

Fundamentos en Robótica

Unidad 4.1

Locomoción y cinemática

Temas

- Manipulación
Interacción con objetos físicos
- Locomoción
Desplazamientos controlados en el medio

Manipulación

- Brazos
 - Sirven para ubicar al efector
 - Geometrías muy variadas, dependiendo de la aplicación
 - Volumen de trabajo
 - Requerimientos cinemáticos
- Efectores
 - Pinzas
 - Herramientas
 - ...



Efectores

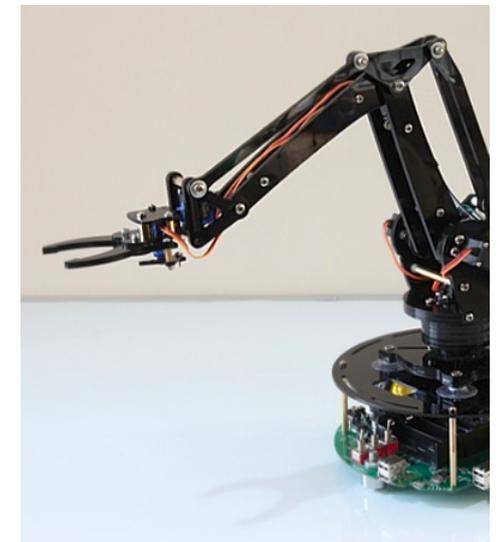
Tareas:

- Sujetar y manipular objetos
- Realizar operaciones sobre objetos
- Otros dispositivos

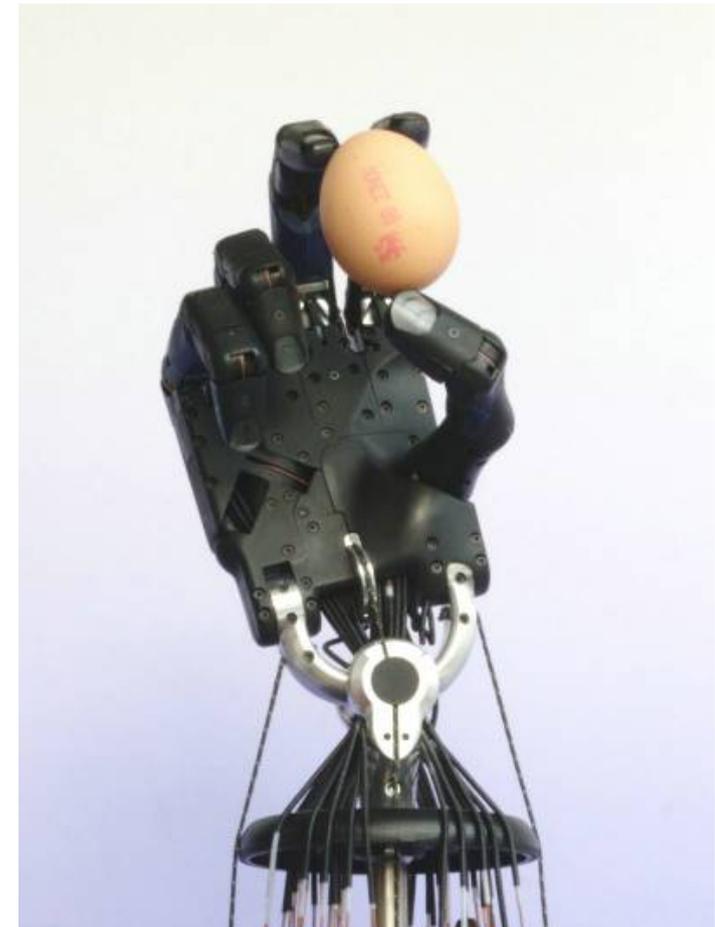
Efectores

Sujetar y manipular objetos

- Pinzas, garras y manos
- Ventosas
- Electroimanes
- Otros...



Manos y pinzas



Manos y pinzas

El control de una pinza debe asegurar:

- Posición de los dedos
 - Debe estar en relación con la forma del objeto sostenido
 - Entrar en contacto con los objetos de forma controlada
- Presión
 - Suficiente fuerza para que no se resbale, sin dañarlo
 - Aplicar esfuerzo según tarea: levantar, empujar, etc.

Puede necesitar un sistema sensorial muy capaz

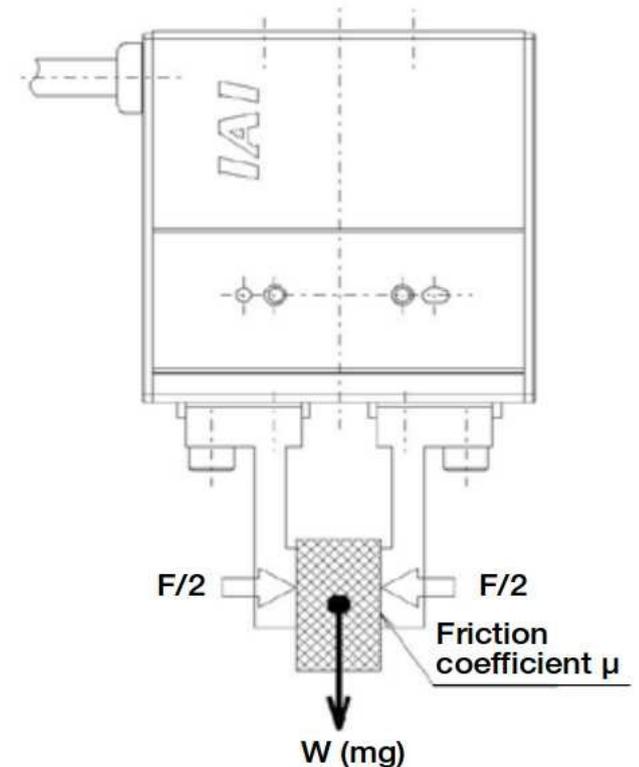
Fuerza de agarre

- Fuerza de agarre (N): suma de fuerzas de empuje
- μ : coeficiente de fricción estática
- m: masa de la carga (Kg)
- g: aceleración total

$$F \mu > W \quad F > \frac{mg}{\mu}$$

- Coef. de seguridad=2, $\mu=0.1\sim 0.2$

$$F > \frac{mg}{0.1 \sim 0.2} \times 2 = (10 \sim 20) \times mg$$



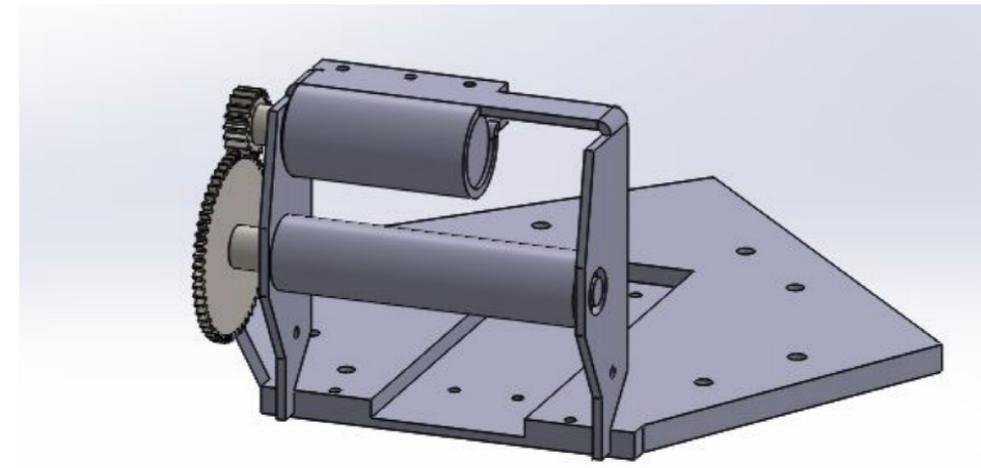
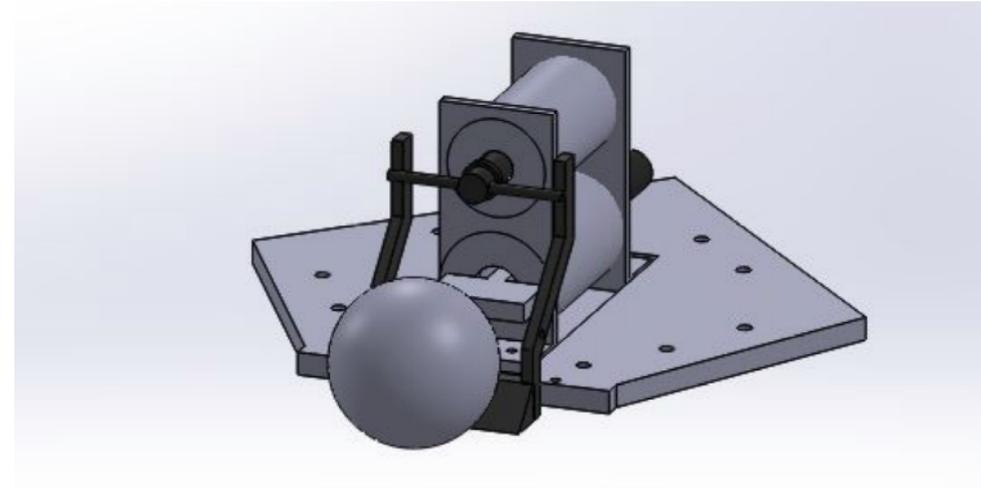
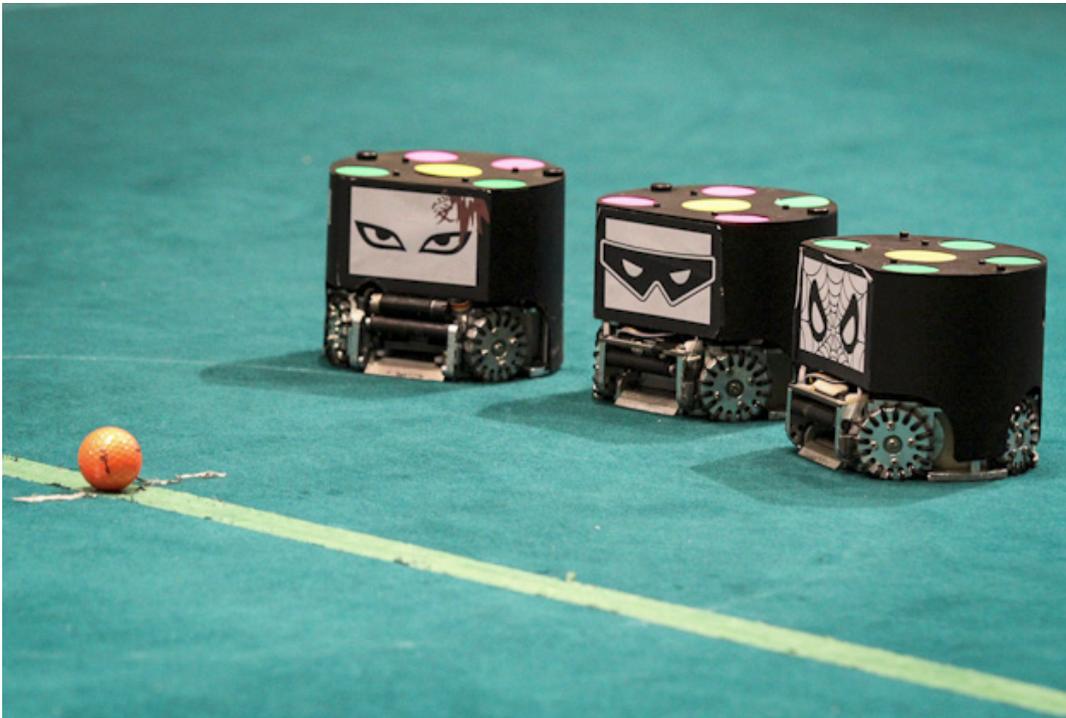
Efectores

Realizar operaciones sobre objetos

- Pistola de pintura
- Herramientas de corte
- Taladro para muestras
- Soldadora



Efectores

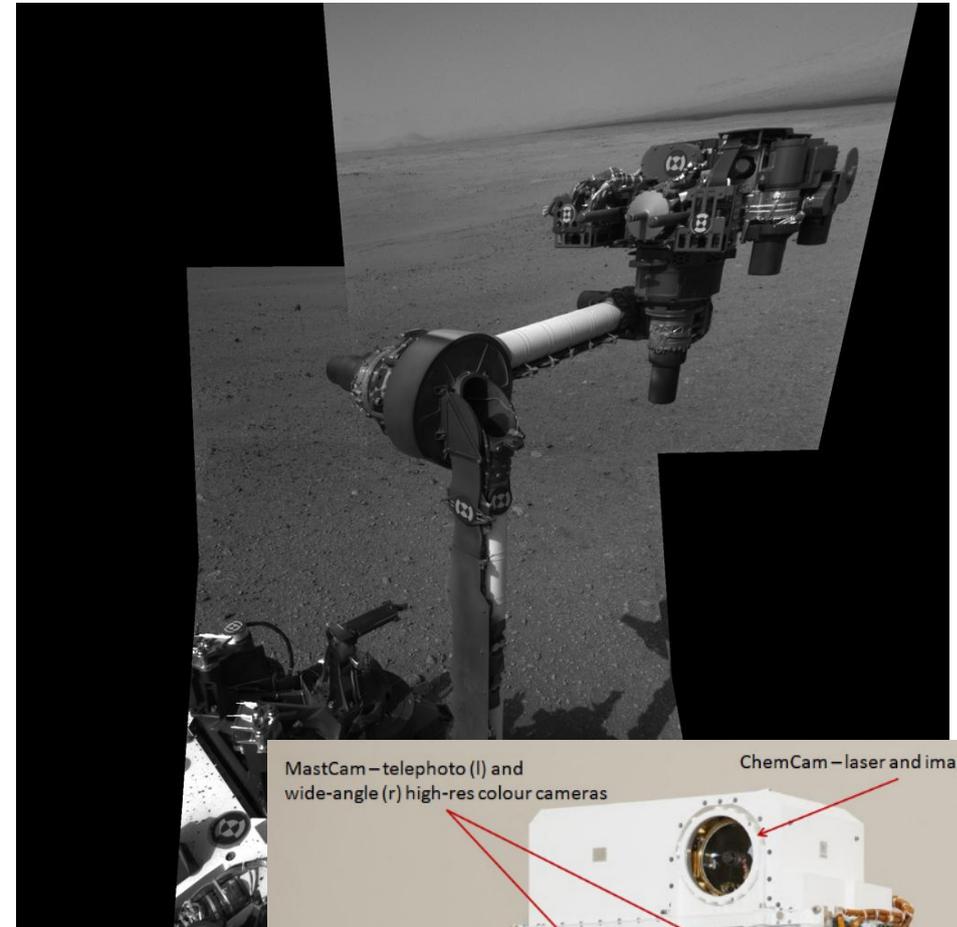


<https://github.com/KRSSG/SSL-MechD>

Efectores

Otros dispositivos

- Instrumentos de medición
- Sondas
- Intercambiadores de herramientas
- ...

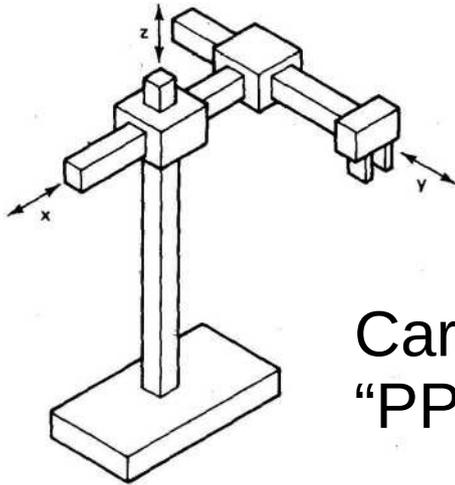


MastCam – telephoto (l) and wide-angle (r) high-res colour cameras

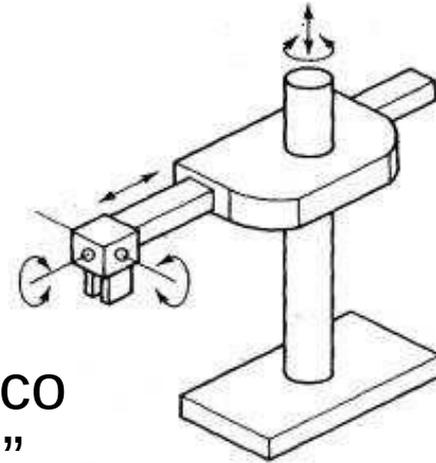
ChemCam – laser and imaging system

Navcams – 2 pairs of stereo navigation cameras (primary and backup)

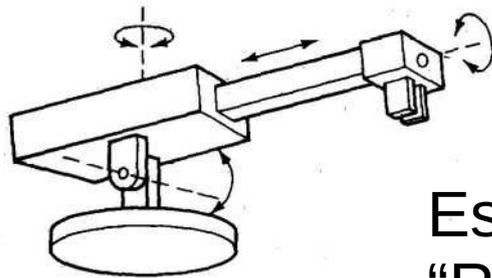
Brazos



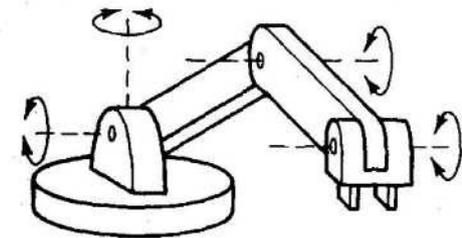
Cartesiano
“PPP”



Cilíndrico
“RPRR”



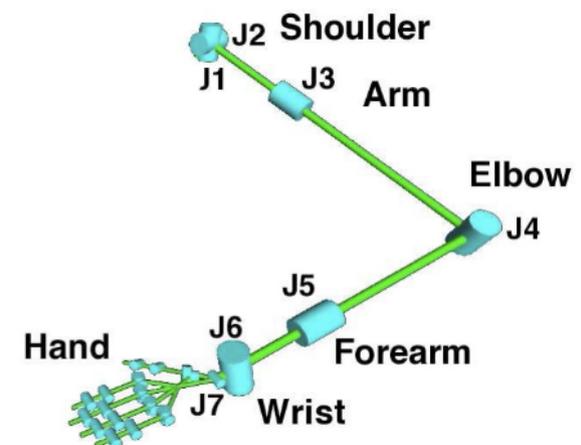
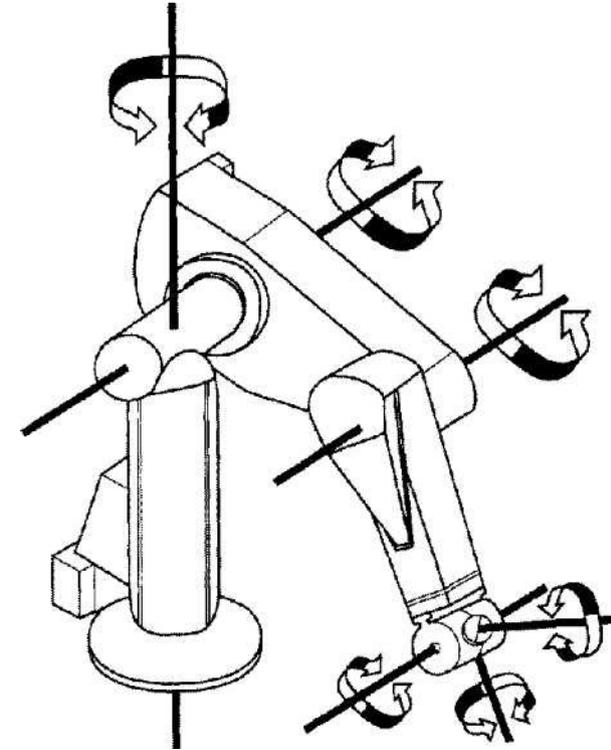
Esférico
“RRPR”



Articulado
“RRRR”

DOF y CDOF

- Un grado de libertad por cada uno de los movimientos independientes (desplazamientos / rotaciones) que puede realizar.
- Un cuerpo rígido que se puede mover en n dimensiones ha de tener:
$$\text{DOF} = n(n + 1) / 2$$
- *Controlled* DOF: articulaciones con actuador
- Si $\text{CDOF} > \text{TDOF} \rightarrow$ dispositivo redundante



Brazos redundantes

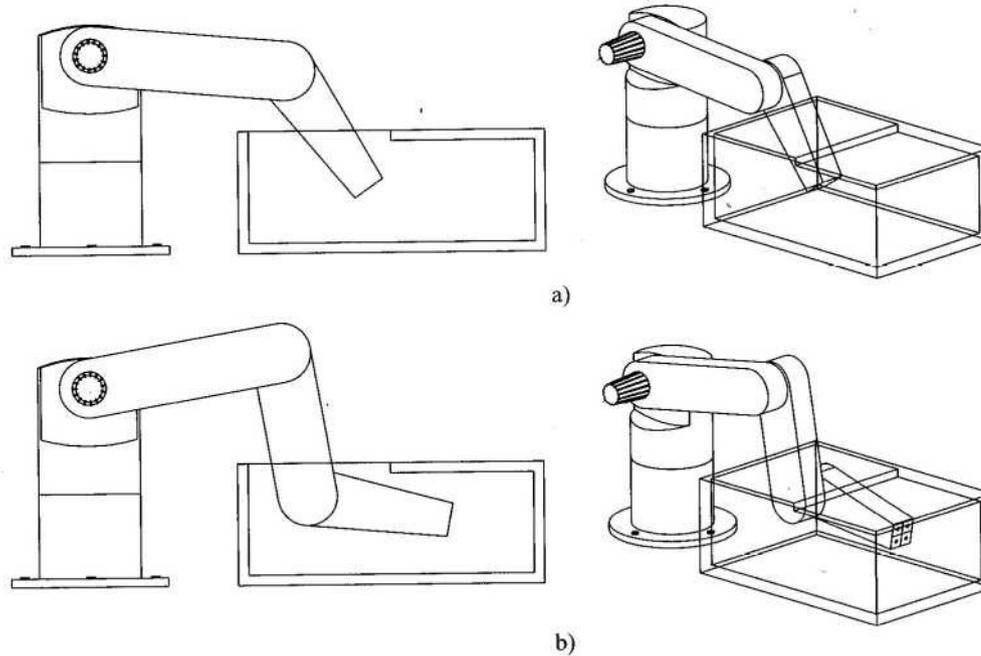


Figura 2.8: a) Robot de 3 grados de libertad. b) Robot redundante para evitar obstáculos.

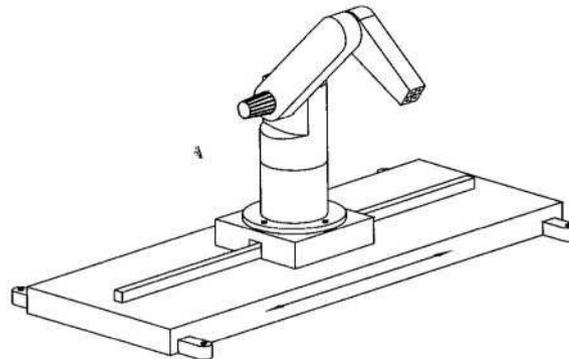
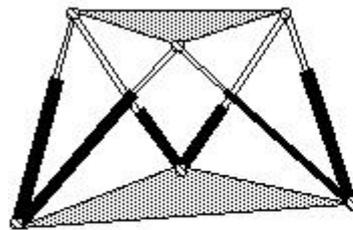
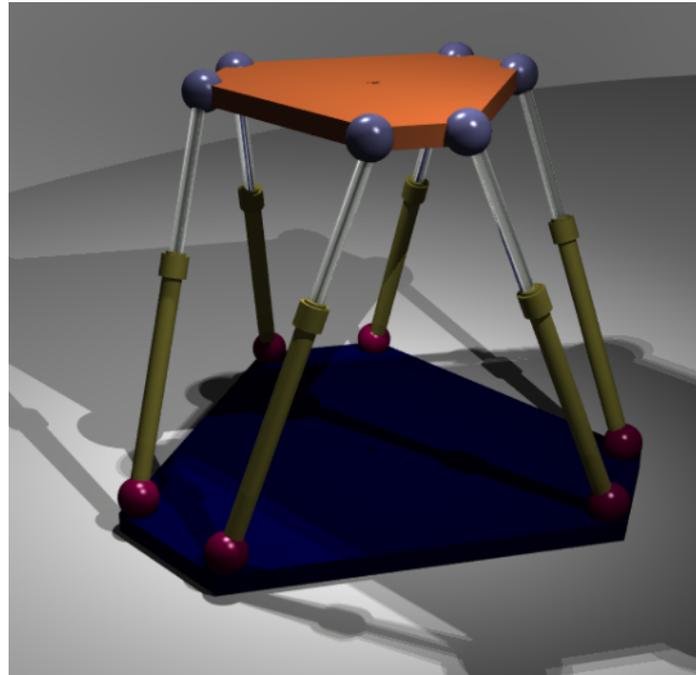
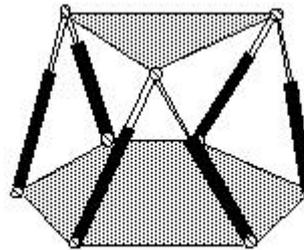


Figura 2.9: Robot redundante para aumentar el espacio de trabajo.

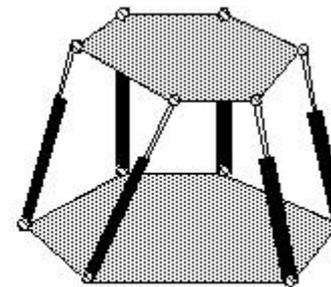
Plataforma Stewart



Type 3-3



Type 3-6



Type 6-6

Cadena cinemática

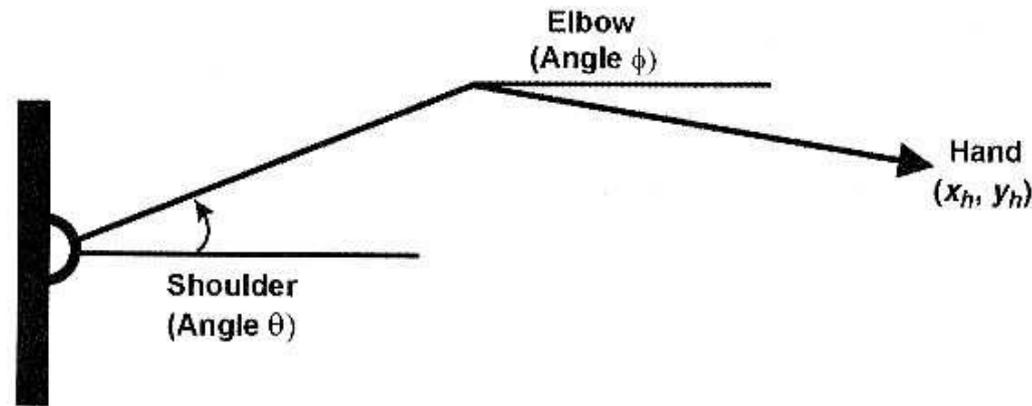


Figure 10.11
Two-link planar manipulator

- Actuación: cinemática directa $(x_f, y_f) = f(\theta, \phi)$
- Control: cinemática inversa $(\theta, \phi) = g(x_f, y_f)$

Cinemática directa

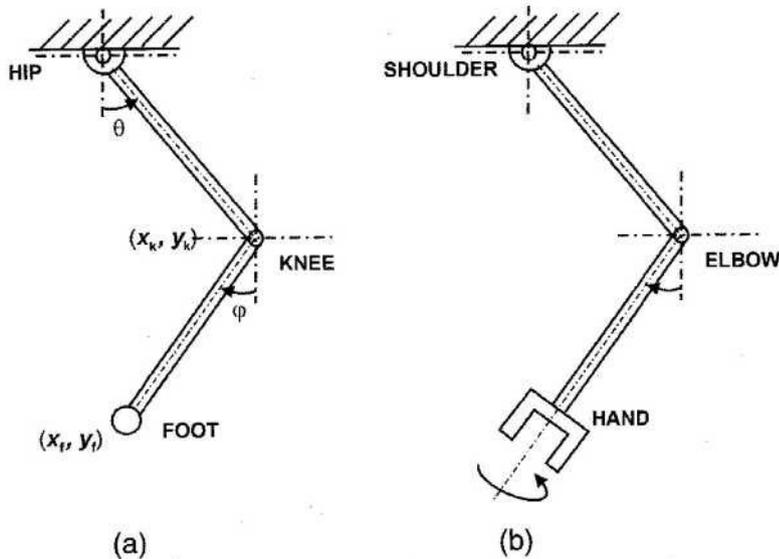


Figure 4.6
Kinematics of robot (a) leg and (b) arm

$$x_e = l_1 \cos(\theta)$$

$$y_e = l_1 \sin(\theta)$$

$$x_h = l_1 \cos(\theta) + l_2 \cos(\phi)$$

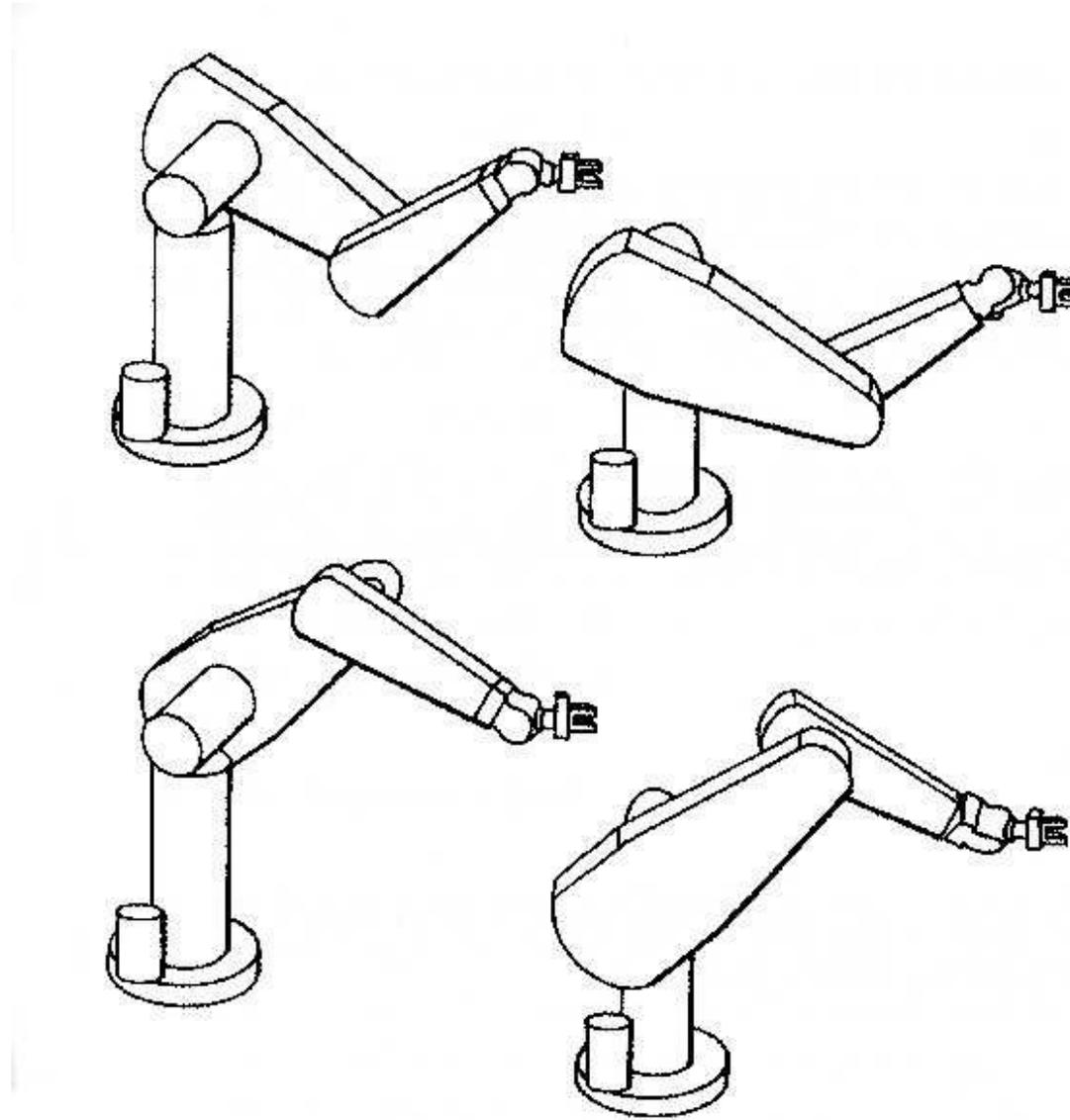
$$y_h = l_1 \sin(\theta) + l_2 \sin(\phi)$$

Generalización:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} \quad \Theta = \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \end{pmatrix}$$

$$x = F(\Theta)$$

Cinemática inversa



Cinemática inversa

- La cinemática inversa es un problema muy difícil
 - Modelo analítico complejo
 - Múltiples soluciones
 - Soluciones inexistentes
- Soluciones locales son factibles:

$$x = F(\Theta)$$

$$\dot{x} = F'(\Theta) \dot{\Theta} = J(\Theta) \dot{\Theta}$$

$$\dot{\Theta} = J^{-1}(\Theta) \dot{x}$$

Espacio de trabajo

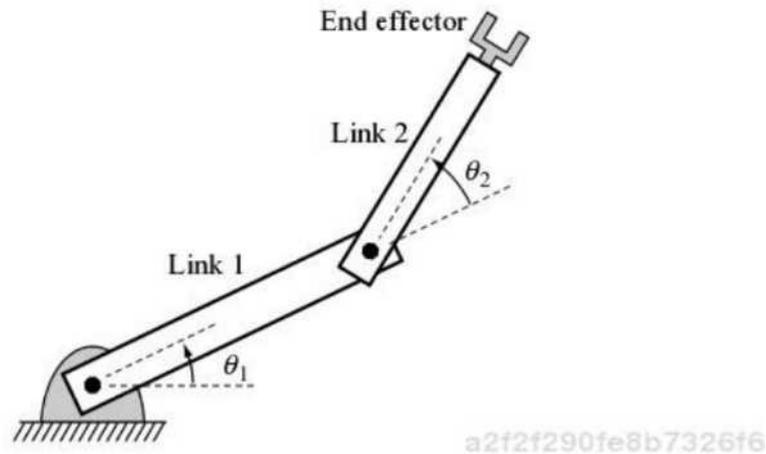


Figure 3.1 The angles θ_1 and θ_2 specify the configuration of the two-joint robot.

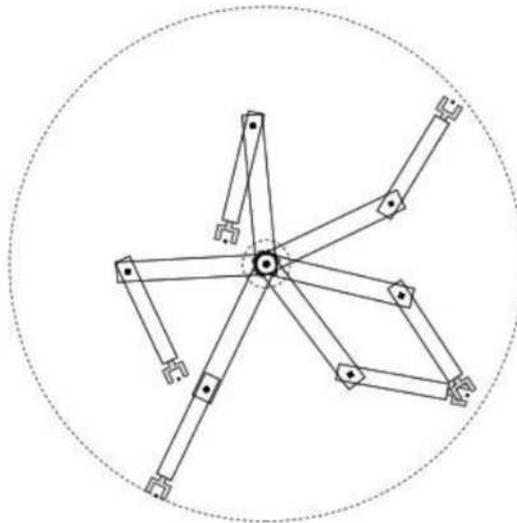
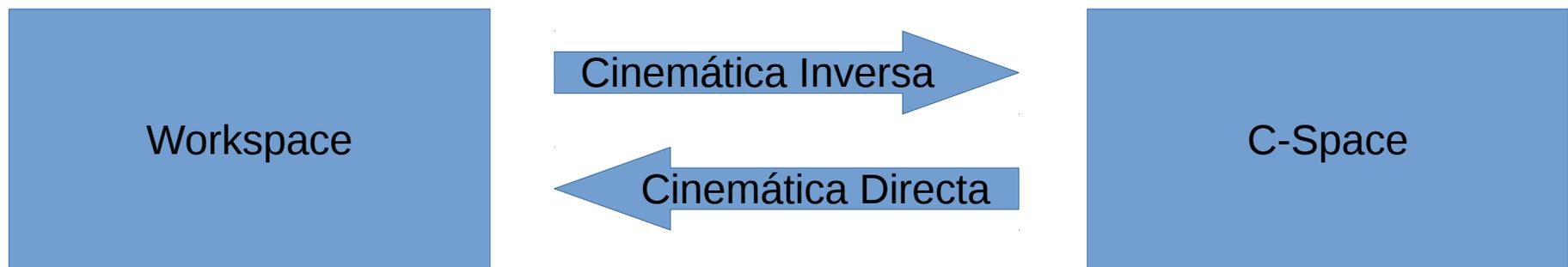


Figure 3.3 The workspace for this two-joint manipulator is an annulus, a disk with a smaller disk removed from it. Note that all points in the interior of the annulus are reachable with a right-arm configuration and a left-arm configuration.

Espacio de Configuración

- *Workspace*: el mundo 3D
- C-Space: mundo n-dimensional, una dimensión por articulación



Espacio de Configuración

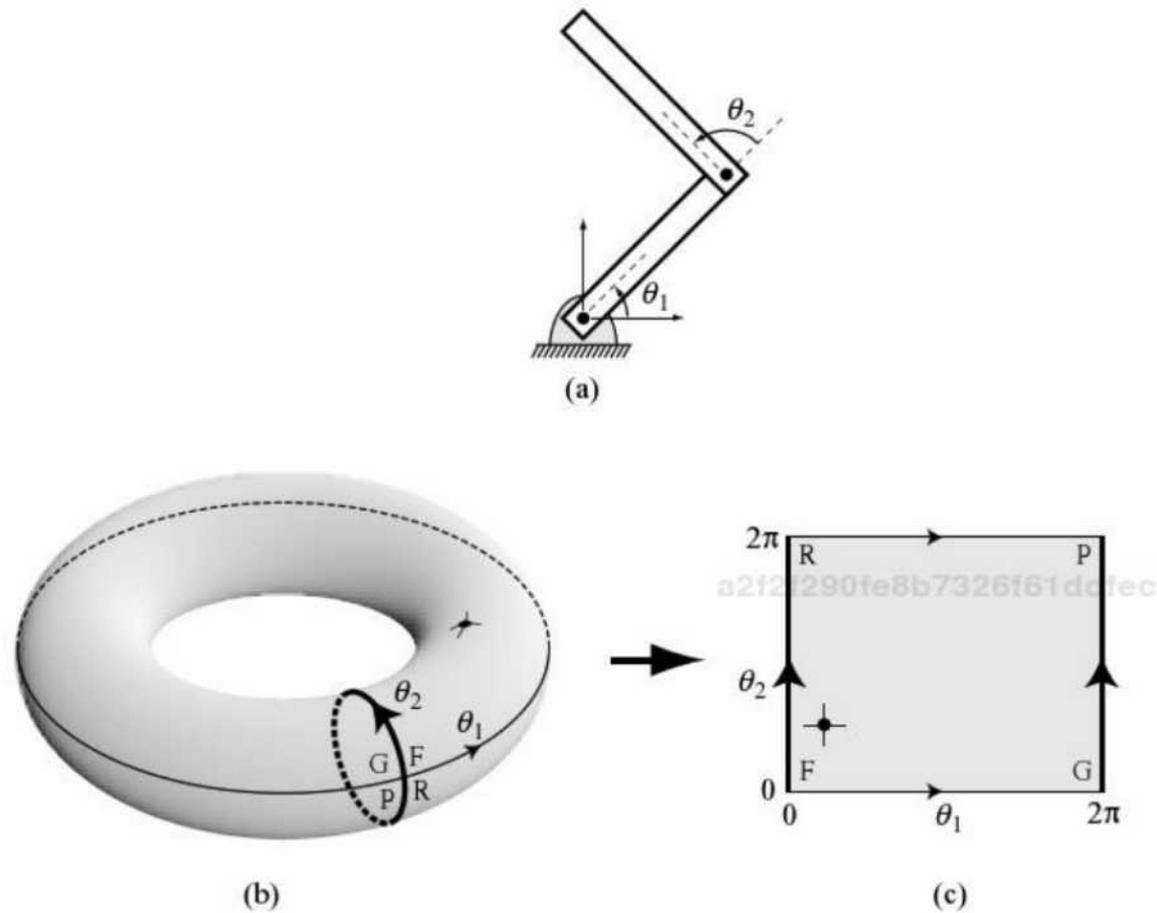
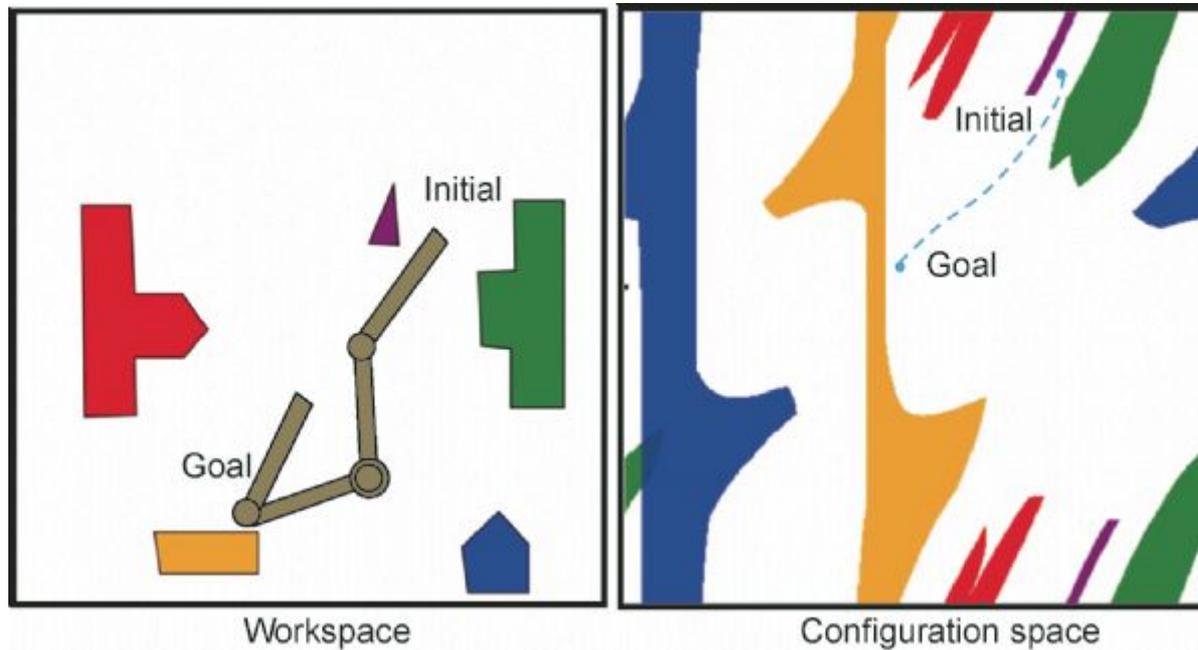


Figure 3.2 (a) A two-joint manipulator. (b) The configuration of the robot is represented as a point on the toral configuration space. (c) The torus can be cut and flattened onto the plane. This planar representation has “wraparound” features where the edge FR is connected to GP , etc.

Espacio de Configuración



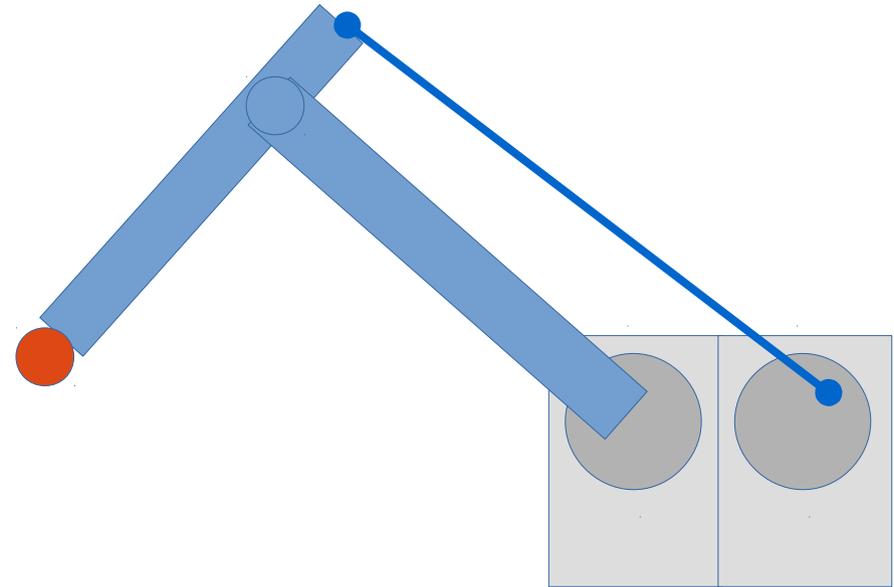
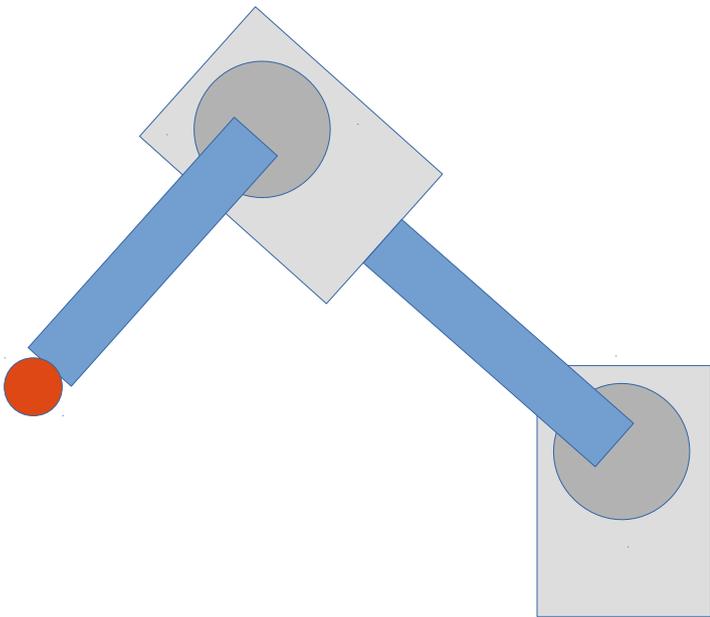
Compromisos constructivos

Brazos industriales:

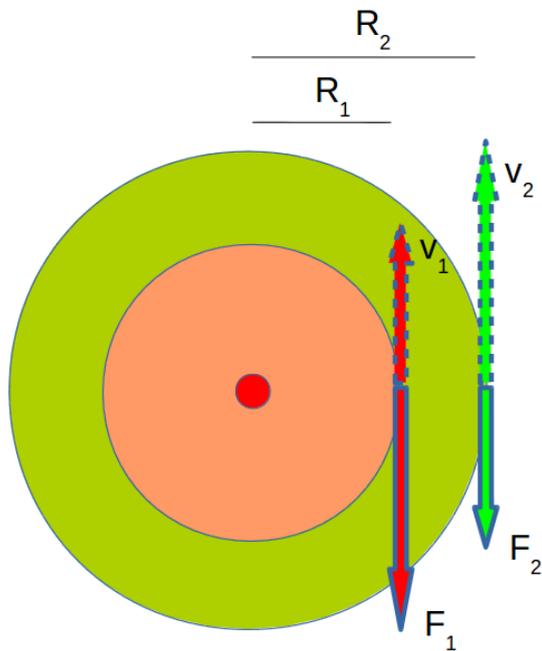
- Precisión...
 - Rigidez estructural
 - Mínima holgura (*backlash*) en articulaciones
 - → estructuras pesadas
 - → mucha inercia
- ...y velocidad
 - → actuadores muy potentes

Arquitecturas

¿Dónde ubicar los actuadores?



Arquitecturas



$$R_1 F_1 = R_2 F_2$$

$$F_2 = \frac{R_1}{R_2} F_1$$

$$v_2 = \frac{R_2}{R_1} v_1$$

A igualdad de velocidad angular y ~~torque~~, hay un balance entre fuerza y velocidad lineales

El balance **fuerza/velocidad** se da también como **precisión/velocidad**

Seguridad

El peligro de un actuador es proporcional a:

- Velocidad
- Inercia
- Rigidez

→ Hay que separar movimientos rápidos de precisos

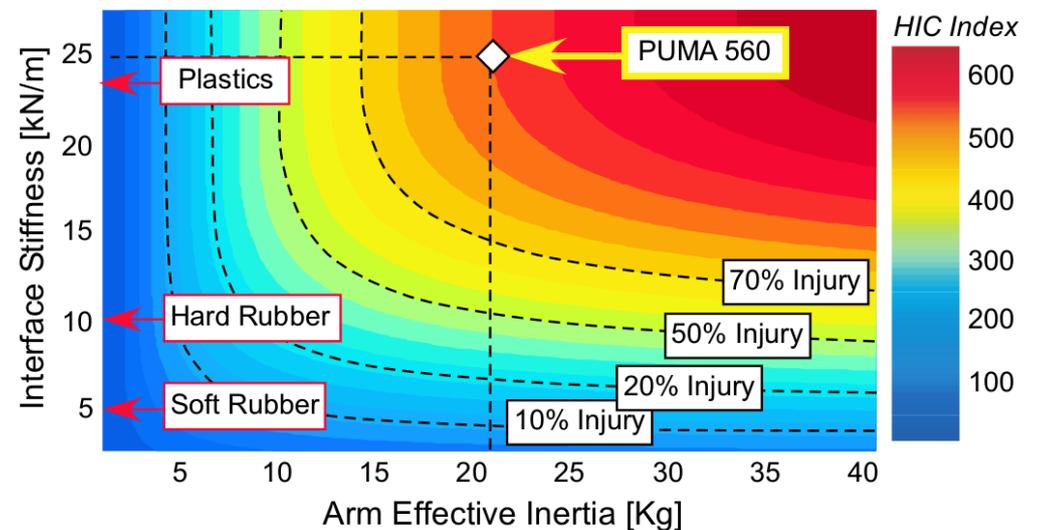
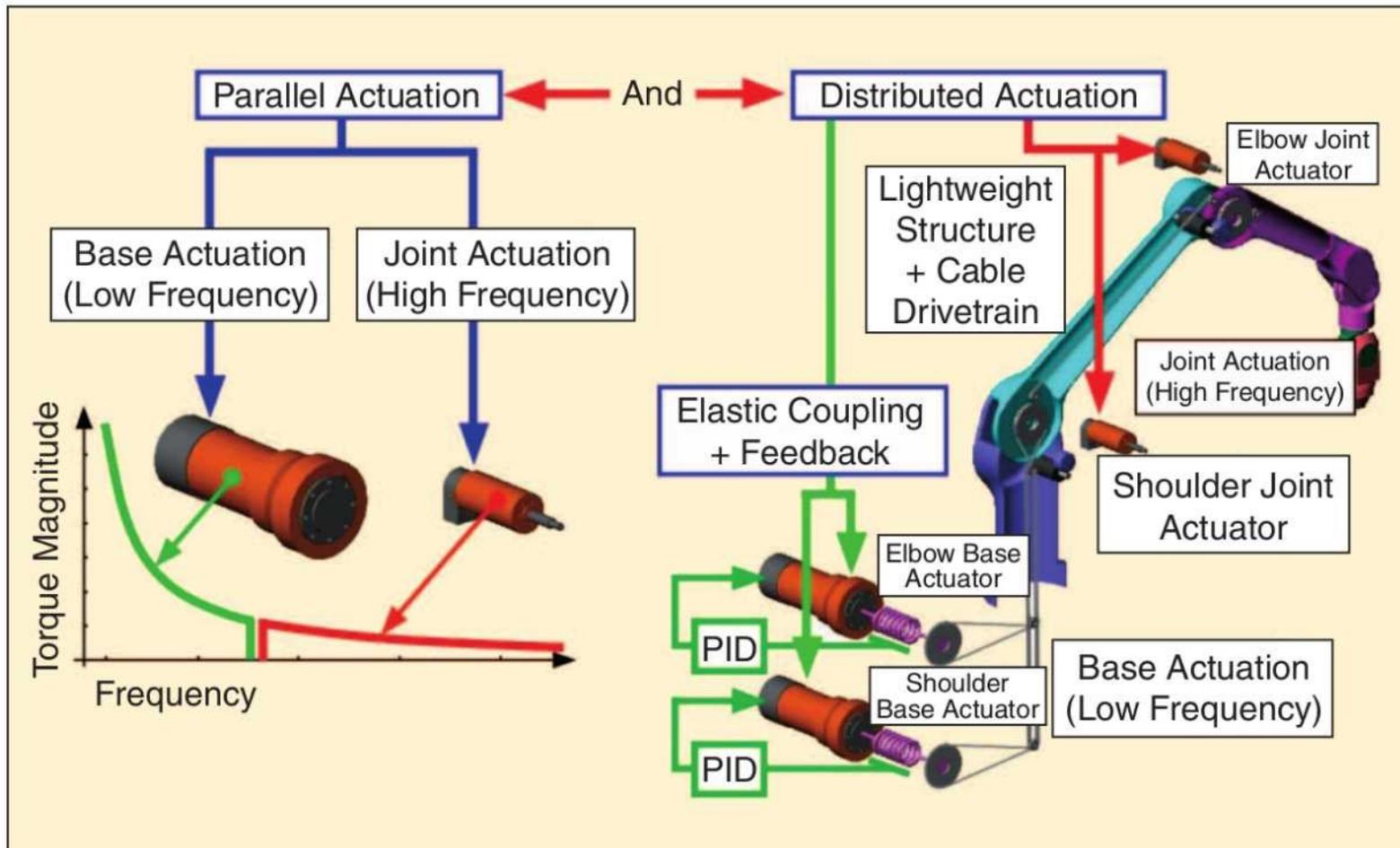
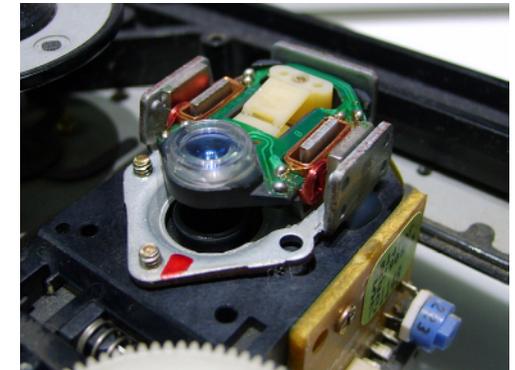
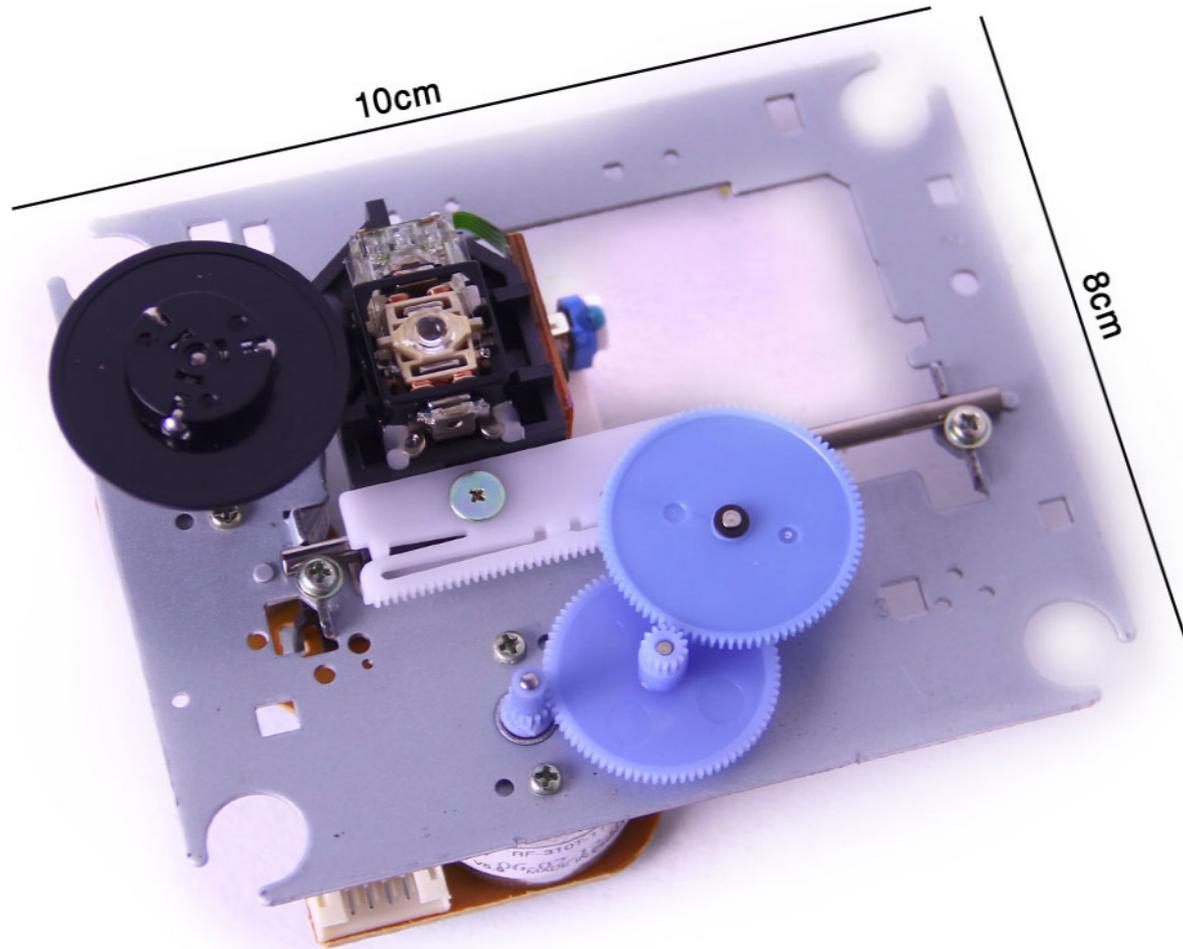


Fig. 1. Head injury criteria as a function of effective inertia and interface stiffness

Seguridad



Redundancia de actuadores



Robots vs. biología

- Robots:
 - Control por cinemática inversa + feedback
 - Sensado extensivo: en cada articulación y posición final, cargas, posiciones y velocidades.
- Biología:
 - Feedback muy lento, 150 – 250ms es común
 - Control *feedforward*
 - Modelo interno se aprenda mediante práctica

Robots vs. biología

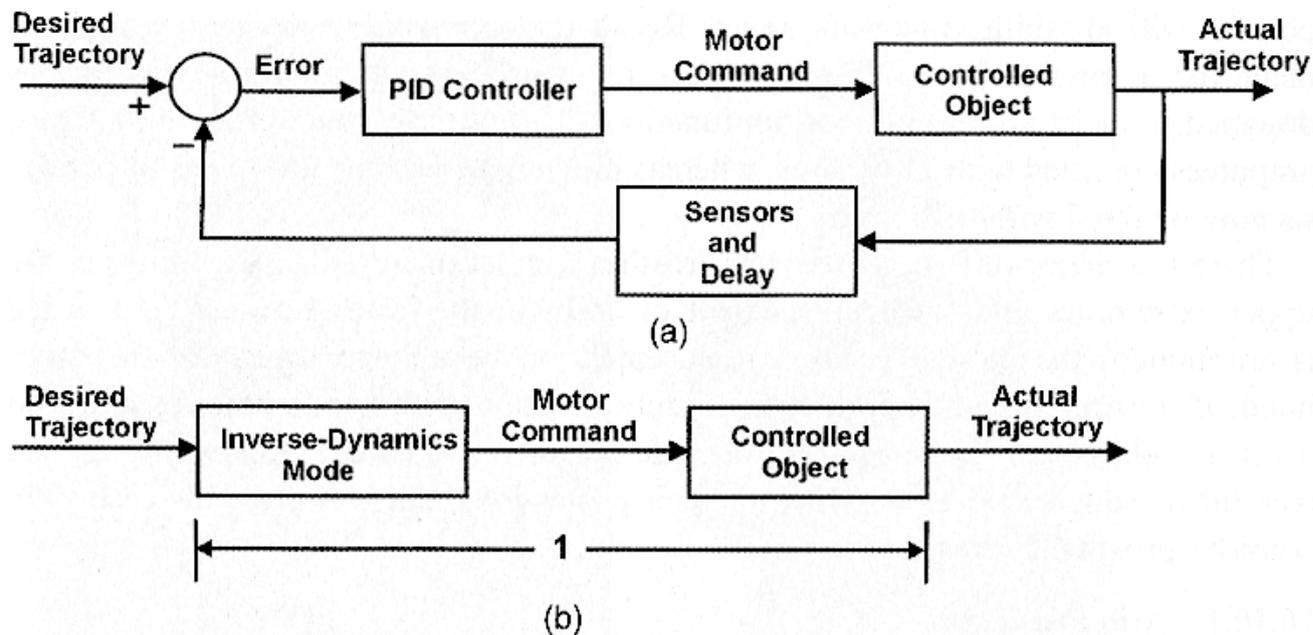


Figure 10.15
(a) Engineering feedback control system for movement; (b) biological feedforward movement control system using an internal model of inverse dynamics

Fin.

Referencias

- F. Torres, J. Pomares et al, *Robots y Sistemas Sensoriales*, Prentice Hall – 2002
- J. Angeles, *Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods and Algorithms*, Springer – 2007
- P. E. Sandin, *Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*, McGraw-Hill – 2003