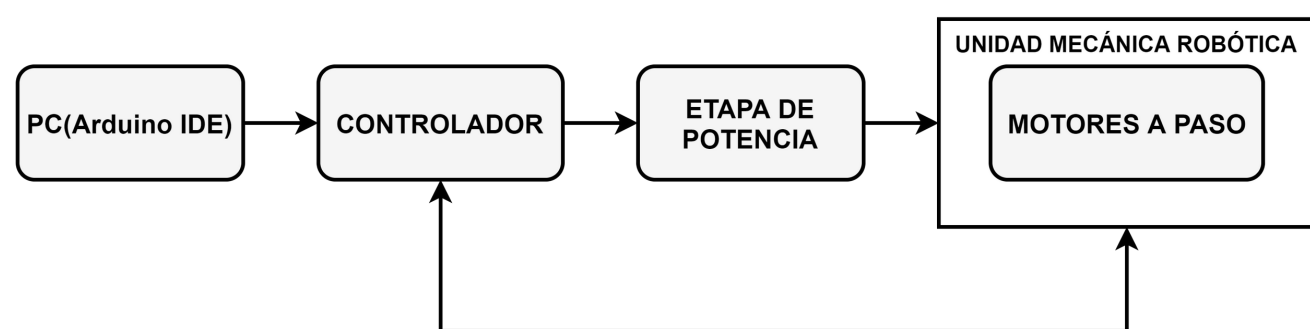


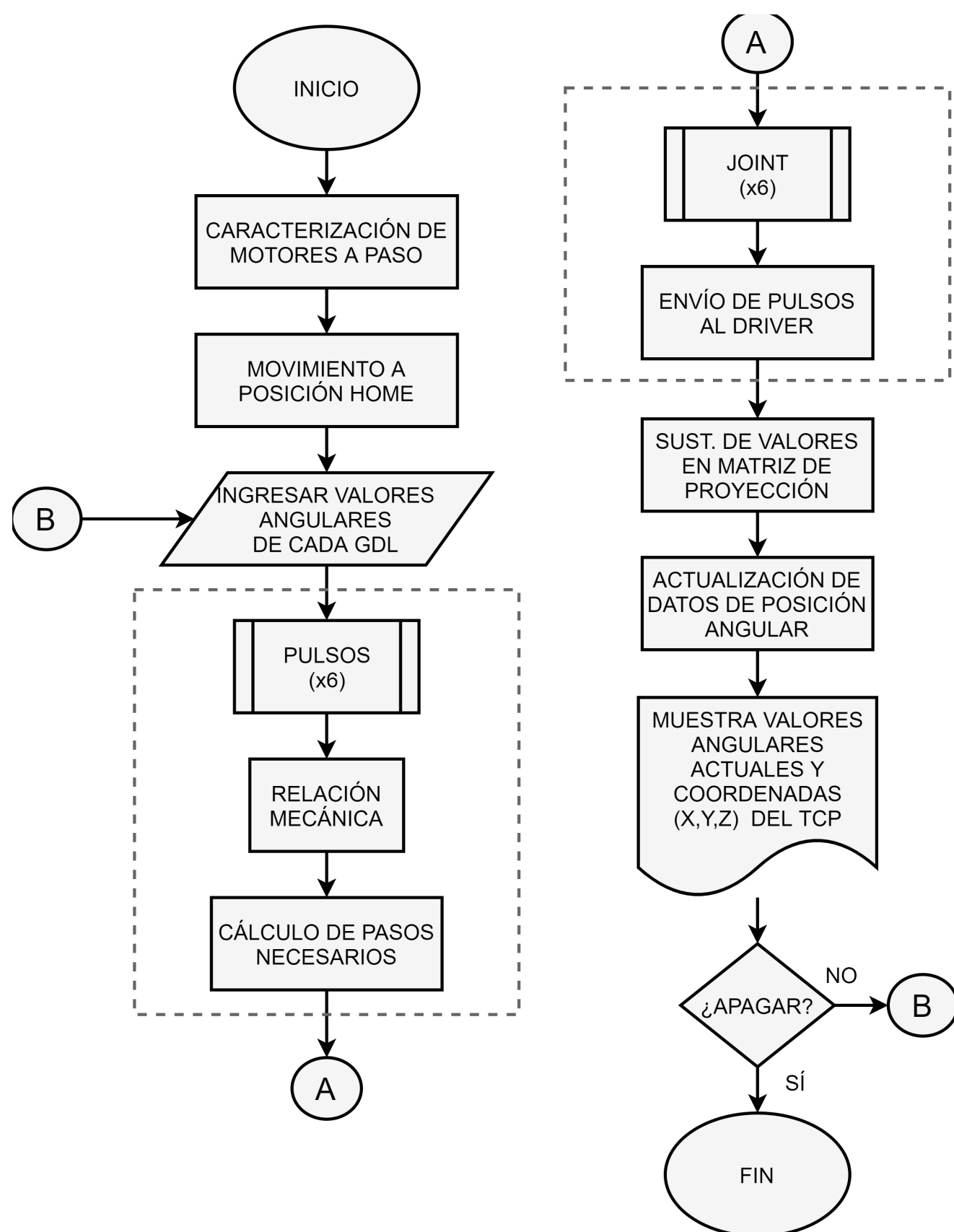
DISEÑO Y CONTROL DE BRAZO ROBÓTICO ANTROPOMÓRFICO DE 6 GRADOS DE LIBERTAD.

El presente artículo describe las secciones necesarias para el diseño, ensamble y control de un brazo robótico antropomórfico de 6 grados de libertad, considerando la cinemática directa mediante el algoritmo de Denavit-Hartenberg. Mientras que las velocidades lineales son posibles de obtener mediante el Jacobiano del manipulador.

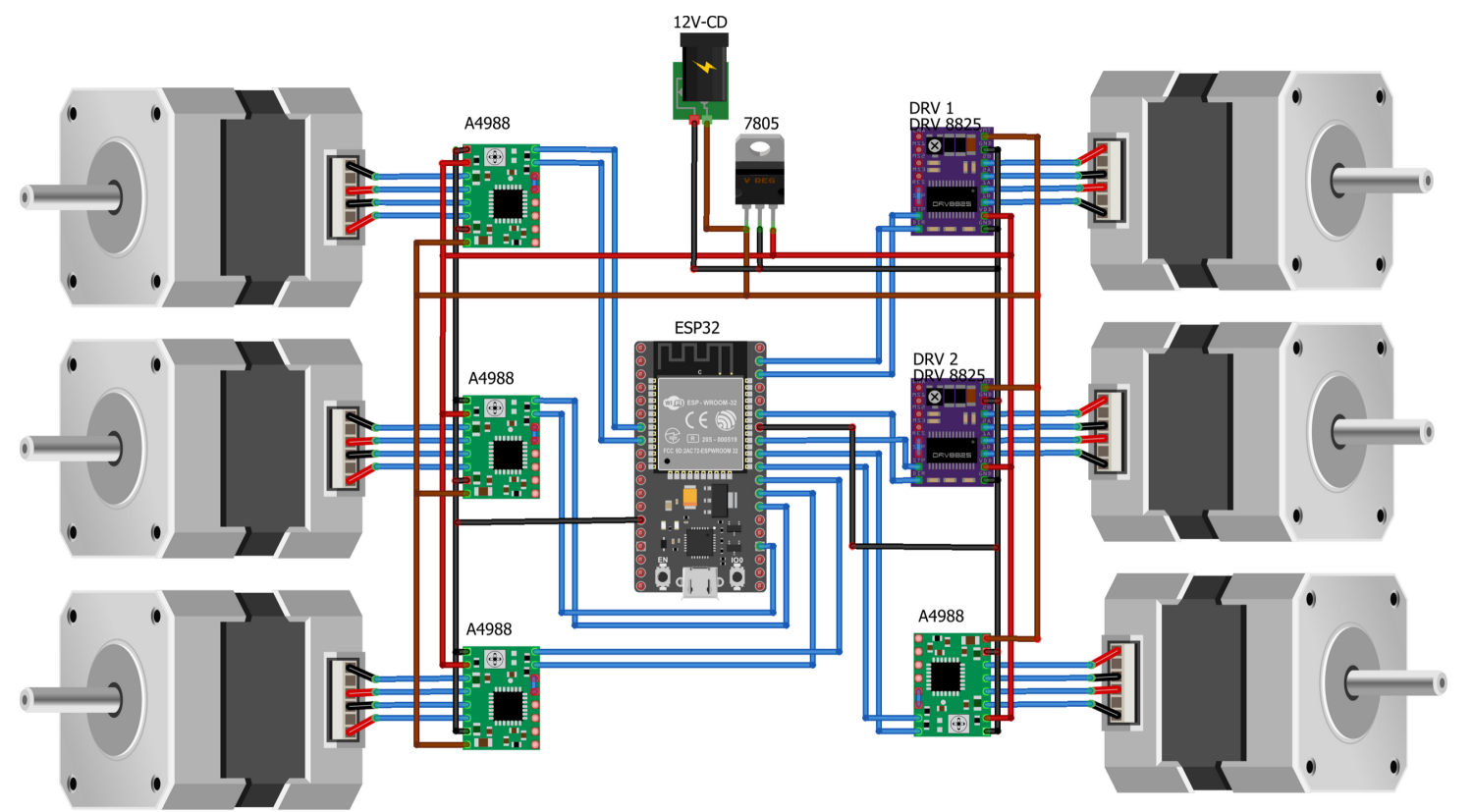
DIAGRAMA DE BLOQUES



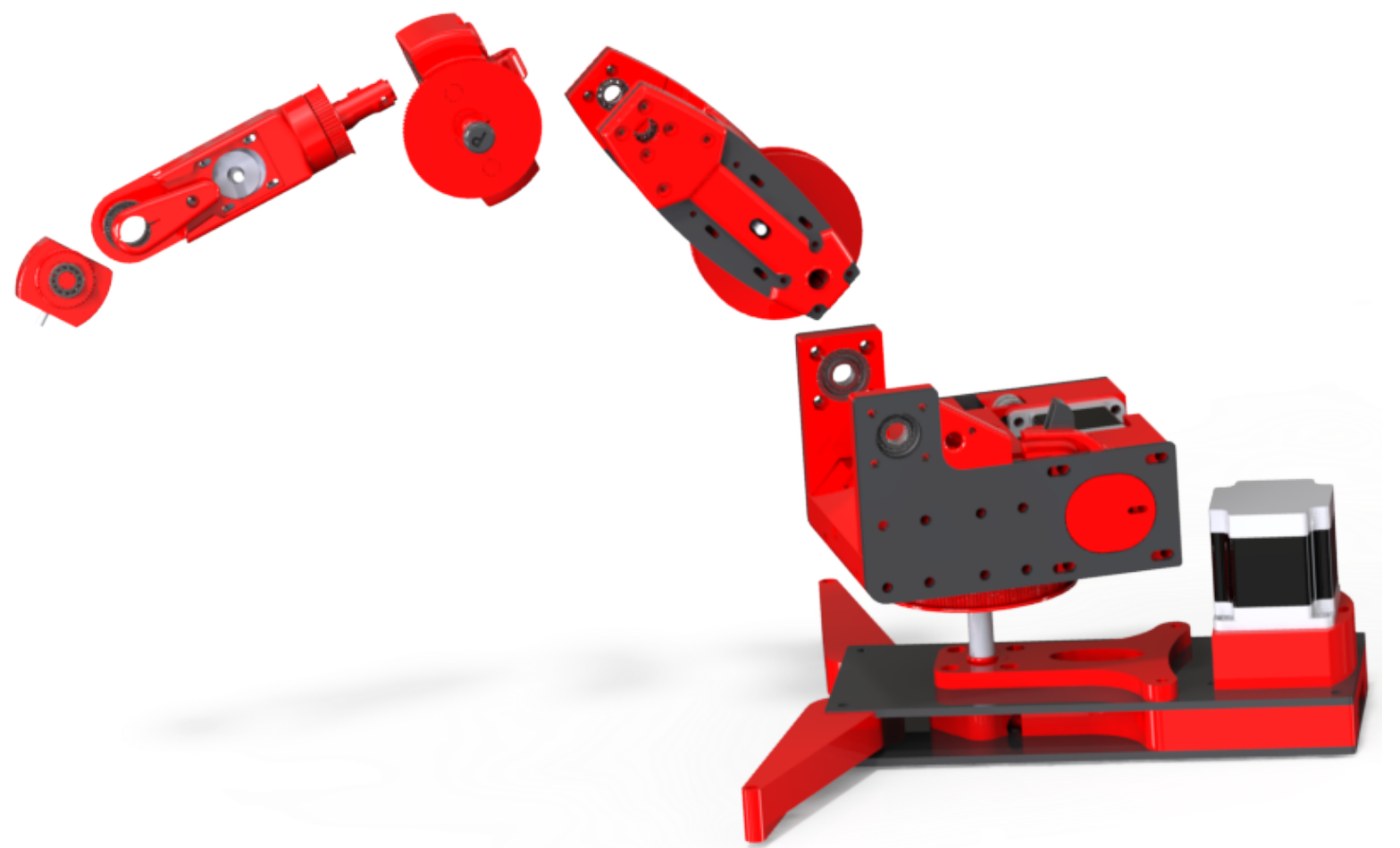
ALGORITMO DE CONTROL



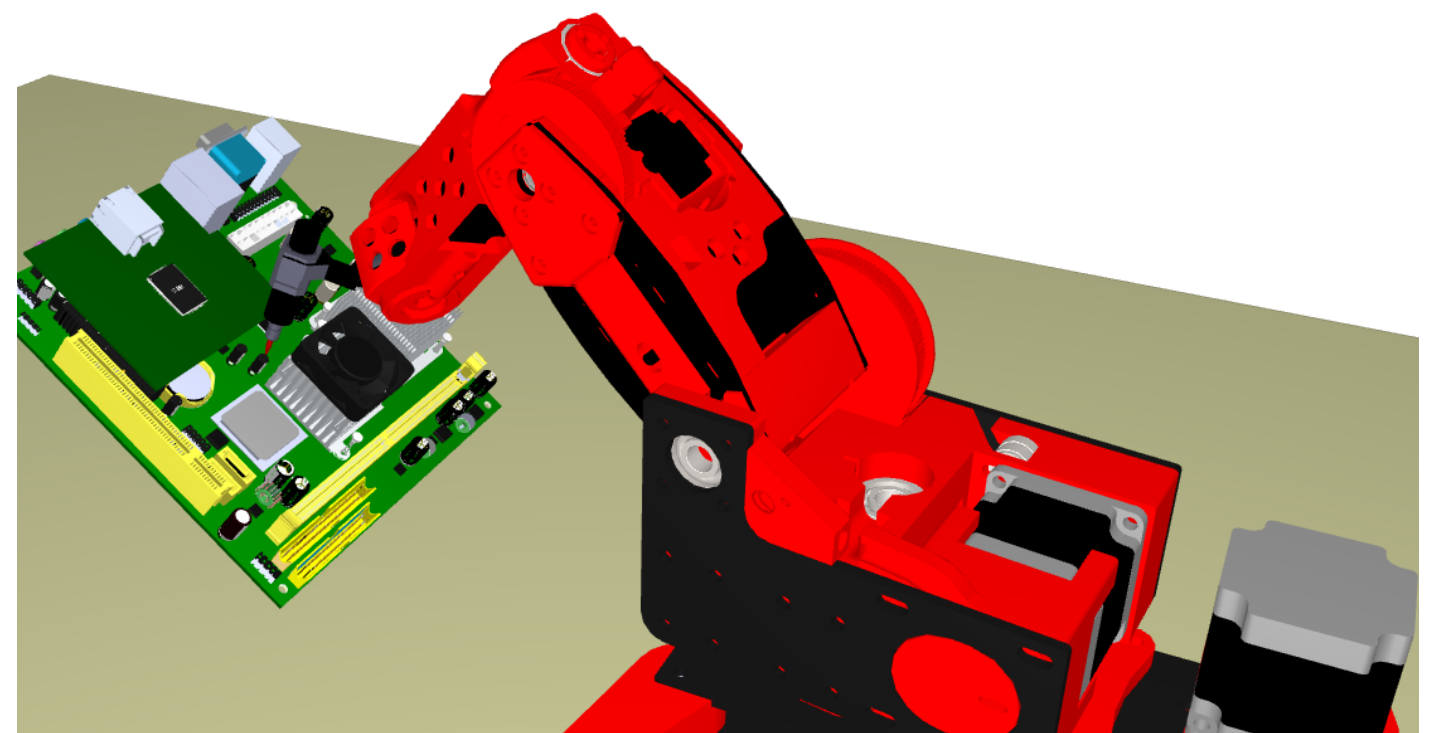
ESQUEMA ELECTRÓNICO



VISTA EXPLOSIONADA



SIMULACIÓN EN ROBODK



REFERENCIAS

- Skyentific. (2018). 6 Degrees of freedom 3D Printed Robot Arm.
- Miranda Colorado, R. (2016). Cinemática y Dinámica de Robots Manipuladores. CDMX: Alfaomega.
- FU, K. S. (s.f.). Robótica: Control, detección, visión e inteligencia. McGraw-Hill.

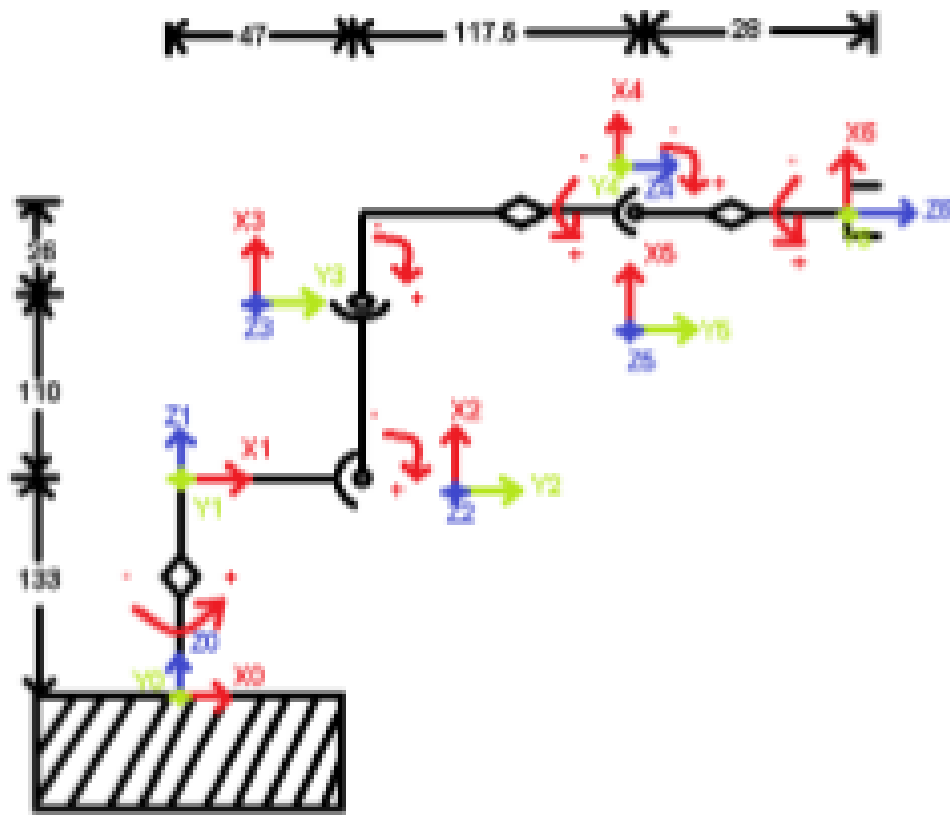


CÁLCULO DE POSICIÓN, VELOCIDADES LINEALES Y ANGULARES DE UN MANIPULADOR DE 6 GDL

El presente artículo describe la cinemática directa mediante el algoritmo de Denavit-Hartenberg y las velocidades lineales y angulares del TCP (*Tool Center Point*) mediante la matriz Jacobiana.

Introducción: El modelo cinemático directo consiste en calcular la posición del efector final con base a los ángulos otorgados de cada grado de libertad del brazo robótico.

El objeto de estudio es un manipulador de 6 GDL, con eslabones definidos por $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ y grados de libertad rotacionales: $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$.



Para continuar con el algoritmo, se obtiene la tabla de parámetros del manipulador (1).

GDL	θ	d	α	α
0	0	a_1	0	0°
1	θ_1	0	a_2	-90°
2	$\theta_2 - 90^\circ$	0	a_3	0°
3	θ_3	0	a_4	-90°
4	θ_4	a_5	0	90°
5	$\theta_5 + 90^\circ$	0	a_6	-90°

(1)

Realizando una matriz por cada articulación con los parámetros de la tabla anterior (1) como se muestra a continuación (2).

$$\begin{bmatrix} \cos \theta_n & -\cos \alpha_n \sin \theta_n & \sin \alpha_n \sin \theta_n & a_n \cos \theta_n \\ \sin \theta_n & \cos \alpha_n \cos \theta_n & -\sin \alpha_n \cos \theta_n & a_n \sin \theta_n \\ 0 & \sin \alpha_n & \cos \alpha_n & d_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Resolviendo el producto de las matrices de cada sistema de referencia, es posible obtener la matriz de transformación homogénea denotada de la siguiente forma:

$${}^0T_6 = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & PX \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & PY \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & PZ \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

REFERENCIAS

- Skyentific. (2018). 6 Degreeds of freedom 3D Printed Robot Arm.
- Miranda Colorado, R. (2016). Cinemática y Dinámica de Robots Manipuladores. CDMX: Alfaomega.

Para conocer la posición en X, Y, Z del efector final se usan las ecuaciones PX, PY, PZ obtenidas de (3).

$$PX = a_2 C_1 a_5 S_{23} C_1 a_3 C_1 C_2 a_6 C_5 (S_4 S_1 + C_4 C_1 C_2 C_3 - C_4 C_1 S_2 S_3) - a_6 S_{23} C_1 S_5 + a_4 C_1 C_2 C_3 a_4 S_1 S_2 S_3 \quad (4)$$

$$PY = a_2 S_1 - a_5 S_{23} S_1 + a_3 C_2 S_1 - a_6 C_5 (C_1 C_4 - S_4 C_2 C_3 S_1 + C_4 S_1 S_2 S_3) - a_6 S_{23} S_5 S_1 + a_4 C_2 C_3 S_1 a_4 S_1 S_2 S_3 \quad (5)$$

$$PZ = a_1 - a_5 C_{23} - a_4 S_{23} - a_3 S_2 - (a_6 C_{45} S_{23})/2 - a_6 C_{23} S_5 (a_6 C_2 S_{23})/2 \quad (6)$$

JACOBIANO

Introducción: La matriz Jacobiana nos permite conocer las velocidades angulares y lineales del TCP en función de las velocidades angulares de cada grado de libertad.

Para obtener la matriz Jacobiana de velocidad lineal y velocidad angular, se considera respectivamente:

$$J_v = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_x}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_3} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_4} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_5} & \frac{\partial P_x}{\partial \theta_6} \\ \frac{\partial P_y}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_3} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_4} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_5} & \frac{\partial P_y}{\partial \theta_6} \\ \frac{\partial P_z}{\partial \theta_1} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_2} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_3} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_4} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_5} & \frac{\partial P_z}{\partial \theta_6} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$J_w = \begin{bmatrix} P_{13} \\ P_{23} \\ P_{33} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Las velocidades angulares características de este manipulador son las siguientes.

GDL	Tiempo [ms]	Resolución	Relación Mecánica	ω [rad/s]
1	6	0.031415	7.1	37.1755
2	10		5.75	18.641
3	8		5	19.6349
4	4		2.8	21.9911
5	2		2.1	32.9867

(9)

Para obtener la matriz Jacobiana se realiza el producto de las matrices de velocidad lineal (7) y angular (8) con las velocidades angulares del manipulador (9).

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_v \\ J_w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \\ \omega_6 \end{bmatrix} \quad (10)$$