

# Informe de Trabajo Práctico N°3

## Denavit y Hartenberg

Robótica I

Ingeniería en Mecatrónica  
Facultad de Ingeniería - UNCUIYO

Alumno: Juan Manuel BORQUEZ PEREZ  
Legajo: 13567



**UNCUIYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

## 1. Ejercicio 1.

La convención de Denavit - Hartenberg (DH) se utiliza para establecer una matriz de transformación homogénea que describe la posición y orientación de un sistema de referencia respecto a otro, y está formada por el producto de 4 transformaciones elementales, 2 traslaciones y 2 rotaciones. Considere que existen algunas modificaciones de la convención original, pero en este cursado usaremos la estándar (prestar atención a las indicaciones de los autores al momento de presentarla).

### 1.1. Inciso 1.

Escriba de forma simbólica cada transformación elemental, indicando si es traslación o rotación, el parámetro principal, y con respecto a qué eje se realiza

1. Rotación alrededor del eje  $Z_{i-1}$  un ángulo  $\theta_i$  para llevar el eje  $X_{i-1}$  hasta el eje  $X_i$ . Corresponde con la variable articular  $q_i$ .

$$Rot(Z_{i-1}, \theta_i)$$

2. Traslación a lo largo de  $Z_{i-1}$  una distancia  $d_i$  desde el origen del sistema  $\{S_{i-1}\}$  hasta el eje  $X_i$ . Corresponde con la longitud articular.

$$Tras(Z_{i-1}, d_i)$$

3. Traslación a lo largo del eje  $X_i$  una distancia  $a_i$  desde el eje  $Z_{i-1}$  al eje  $Z_i$ . Corresponde con la longitud del eslabón  $i$ .

$$Tras(X_i, a_i)$$

4. Rotación alrededor del eje  $X_i$  un ángulo  $\alpha_i$  desde el eje  $Z_{i-1}$  al eje  $Z_i$ . Corresponde con el ángulo de torsión del eslabon  $i$ .

$$Rot(X_i, \alpha_i)$$

### 1.2. Inciso 2.

Escriba el producto matricial ordenado y la forma general de la matriz homogénea que relaciona 2 sistemas consecutivos

$${}^{i-1}T_i = Rot(Z_{i-1}, \theta_i) Tras(Z_{i-1}, d_i) Tras(X_i, a_i) Rot(X_i, \alpha_i)$$

## 2. Ejercicio 2

Aplique la convención DH a los siguientes robots. Es decir, asigne adecuadamente los sistemas de referencia y determine los 4 parámetros de cada articulación:  $\theta$ ,  $d$ ,  $a$ ,  $\alpha$ . Realice un esquema adecuado donde se aprecien todos los parámetros involucrados.

## 2.1. Inciso 1

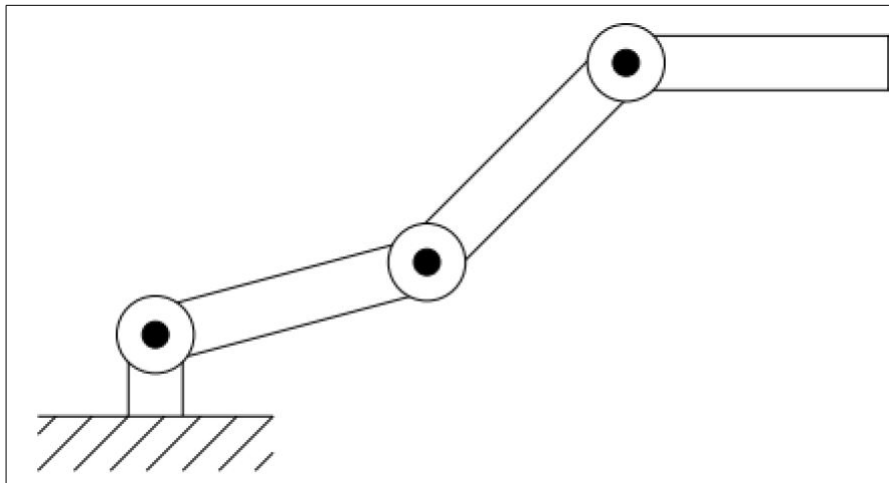


Figura 1: Robot planar de 3 articulaciones rotacionales (Spong 2005).

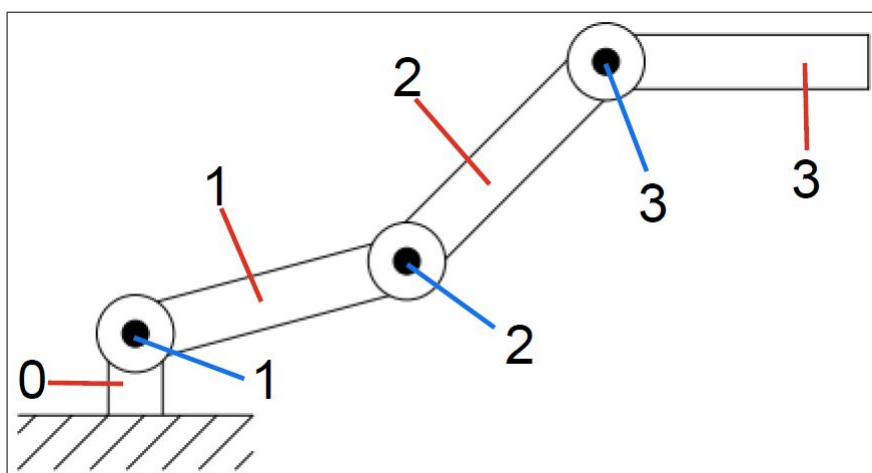


Figura 2: Identificación de eslabones y articulaciones.

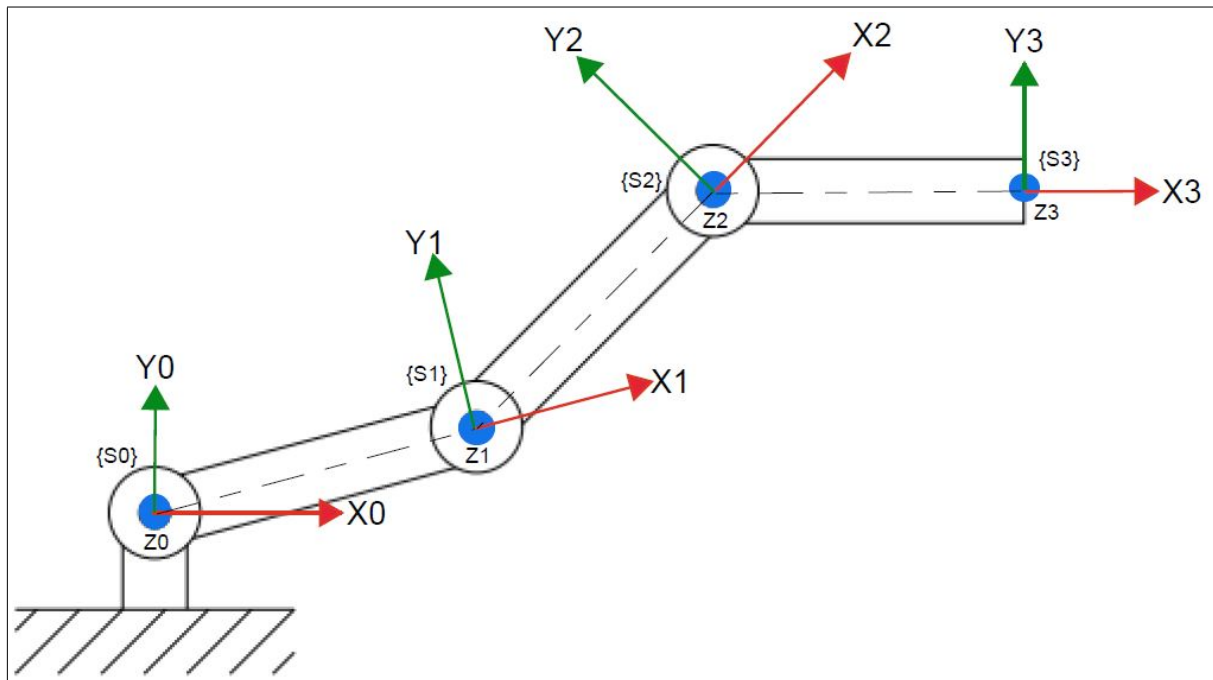


Figura 3: Definición de los sistemas.

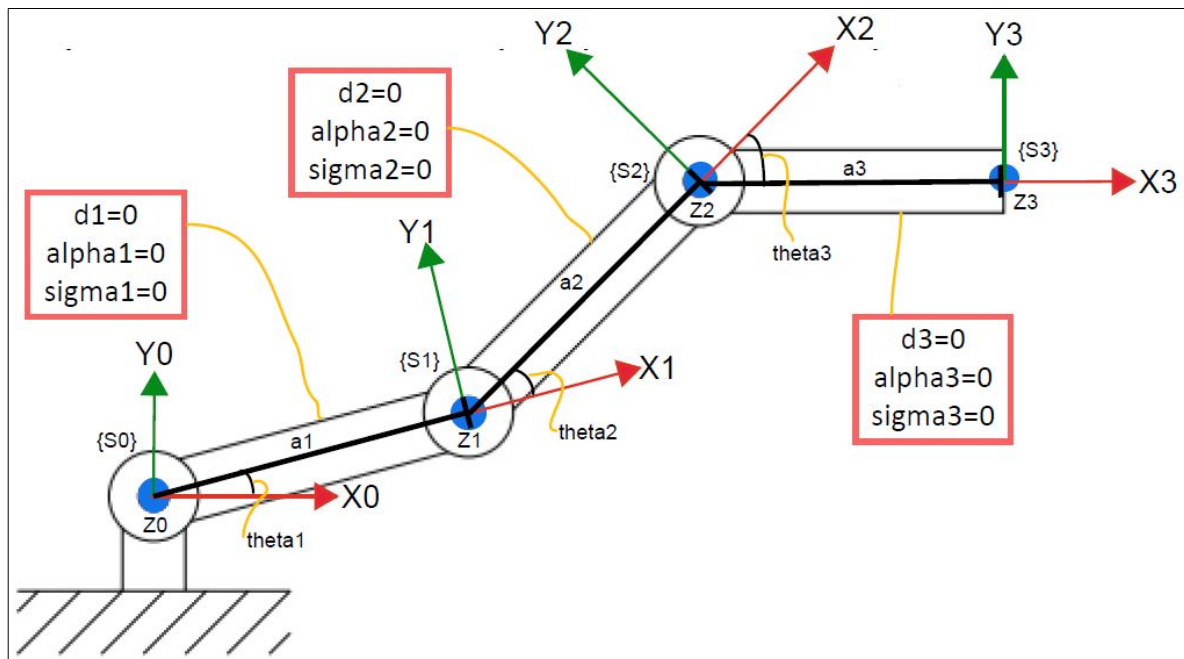


Figura 4: Aplicación de la convención DH.

Sistema	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$	$\sigma$
1	$q_1$	0	$l_{esl1}$	0	0
2	$q_2$	0	$l_{esl2}$	0	0
3	$q_3$	0	$l_{esl3}$	0	0

Cuadro 1: Síntesis de la convención DH.

## 2.2. Inciso 2.

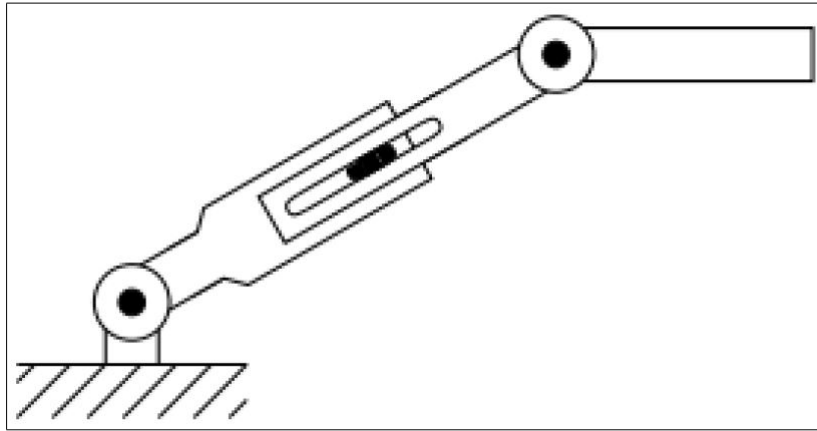


Figura 5: Robot planar con 3 articulaciones: rotación, traslación, rotación (Spong 2005).

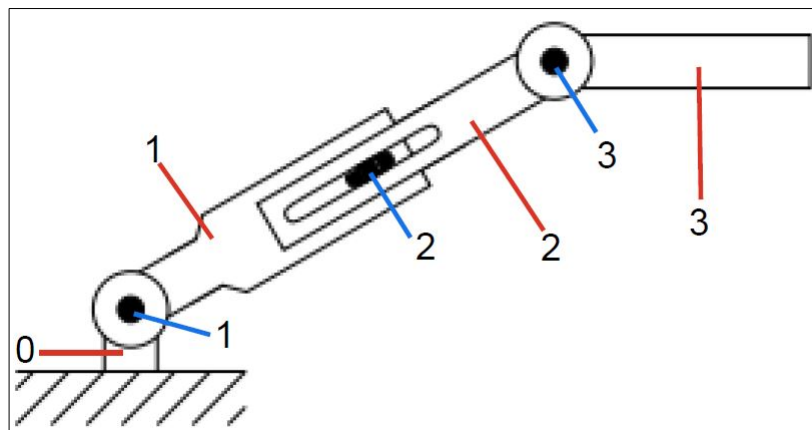


Figura 6: Identificación de eslabones y articulaciones.

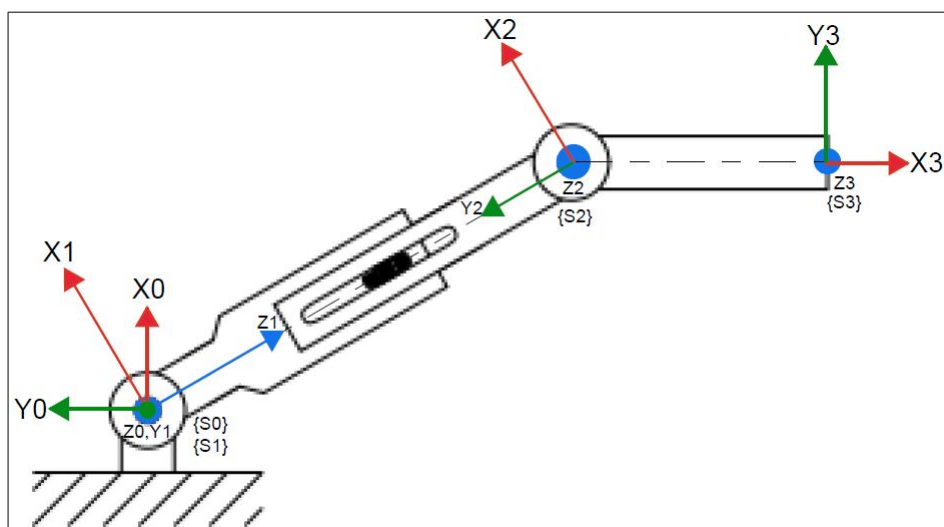


Figura 7: Definición de los sistemas.

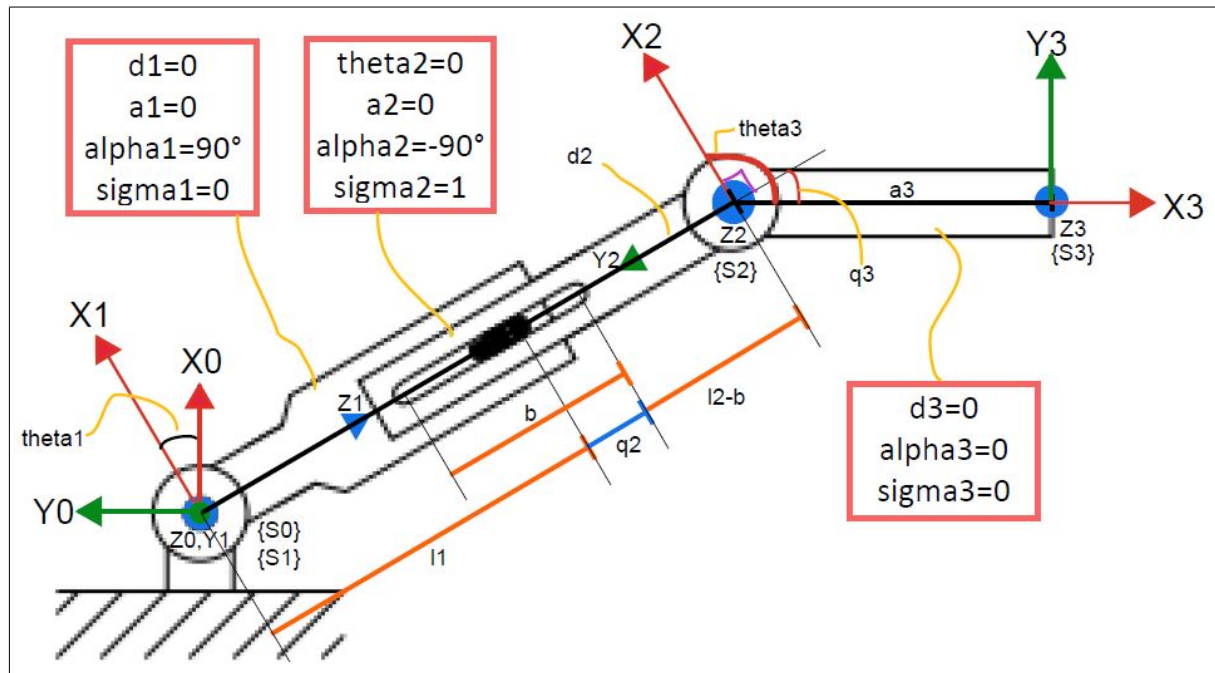


Figura 8: Aplicación de la convención DH.

Sistema	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$	$\sigma$
1	$q_1$	0	0	$90^\circ$	0
2	0	$q_2 + l_{esl1} + l_{esl2} - b$	0	$-90^\circ$	1
3	$q_3 - 90^\circ$	0	$l_{esl3}$	0	0

Cuadro 2: Síntesis de la convención DH.

### 2.3. Inciso 3.

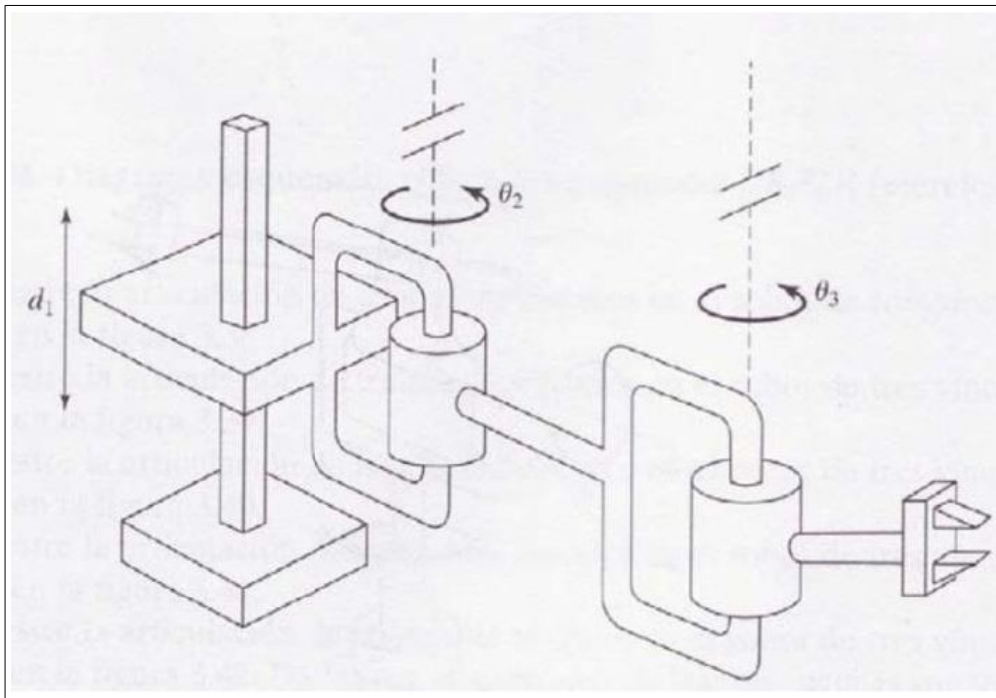


Figura 9: Robot de 3 articulaciones: traslación, rotación, rotación (Craig 2006)

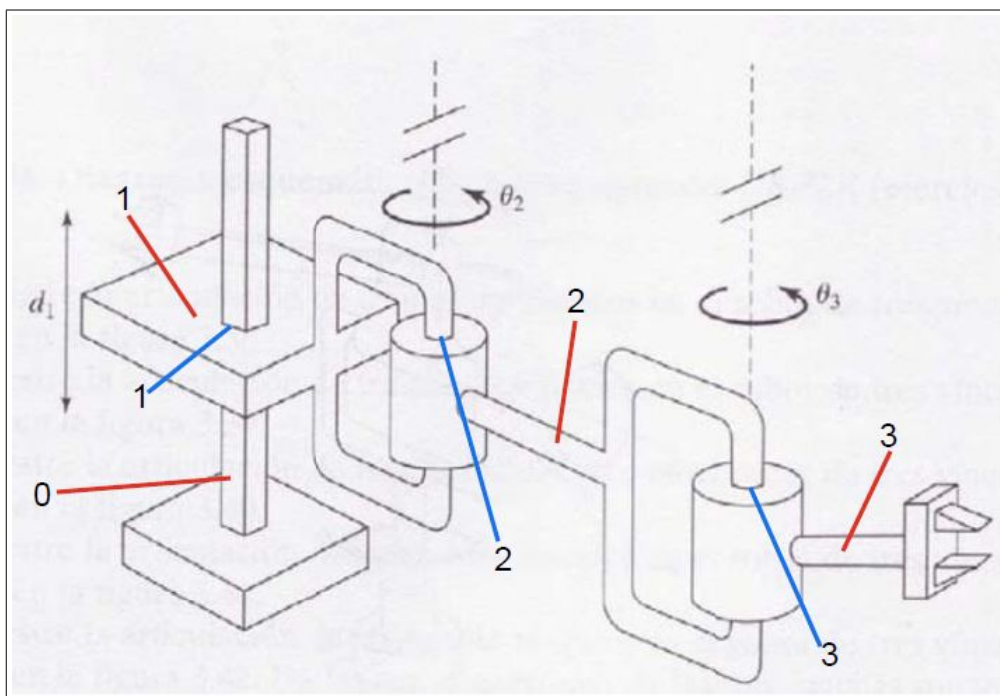


Figura 10: Identificación de eslabones y articulaciones.



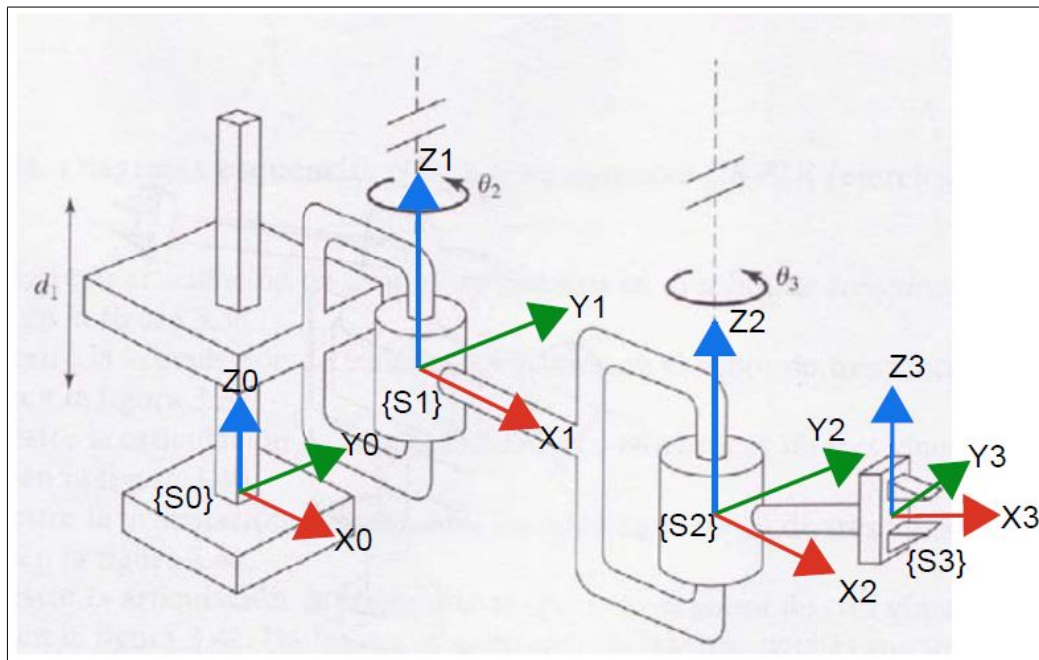


Figura 11: Definición de los sistemas.

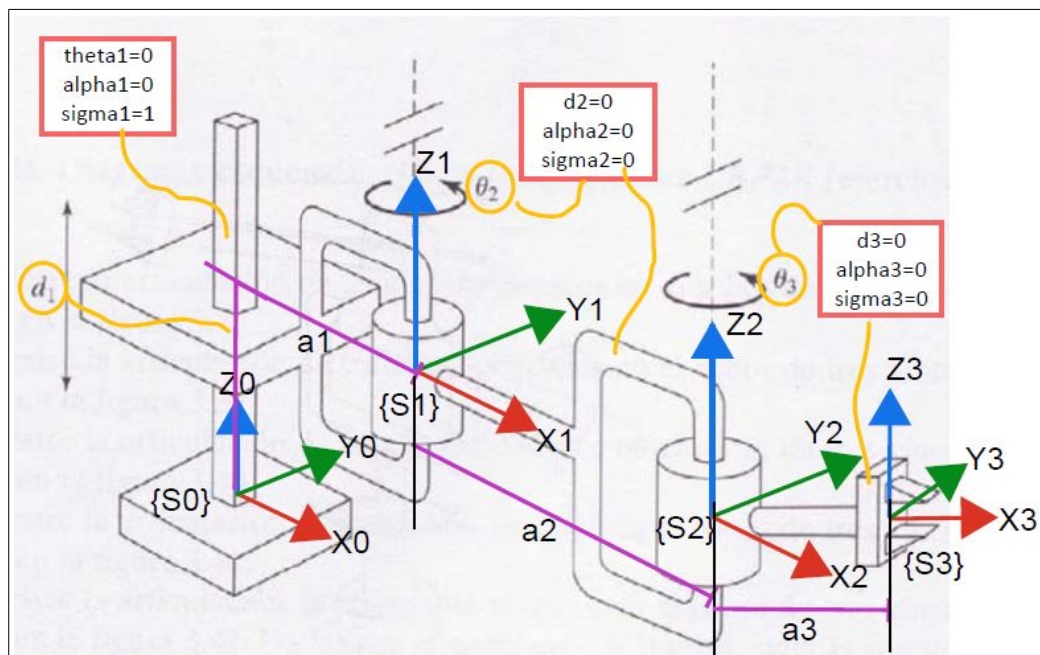


Figura 12: Aplicación de la convención DH.

Sistema	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$	$\sigma$
1	0	$d_1$	$l_{esl1}$	0	1
2	$q_2$	0	$l_{esl2}$	0	0
3	$q_3$	0	$l_{esl3}$	0	0

Cuadro 3: Síntesis de la convención DH.



### 3. Ejercicio 3.

Determine los parámetros DH de cada uno de los siguientes robots reales. Analice cada uno de ellos y obtenga los datos necesarios de su geometría a partir de la información gratuita que el fabricante pone a disposición en su página web. Si existe más de un modelo para cada caso seleccione uno, cualquiera.

#### 3.1. SCARA IRB 910SC-3/0.45 (ABB).

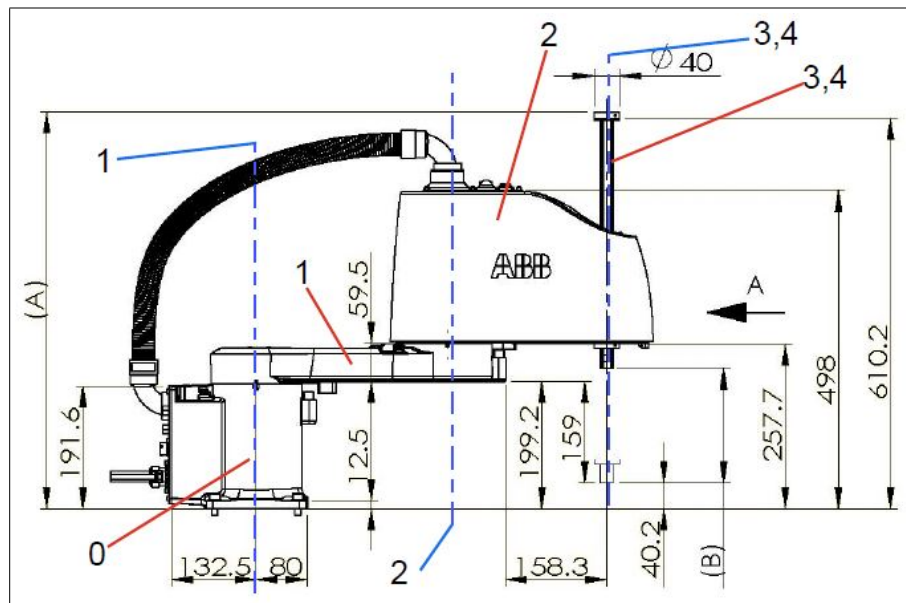


Figura 13: Identificación de eslabones y articulaciones.

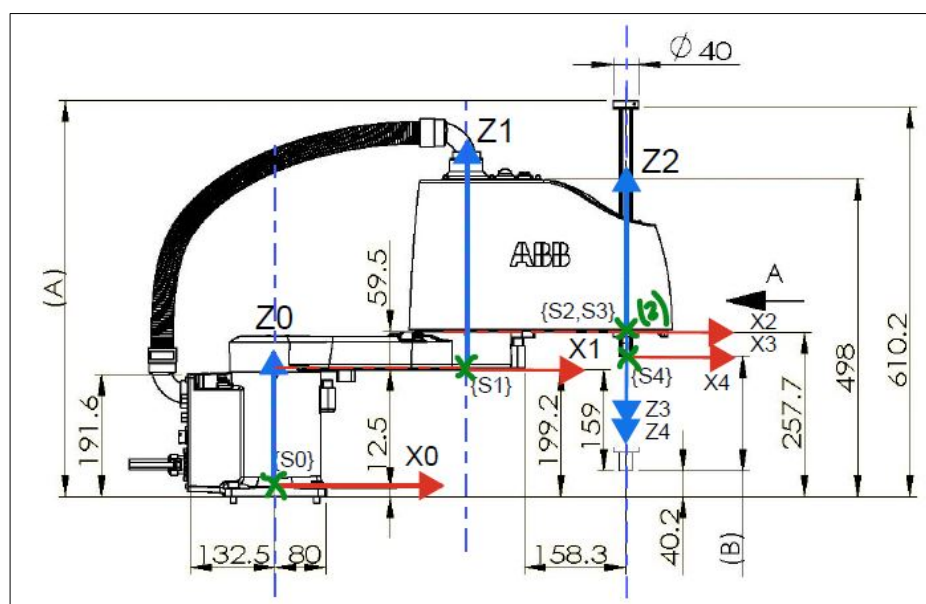


Figura 14: Definición de sistemas vista lateral.

Technical drawing of a mechanical assembly (likely a pump or motor) showing dimensions and coordinate systems. The drawing includes the following dimensions and labels:

- Overall length:  $L$
- Distance from left end to first coordinate system ( $Z_0$ ):  $136.5$
- Distance from first coordinate system ( $Z_0$ ) to second coordinate system ( $Z_1$ ):  $250$
- Distance from second coordinate system ( $Z_1$ ) to third coordinate system ( $Z_2$ ):  $72.5$
- Distance from left end to second coordinate system ( $Z_1$ ):  $130$
- Distance from left end to third coordinate system ( $Z_2$ ):  $67.5$
- Distance from left end to the center of the assembly:  $130$
- Distance from the center of the assembly to the right end:  $130$
- Coordinate systems:  $Z_0, X_0, Z_1, X_1, Z_2, X_2, X_3, X_4$
- Dimensions:  $160$  (height),  $130$  (width),  $4 \times \phi 12$  (four holes of diameter 12)

9

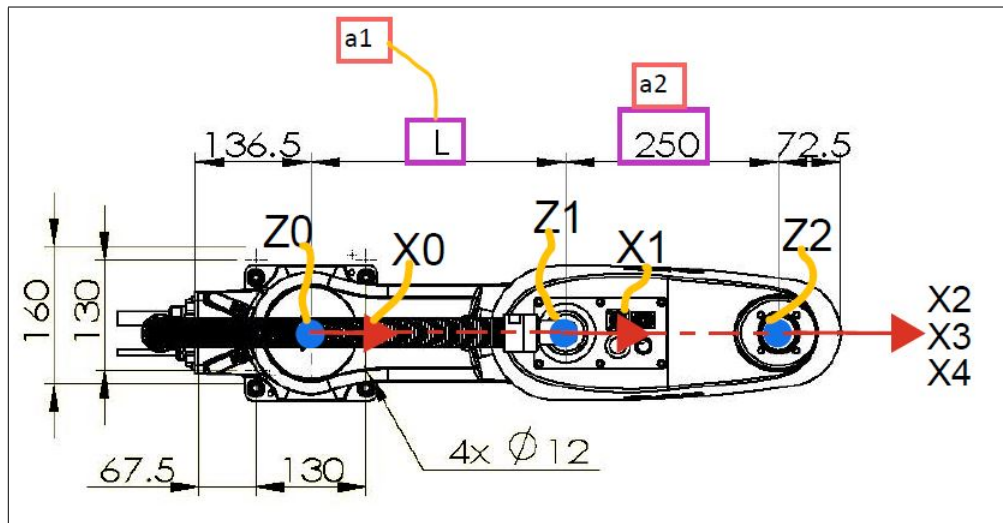


Figura 17: Aplicación de la convención DH vista superior.

Elemento	Descripción	Variante
		IRB 910SC-3/0.45
L	Longitud del brazo inferior	200 mm

Figura 18: parámetros 1.

Elemento	Descripción	Variante
		IRB 910SC-3/0.45
B	Recorrido Z	180 mm

Figura 19: parámetros 2.

Sistema	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$	$\sigma$
1	$q_1$	199,2	200	0	0
2	$q_2$	59,5	250	0	0
3	$q_3$	0	0	90°	0
4	0	$37,5 + q_4$	0	0	1

Cuadro 4: Síntesis de la convención DH.

### 3.2. Paint Mate 200iA (FANUC).

Aplicamos la convención DH directamente como se muestra en las fig. 20 y fig. 22.. En las que se ha identificado los sistemas de referencias para cada articulación y para el

efector final y se han resaltado los parámetros del robot que son útiles para la definición de la matriz de transformación homogénea según DH.

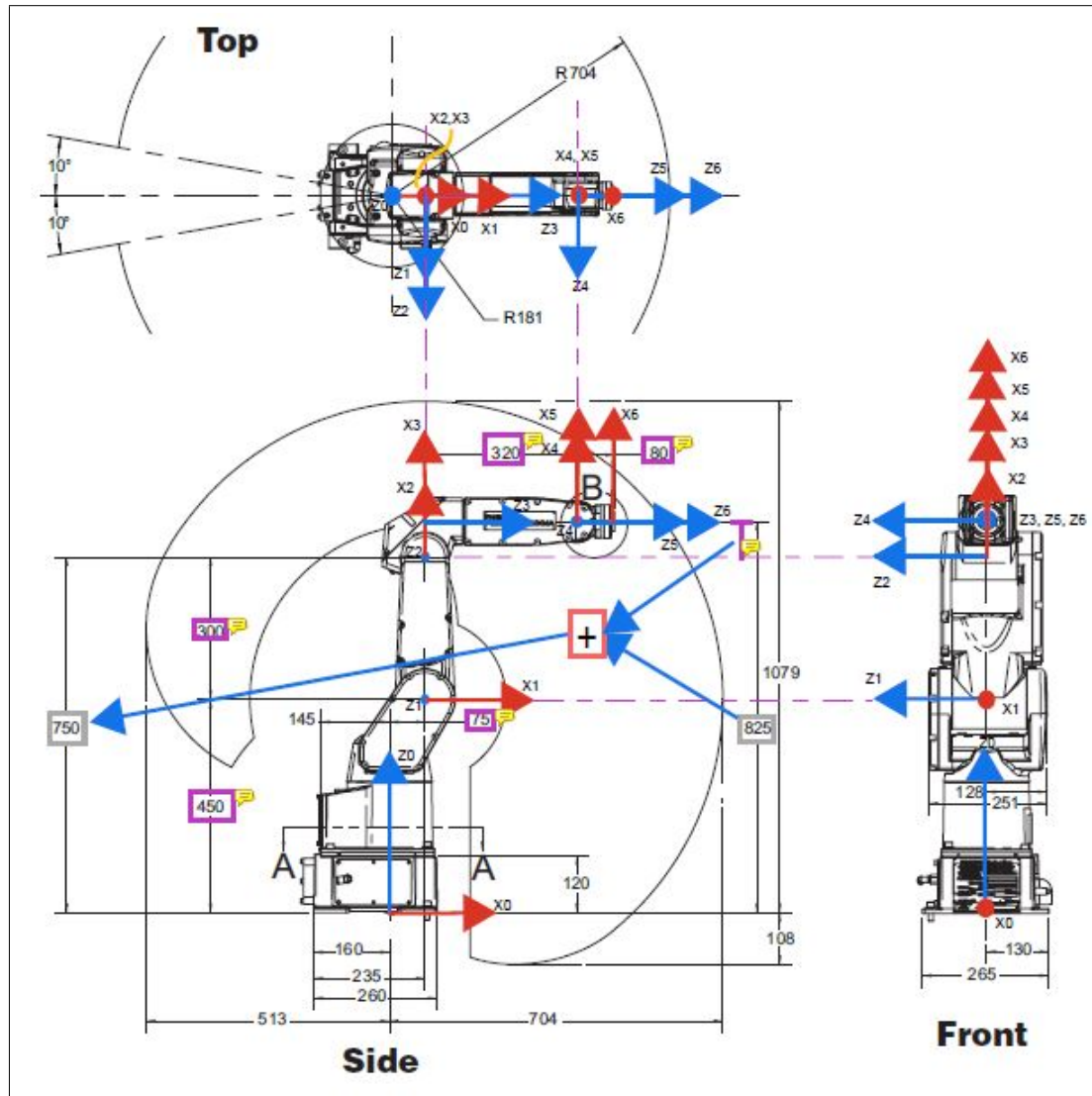


Figura 20: Aplicación de la convención DH overview.

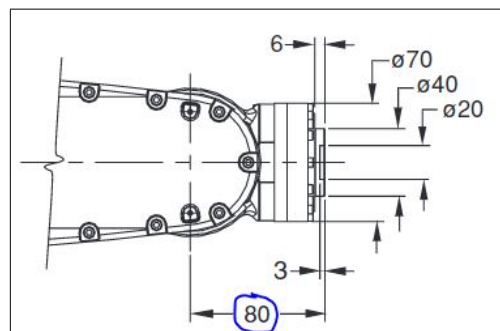


Figura 21: Datos de la muñeca.

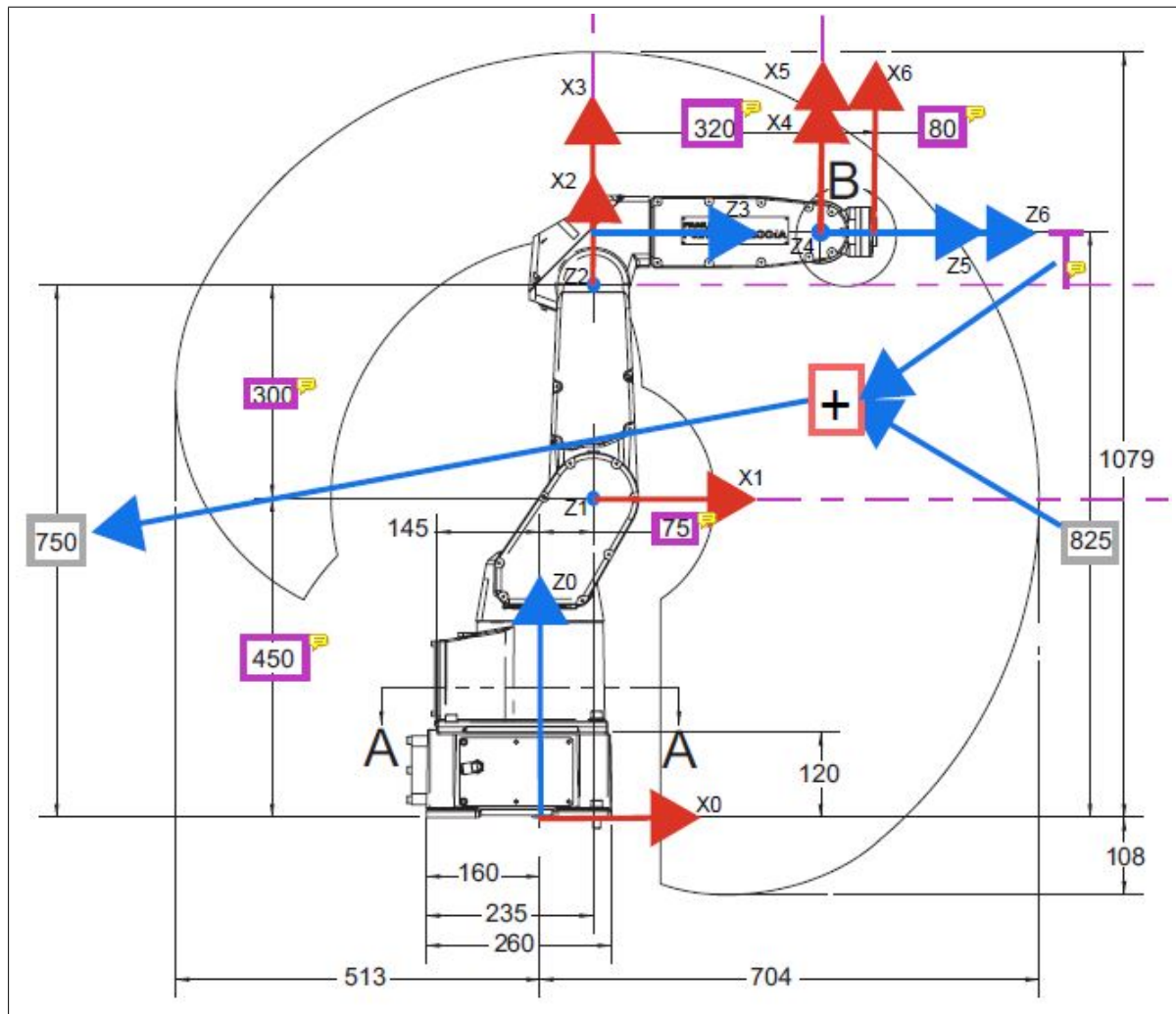


Figura 22: Aplicación de la convención DH vista lateral.

Sistema	$\theta$	$d$	$a$	$\alpha$	$\sigma$
1	$q_1$	450	75	$90^\circ$	0
2	$90^\circ + q_2$	0	300	0	0
3	$q_3$	0	75	$90^\circ$	0
4	$q_4$	320	0	$-90^\circ$	0
5	$q_5$	0	0	$90^\circ$	0
6	$q_6$	80	0	0	0

Cuadro 5: Síntesis de la convención DH.

### 3.3. LBR iiwa 7 R800 (KUKA).