

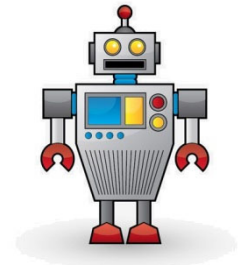


ECCI
Escuela de Ciencias de la
Computación e Informática

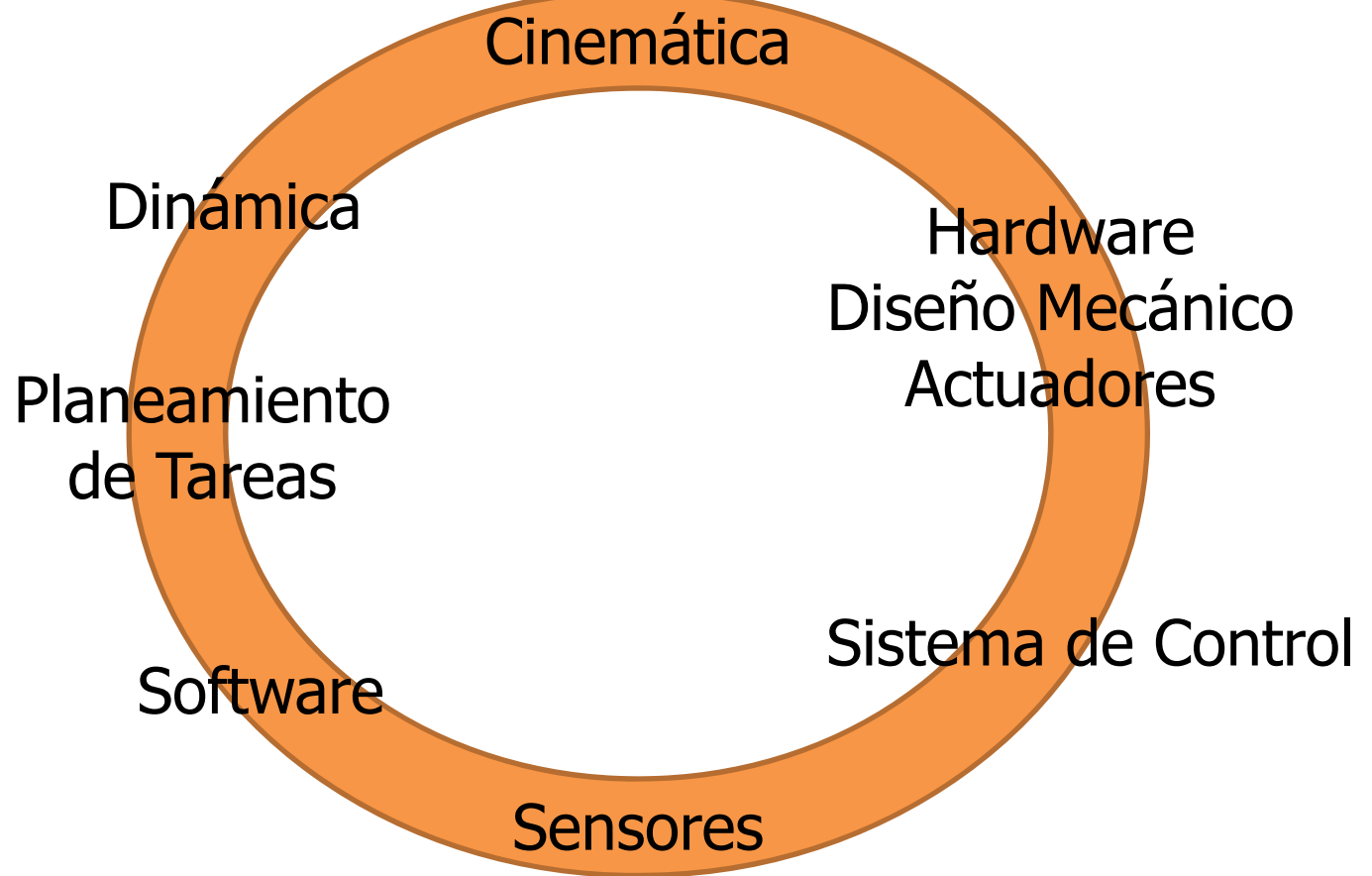
Cinemática del Robot

CI-2657 Robótica

Prof. Kryscia Ramírez Benavides



Sistema Robótico





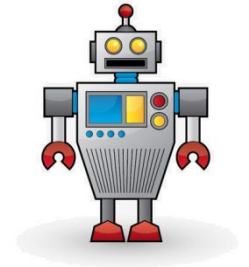
Introducción

- 🤖 Con el fin de controlar y programar un robot se debe tener conocimiento tanto de su disposición espacial y un medio de referencia del entorno.
- 🤖 CINEMÁTICA. Estudio analítico de la geometría del movimiento de un brazo robótico:
 - 🤖 Con respecto a una referencia fija de un sistema de coordenadas.
 - 🤖 Sin tener en cuenta las fuerzas o momentos que causan el movimiento.



Introducción (cont.)

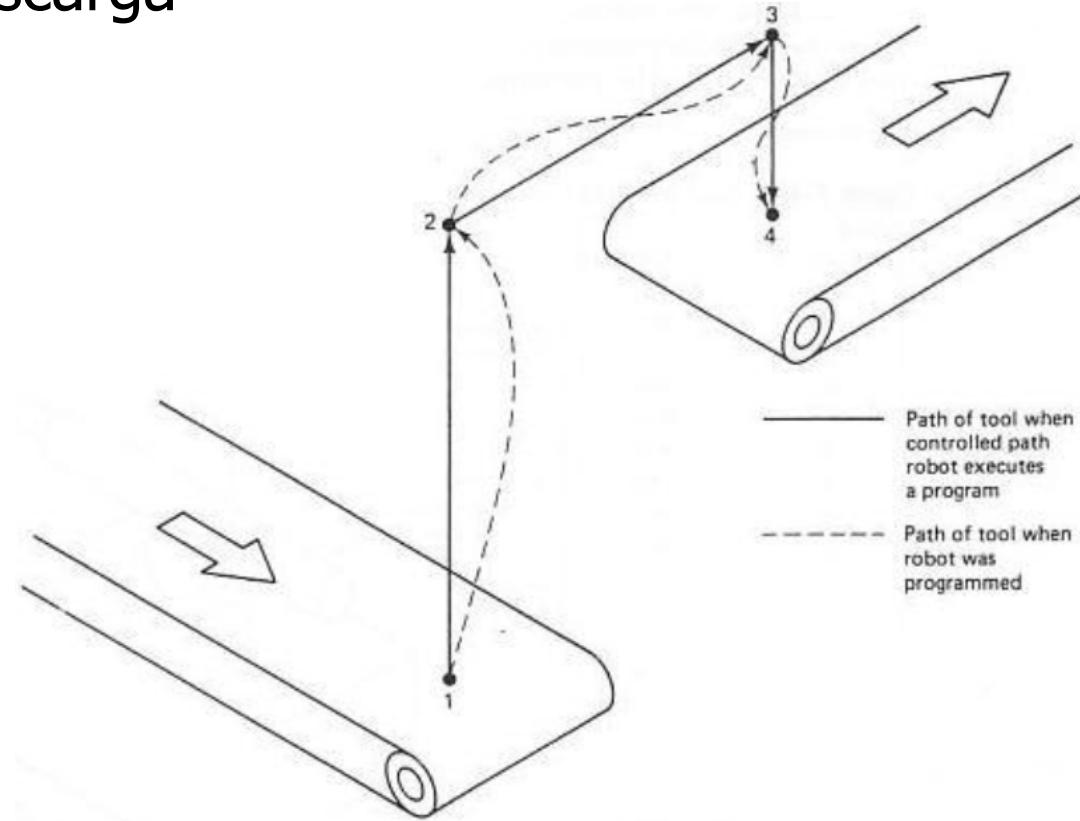
- 🤖 La cinemática del robot estudia el movimiento del mismo con respecto a un sistema de referencia.
- 🤖 Se interesa por la descripción analítica del movimiento espacial del robot como una función del tiempo, y en particular por las relaciones entre la posición y la orientación del extremo final del robot con los valores que toman sus coordenadas articulares.



Métodos de Control de Movimientos

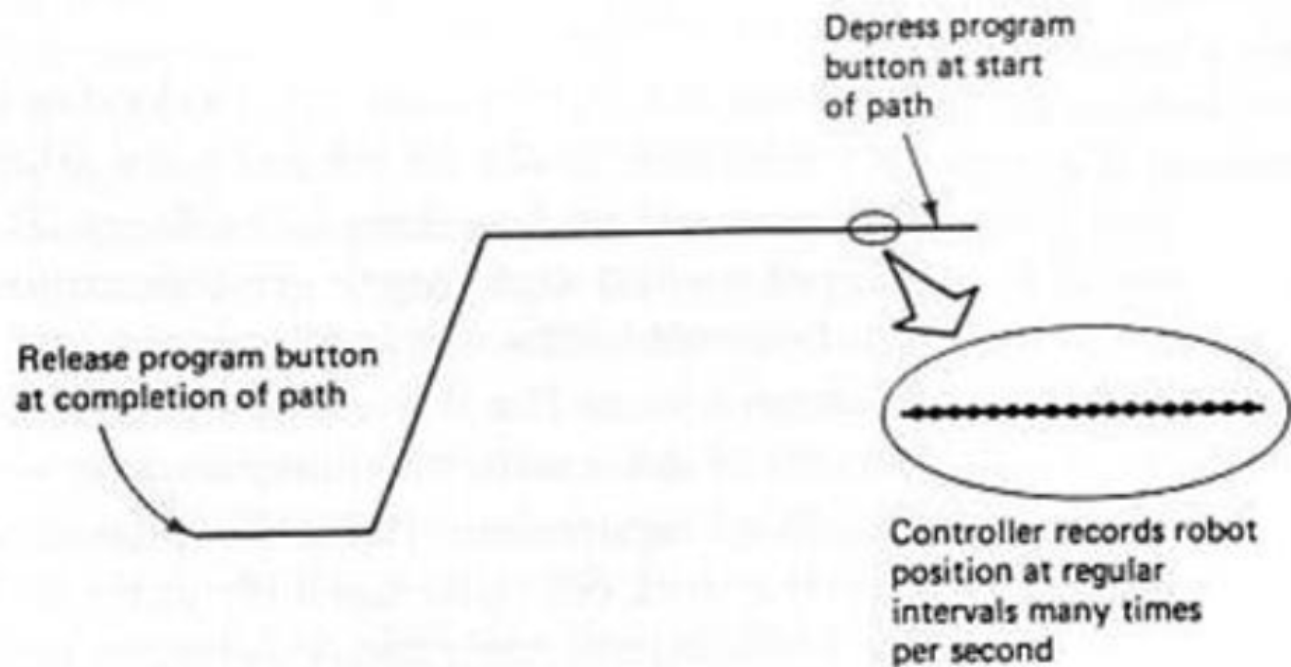
Control Punto a Punto

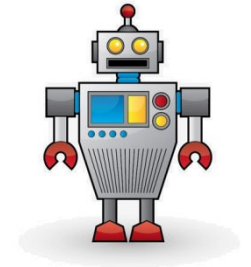
- 🤖 Una secuencia de puntos discretos.
 - 🔧 Soldadura por puntos, recoger y colocar, carga y descarga



Control de Trayectoria Continua

- 🤖 Seguir un camino prescrito, control de la ruta del movimiento.
- 🔧 Rociador de pintura, soldadura de arco, encolado.





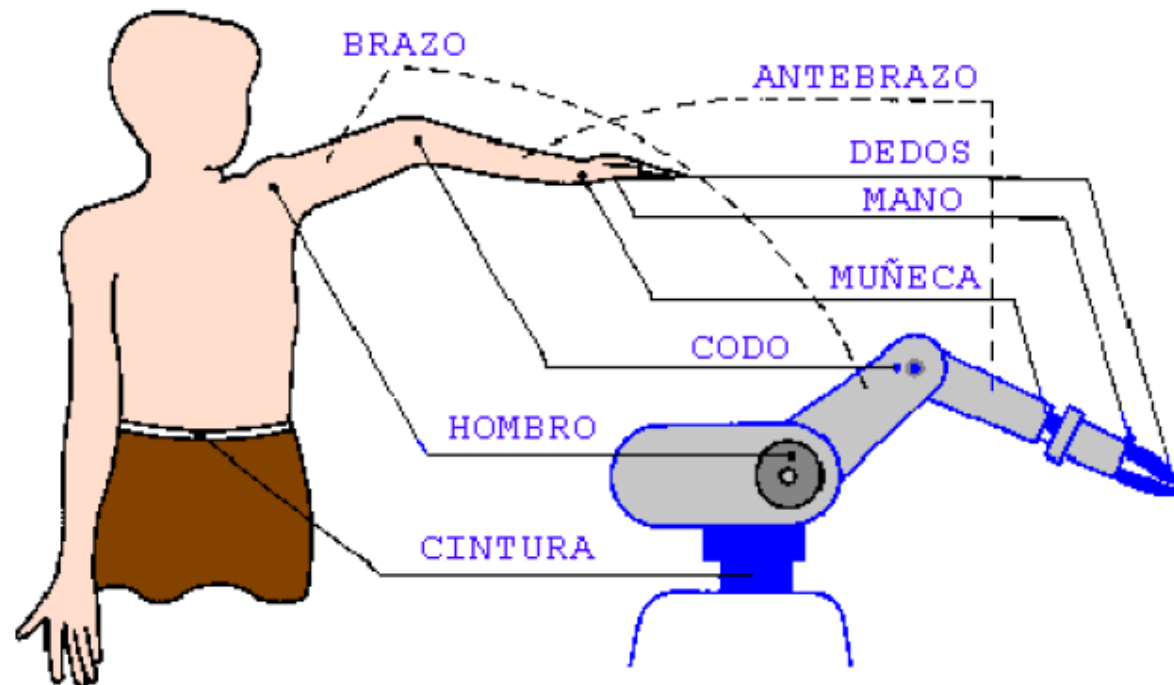
Brazo Robótico



Brazo Robótico

- 🤖 Se puede definir como el conjunto de elementos electromecánicos que propician el movimiento de un elemento terminal (*gripper* o herramienta).
- 🤖 La constitución física de los mismos tiene cierta similitud con la anatomía de las extremidades superiores del cuerpo humano, por lo que, en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen al robot, se usan términos como: cintura, hombro, brazo, codo, muñeca, etc.

Brazo Robótico (cont.)





Brazo Robótico (cont.)

- 🤖 Una especificación general comprende: sus grados de libertad, su configuración y su cinemática directa e inversa.
- 🤖 Estas especificaciones son dadas desde el diseño propio de cada robot y su aplicación.
- 🤖 Hay una clasificación de robots manipuladores la cual presenta las diferencias de diseño, precisión, precio, etc.

Brazo Robótico (cont.)

Tipo de Robot	Tipo comercial de uso general	Tipo de diseño propio	Tipo y uso industrial
Acceso económico	Accesible costo	Bajo costo	Alto costo
Costo de instalación y mantenimiento	Bajo costo	Bajo costo	Alto costo
Arquitectura abierta	Si	No	No
Velocidad	Lento	Rápido	Muy rápido
Ambiente de programación Robusto	Si	No	No
Exactitud 0-100%	70-100%	80-100%	90-100%
Ejemplos	Lego Mecano	Desarrollados con material reciclado	Puma Scara



Brazo Robótico (cont.)

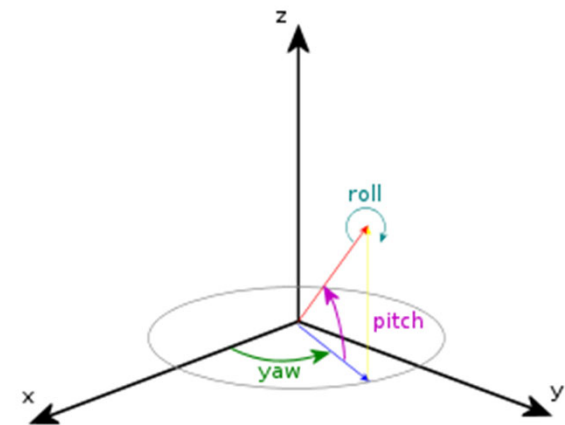
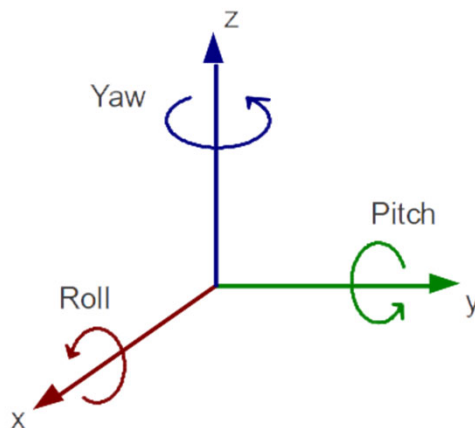
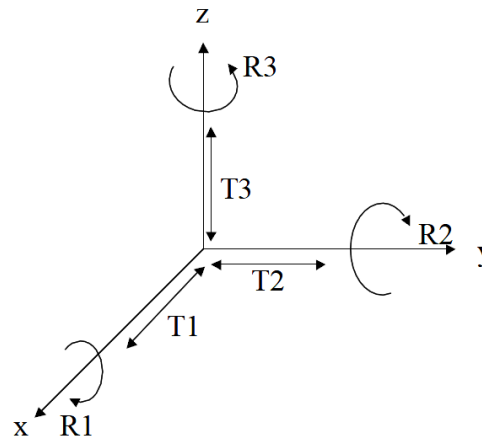
- 🤖 También se le conoce con el nombre de manipulador mecánico o brazo manipulador.
- 🤖 El brazo es una secuencia de cuerpos rígidos llamados elementos, conectados mediante articulaciones prismáticas o de revolución.
- 🤖 Cada par articulación-elemento constituye un grado de libertad.
 - 🤖 Un concepto clave en robótica es el de grado de libertad (DOF – *degree of freedom*).
 - 🤖 Grado de libertad significa la capacidad de moverse a lo largo de un eje o de rotar a lo largo de un eje.
 - 🤖 Entre más grados de libertad mayor dificultad para controlar al robot.
 - 🤖 En general un cuerpo libre en el espacio tiene 6 DOF, tres de traslación (x,y,z) y tres de orientación/rotación (roll, pitch and yaw).



Brazo Robótico (cont.)

- 🤖 La mayoría de los brazos robóticos tienen 6DOF, es la capacidad de moverse hacia delante/atrás, arriba/abajo, izquierda/derecha (traslación en tres ejes perpendiculares), combinados con la rotación sobre tres ejes perpendiculares (giro, elevación, desviación).
- 🤖 El movimiento a lo largo de cada uno de los ejes es independiente de los otros, y cada uno es independiente de la rotación sobre cualquiera de los ejes.

Brazo Robótico (cont.)

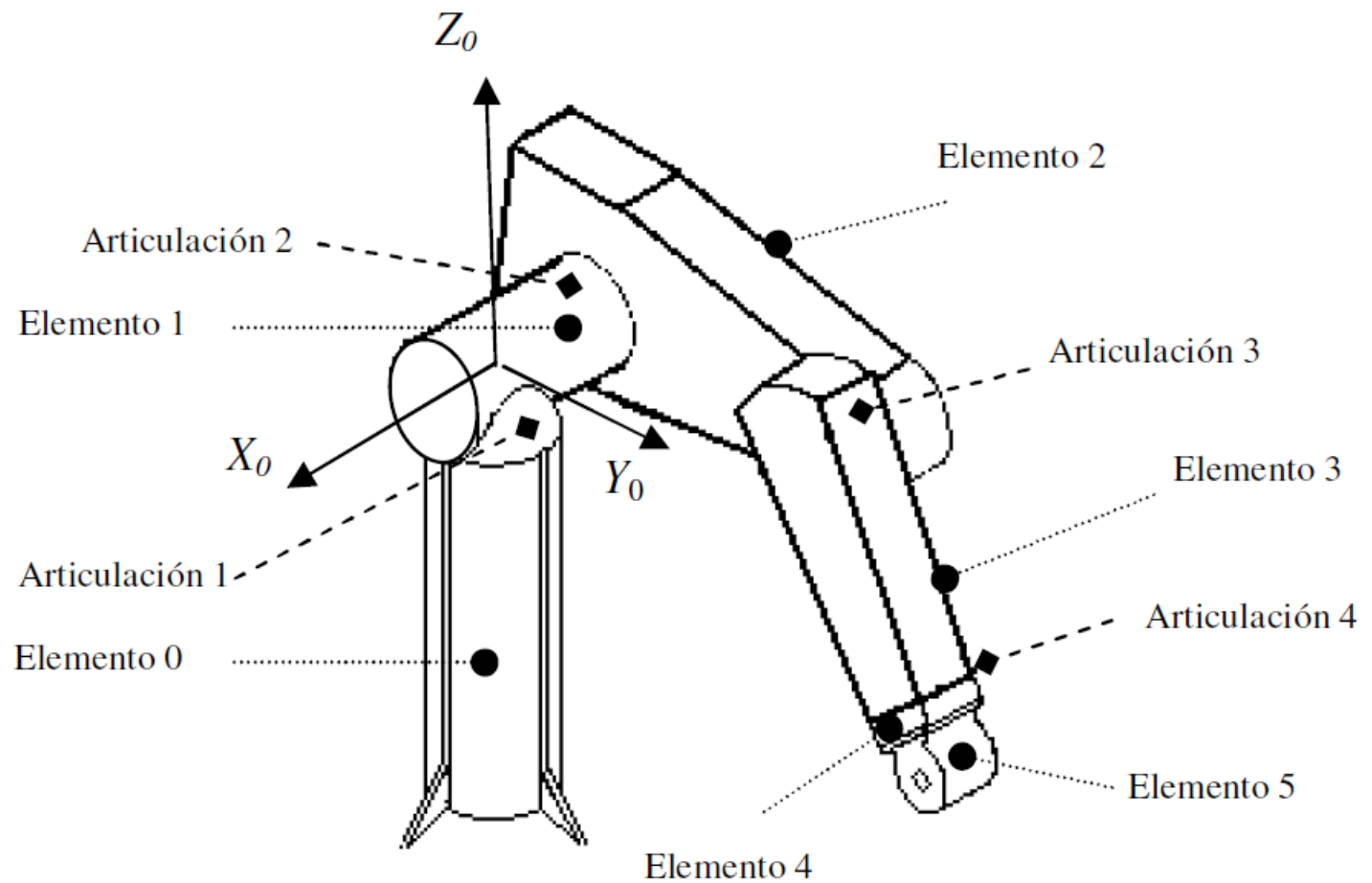




Brazo Robótico (cont.)

- 🤖 Las articulaciones y elementos se enumeran hacia afuera desde la base; así la articulación 1 es el punto de conexión 1 y la base.
- 🤖 Cada elemento se conecta, a lo más, a otros dos, así no se forman lazos cerrados.

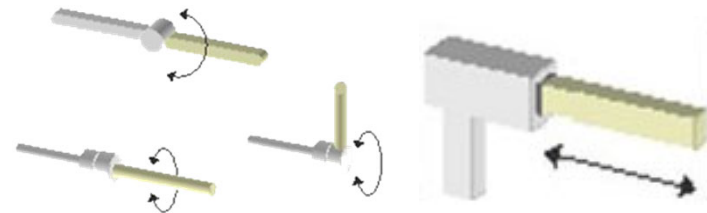
Brazo Robótico (cont.)



Brazo Robótico (cont.)

🤖 **Articulación.** Conexión de dos cuerpos rígidos caracterizados por el movimiento de un sólido sobre otro.

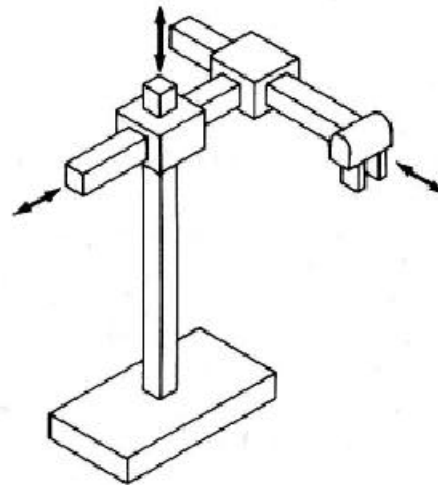
🤖 **Grado de libertad.** Rotacional o prismático.



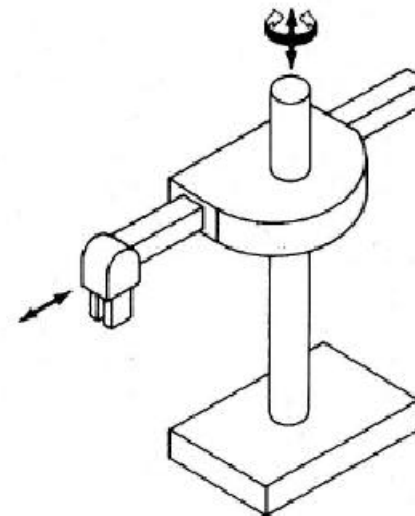
🤖 **Enlace.** Cuerpo rígido que une dos ejes articulares adyacentes del manipulador.

🤖 **Posee muchos atributos.** Peso, material, inercia, etc.

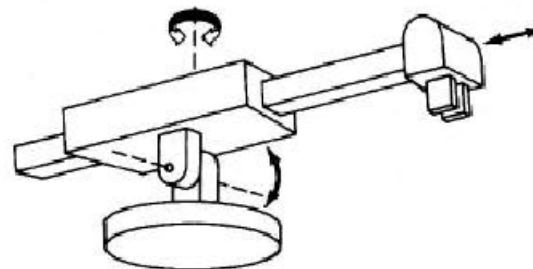
Brazo Robótico (cont.)



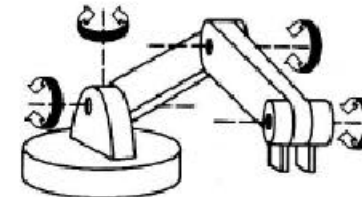
Cartesiano o xyz



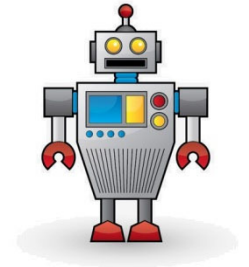
Cilíndrico



Esférico



De revolución



Cinemática



Dos Tópicos de Cinemática

Cinemática directa (ángulos a posición).

Datos de entrada:

-  Longitud de cada enlace (elemento).
-  Ángulo de cada articulación.

Datos de salida:

-  Posición de cualquier punto (es decir, las coordenadas (x,y,z)).

Cinemática Inversa (posición a ángulos).

Datos de entrada :

-  Longitud de cada enlace.
-  Posición de un punto en el robot.

Datos de salida:

-  Ángulos de cada articulación necesarios para obtener esa posición.

Dos Tópicos de Cinemática (cont.)

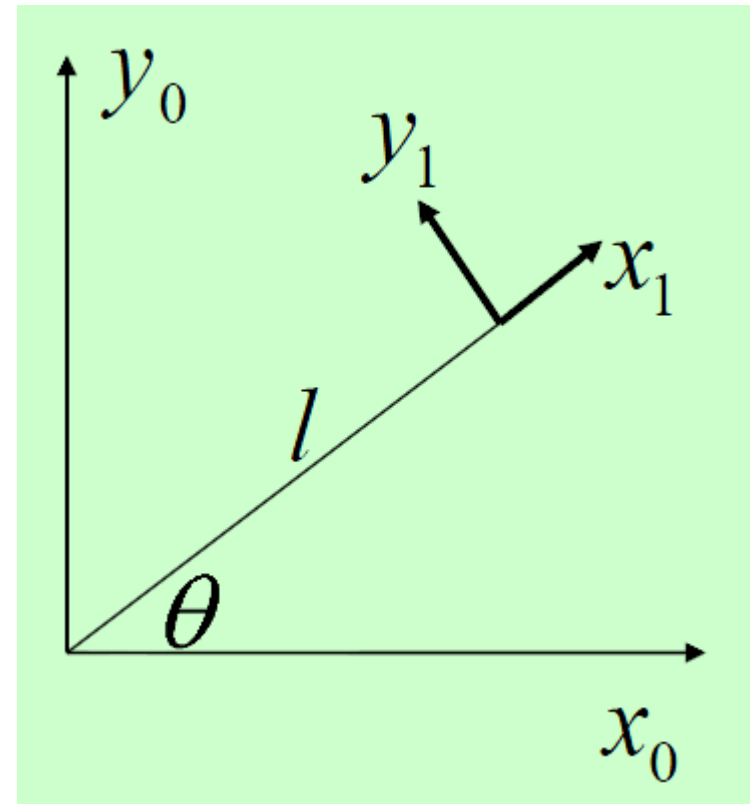
🤖 Cinemática directa.

$$x_0 = l \cos \theta$$

$$y_0 = l \sin \theta$$

🤖 Cinemática Inversa

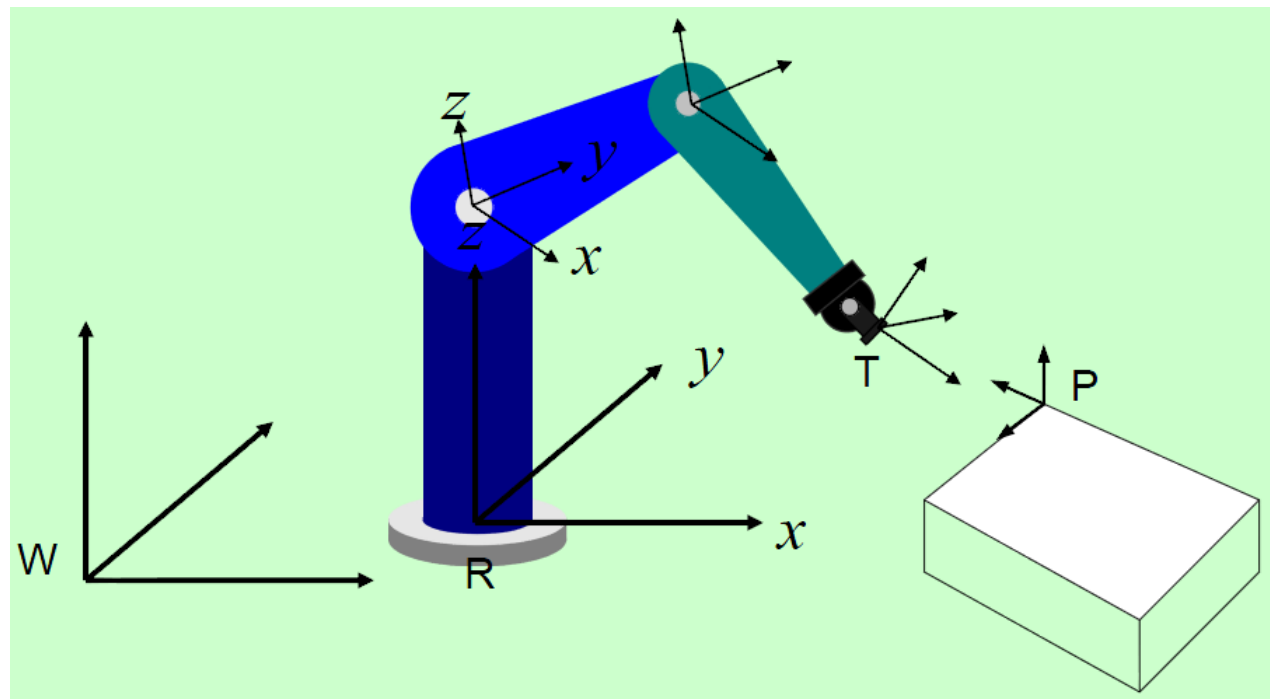
$$\theta = \cos^{-1}(x_0 / l)$$



Marcos de Referencia

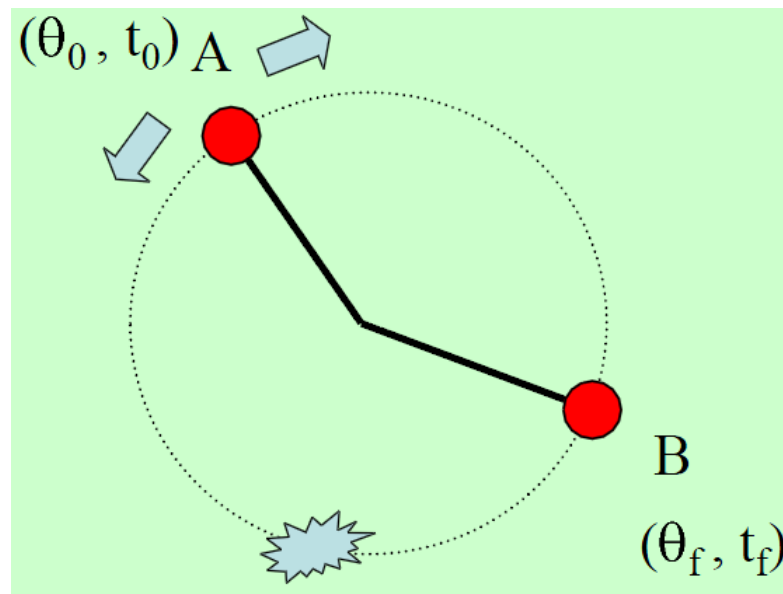
🤖 Marcos de referencia del robot:

- 🤖 Marco del mundo
- 🤖 Marco de articulación
- 🤖 Marco de la herramienta



Planeamiento de Trayectorias

- 🤖 Considere un robot con un único enlace.
- 🤖 Cinemática da una configuración para B.
- 🤖 Elección de dos trayectorias para llegar allí.
- 🤖 Es posible que desee especificar un punto intermedio, tal vez para evitar un obstáculo.





Cinemática

🤖 Existen dos problemas fundamentales para resolver la cinemática del robot:

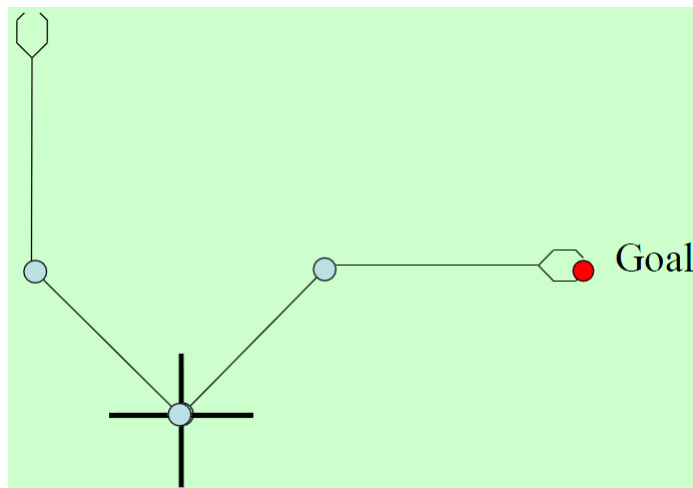
🤖 **Problema cinemático directo.** Consiste en determinar cual es la posición y orientación del extremo final del robot, con respecto a un sistema de coordenadas que se toma como referencia, conocidos los valores de las articulaciones y los parámetros geométricos de los elementos del robot.

🤖 **Problema cinemático inverso.** Resuelve la configuración que debe adoptar el robot para una posición y orientación del extremo conocidas.

Cinemática (cont.)

🤖 Soluciones múltiples:

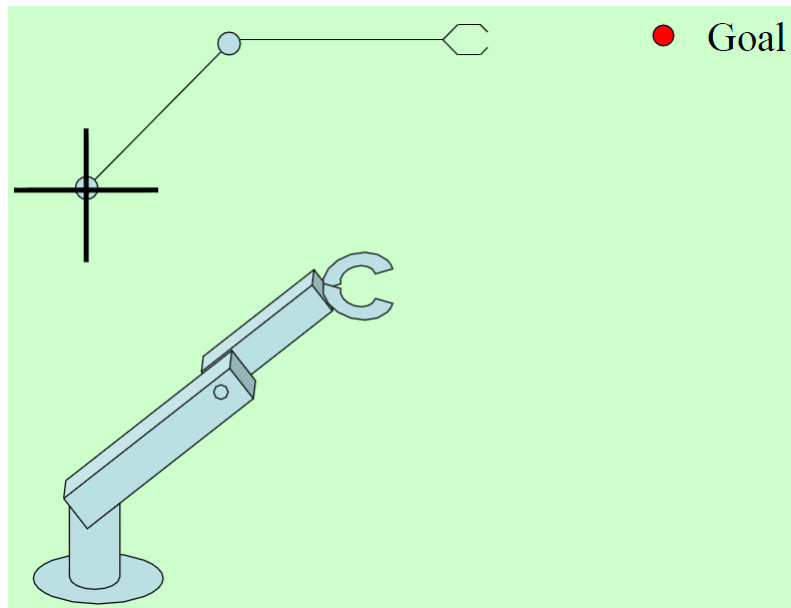
- 🤖 Este manipulador de dos enlaces tienen dos posibles soluciones.
- 🤖 Este problema se agrava más con los grados de libertad.
- 🤖 Redundancia de movimiento.



Cinemática (cont.)

🤖 No existencia de una solución:

- 🤖 Una meta fuera del área de trabajo del robot no tiene solución.
- 🤖 Un punto inaccesible también puede estar dentro del área de trabajo del manipulador, restricciones físicas.





Cinemática (cont.)

Cinemática		
	Cinemática directa →→	
Valor de las coordenadas articulares ($q_0, q_1, \dots, q_n$)		Posición y orientación del extremo del robot ($x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$)
	←← Cinemática inversa	

Cinemática Directa vs. Cinemática Inversa

- **Cinemática directa**

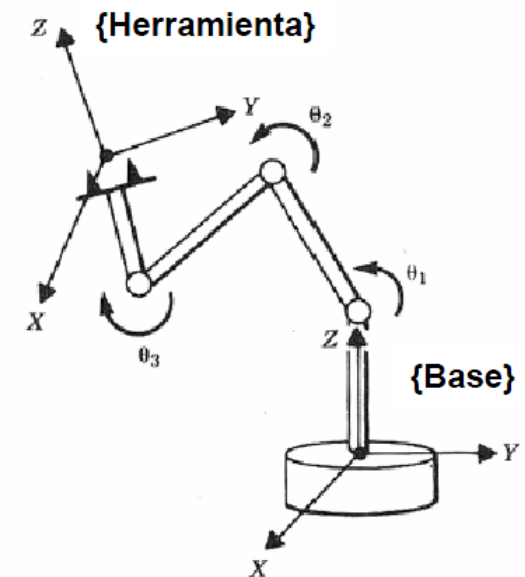
- **Conocidos:** Ángulos articulares y geometría de los eslabones
- **Determinar:** Posición y orientación del elemento terminal referido a la base

$$f(\theta) = {}^B_H T = {}^0_N T$$

- **Cinemática inversa**

- **Conocidos:** Posición y orientación del elemento terminal referido a la base
- **Determinar:** Ángulos articulares y geometría de los eslabones para alcanzar la orientación y posición de la herramienta

$$\theta = f^{-1}({}^B_H T) = f^{-1}({}^N_0 T)$$



Referencias Bibliográficas

- 🤖 Fu, K.S.; González, R.C. y Lee, C.S.G. Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence. McGraw-Hill. 1987.
- 🤖 Cinemática. URL:
<http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r78/r78.htm>
- 🤖 Martínez A. G. M.; Jáquez O. S. A.; Rivera M. J. y Sandoval R. R. "Diseño propio y Construcción de un Brazo Robótico de 5 GDL". URL:
http://antiguo.itson.mx/rieeandc/vol4p1_archivos/Art2Junio08.pdf





¡Gracias!



Dra. Kryscia Daviana Ramírez Benavides
Profesora e Investigadora
Universidad de Costa Rica
Escuela de Ciencias de la Computación e Informática

Sitio Web: <http://www.kramirez.net/>
E-Mail: kryscia.ramirez@ucr.ac.cr
kryscia.ramirez@ecci.ucr.ac.cr

Redes Sociales:

