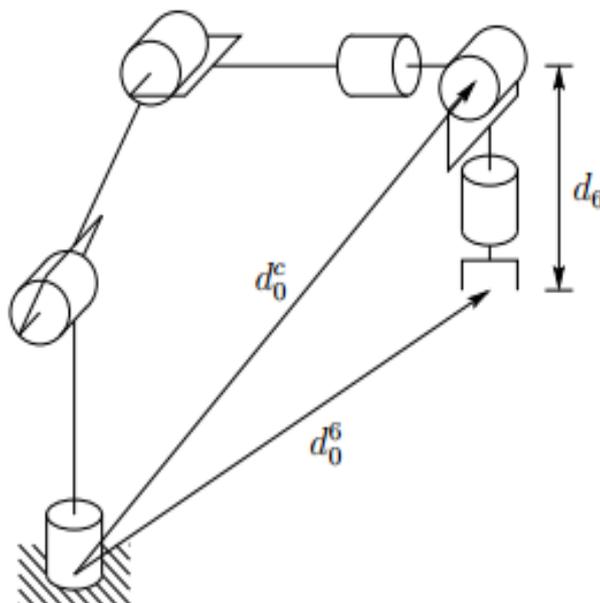


## Cinemática Inversa B

Para aprobar y regularizar la materia, en cada trabajo práctico debe tener aprobado los ejercicios marcados como **obligatorios**. Se recomienda realizar todos los ejercicios para lograr un mayor entendimiento de los conceptos teóricos volcados en las clases, además le servirán también para la elaboración del trabajo final integrador. Se atenderán consultas de todos los ejercicios por igual.

Ejercicio 1: primer problema de Pieper.

Una gran cantidad de los robots industriales tipo serie comerciales tienen una estructura cinemática similar a la de la figura siguiente (Spong 2005). Es decir, 6 GDL rotacionales con los últimos 3 ejes articulares cruzándose en un punto (muñeca, articulación esférica).



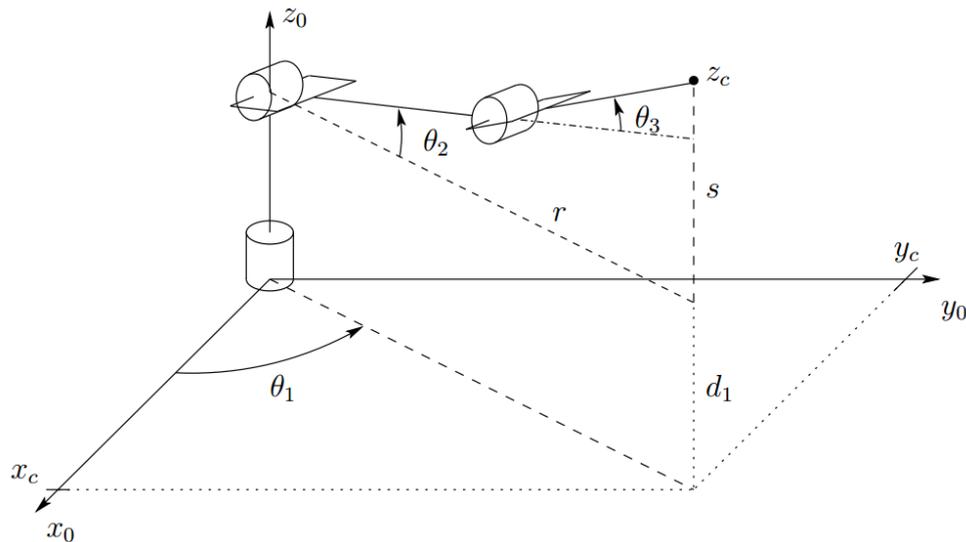
El método de Pieper consiste en desacoplar el robot y resolver dos problemas por separado. El punto  $d_0^c$  (muñeca) se puede conocer (pero no su orientación) a partir del conocimiento de la matriz  $T$  mediante:

$$\bar{p}_c = \bar{d}_0^6 - d_6 \bar{a}_6$$

Donde:

- $\bar{p}_c$ : vector de posición de la muñeca respecto del origen
- $\bar{d}_0^6$ : vector de posición del extremo final respecto del origen (dato de la matriz de transformación homogénea del extremo)
- $d_6$ : parámetro de DH que indica la distancia entre el extremo y la muñeca.
- $\bar{a}_6$ : versor que indica la dirección del extremo, y por lo tanto, la dirección entre el extremo y la muñeca (dato de la matriz de transformación homogénea del extremo).

Por lo tanto, el primer problema de Pieper consiste en determinar todas las posibles combinaciones de  $\theta_1, \theta_2$  y  $\theta_3$  que permiten colocar la muñeca del robot en ese punto específico. En la figura siguiente se presenta el esquema para esta parte del problema.



Donde:

$$\bar{p}_c = (x_c, y_c, z_c)$$

Trabajando con esta estructura de 3GDL:

1. Halle una expresión para calcular geoméricamente el valor de  $\theta_1$  usando arcotangente.
2. Considere que las articulaciones tienen una amplitud de  $\pm 180^\circ$ . Observe que en este caso pueden existir dos valores de  $\theta_1$  para llegar a una posible solución. Halle la expresión para el cálculo del segundo valor.
3. Trabajando en papel dibuje las 4 posibles soluciones del problema mediante gráficos de 2 dimensiones en el plano  $x_1 - y_1$ .
4. Para el cálculo de  $\theta_2$  y  $\theta_3$  trabaje en el plano  $x_1 - y_1$ . Para esto, referencia el punto  $(x_c, y_c, z_c)$  al sistema  $\{1\}$  mediante la matriz de transformación homogénea dada por el conocimiento de  $\theta_1$ . Tenga en cuenta que para cada valor de  $\theta_1$  deberá realizar un nuevo planteo.
5. Implemente adecuadamente las ecuaciones en Matlab para poder determinar los 4 conjuntos de  $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$  que cumplen con un determinado punto  $c$ .
6. Aplique la convención de Denavit Hartenberg a todo el robot, considere longitud unitaria en eslabones y escriba una rutina en Matlab para poder trabajar con un objeto de la clase SerialLink.
7. Proponga una configuración articular del robot y calcule la matriz final con la cinemática directa. Luego, aplicando correctamente las ecuaciones desarrolladas, calcule las primeras 3 articulaciones y verifique que todas las soluciones dan como resultado la misma posición en la muñeca del robot, y que una de ellas corresponde al vector articular propuesto inicialmente.

Ejercicio 2: segundo problema de Pieper.

Este problema consiste en hallar el valor de las últimas 3 articulaciones del robot, que permiten orientar el extremo según la matriz  $T$  dato. Específicamente se desea hallar los valores articulares que permiten llegar a  ${}^0T_6$  partiendo de  ${}^0T_3$ , es decir, los valores que permiten calcular  ${}^3T_6$ .

1. Considere que  ${}^0T_3$  no es única. Esto es así porque se debe aplicar el cálculo para cada conjunto de soluciones del ejercicio anterior.
2. Adopte límites articulares  $[0^\circ, 360^\circ)$ .
3. Analice la multiplicidad de soluciones.
4. Adopte el método que desee para resolver el problema (geométrico o matricial) y determine las ecuaciones necesarias.
5. Integre el desarrollo con el del ejercicio anterior y escriba una única función de Cinemática Inversa para el robot completo. Verifíquela mediante cinemática directa.

Ejercicio TF (**obligatorio**): escriba una función de cinemática inversa específica para su robot, con las siguientes características:

1. Debe recibir el objeto SerialLink de su robot, los parámetros cartesianos que considere necesarios (pudiendo ser una matriz de transformación homogénea u otro conjunto de valores), un booleano "q\_mejor", y también un vector de posiciones articulares "q0" en el que se encuentra el robot actualmente.
2. Dependiendo del valor de "q\_mejor" debe devolver una única solución (en caso de true): la más cercana al "q0" pasado; o debe devolver todas las soluciones halladas (caso de false).
3. Se recomienda tomar como guía el material propuesto por la cátedra, con el ejemplo del IRB140.