)) + a3 cos(#11) + a2 sin(#13))

#6 == a3 sin(#11) - a2 cos(#13)

#7 == a2 #16 + a3 #10 + a1 #17

#8 == cos(th2(t)) (#12 + a2 cos(#13)) - a3 cos(th2(t)) sin(#11)

#9 == cos(th4(t)) #14 + sin(th4(t)) #15

#10 == cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #18 - sin(th4(t)) #17) - sin(th5(t)) #16

#11 == th3(t) + th4(t) + th5(t)

#12 == a1 cos(th3(t))

#13 == th3(t) + th4(t)

#14 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

#15 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

#16 == cos(th4(t)) #17 + sin(th4(t)) #18

#17 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

#18 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))
```

```
disp('Jacobiano ángular obtenido de forma analítica');
```

```
Jacobiano ángular obtenido de forma analítica
```

```
pretty (Jw_a);
```

```
/ 0, cos(th1(t)), #6, #6, #6, #6, sin(th5(t)) (cos(th4(t)) #2 + sin(th4(t)) #3) - cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #3 - sin
|
| 0, sin(th1(t)), #5, #5, #5, #5, sin(th5(t)) (cos(th4(t)) #4 + sin(th4(t)) #1) - cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #1 - sin
|
\ 1,      0,      #7, #7, #7, #7,                           -cos(th2(t)) sin(th3(t) + th4(t) + th5(t))

where

   #1 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #2 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #3 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #4 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #5 == -cos(th1(t)) cos(th2(t))

   #6 == cos(th2(t)) sin(th1(t))

   #7 == -sin(th2(t))
```

```
disp('Velocidad lineal obtenida mediante el Jacobiano lineal');
```

```
Velocidad lineal obtenida mediante el Jacobiano lineal
```

```
V=simplify (Jv_a*Qp');
pretty(V);
```

```
/                                          #8 #13 - #5 #9 - #4 (sin(th2(t)) (a2 #22 + a3 #16) - cos(th1(t)) #2 #12)
|
| #6 #1 - #8 (a2 #15 + a3 #10 + a1 cos(th1(t)) sin(th3(t)) - a1 cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))) + #5 #1 + #4 (s
|
|               / cos(th2(t) + th3(t) + th4(t) + th5(t))   cos(th3(t) - th2(t) + th4(t) + th5(t)) \
|       - a3 #3 | ------------------------------------- + ------------------------------------- | - #4 cos(th2(t))
\               \                   2                                       2                 /

where

   #1 == a1 cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t)) - a2 cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th1(t)) - a1 cos(th3(t)) sin(th1(t

                       2
   #2 == cos(th2(t))

         _________
          d
   #3 == -- th6(t)
         dt

         _________
          d
   #4 == -- th5(t)
         dt

         _________
          d
   #5 == -- th4(t)
         dt

         _________
          d
   #6 == -- th3(t)
         dt

         _________
          d
   #7 == -- th2(t)
         dt

         _________
          d
   #8 == -- th1(t)
         dt

   #9 == sin(th2(t)) #13 + cos(th1(t)) cos(th2(t)) #14

   #10 == cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #21 - sin(th4(t)) #20) - sin(th5(t)) #15

   #11 == a1 sin(th3(t)) + a3 cos(#17) + a2 sin(#19)

   #12 == a3 sin(#17) - a2 cos(#19)

   #13 == a2 #22 + a3 #16 + a1 #23

   #14 == cos(th2(t)) (#18 + a2 cos(#19)) - a3 cos(th2(t)) sin(#17)

   #15 == cos(th4(t)) #20 + sin(th4(t)) #21

   #16 == cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #24 - sin(th4(t)) #23) - sin(th5(t)) #22
```

```
   #17 == th3(t) + th4(t) + th5(t)

   #18 == a1 cos(th3(t))

   #19 == th3(t) + th4(t)

   #20 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #21 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #22 == cos(th4(t)) #23 + sin(th4(t)) #24

   #23 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

   #24 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))
```

```
disp('Velocidad angular obtenida mediante el Jacobiano angular');
```

```
Velocidad angular obtenida mediante el Jacobiano angular
```

```
W=simplify (Jw_a*Qp');
    pretty(W);
```

```
/ #10 cos(th1(t)) - #5 (cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #3 - sin(th4(t)) #2) - sin(th5(t)) (cos(th4(t)) #2 + sin(th4(t)) #3
|
| #10 sin(th1(t)) - #5 (cos(th5(t)) (cos(th4(t)) #1 - sin(th4(t)) #4) - sin(th5(t)) (cos(th4(t)) #4 + sin(th4(t)) #1
|
|
|                                                         _________
|                                                          d
|                                                         -- th1(t) - #9 sin(th2(t)) - #8 sin(th2(t)) - #7 sin(th2(t)
\                                                         dt

where

   #1 == cos(th3(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #2 == cos(th1(t)) sin(th3(t)) - cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th2(t))

   #3 == cos(th1(t)) cos(th3(t)) + sin(th1(t)) sin(th2(t)) sin(th3(t))

   #4 == sin(th1(t)) sin(th3(t)) + cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th2(t))

         _________
          d
   #5 == -- th7(t)
         dt

         _________
          d
   #6 == -- th6(t)
         dt

         _________
          d
   #7 == -- th5(t)
         dt

         _________
          d
   #8 == -- th4(t)
         dt
```

```
        _________
         d
#9 == -- th3(t)
        dt

         _________
          d
#10 == -- th2(t)
         dt
```