



**Tecnológico
de Monterrey**

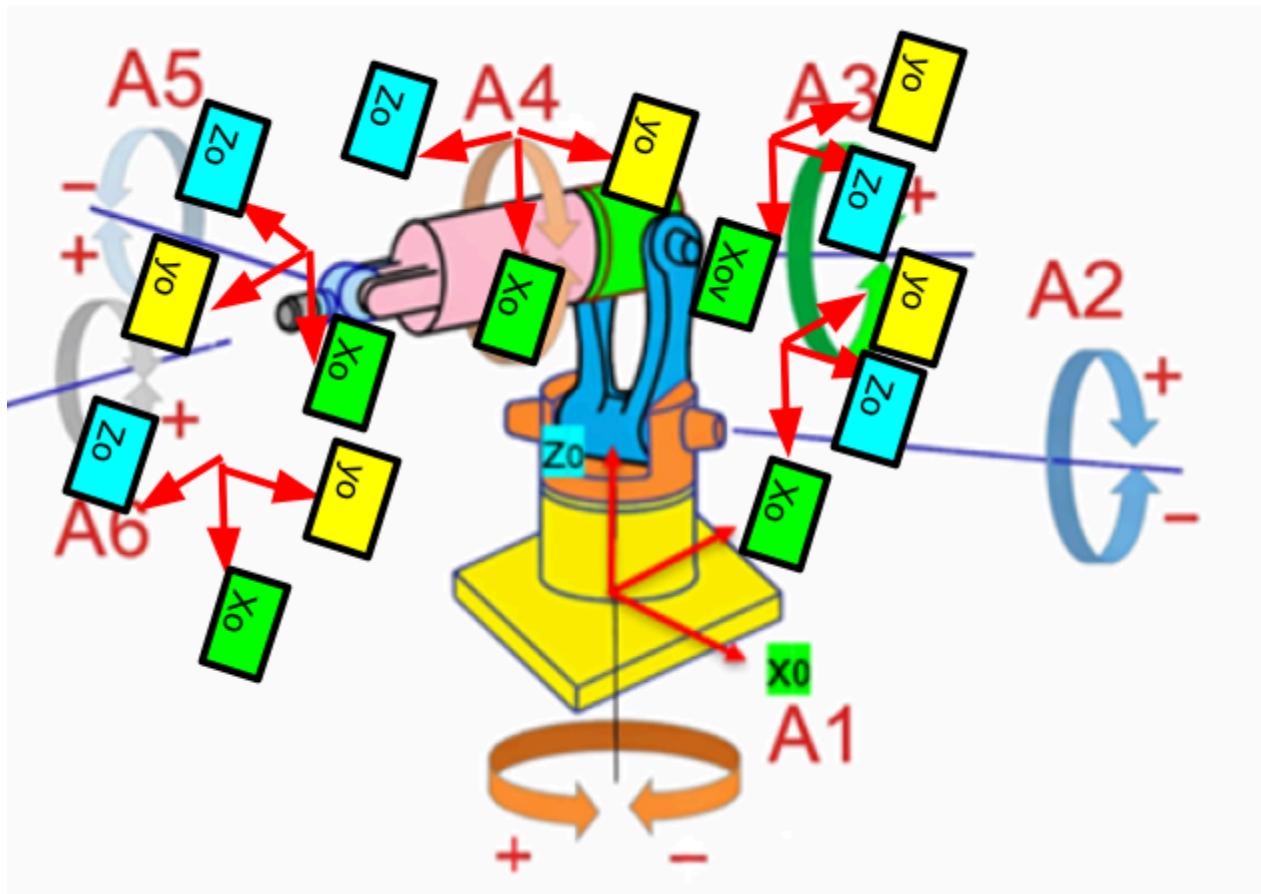
Actividad 2 (Transformaciones Rotacionales)

Ivan Ariel Rebollar León A01737891

22 de Febrero del 2026

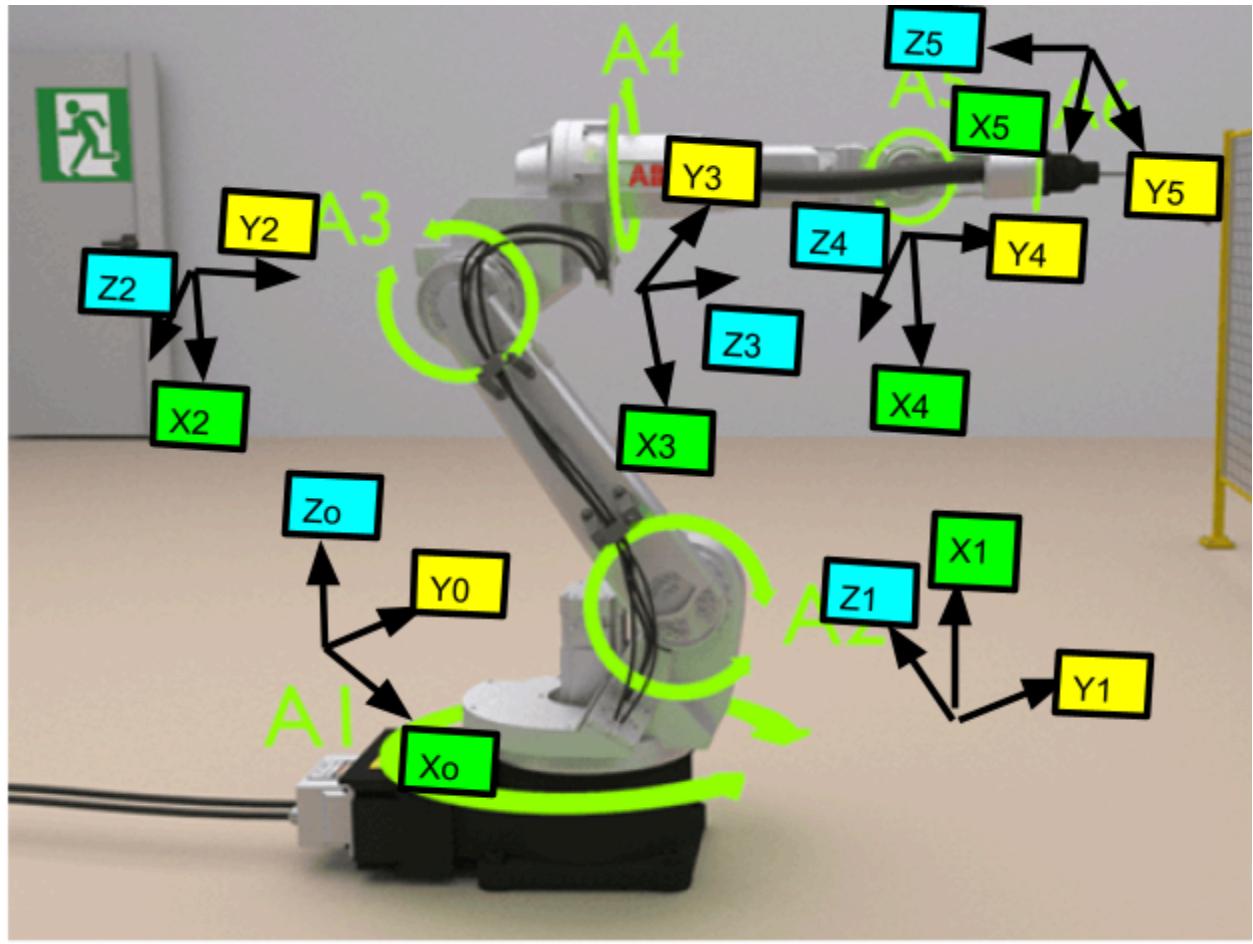
Fundamentación de robótica (Gpo 101)

Alfredo García Suárez



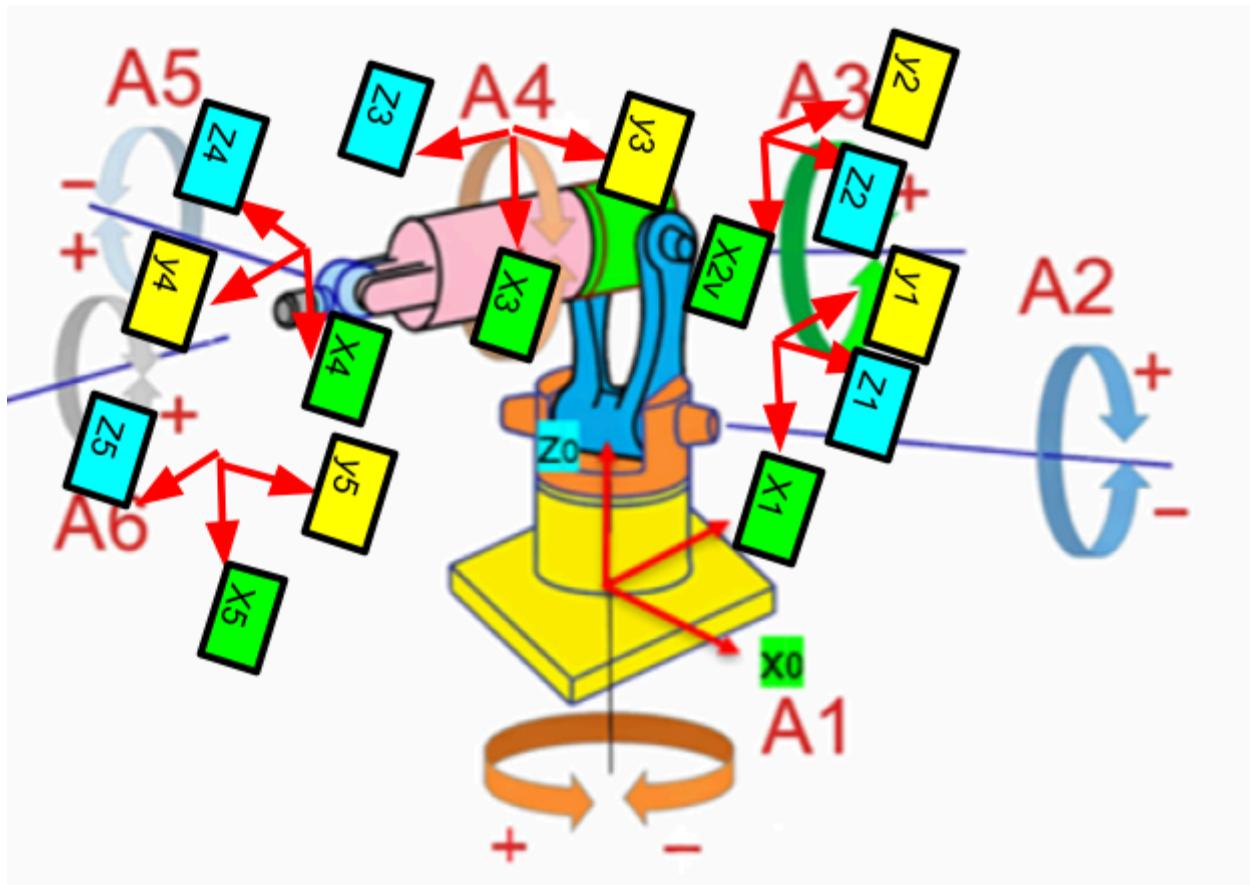
Rotaciones

- A1 a A2 = Rotación en y de 90 grados
- A2 a A3 = No rota
- A3 a A4 = Rotación en x de 90 grados
- A4 a A5 = Rotación en x de 90 grados
- A5 a A6 = Rotación en x de -90 grados



Rotaciones

- A1 a A2 = Rotación en y de -90 grados
- A2 a A3 = Rotación en y de 180 grados
- A3 a A4 = Rotación en x de -90 grados
- A4 a A5 = Rotación en x de 90 grados
- A5 a A6 = Rotación en x de 90 grados



Transformaciones Rotacionales y Traslacionales

- A1 a A2 = Translación positiva de L1 sobre el eje Z0
Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} & 0 \\ & 0 \\ L1 & \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z0

Matriz de rotación alrededor del eje Y0
Evaluada en +90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \cos(90) & 0 & \sin(90) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(90) & 0 & \cos(90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A1 a A2

$$\begin{vmatrix} 0 & -\sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) \\ 0 & \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) \\ -1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- A2 a A3 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L2 * \sin(\Theta_2) \\ -L2 * \cos(\Theta_2) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Translación negativa de $L2 * \cos(\Theta_2)$ sobre el eje Y1”

Translación negativa de $L2 * \sin(\Theta_2)$ sobre el eje X1”

No existe Transformación de Rotación

- A3 a A4 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L3 * \sin(\Theta_2) \\ L3 * \cos(\Theta_2) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Translación positiva de $L3 * \cos(\Theta_2)$ sobre el eje Y2”

Translación negativa de $L3 * \sin(\Theta_2)$ sobre el eje X2”

Matriz de rotación alrededor del eje Z2

Matriz de rotación alrededor del eje X2

Evaluada en +90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} X \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} X \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A3 a A4

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_4) & 0 & \sin(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & 0 & -\cos(\theta_4) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A4 a A5 = Translación negativo de L4 sobre el eje Z3

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -L4 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z3

Matriz de rotación alrededor del eje X3

Evaluada en +90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} X$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} X$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A4 a A5

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_4) & 0 & \sin(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & 0 & -\cos(\theta_4) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A5 a A6 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L5 * \sin(\Theta_5) \\ -L5 * \cos(\Theta_5) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Translación negativo de $L5 * \cos(\Theta_5)$ sobre el eje Y4”

Translación negativa de $L5 * \sin(\Theta_5)$ sobre el eje X4”

Matriz de rotación alrededor del eje Z4

Matriz de rotación alrededor del eje X4

Evaluada en -90

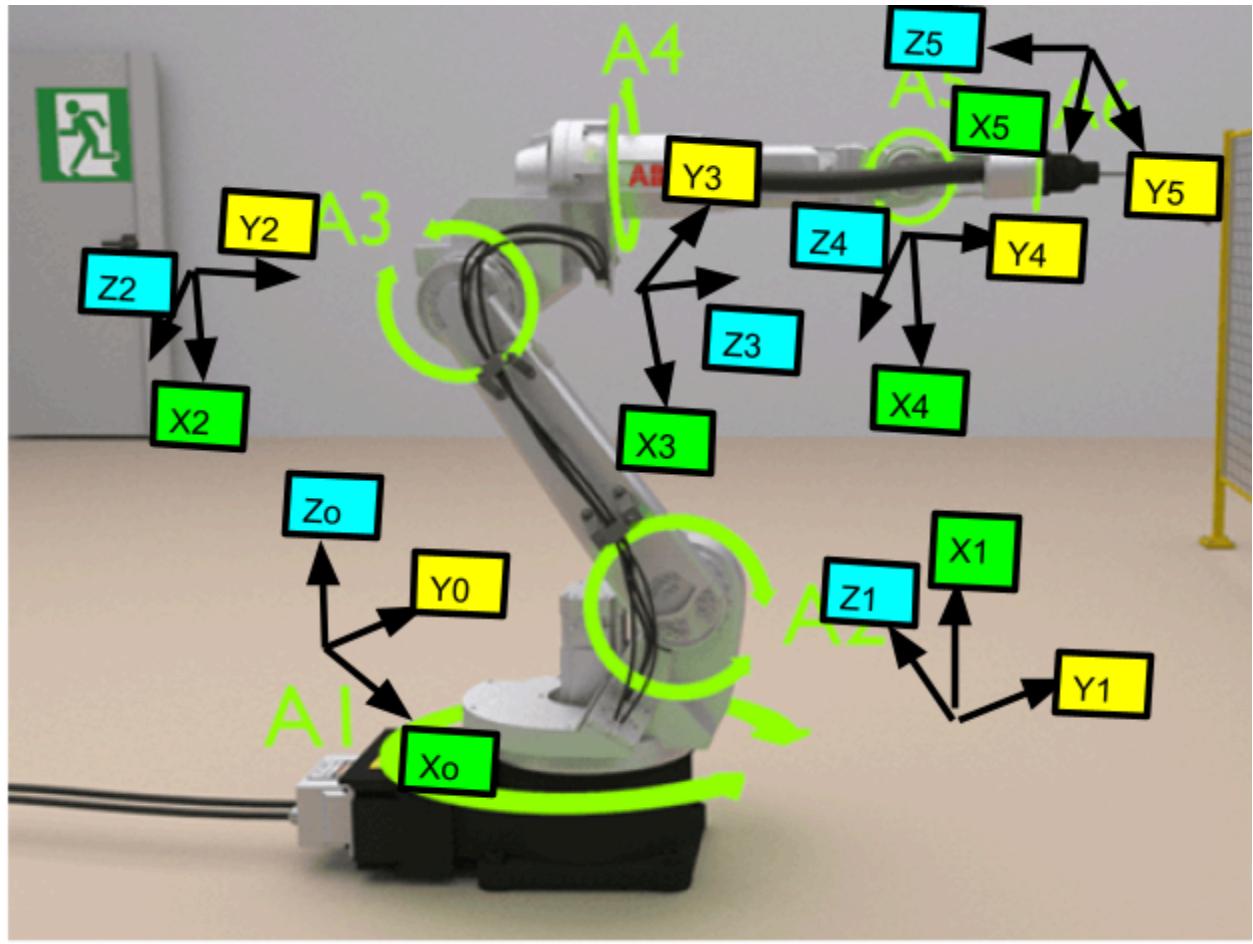
$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-90) & -\sin(-90) \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} X \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A5 a A6

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & 0 & -\sin(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & 0 & \cos(\theta_5) \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$



Transformaciones Rotacionales y Traslacionales

- A1 a A2 = Translación positiva de L1 sobre el eje Z0
Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ L1 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z0

Matriz de rotación alrededor del eje Y0
Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) & 0 \\ \sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \cos(-90) & 0 & \sin(-90) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-90) & 0 & \cos(-90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A1 a A2

$$\begin{vmatrix} 0 & -\sin(\theta_1) & -\cos(\theta_1) \\ 0 & \cos(\theta_1) & -\sin(\theta_1) \\ 1 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

- A2 a A3 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L2 * \sin(\Theta_2) \\ L2 * \cos(\Theta_2) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z1

Matriz de rotación alrededor del eje Y1
Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 \\ \sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \cos(-180) & 0 & \sin(-180) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(-180) & 0 & \cos(-180) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A2 a A3

$$\begin{vmatrix} -\cos(\theta_2) & -\sin(\theta_2) & 0 \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{vmatrix}$$

- A3 a A4 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L_3 * \sin(\Theta_3) \\ L_3 * \cos(\Theta_3) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z2

Matriz de rotación alrededor del eje X2

Evaluada en -90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_3) & -\sin(\theta_3) & 0 \\ \sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-90) & -\sin(-90) \\ 0 & \sin(-90) & \cos(-90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A3 a A4

$$\begin{vmatrix} -\cos(\theta_3) & 0 & -\sin(\theta_3) \\ \sin(\theta_3) & 0 & -\cos(\theta_3) \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A4 a A5 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ L4 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z3

Matriz de rotación alrededor del eje X3

Evaluada en 90

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_4) & -\sin(\theta_4) & 0 \\ \sin(\theta_4) & \cos(\theta_4) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X$$

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A4 a A5

$$\begin{vmatrix} -\cos(\theta_4) & 0 & \sin(\theta_4) \\ \sin(\theta_4) & 0 & -\cos(\theta_4) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

- A5 a A6 =

Vector de Traslación

$$\begin{vmatrix} -L5 * \sin(\Theta_4) \\ L5 * \cos(\Theta_4) \\ 0 \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación alrededor del eje Z4

$$\begin{vmatrix} \cos(\theta_5) & -\sin(\theta_5) & 0 \\ \sin(\theta_5) & \cos(\theta_5) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad X$$

Matriz de rotación alrededor del eje X4

Evaluada en 90

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(90) & -\sin(90) \\ 0 & \sin(90) & \cos(90) \end{vmatrix}$$

Matriz de rotación de A4 a A5

$$\begin{vmatrix} -\cos(\theta_5) & 0 & \sin(\theta_5) \\ \sin(\theta_5) & 0 & -\cos(\theta_5) \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

RESULTADOS: ROBOT ANTROPOMÓRFICO (6 GDL)

```

Matriz de Transformación local A1
/ 0, -sin(th1(t)), cos(th1(t)),  θ \
| 0,  cos(th1(t)), sin(th1(t)),  θ |
| -1,      0,          0,        l1 |
\ 0,      0,          0,        1 /

Matriz de Transformación global T1
/ 0, -sin(th1(t)), cos(th1(t)),  θ \
| 0,  cos(th1(t)), sin(th1(t)),  θ |
| -1,      0,          0,        l1 |
\ 0,      0,          0,        1 /

```

```

Matriz de Transformación local A2
/ 1, 0, 0, -l2 sin(th2(t)) \
| 0, 1, 0, -l2 cos(th2(t)) |
| 0, 0, 1,      0           |
\ 0, 0, 0,      1           /


Matriz de Transformación global T2
/ 0, -sin(th1(t)), cos(th1(t)), l2 cos(th2(t)) sin(th1(t)) \
| 0,  cos(th1(t)), sin(th1(t)), -l2 cos(th1(t)) cos(th2(t)) |
| -1,      0,          0,          l1 + l2 sin(th2(t))       |
\ 0,      0,          0,          1           /

```

```

Matriz de Transformación local A3
/ cos(th3(t)), 0,  sin(th3(t)), -l3 sin(th3(t)) \
| sin(th3(t)), 0, -cos(th3(t)),  l3 cos(th3(t)) |
| 0,      1,      0,      0           |
\ 0,      0,      0,      1           /


Matriz de Transformación global T3
/ -sin(th1(t)) sin(th3(t)), cos(th1(t)),  cos(th3(t)) sin(th1(t)),      sin(th1(t)) #1      \
|  cos(th1(t)) sin(th3(t)), sin(th1(t)), -cos(th1(t)) cos(th3(t)),      -cos(th1(t)) #1      |
| -cos(th3(t)),      0,      -sin(th3(t)),      l1 + l2 sin(th2(t)) + l3 sin(th3(t)) |
\ 0,      0,      0,      1           /

```

```

Matriz de Transformación local A4
/ cos(th4(t)), 0,  sin(th4(t)), 0 \
| 0,      1,      0,      -l4 |
| sin(th4(t)), 0, -cos(th4(t)), 0 |
| 0,      0,      0,      1 /


Matriz de Transformación global T4
[[cos(th1(t)) sin(th4(t)) - cos(th4(t)) sin(th1(t)) sin(th3(t)), cos(th3(t)) sin(th1(t)), -cos(th1(t)) cos(th4(t)) - sin(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)),
-sin(th1(t)) #1],
[sin(th1(t)) sin(th4(t)) + cos(th1(t)) cos(th4(t)) sin(th3(t)), -cos(th1(t)) cos(th3(t)), cos(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)) - cos(th4(t)) sin(th1(t)),
cos(th1(t)) #1], [-cos(th3(t)) cos(th4(t)), -sin(th3(t)), -cos(th3(t)) sin(th4(t)), l1 + l2 sin(th2(t)) + l3 sin(th3(t)) + l4 sin(th3(t))],
[0, 0, 0, 1]]

```

```

Matriz de Transformación local A5
/ cos(th5(t)),  0, -sin(th5(t)), -15 sin(th5(t)) \
| |
| sin(th5(t)),  0,  cos(th5(t)), -15 cos(th5(t)) |
| |
| 0,      -1,      0,      0      |
| |
\ 0,      0,      0,      1      /

Matriz de Transformación global T5
[[cos(th5(t)) #1 + cos(th3(t)) sin(th1(t)) sin(th5(t)), cos(th1(t)) cos(th4(t)) + sin(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)),
cos(th3(t)) cos(th5(t)) sin(th1(t)) - sin(th5(t)) #1, - sin(th1(t)) #3 - 15 sin(th5(t)) #1 - 15 cos(th3(t)) cos(th5(t)) sin(th1(t)),
[cos(th5(t)) #2 - cos(th1(t)) cos(th3(t)) sin(th5(t)), cos(th4(t)) sin(th1(t)) - cos(th1(t)) sin(th3(t)) sin(th4(t)),
-sin(th5(t)) #2 - cos(th1(t)) cos(th3(t)) cos(th5(t)), cos(th1(t)) #3 - 15 sin(th5(t)) #2 + 15 cos(th1(t)) cos(th3(t)) cos(th5(t)),
[- sin(th3(t)) sin(th5(t)) - cos(th3(t)) cos(th4(t)) cos(th5(t)), cos(th3(t)) sin(th4(t)), cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th5(t)) - cos(th5(t)) sin(th3(t)),
l1 + l2 sin(th2(t)) + l3 sin(th3(t)) + l4 sin(th3(t)) + 15 cos(th5(t)) sin(th3(t)) + 15 cos(th3(t)) cos(th4(t)) sin(th5(t))],
[0, 0, 0, 1]]

```

RESULTADOS: ROBOT INDUSTRIAL (6 GDL)

```

Matriz de Transformación local A1
/ 0, -sin(th1(t)), -cos(th1(t)),  0 \
| |
| 0,  cos(th1(t)), -sin(th1(t)),  0 |
| |
| 1,      0,      0,      l1      |
| |
\ 0,      0,      0,      1      /

Matriz de Transformación global T1
/ 0, -sin(th1(t)), -cos(th1(t)),  0 \
| |
| 0,  cos(th1(t)), -sin(th1(t)),  0 |
| |
| 1,      0,      0,      l1      |
| |
\ 0,      0,      0,      1      /

```

```

Matriz de Transformación local A2
/ -cos(th2(t)), -sin(th2(t)),  0, -l2 sin(th2(t)) \
| -sin(th2(t)),  cos(th2(t)),  0,  l2 cos(th2(t)) |
|   0,           0,      -1,       0 |
\   0,           0,       0,       1   /

```



```

Matriz de Transformación global T2
/  sin(th1(t)) sin(th2(t)), -cos(th2(t)) sin(th1(t)), cos(th1(t)), -l2 cos(th2(t)) sin(th1(t)) \
| -cos(th1(t)) sin(th2(t)),  cos(th1(t)) cos(th2(t)), sin(th1(t)),  l2 cos(th1(t)) cos(th2(t)) |
|   -cos(th2(t)),           -sin(th2(t)),          0,        l1 - l2 sin(th2(t)) |
\   0,                   0,          0,          1   /

```

```

Matriz de Transformación local A3
/ -cos(th3(t)),  0, -sin(th3(t)), -l3 sin(th3(t)) \
|  sin(th3(t)),  0, -cos(th3(t)),  l3 cos(th3(t)) |
|   0,         -1,       0,       0 |
\   0,         0,       0,       1   /

```



```

Matriz de Transformación global T3
/ -sin(th1(t)) sin(#1), -cos(th1(t)),  sin(th1(t)) cos(#1),           -sin(th1(t)) #2 \
|  cos(th1(t)) sin(#1), -sin(th1(t)), -cos(th1(t)) cos(#1),           cos(th1(t)) #2 |
|   cos(#1),           0,           sin(#1),      l1 - l2 sin(th2(t)) - l3 sin(#3) |
\   0,           0,           0,           1   /

```

```

Matriz de Transformación local A4
/ -cos(th4(t)), 0,  sin(th4(t)),  0 \
|  sin(th4(t)), 0, -cos(th4(t)),  0 |
|   0,         1,       0,       l4 |
\   0,         0,       0,       1   /

```



```

Matriz de Transformación global T4
[[cos(th4(t)) sin(th1(t)) sin(#1) - cos(th1(t)) sin(th4(t)), sin(th1(t)) cos(#1), cos(th1(t)) cos(th4(t)) - sin(th1(t)) sin(th4(t)) sin(#1),
  l4 sin(th1(t)) cos(#1) - sin(th1(t)) #2],
 [- sin(th1(t)) sin(th4(t)) - cos(th1(t)) cos(th4(t)) sin(#1), -cos(th1(t)) cos(#1), cos(th4(t)) sin(th1(t)) + cos(th1(t)) sin(th4(t)) sin(#1),
  cos(th1(t)) #2 - l4 cos(th1(t)) cos(#1)], [-cos(th4(t)) cos(#1), sin(#1), sin(th4(t)) cos(#1), l1 - l2 sin(th2(t)) + l4 sin(#1) - l3 sin(#3)],
 [0, 0, 0, 1]]

```

Matriz de Transformación local A5

$$\begin{vmatrix} -\cos(\text{th5}(t)), 0, \sin(\text{th5}(t)), -l5 \sin(\text{th5}(t)) \\ \sin(\text{th5}(t)), 0, -\cos(\text{th5}(t)), l5 \cos(\text{th5}(t)) \\ 0, 1, 0, 0 \\ 0, 0, 0, 1 \end{vmatrix}$$

Matriz de Transformación global T5

$$\begin{aligned} & [[\cos(\text{th5}(t)) \#1 + \sin(\text{th1}(t)) \sin(\text{th5}(t)) \cos(\#4), \cos(\text{th1}(t)) \cos(\text{th4}(t)) - \sin(\text{th1}(t)) \sin(\text{th4}(t)) \sin(\#4), \\ & -\sin(\text{th5}(t)) \#1 - \cos(\text{th5}(t)) \sin(\text{th1}(t)) \cos(\#4), l5 \sin(\text{th5}(t)) \#1 - \sin(\text{th1}(t)) \#3 + l4 \sin(\text{th1}(t)) \cos(\#4) + l5 \cos(\text{th5}(t)) \sin(\text{th1}(t)) \cos(\#4)], \\ & [\cos(\text{th5}(t)) \#2 - \cos(\text{th1}(t)) \sin(\text{th5}(t)) \cos(\#4), \cos(\text{th4}(t)) \sin(\text{th1}(t)) + \cos(\text{th1}(t)) \sin(\text{th4}(t)) \sin(\#4), \\ & \cos(\text{th1}(t)) \cos(\text{th5}(t)) \cos(\#4) - \sin(\text{th5}(t)) \#2, \cos(\text{th1}(t)) \#3 + l5 \sin(\text{th5}(t)) \#2 - l4 \cos(\text{th1}(t)) \cos(\#4) - l5 \cos(\text{th1}(t)) \cos(\text{th5}(t)) \cos(\#4)], \\ & [\sin(\text{th5}(t)) \sin(\#4) + \cos(\text{th4}(t)) \cos(\text{th5}(t)) \cos(\#4), \sin(\text{th4}(t)) \cos(\#4), -\cos(\text{th5}(t)) \sin(\#4) - \cos(\text{th4}(t)) \sin(\text{th5}(t)) \cos(\#4), \\ & l1 - l2 \sin(\text{th2}(t)) + l4 \sin(\#4) - l3 \sin(\#5) + l5 \cos(\text{th5}(t)) \sin(\#4) + l5 \cos(\text{th4}(t)) \sin(\text{th5}(t)) \cos(\#4)], \\ & [0, 0, 0, 1]] \end{aligned}$$