

# Algoritmo de Denavit-Hartenberg

- **D-H 1.-** Numerar los eslabones comenzando con 1 (primer eslabón móvil de la cadena) y acabando con n (último eslabón móvil). Se numerará como eslabón 0 a la base fija del robot.
- **D-H 2.-** Numerar cada articulación comenzando por 1 (la correspondiente al primer grado de libertad) y acabando en n
- **D-H 3.-** Localizar el eje de cada articulación. Si ésta es rotativa, el eje será su propio eje de giro. Si es prismática, será el eje a lo largo del cual se produce el desplazamiento.
- **D-H 4.-** Para i de 0 a n-1 situar el eje  $z_i$  sobre el eje de la articulación i+1.
- **D-H 5.-** Situar el origen del sistema de la base  $\{S_0\}$  en cualquier punto del eje  $z_0$ . Los ejes  $x_0$  e  $y_0$  se situarán de modo que formen un sistema dextrógiro con  $z_0$
- **D-H 6.-** Para i de 1 a n-1, situar el sistema  $\{S_i\}$  (solidario al eslabón i) en la intersección del eje  $z_i$  con la línea normal común a  $z_{i-1}$  y  $z_i$ . Si ambos ejes se cortasen se situaría  $\{S_i\}$  en el punto de corte. Si fuesen paralelos  $\{S_i\}$  se situaría en la articulación i+1
- **D-H 7.-** Situar  $x_i$  en la línea normal común a  $z_{i-1}$  y  $z_i$
- **D-H 8.-** Situar  $y_i$  de modo que forme un sistema dextrógiro con  $x_i$  y  $z_i$ .
- **D-H 9.-** Situar el sistema  $\{S_n\}$  en el extremo del robot de modo que  $z_n$  coincida con la dirección de  $z_{n-1}$  y  $x_n$  sea normal a  $z_{n-1}$  y  $z_n$ .
- **D-H 10.-** Obtener  $\theta_i$  como el ángulo que hay que girar en torno a  $z_{i-1}$  para que  $x_{i-1}$  y  $x_i$  queden paralelos.
- **D-H 11.-** Obtener  $d_i$  como la distancia, medida a lo largo de  $z_{i-1}$ , que habría que desplazar  $\{S_{i-1}\}$  para que  $x_i$  y  $x_{i-1}$  quedasen alineados.
- **DH 12.-** Obtener  $a_i$  como la distancia medida a lo largo de  $x_i$  (que ahora coincidiría con  $x_{i-1}$ ) que habría que desplazar el nuevo  $\{S_{i-1}\}$  para que su origen coincidiese con  $\{S_i\}$ .
- **DH 13.-** Obtener  $\alpha_i$  como el ángulo que habría que girar entorno a  $x_i$  (que ahora coincidiría con  $x_{i-1}$ ), para que el nuevo  $\{S_{i-1}\}$  coincidiese totalmente con  $\{S_i\}$ .
- **DH 14.-** Obtener las matrices de transformación  ${}^{i-1}A_i$
- **DH 15.-** Obtener la matriz de transformación entre la base y el extremo del robot  $T = {}^0A_1 {}^1A_2 \dots {}^{n-1}A_n$ .
- **DH 16.-** La matriz T define la orientación (submatriz de rotación) y posición (submatriz de traslación) del extremo referido a la base en función de las n coordenadas articulares

- Transformaciones básicas de paso de eslabón:

- ❶ Rotación alrededor del eje  $z_{i-1}$  un ángulo  $\theta_i$
- ❷ Traslación a lo largo de  $z_{i-1}$  una distancia  $d_i$ ; vector  $d_i$  (0,0, $d_i$ )
- ❸ Traslación a lo largo de  $x_i$  una distancia  $a_i$ ; vector  $a_i$  (0,0, $a_i$ )
- ❹ Rotación alrededor del eje  $x_i$  un ángulo  $\alpha_i$

$${}^{i-1}A_i = T(z, \theta_i) T(0, 0, d_i) T(a_i, 0, 0) T(x, \alpha_i)$$

$${}^{i-1}A_i = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i & 0 & 0 \\ S\theta_i & C\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\alpha_i & -S\alpha_i & 0 \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} C\theta_i & -C\alpha_i S\theta_i & S\alpha_i S\theta_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\alpha_i C\theta_i & -S\alpha_i C\theta_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$