

# Cinemática

## Control y Programación de Robots

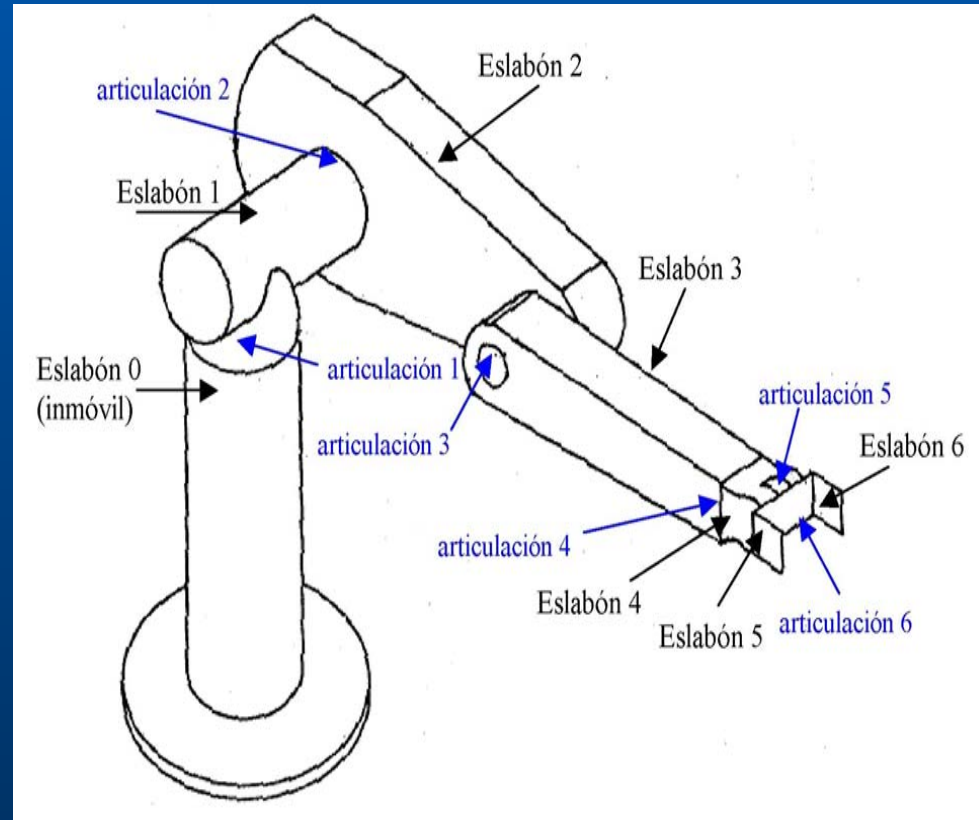
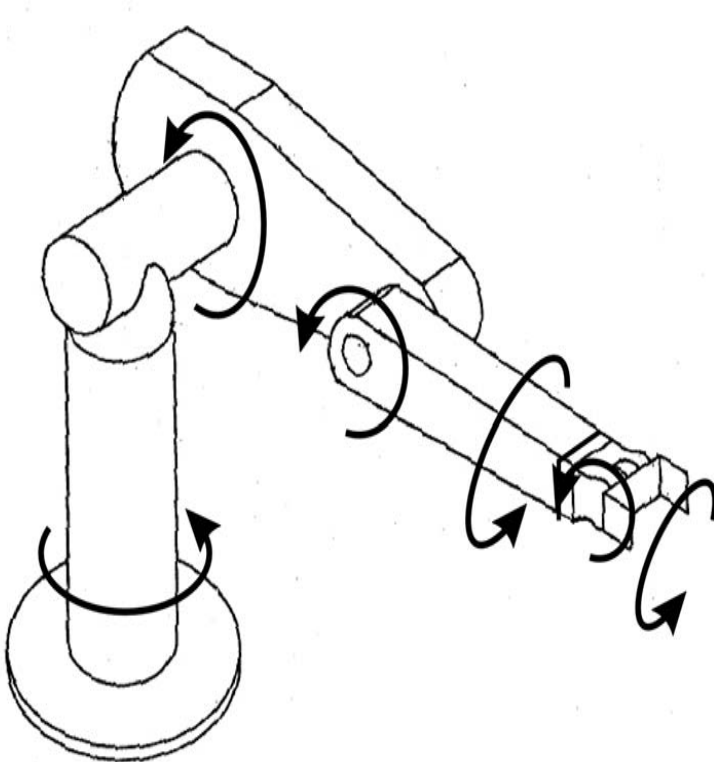
*Ejemplo: El Robot*

*Unimate PUMA*



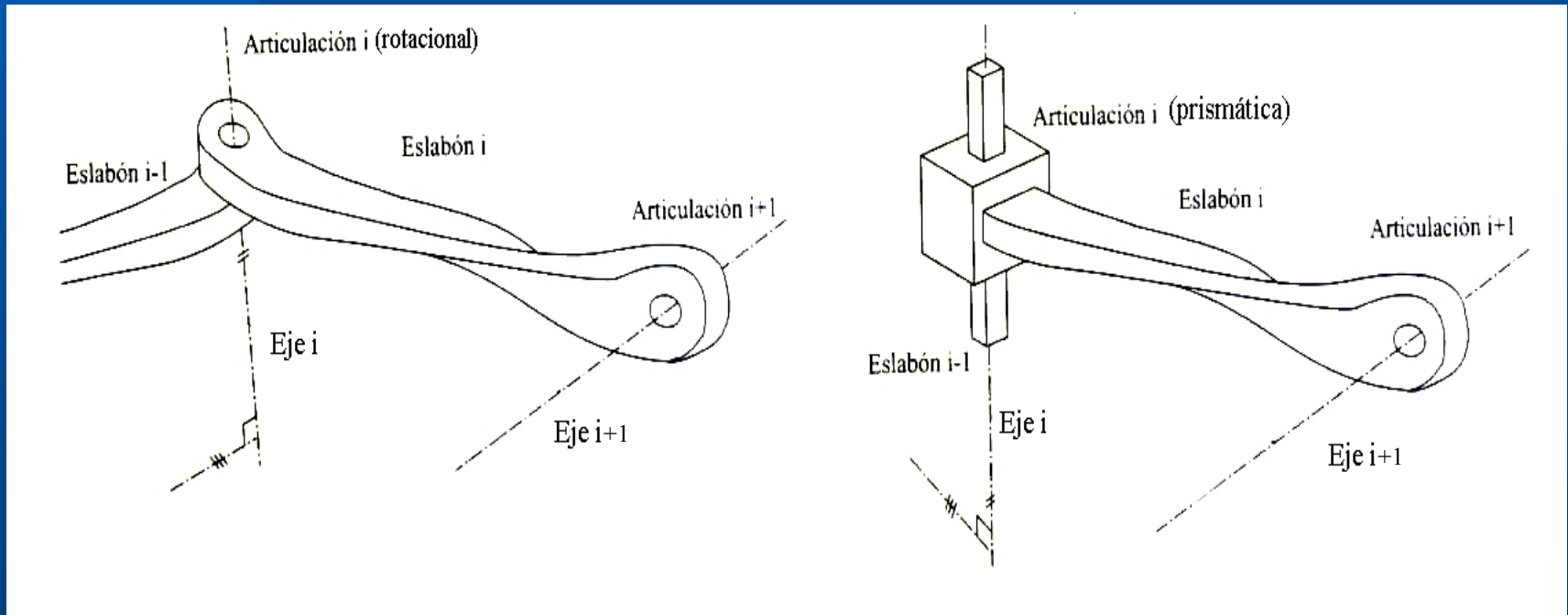
# Método de Denavit-Hartenberg para el PUMA

## Robot Unimate PUMA



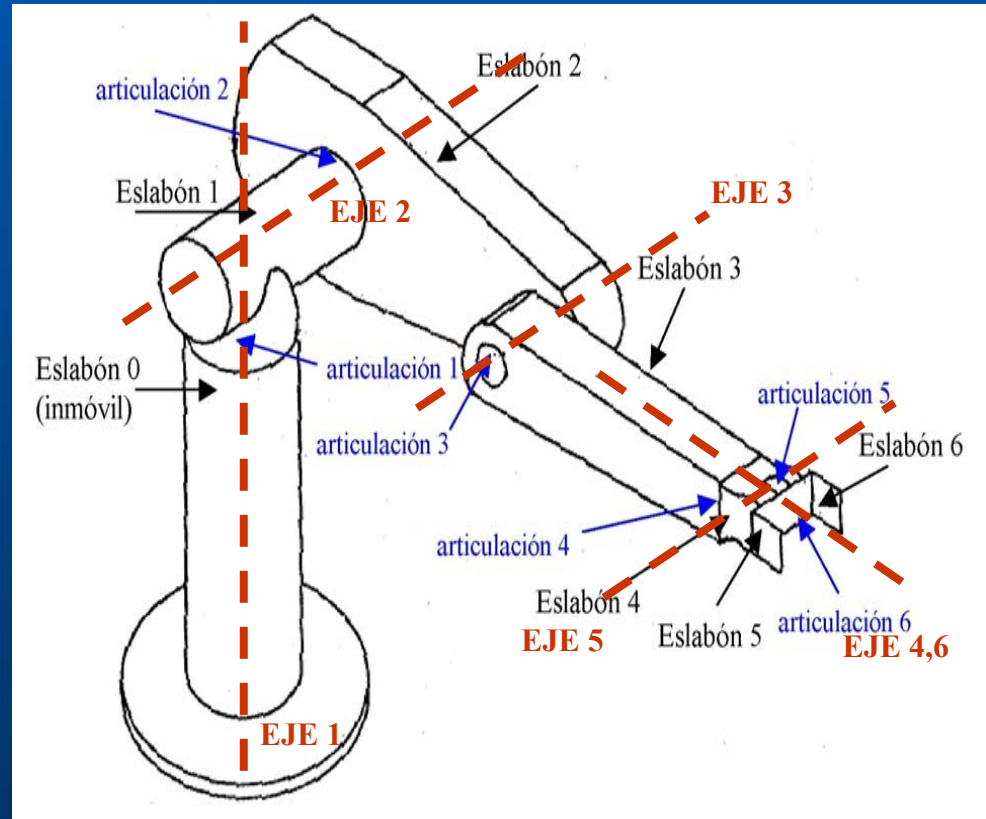
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

1. Identificar los Enlaces y Ejes de las articulaciones y trazar líneas imaginarias a lo largo de ellos.



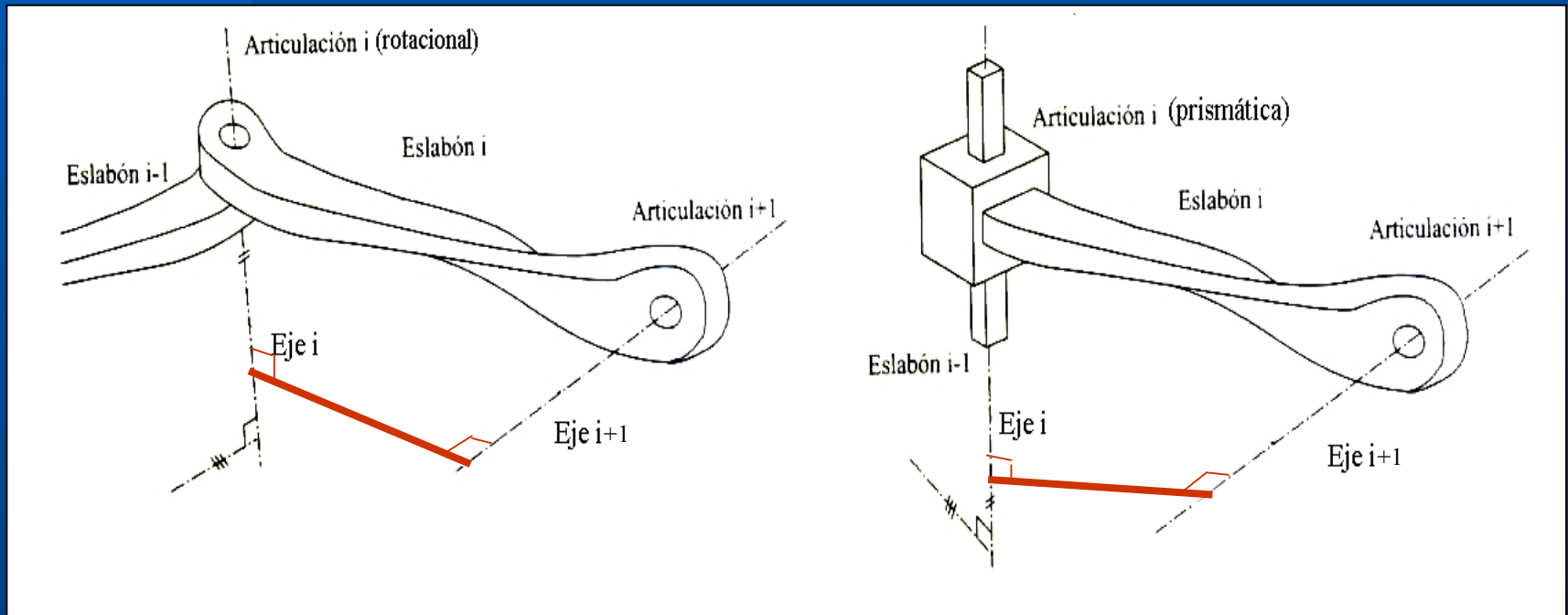
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

1. Para el PUMA:



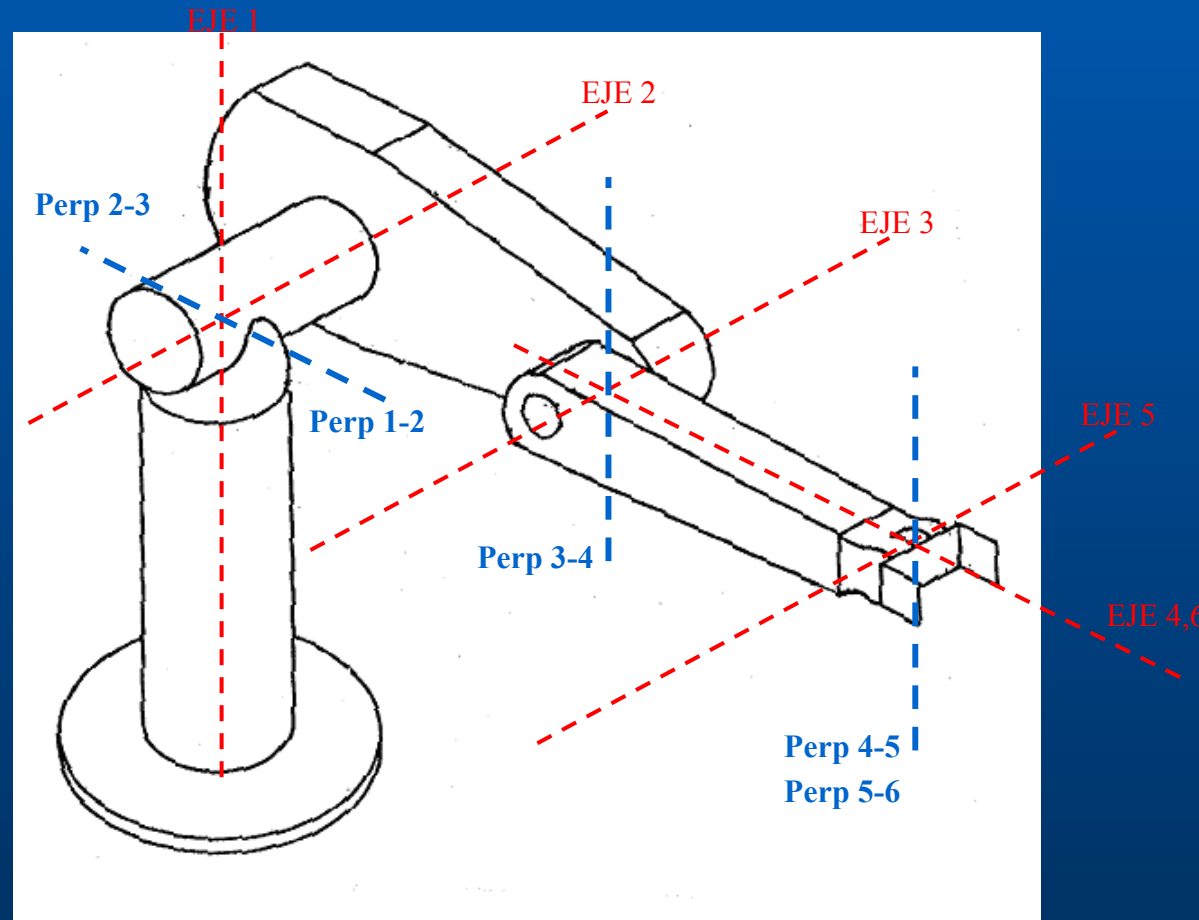
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

2. Identificar la perpendicular común entre ejes consecutivos. El origen del SR  $i$  estará en la intersección del Eje  $i$  con la normal común entre los ejes  $i$  e  $i+1$



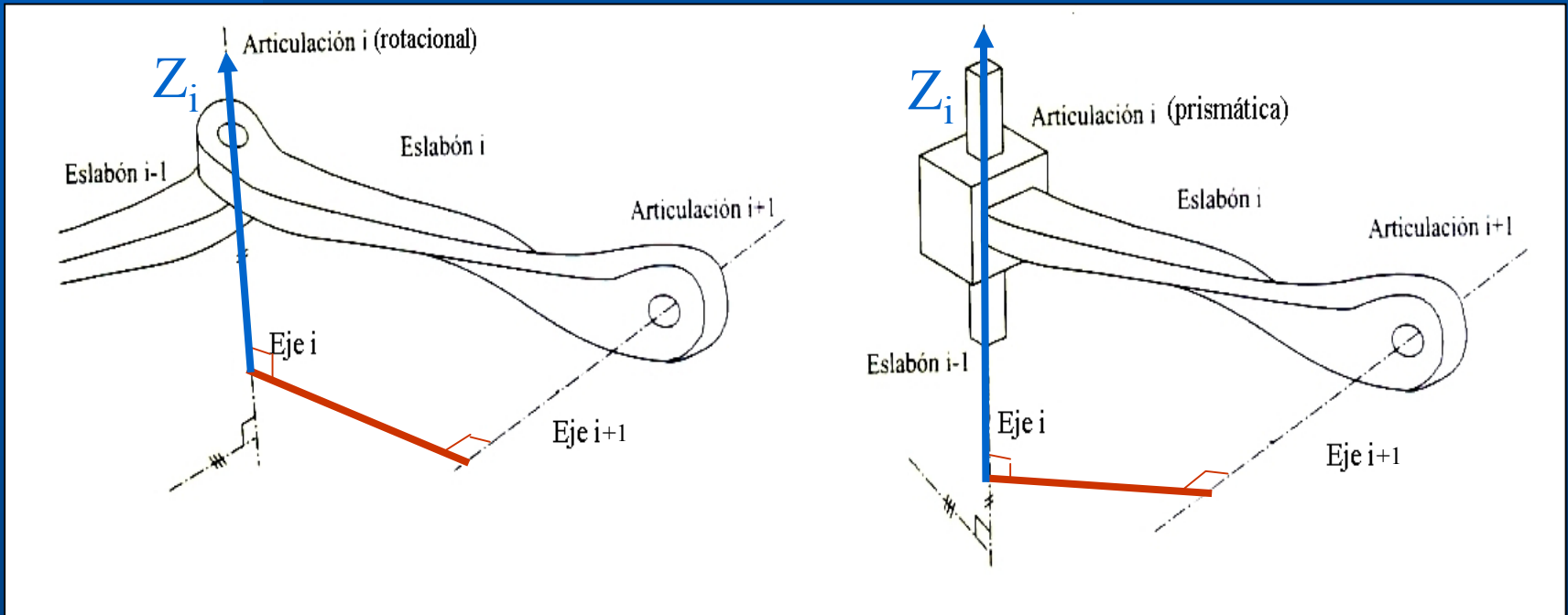
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

2. Perpendicular común entre ejes consecutivos para el PUMA



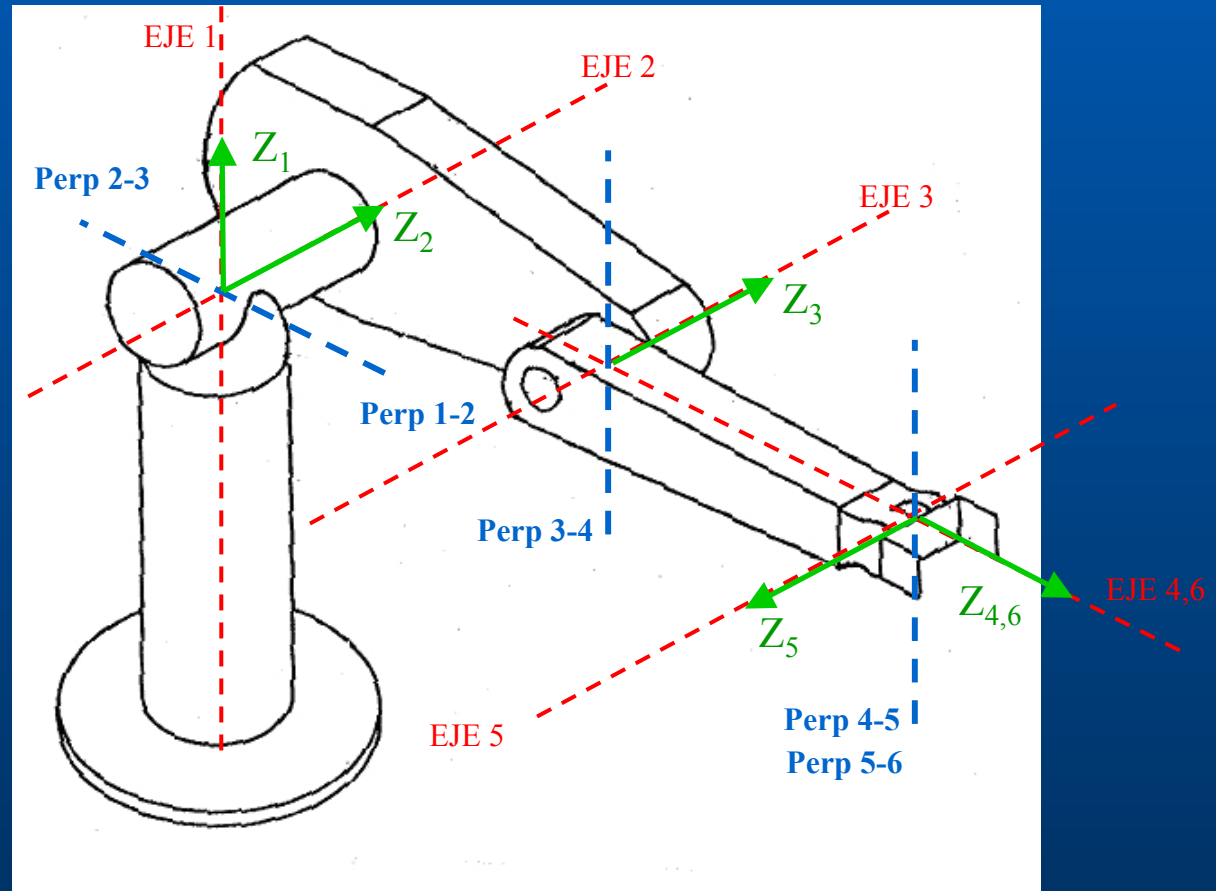
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

3. Colocar el eje  $Z_i$  sobre el eje de la articulación  $i$



# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

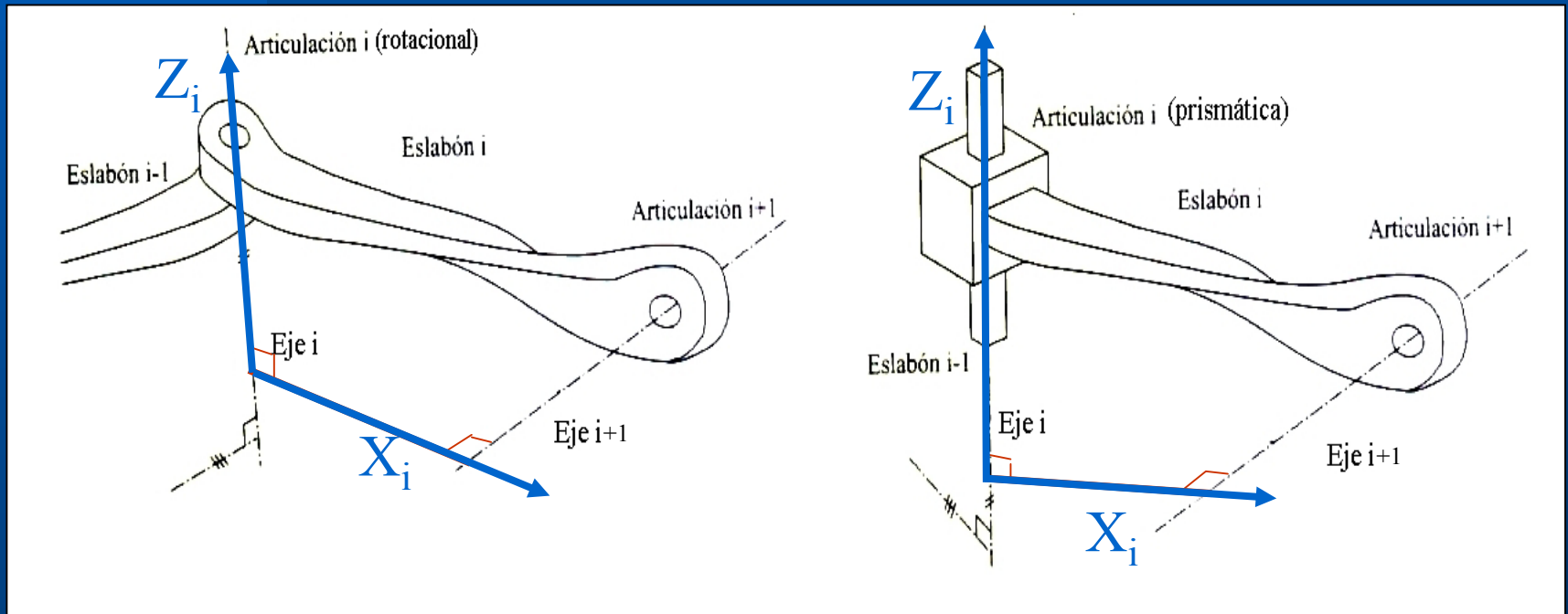
## 3. Colocación de ejes Z para el PUMA





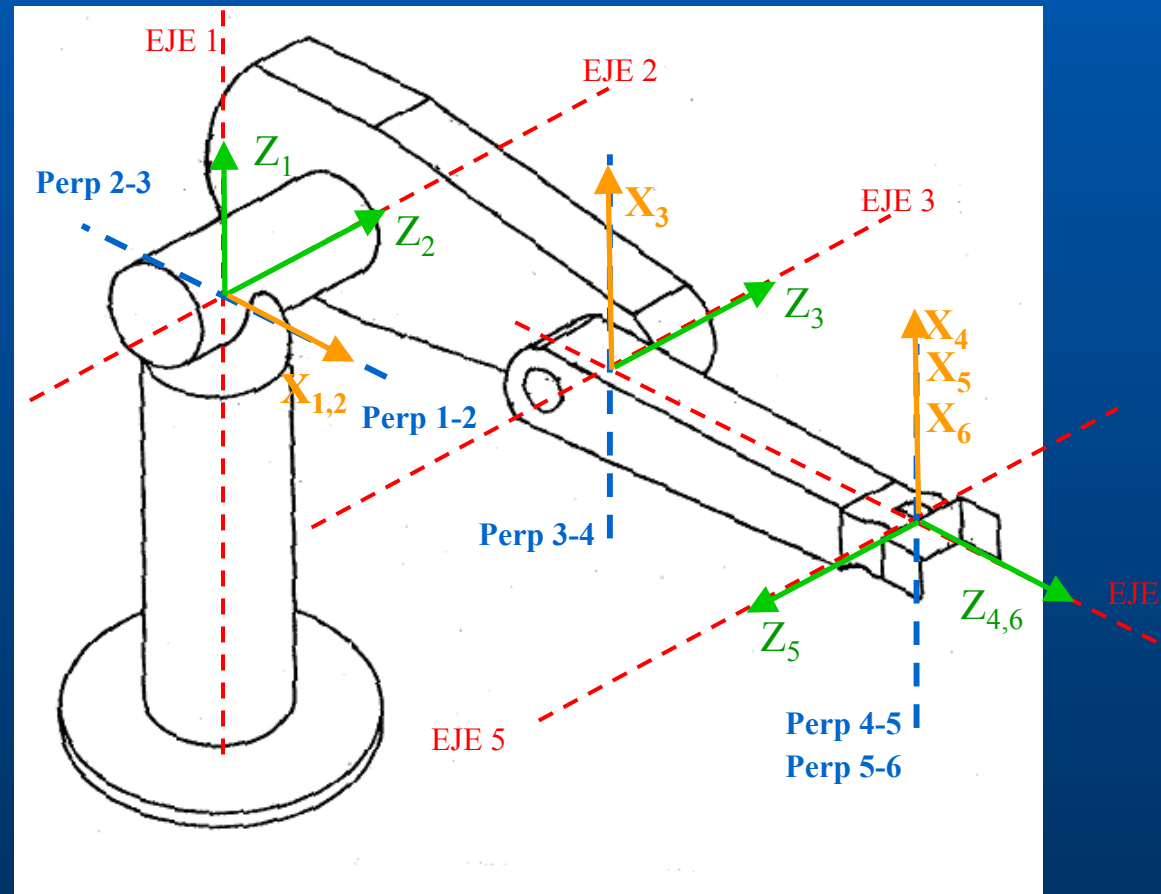
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

- Colocar el eje  $X_i$  sobre la perpendicular común, o si los ejes intersectan, sobre la normal al plano que forman los ejes  $Z_i$  y  $Z_{i+1}$



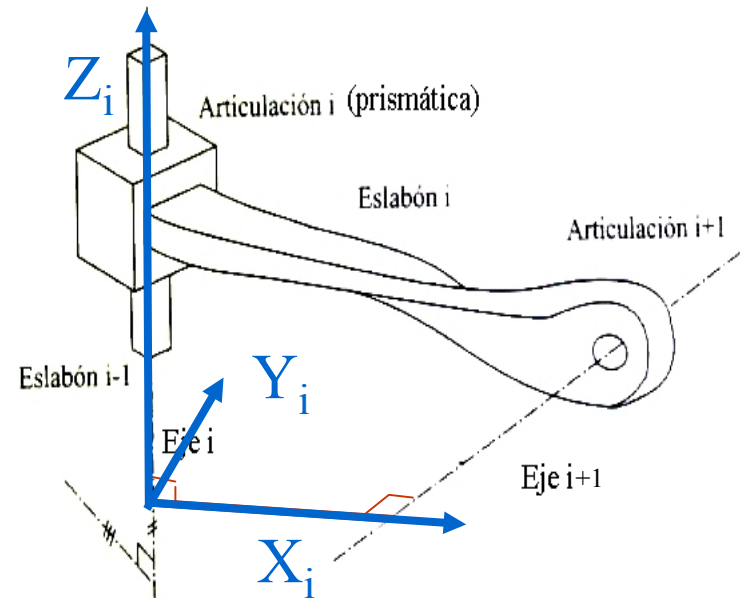
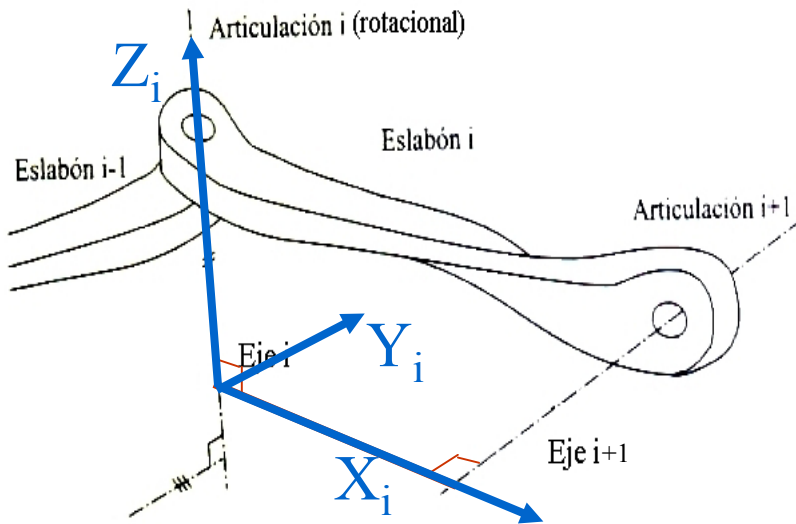
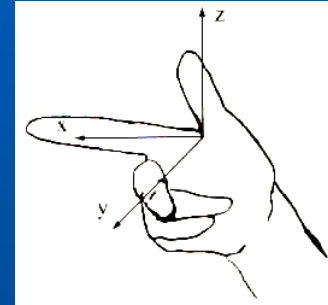
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

4. Colocación de ejes  $X_i$  sobre la perpendicular común para el PUMA



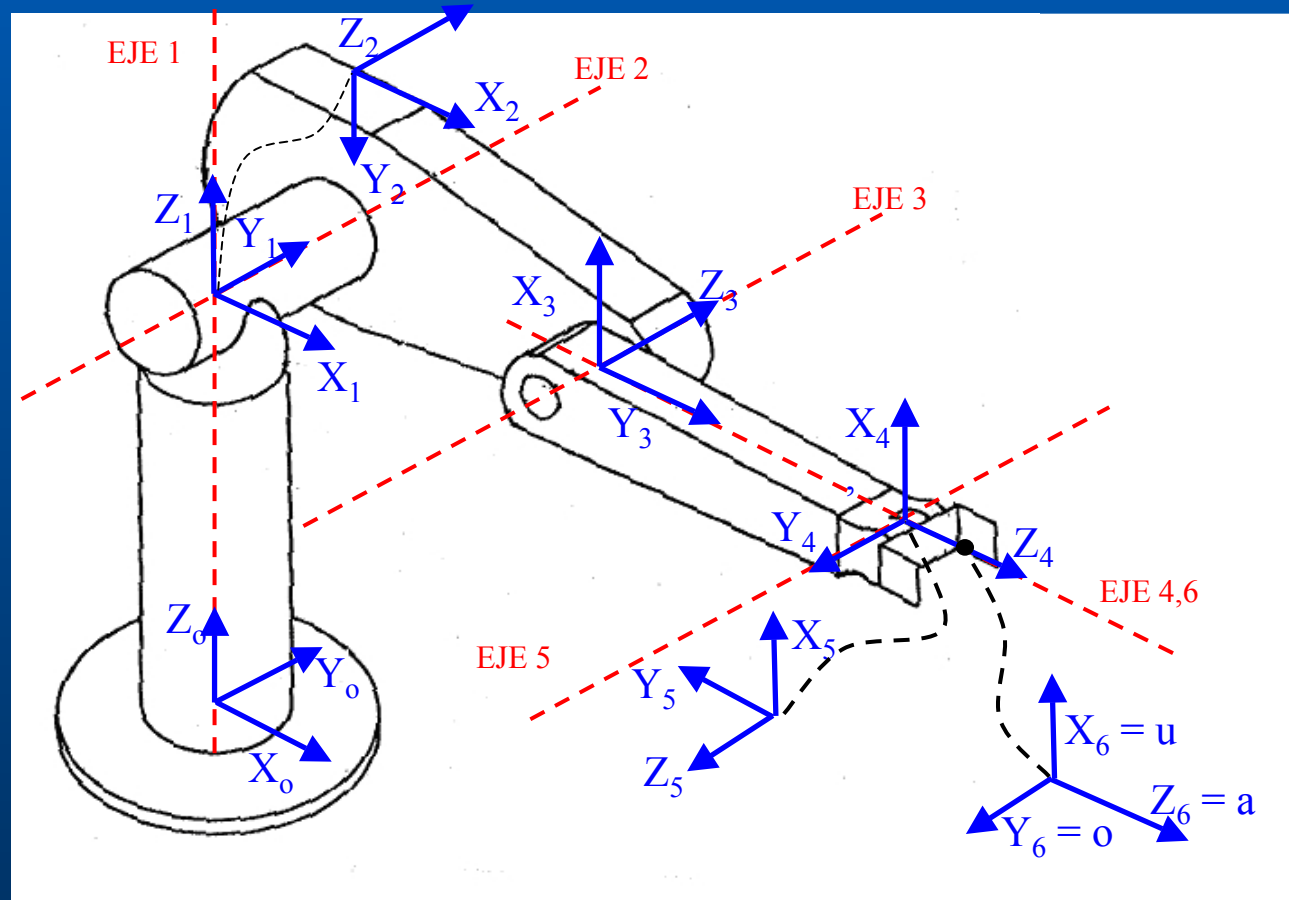
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

- Colocar el eje  $Y_i$  completando un sistema de referencia dextrógiro



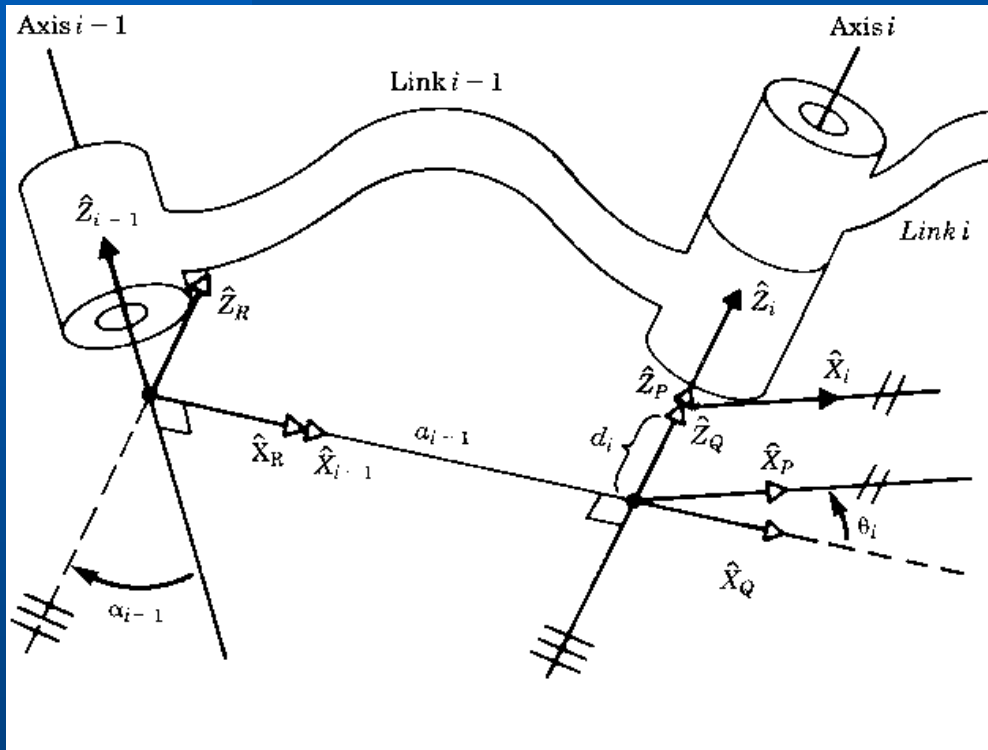
# Procedimiento de colocación de Ejes de Referencia

## 5. Sistemas de referencia finales para el PUMA



# Parámetros D-H

## Parámetros de Denavit-Hartenberg (D-H)



Cuatro Parámetros:

- Dos ángulos ( $\theta_i$ ,  $\alpha_{i-1}$ )
- Dos distancias ( $d_i$ ,  $a_{i-1}$ )

# Parámetros D-H

Definen el paso de un sistema de referencia asociado a una articulación al siguiente

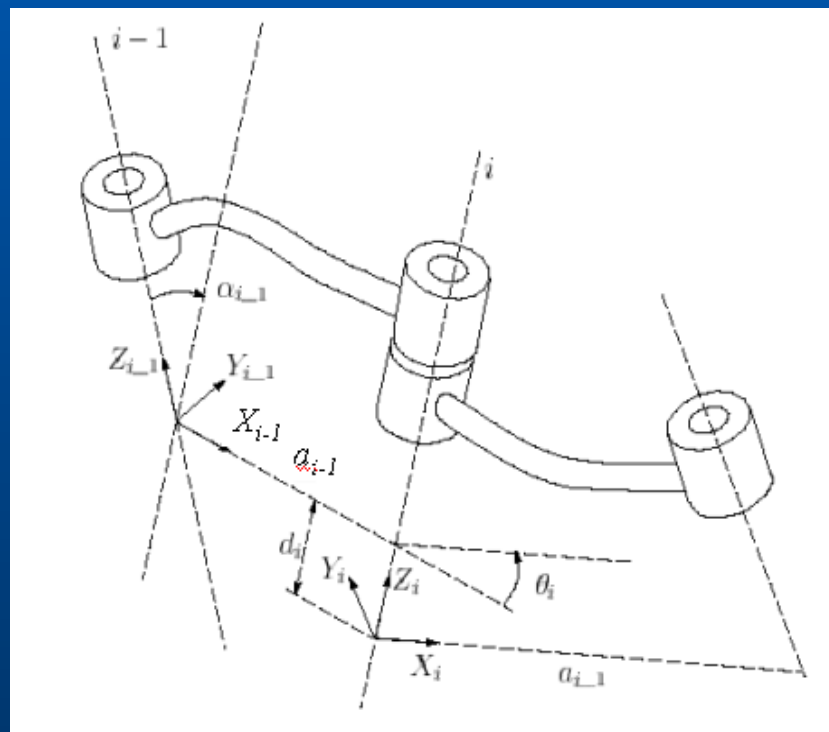
- Sólo dependen de las características geométricas de cada eslabón y de las articulaciones que le unen con el anterior y siguiente (no dependen de la posición del robot)
- Definen las matrices  $A$  que permiten el paso de un sistema de referencia asociado a una articulación al siguiente y por tanto definen las matrices  $T$

Cuatro Parámetros:

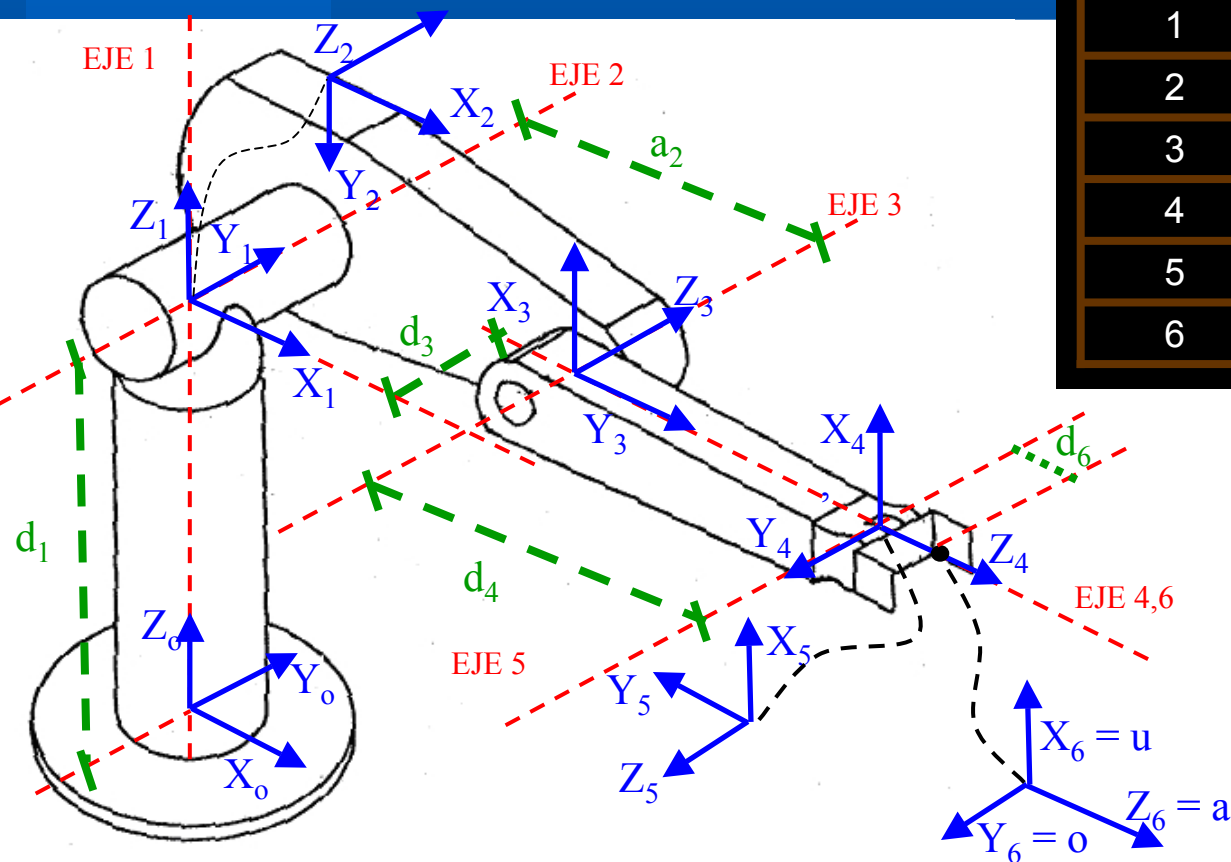
- Dos ángulos ( $\theta_i, \alpha_{i-1}$ )
- Dos distancias ( $d_i, a_{i-1}$ )

# Interpretación Parámetros D-H

- $\theta_i$ : Es el ángulo de  $x_{i-1}$  a  $x_i$  medido sobre  $z_i$  (utilizando la regla de la mano derecha).
- $d_i$ : Es la distancia de  $x_{i-1}$  a  $x_i$  medida a lo largo de  $z_i$ .
- $a_i$ : Es la distancia de  $z_i$  a  $z_{i+1}$  medida a lo largo de  $x_i$ .
- $\alpha_i$ : Es el ángulo de  $z_i$  a  $z_{i+1}$  medido sobre  $x_i$  (utilizando la regla de la mano derecha).



# Parámetros D-H para el PUMA



| eslabón | $d_i$ | $\theta_i$ | $a_{i-1}$ | $\alpha_{i-1}$ |
|---------|-------|------------|-----------|----------------|
| 1       | $d_1$ | $\theta_1$ | 0         | $0^\circ$      |
| 2       | 0     | $\theta_2$ | 0         | $-90^\circ$    |
| 3       | $d_3$ | $\theta_3$ | $a_2$     | $0^\circ$      |
| 4       | $d_4$ | $\theta_4$ | 0         | $-90^\circ$    |
| 5       | 0     | $\theta_5$ | 0         | $-90^\circ$    |
| 6       | $d_6$ | $\theta_6$ | 0         | $90^\circ$     |