Método Denavith – Hartenberg

Ubicación de los sistemas de referencia.

Antes de aplicar este método se deberá analizar la estructura del robot, para identificar la cantidad de eslabones y los tipos de juntas involucradas (revolutas o prismáticas). A la cantidad total de eslabones en movimiento se le llamará n.

1. Asignar el número 0 a la base del robot y continuar numerando sus eslabones en movimiento desde 1 hasta n.
2. Trazar los ejes de movimiento de las articulaciones. Para una revoluta será el eje alrededor del cual se realiza el giro. Para una prismática será la línea a lo largo de la que se realiza el desplazamiento.
3. Numerar cada eje de movimiento desde 1 (el más cercano a la base) y acabando en n.
4. Situar el eje Z_i sobre el eje de cada articulación $i+1$, para $i: 0, \ldots, n-1$. El sentido positivo de cada eje Z_i se asigna de forma arbitraria.

i	Z_i	Eje_{i+1}
0	Z_0	Eje_1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n-1$	Z_{n-1}	Eje_n

5. Situar el origen de cada sistema $\{S_i\}$, para $i: 1, \ldots, n-1$. Considerar estos dos casos:

- Z_i y Z_{i-1} **se intersectan**: situar el origen $\{S_i\}$ en el punto donde se cortan.
- Z_i y Z_{i-1} **son paralelos**: situar el origen $\{S_i\}$ libremente en el eje de la articulación $i+1$.

i	Z_i	Z_{i-1}	¿Se intersectan o son paralelos?	$\{S_i\}$
1	Z_1	Z_0		$\{S_1\}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
$n-1$	Z_{n-1}	Z_{n-2}		$\{S_{n-1}\}$

6. Situar el eje X_i perpendicular entre cada par de ejes Z_i y el eje anterior Z_{i-1}, para $i: n-1,...,1$. Asignar de forma arbitraria el sentido positivo al eje X_i.

i	Z_i	Z_{i-1}	X_i
$n-1$	Z_{n-1}	Z_{n-2}	X_{n-1}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
1	Z_1	Z_0	X_1

7. Situar cada eje Y_i de modo que se forme un triedro a derechas con X_i y Z_i, para $i: n-1,...,1$.

i	X_i	Z_i	Y_i
$n-1$	X_{n-1}	Z_{n-1}	Y_{n-1}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
1	X_1	Z_1	Y_1

8. Situar el origen del sistema de la base $\{S_0\}$ sobre cualquier punto del eje Z_0. Los ejes X_0 y Y_0 se orientan libremente, con tal de que formen un triedro a derechas.
9. Situar el origen del sistema de la herramienta (*tool*) $\{S_n\} = \{S_T\}$ en el extremo útil del robot.
10. Situar el eje Z_n de forma que sea paralelo a Z_{n-1}. Situar el eje X_n de forma que sea perpendicular a Z_n y Z_{n-1}. Situar el eje Y_n de forma que se genere un triedro a derechas con X_n y Z_n.

Determinación de los parámetros θ, d, a y α.

Ubicados los sistemas en el brazo, se determinarán los parámetros θ, d, a y α. Los primeros dos (θ y d) serán un **giro** y un **desplazamiento** sobre el **eje** Z_{i-1}; los segundos dos (a y α) serán un **giro** y un **desplazamiento** sobre el **eje** X_i. Se llenará una tabla para $i: 1,...,n$:

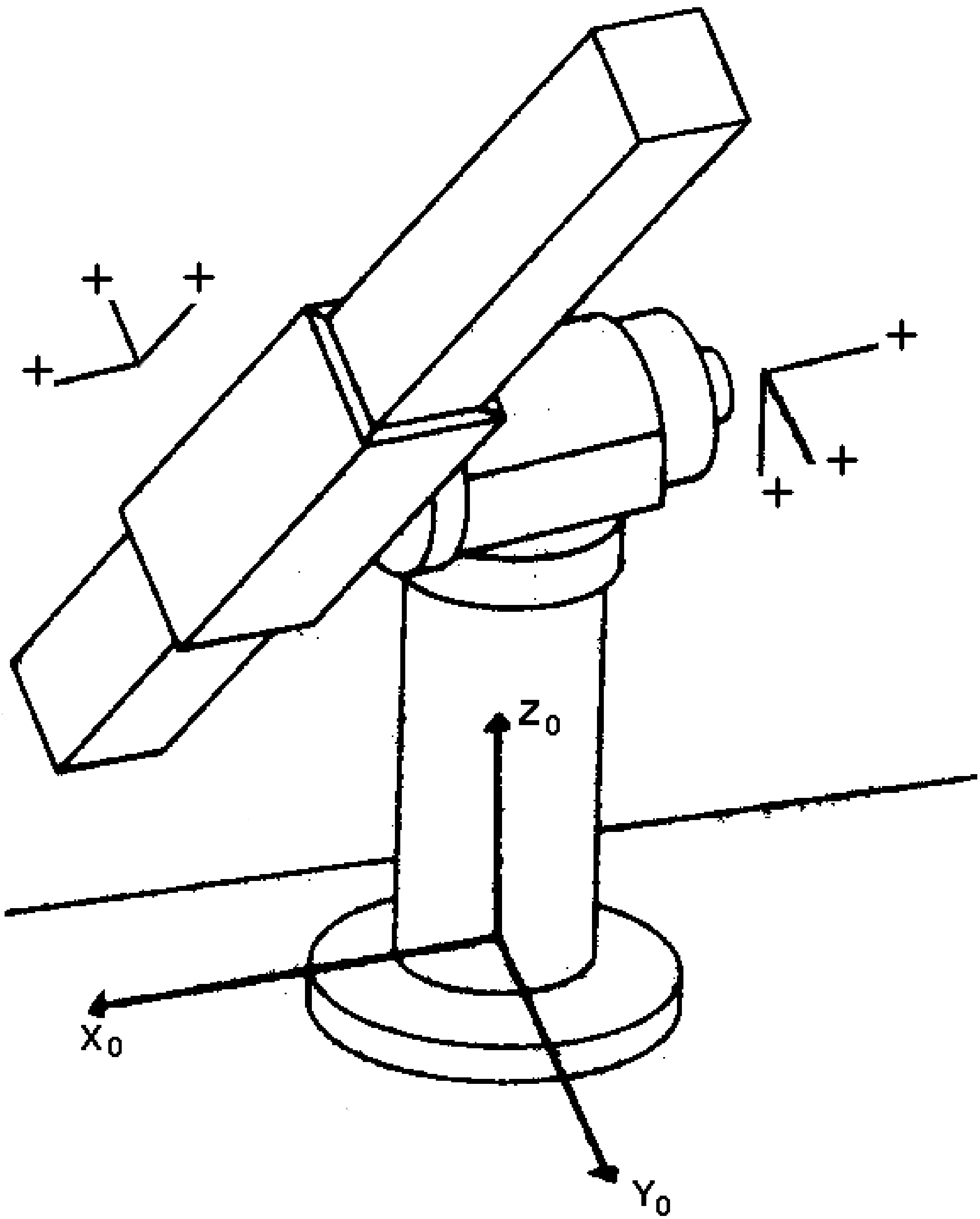
	Z_{i-1}		X_i	
i	θ_i	d_i	a_i	α_i
1 a *n*				

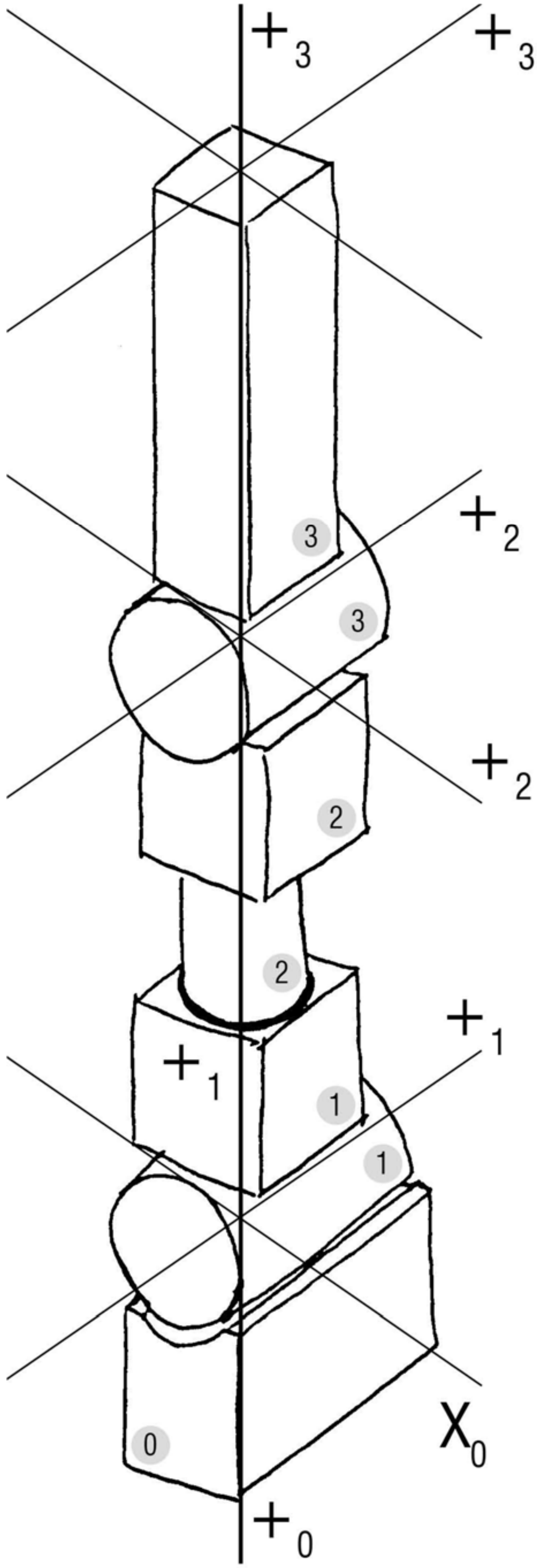
1. Determinar el ángulo θ_i como el giro alrededor del eje Z_{i-1} ($Z_{anterior}$) que el eje X_{i-1} ($X_{anterior}$) debe ser girado para que sea paralelo al eje X_i (X_{actual}). El giro podrá ser positivo o negativo, respetando la regla de un tornillo a derechas.
2. Determinar la distancia d_i como el desplazamiento del sistema $\{S_{i-1}\}$ a lo largo eje Z_{i-1} necesario para que el eje X_{i-1} se empalme al eje X_i. Se debe conservar el signo del desplazamiento sobre el eje Z_{i-1}.
3. Determinar la distancia a_i como el desplazamiento del sistema $\{S_{i-1}\}$ a lo largo eje X_i necesario para que el sistema $\{S_{i-1}\}$ coincida con el sistema $\{S_i\}$. Se debe conservar el signo del desplazamiento sobre el eje X_i.
4. Determinar el ángulo α_i como el giro alrededor del eje X_i necesario para que todos los ejes del sistema $\{S_{i-1}\}$ coincidan completamente con los ejes del sistema $\{S_i\}$. El giro podrá ser positivo o negativo, respetando la regla de un tornillo a derechas.
5. Sustituir los parámetros θ_i, d_i, a_i y α_i en la matriz de transformación homogénea que relaciona al sistema $\{S_{i-1}\}$ con el sistema $\{S_i\}$:

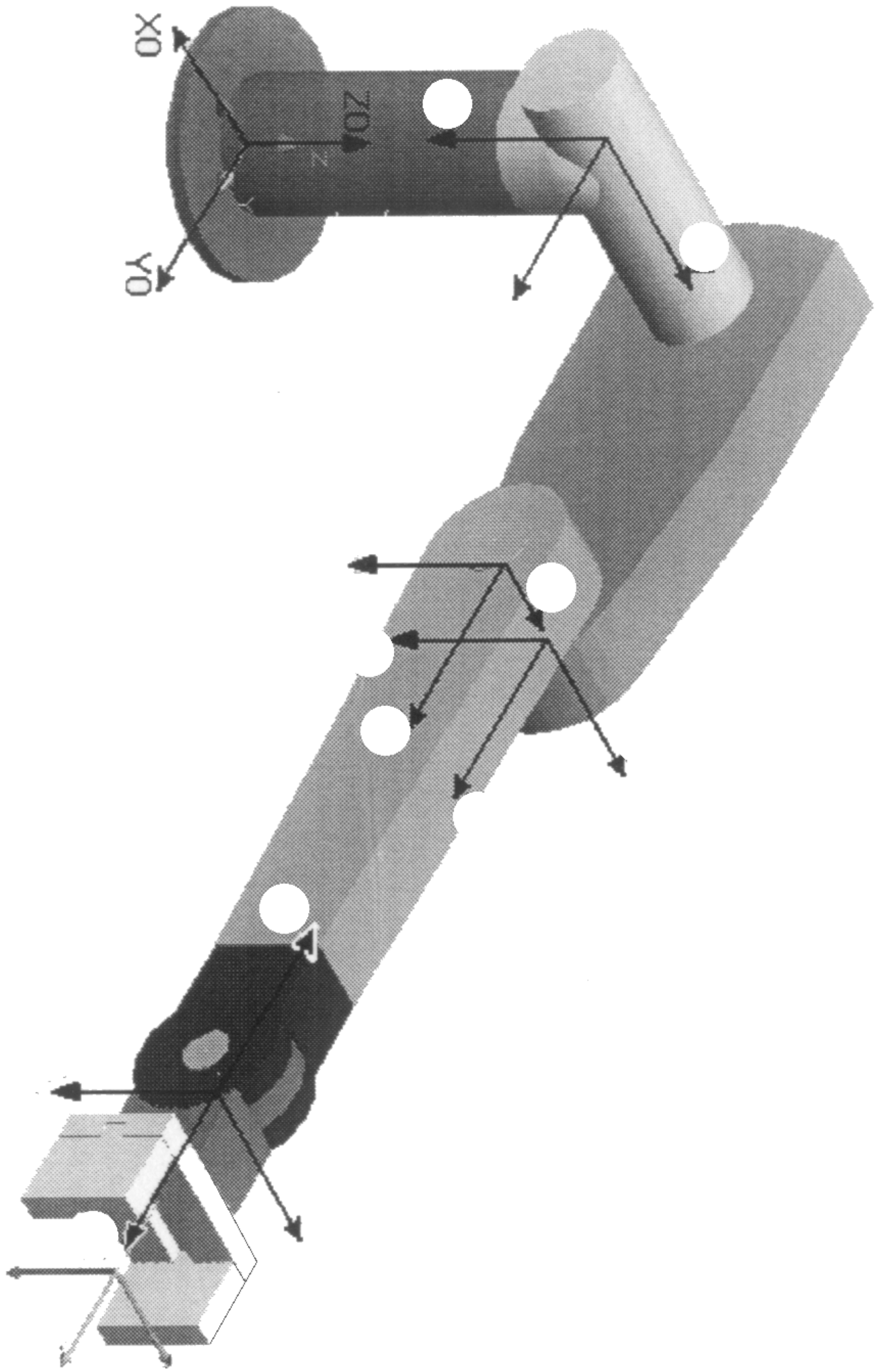
$$
{}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \operatorname{seno}\theta_i & \operatorname{seno}\alpha_i \operatorname{seno}\theta_i & a\cos\theta_i \\ \operatorname{seno}\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\operatorname{seno}\alpha_i \cos\theta_i & a\operatorname{seno}\theta_i \\ 0 & \operatorname{seno}\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

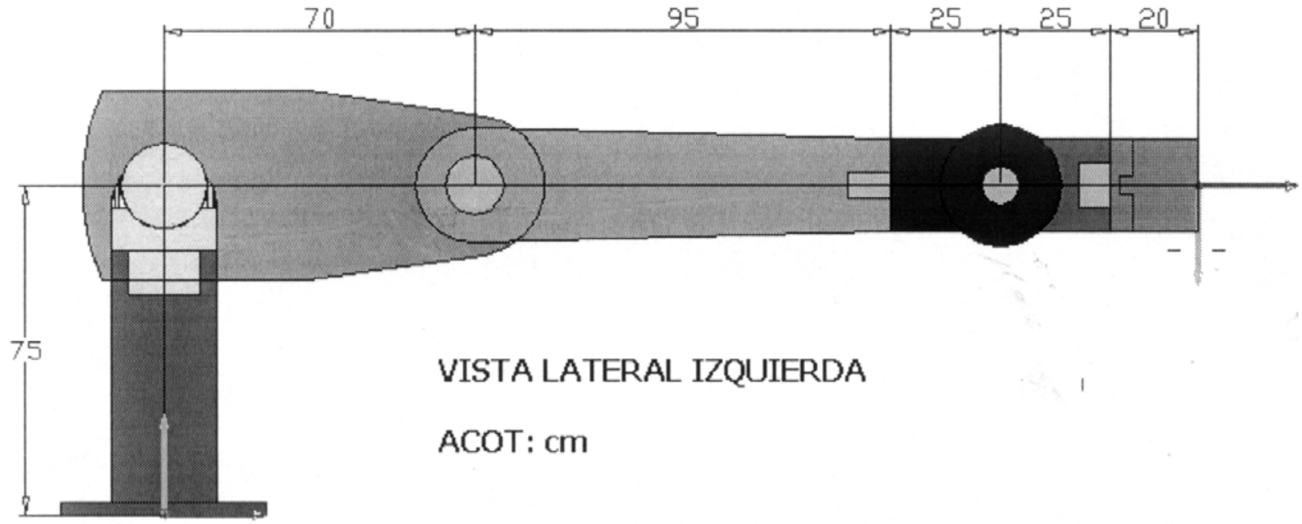
Finalmente, calcular la matriz de transformación total como el producto de todas las transformadas individuales.

$$
{}^{0}T_n = {}^{0}T_1 \, {}^{1}T_2 \cdots {}^{n-1}T_n
$$


+
+
+
+
+
+
Z_0
X_0
Y_0

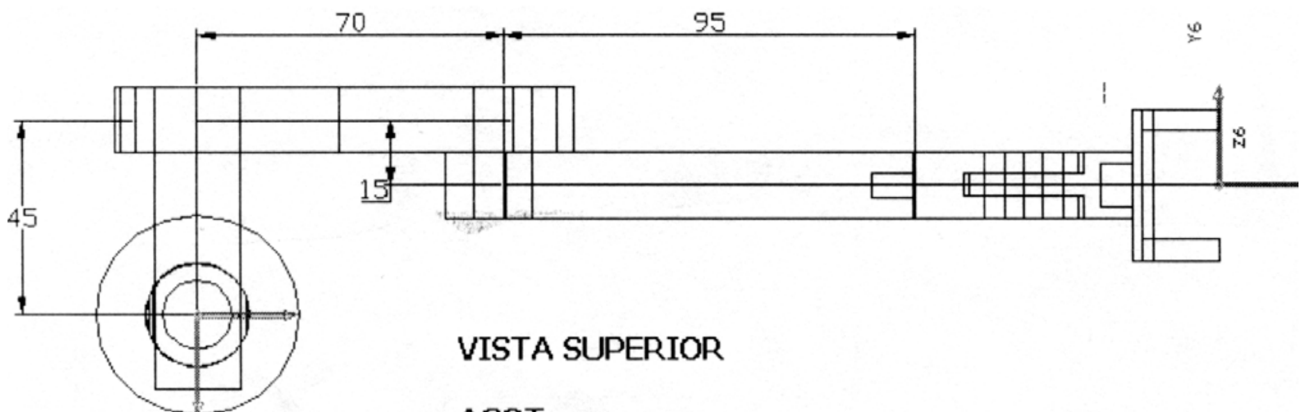

Z3
Y3
3
Z2
3
Y2
2
2
Z1
Y1
1
1
Y0
0
Z0


X0
Z0
Y0



VISTA LATERAL IZQUIERDA

ACOT: cm



VISTA SUPERIOR

ACOT: cm

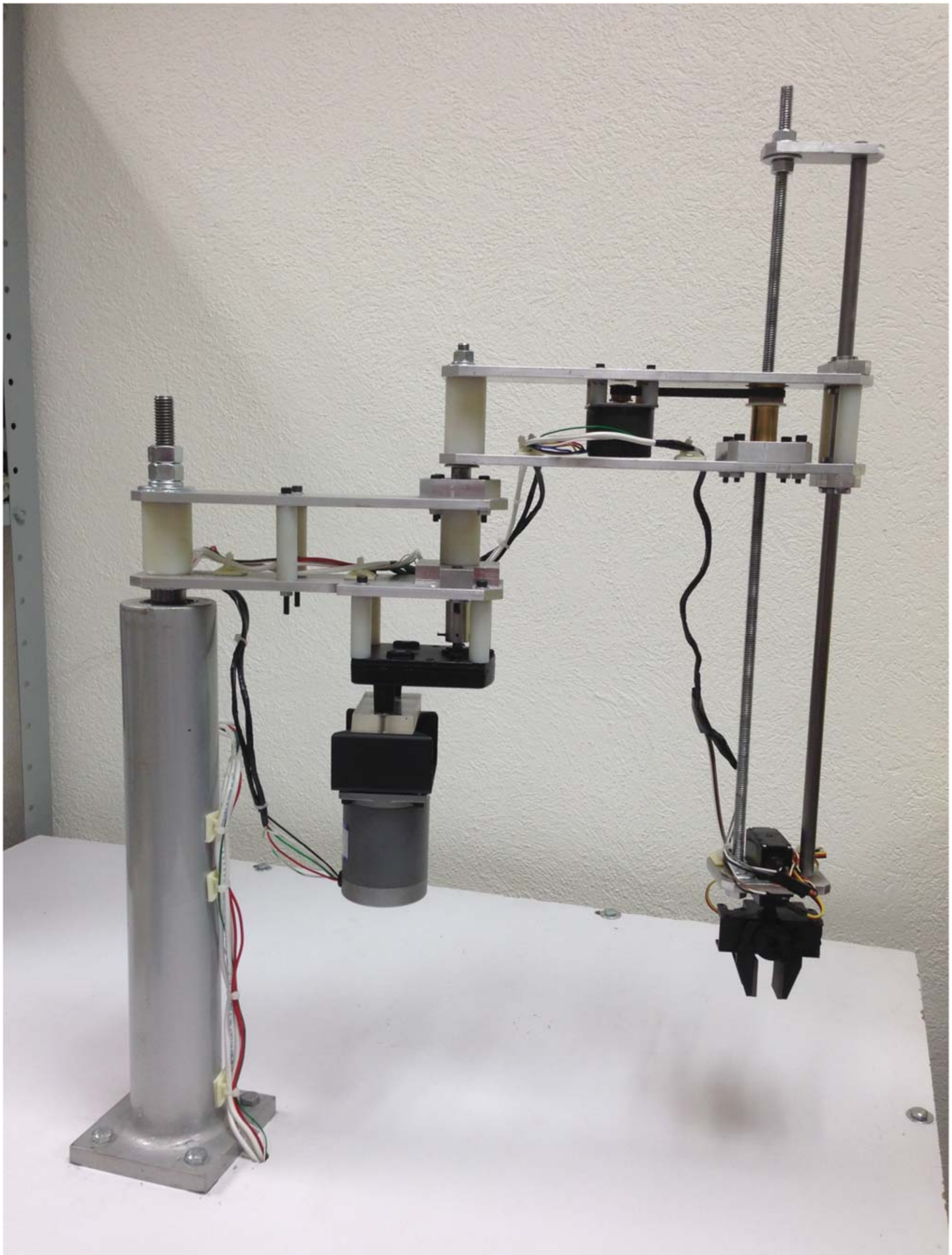
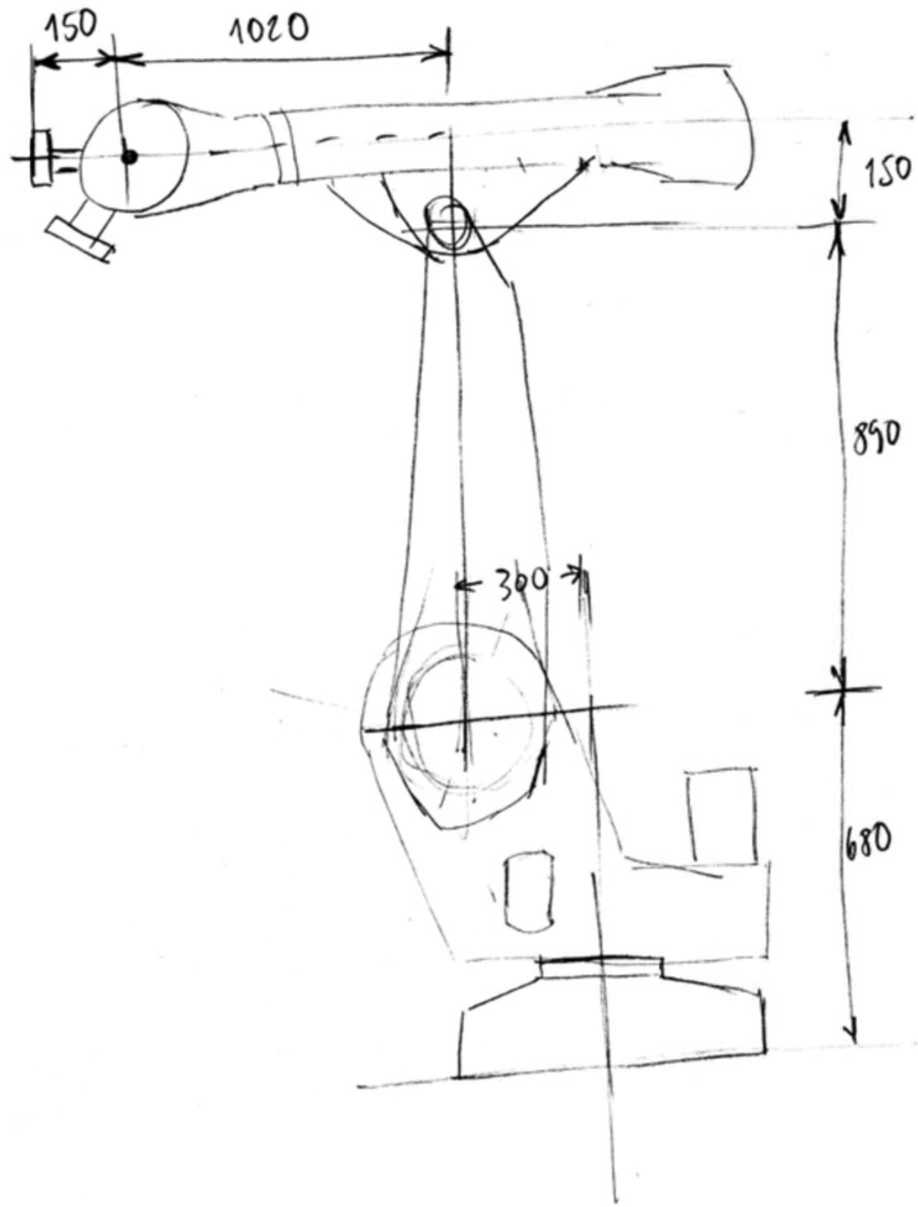
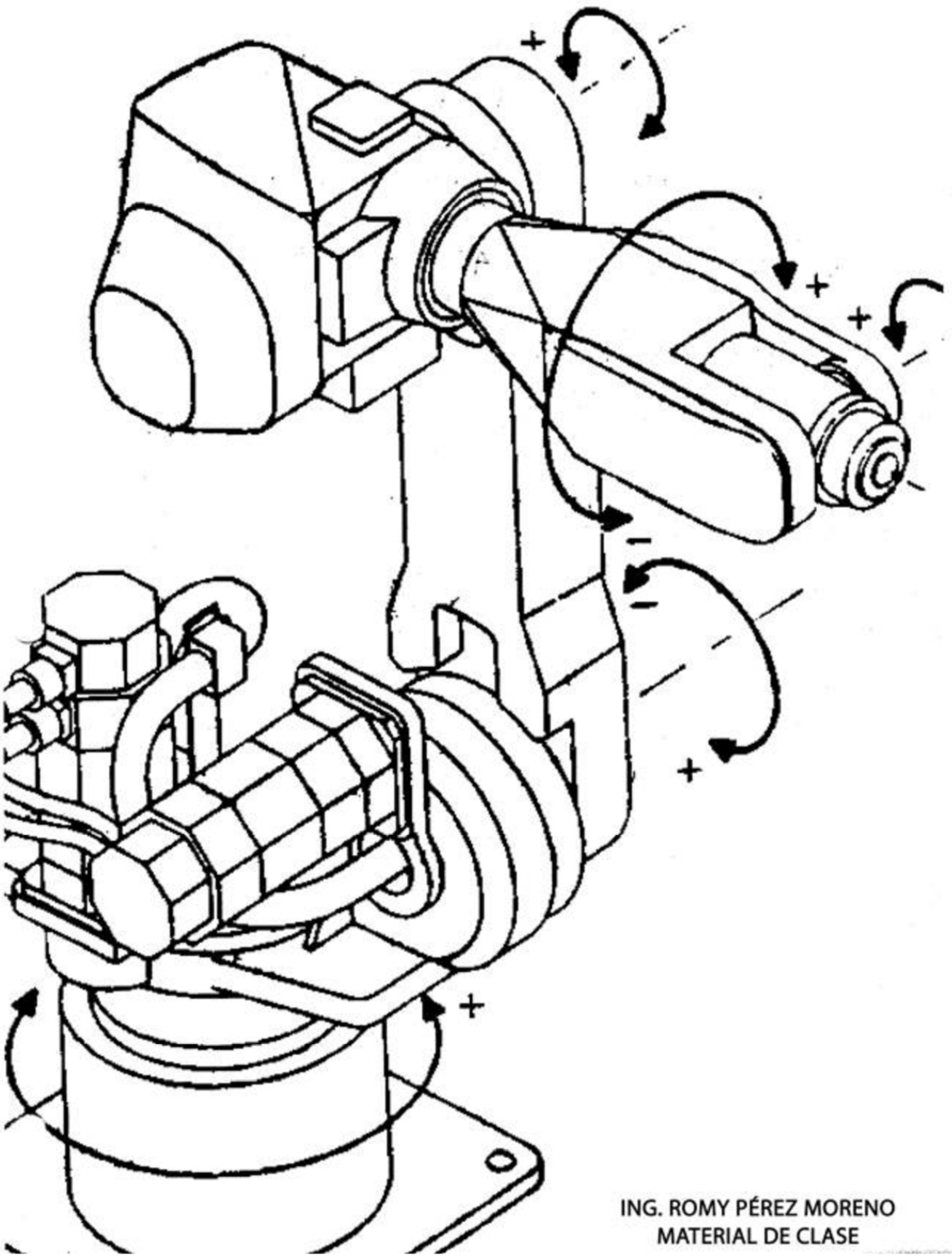
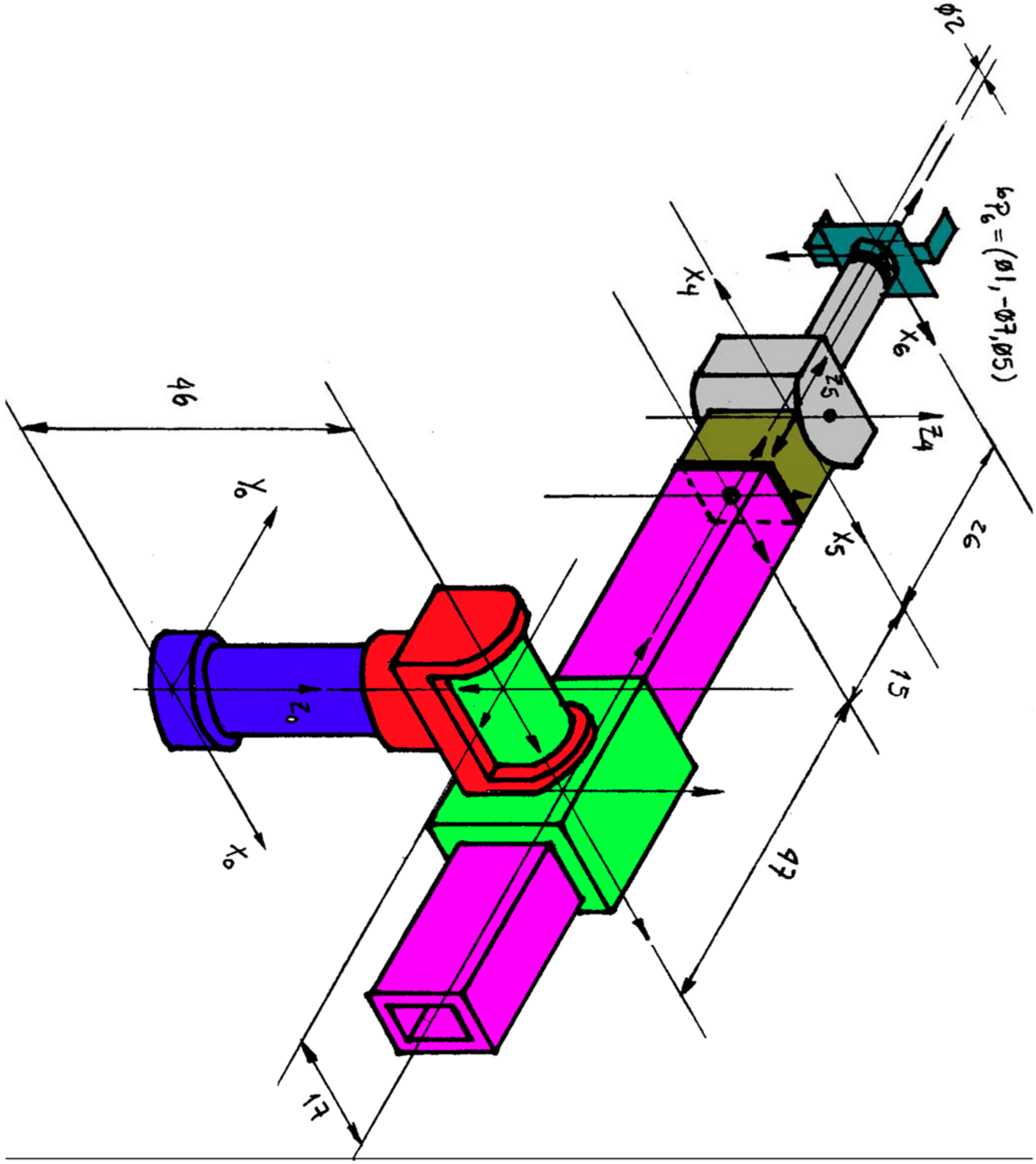
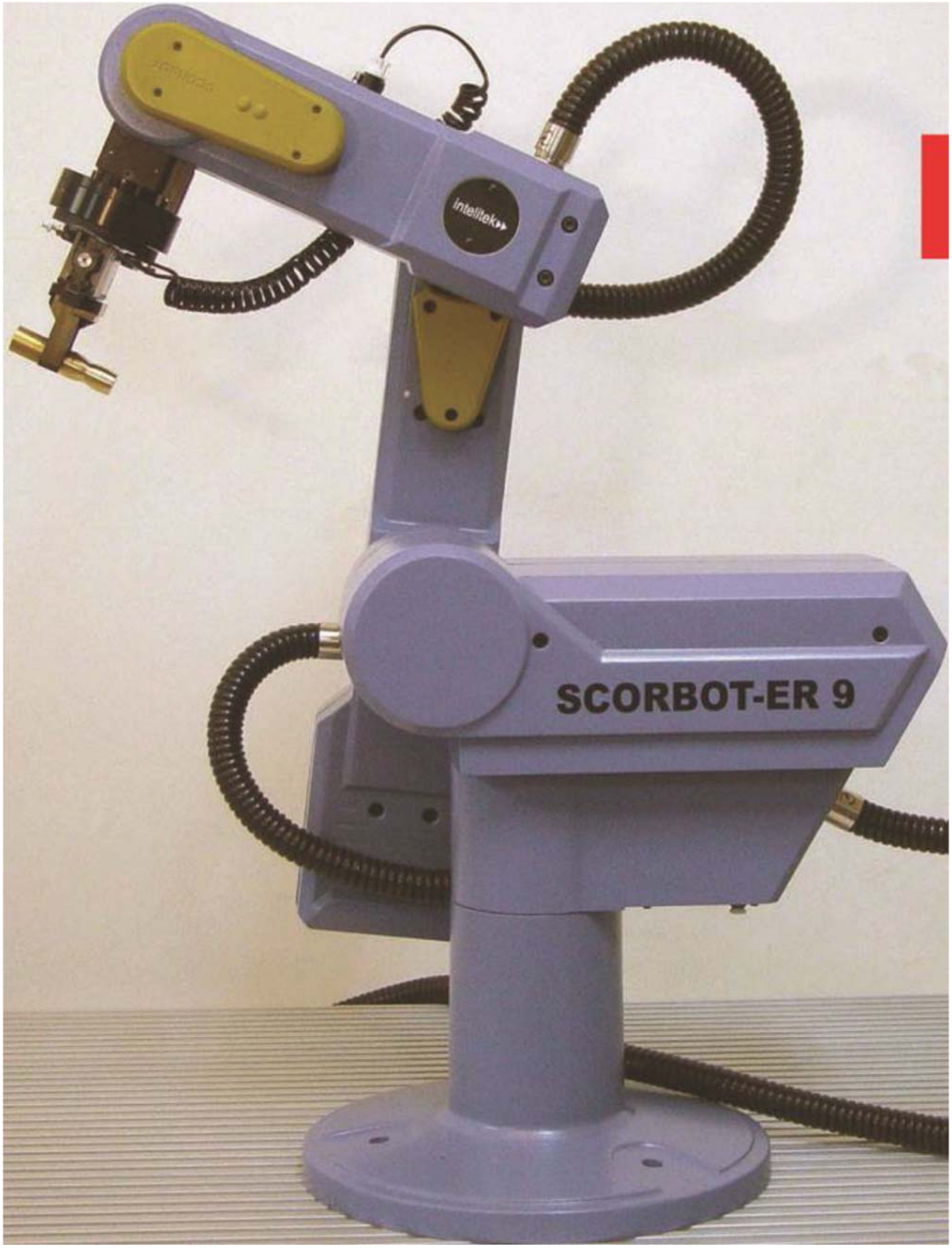



ABB
ABB
FOUNDRY
PLUS


150
1020
150
890
360
680


+
+
+
–
–
+
+
ING. ROMY PÉREZ MORENO
MATERIAL DE CLASE


46
47
15
26
17
x_0
y_0
z_0
x_4
z_4
x_5
z_5
x_6
${}^6P_6=(01,-07,05)$


intelitek
SCORBOT-ER 9