

Tema 2 (parte 1). Morfología y configuración del robot

Índice

Morfología de un robot manipulador industrial

Estructura mecánica. Partes. Articulaciones

Movilidad (GDL) de cadenas cinemáticas. Cadenas abiertas y cerradas.

Espacio de trabajo del robot

Configuraciones típicas. Robots SCARA

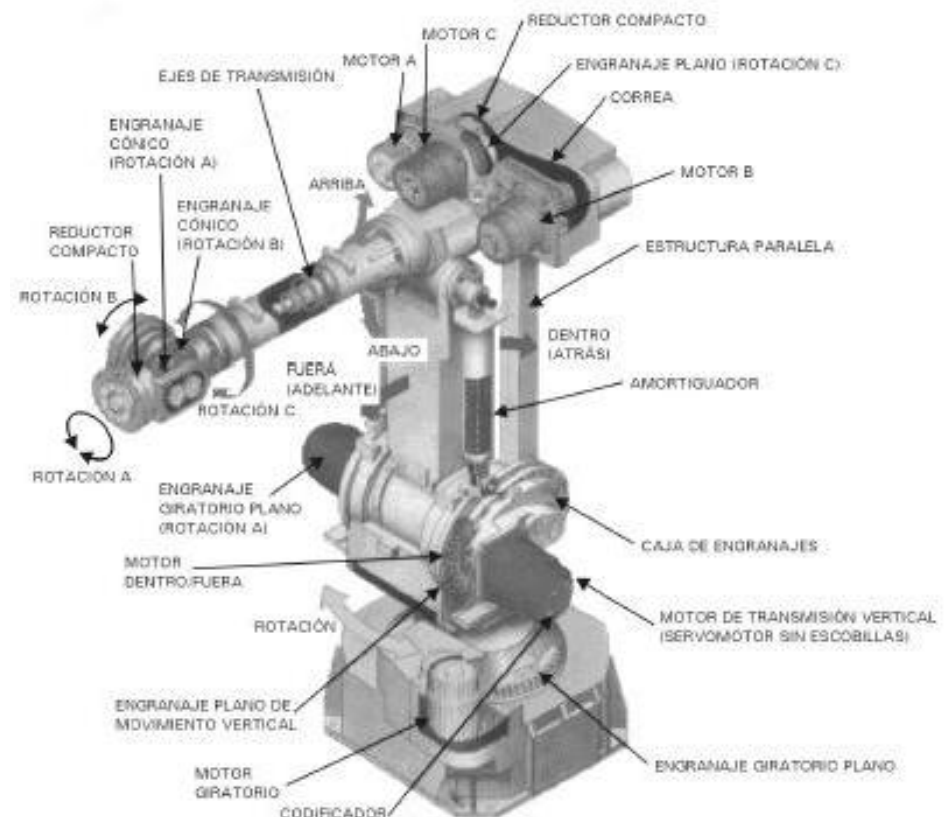
Elementos terminales y herramientas

Sistema de potencia y control

Morfología de un robot manipulador industrial

¿Qué **elementos o subsistemas** componen un robot manipulador?

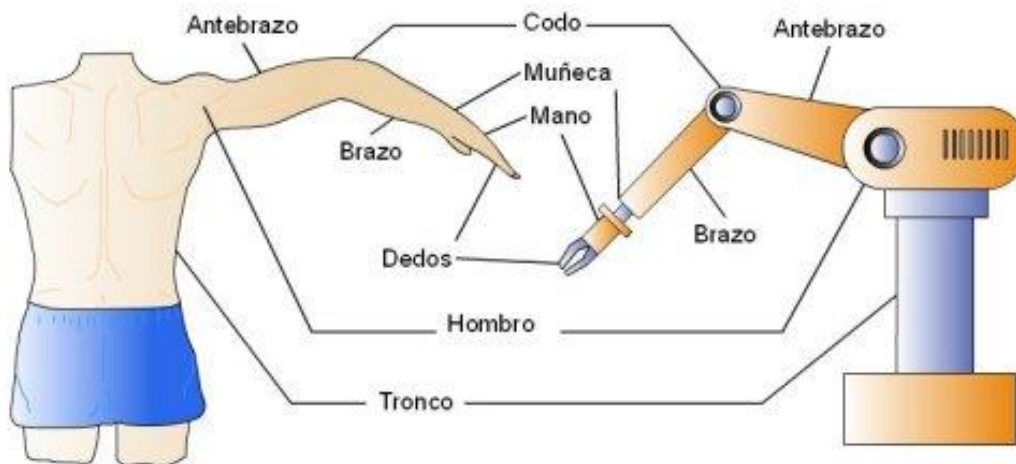
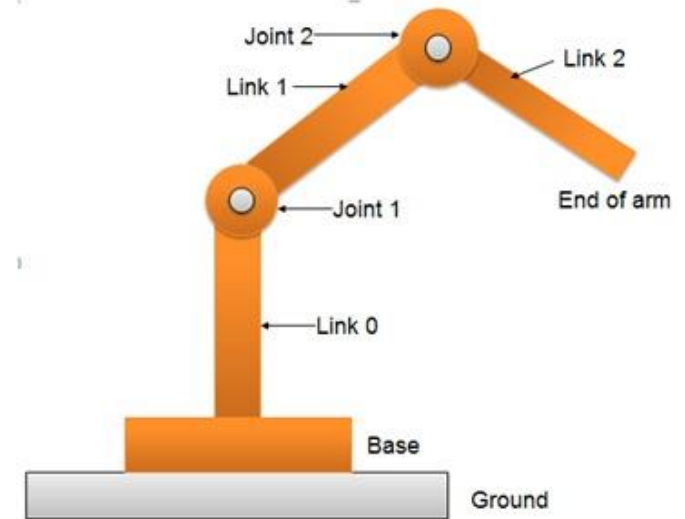
1. Estructura mecánica
2. Actuadores
3. Sensores
4. Sistema de transmisión
5. Sistema de interacción con el entorno (elementos terminales o herramientas)
6. Sistema de potencia y control (controlador)



Estructura mecánica. Partes

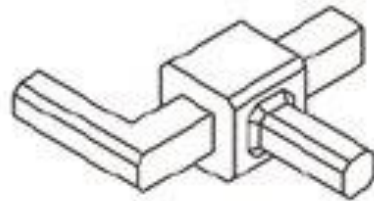
Es una **cadena cinemática**: Estructura formada por varios **eslabones** (*links*) unidos mediante **articulaciones o ejes** (*joints*), que permiten un movimiento relativo entre eslabones consecutivos.

Hay un eslabón fijo (**base** o **bastidor**)

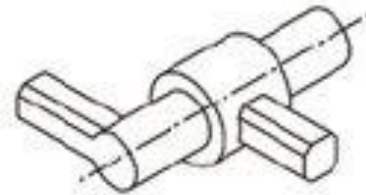


Debido a la similitud con la anatomía de un brazo humano, a veces se usan los **mismos términos** para los diferentes eslabones y articulaciones

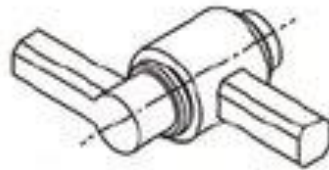
Articulaciones en sistemas mecánicos



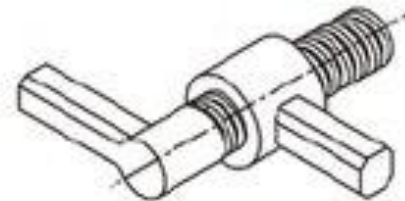
Prismatic (P)



Cylindrical (C)



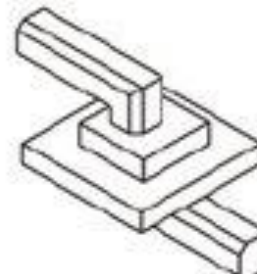
Revolute (R)



Helical (H)

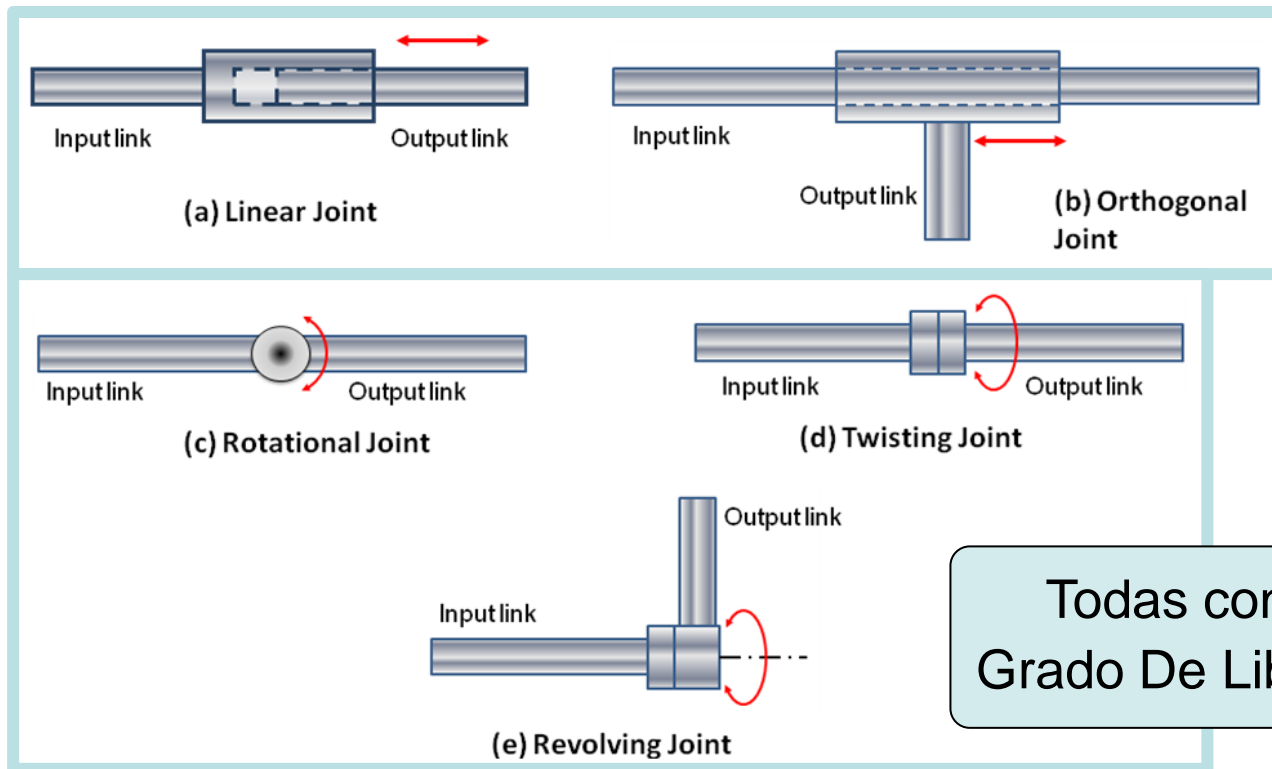


Spherical (S)



Planar (E)

Articulaciones (pares cinemáticos) en robótica

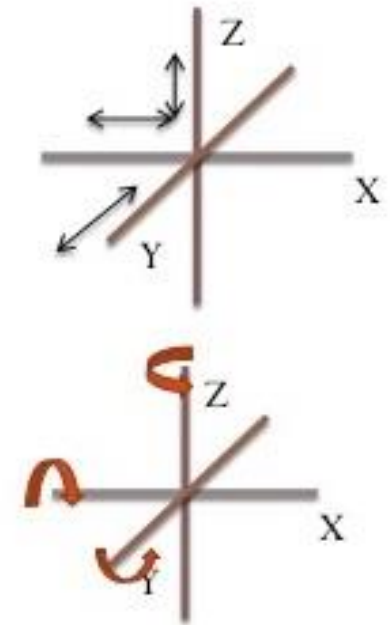


Todas con un único
Grado De Libertad (GDL)

- **Prismáticas** o de **desplazamiento**: movimiento relativo de traslación. Lineales o tipo L (a) y ortogonales, tipo O (b)
- De **rotación**: giro tipo R (c), tipo T (d) y tipo V (e)

Movilidad de una cadena cinemática (I)

- El movimiento de un cuerpo que puede desplazarse libremente en el **espacio (3D)** se puede descomponer en 3 traslaciones y 3 rotaciones respecto de una base fija = **6 Grados de Libertad (GDL o DOF)**
- En el **plano (2D)** hay dos traslaciones y una rotación = **3 GDL**
- En una cadena cinemática, alguno de esos movimientos elementales puede desaparecer



La movilidad o Grados de Libertad (GDL, DOF) de una cadena cinemática son el número de movimientos independientes que permanecen

Movilidad de una cadena cinemática (II)

- Para calcular la movilidad número de grados de libertad podemos usar la **fórmula o criterio de Gruebler**

$$NDoF = \lambda \cdot (n - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

Donde:

λ : DoF del espacio de trabajo (3 en plano; 6 en espacio)

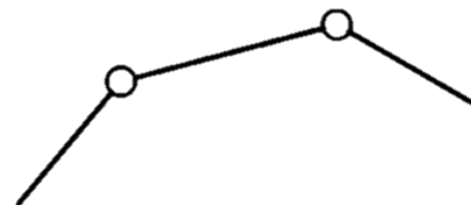
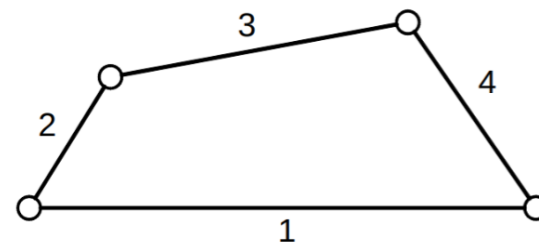
n : Número de eslabones (incluida la base)

j : Número de articulariones (joints)

f_i : DoF en la articulación i

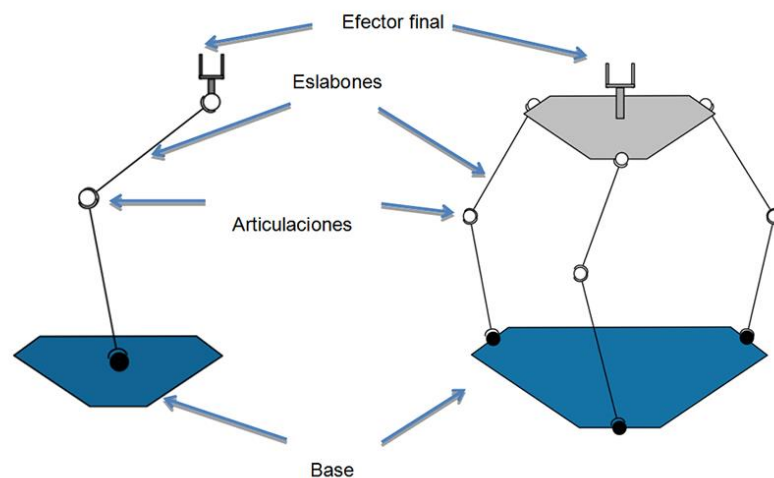
Cadena cinemática cerrada y abierta

- **Cadena cinemática cerrada:**
cuando se puede llegar desde cualquier eslabón a otro mediante al menos dos caminos.
- **Cadena cinemática abierta:**
cuando sólo hay un camino posible



n articulaciones
 $n+1$ eslabones

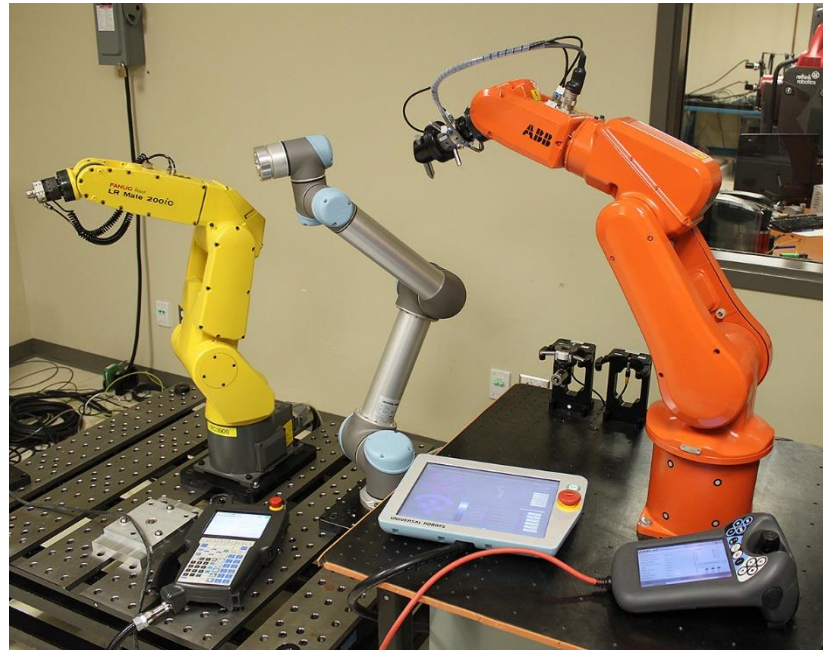
Hay robots industriales de cadena abierta (los mas comunes, llamados *robot serie*) y de cadena cerrada (*robot paralelo*, normalmente más ligeros, suelen permitir aceleraciones más altas)



GDL típicos en robots manipuladores industriales

Típicamente, los robots manipuladores industriales son cadenas cinemáticas **abiertas (serie)** con un **único eslabón fijo (base)** y **varias articulaciones prismáticas o rotatorias** (1 DoF por articulación)

Ejercicio: calcula los DoF (tanto en el plano como en el espacio) de un robot manipulador serie formado por $x+1$ eslabones y x articulaciones de tipo prismáticas o rotatorias.
¿Cuántas articulaciones necesitamos para conservar los 6 DoF en el espacio?



FANUC LR Mate 200iC - Universal Robots UR5 - ABB IRB 120

GDL típicos en robots manipuladores industriales

$$NDoF = \lambda \cdot (n - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

Espacio $\lambda = 6$

Plano $\lambda = 3$

$$NDoF = 6 \cdot (x + 1 - x - 1) + \sum_{i=1}^x 1$$

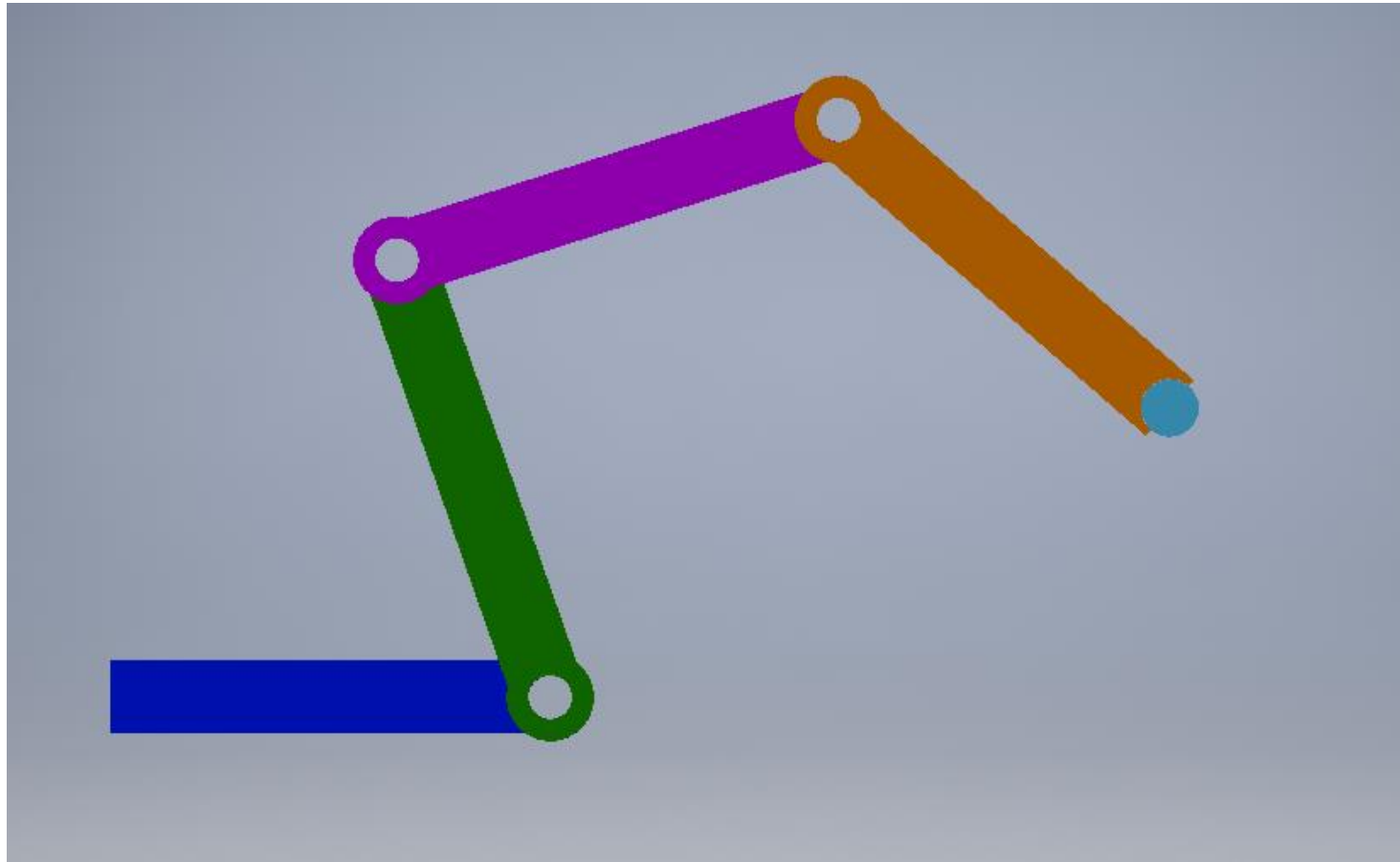
$$NDoF = x$$

$$NDoF = 3 \cdot (x + 1 - x - 1) + \sum_{i=1}^x 1$$

$$NDoF = x$$

Para conservar los 6 DoF en el espacio, es necesario que el robot tenga, al menos, 6 articulaciones.

Ejemplo DoF



GDL en robots paralelo

Robot Delta o tipo 3T1R paralelo:

ABB IRB 360 FlexPicker (3+1 GDL)



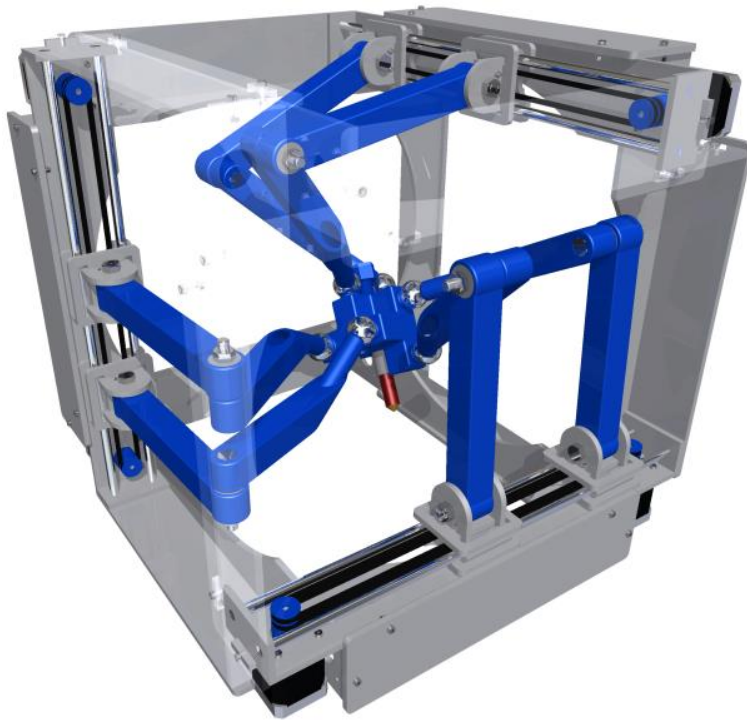
https://www.youtube.com/watch?v=v1x64Zg1-hE&ab_channel=RBTX



<https://www.youtube.com/watch?v=aPTd8XDZOEK>

GDL en robots paralelo

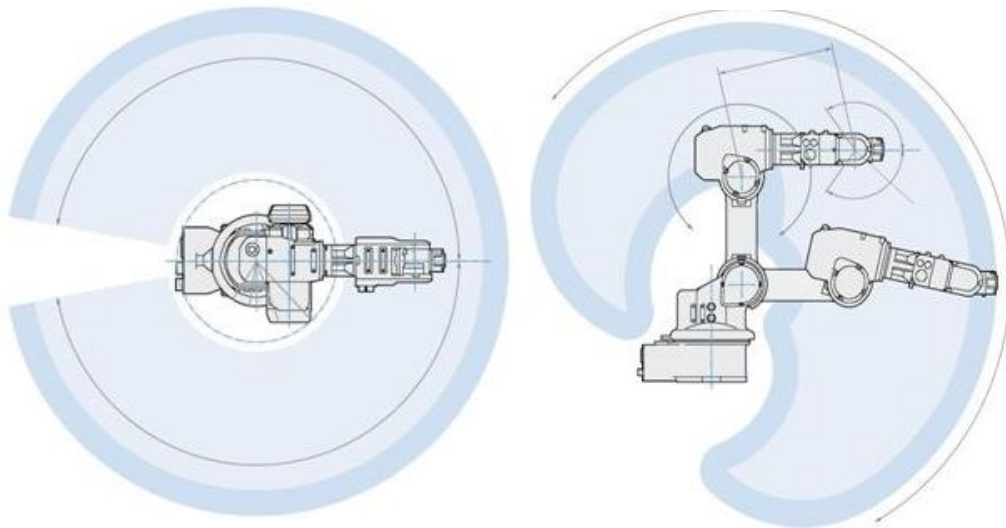
Robot 3D Hexapteron (6 GDL)



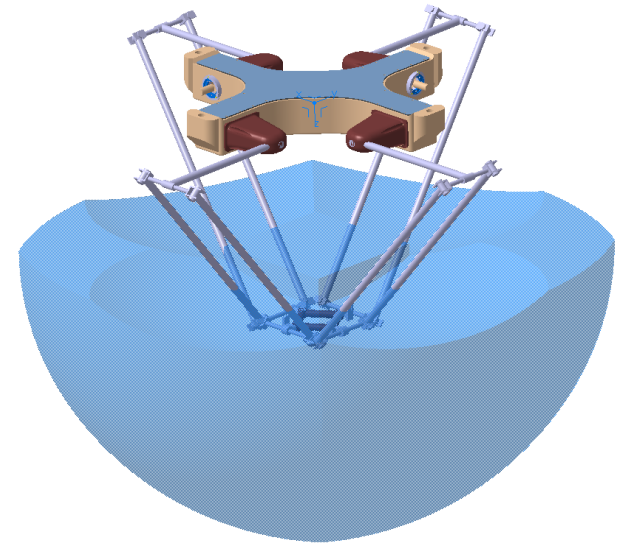
<https://www.youtube.com/watch?v=aMXBBE-55mM>

Espacio o envoltente de trabajo del robot

El espacio de trabajo (efectivo) o envoltente de trabajo de un robot se define como el **agrupamiento de puntos que se pueden alcanzar** con su elemento terminal.



Perfil y planta del espacio de trabajo típico de un robot serie industrial de 6 ejes.

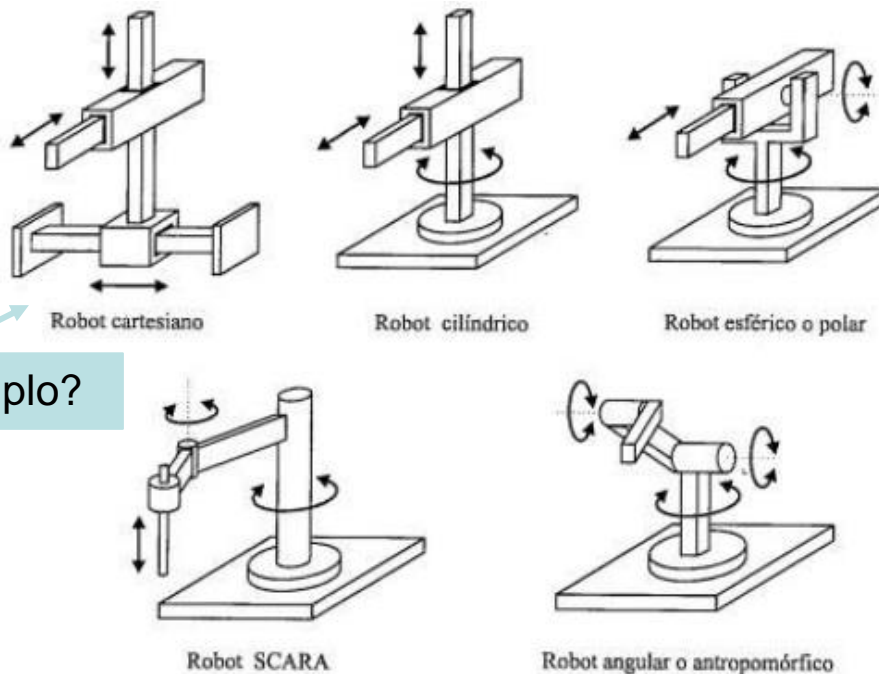


Representación volumétrica del espacio de trabajo de un robot paralelo 3T1R

Configuraciones típicas de robots serie industriales

En la industria se utilizan diferentes configuraciones de robots, **varias de ellas con menos de 6 GDL**, ya que suelen ser suficientes para realizar las tareas requeridas.

Las configuraciones **más habituales** son:

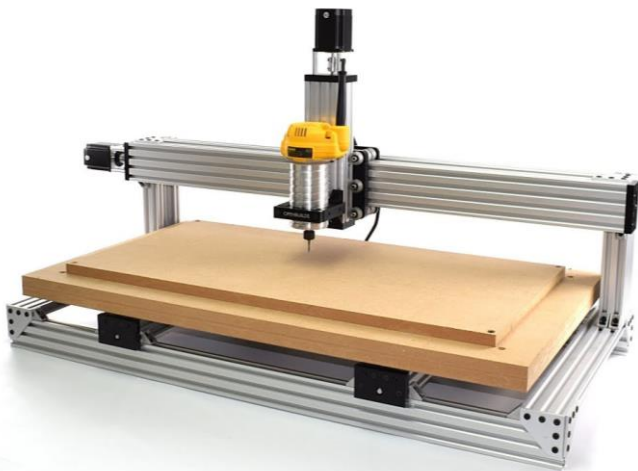


Ejemplo?

Los más comunes son los **angulares o antropomórficos**, seguidos de los **cartesianos** y los **SCARA**

Los **cilíndricos** y **esféricos** eran más habituales en los inicios de la robótica. Ahora están prácticamente en desuso

Robots cartesiano

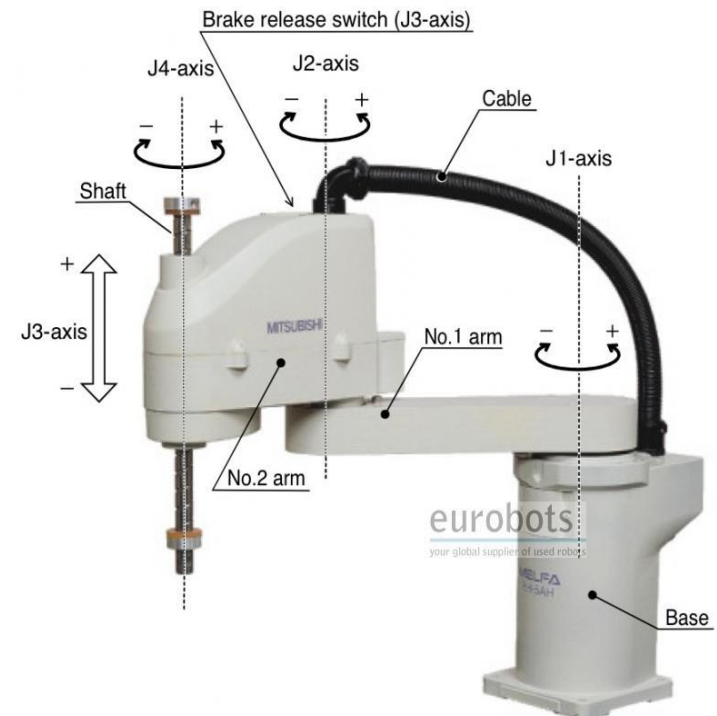


Robots SCARA

Acrónimo de **Selective Compliant Assembly (Articulated) Robot Arm**

Creado en 1978, consta de 4 ejes y usa en labores de “**pick and place**” (embalaje y montaje vertical) por su simplicidad y relación calidad/precio

Al tener menos ejes que un robot angular, suele ser **algo más rápido**



Ejemplos de robots SCARA



ABB IRB 910SC
(2016)



FANUC SR-3iA



EPSON LS6



YAMAHA YK-XGS
(tipo inverso)

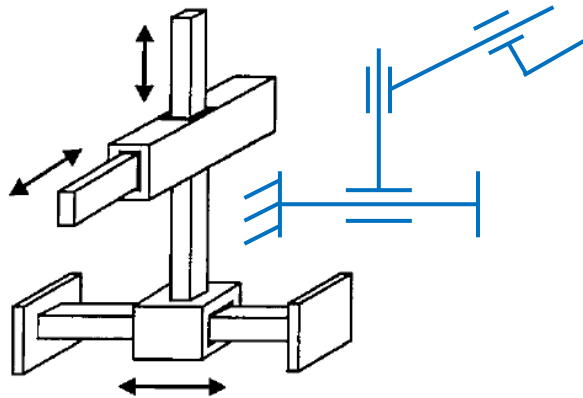


MITSHUBISHI RH-CH

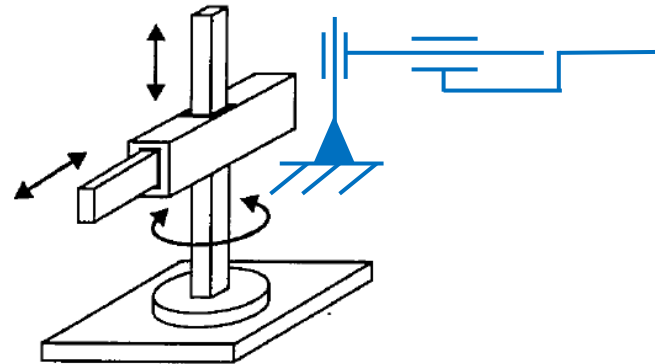


KUKA
KR5 R550

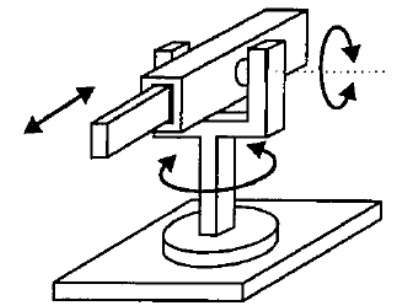
Esquema cinemático de configuraciones típicas



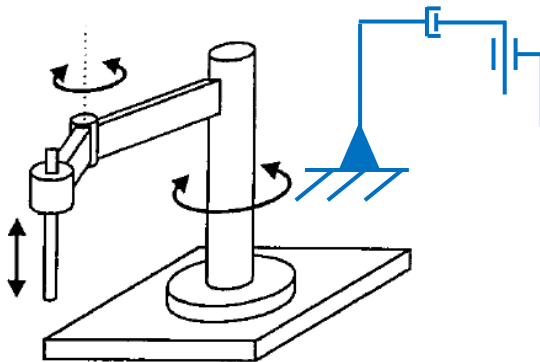
Robot cartesiano



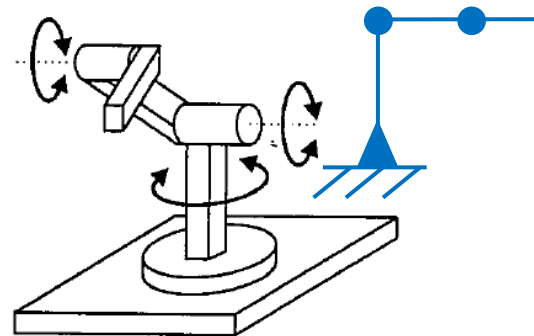
Robot cilíndrico



Robot esférico o polar

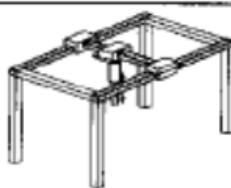

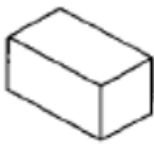

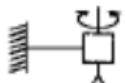
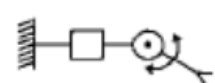
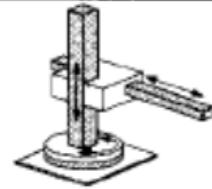


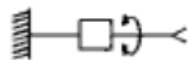
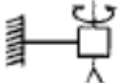
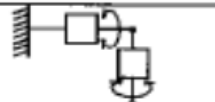
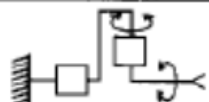
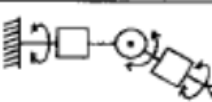
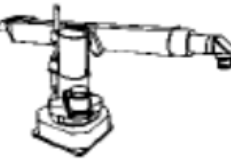


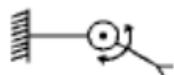
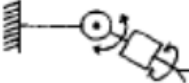
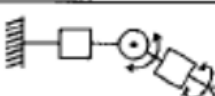

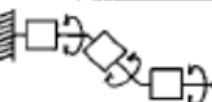
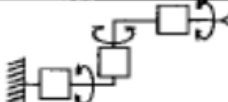


Robot SCARA

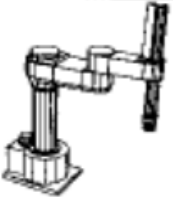
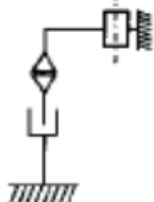


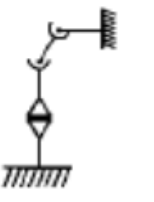



Robot angular o antropomórfico

Resumen de configuración, esquema cinemático, espacio de trabajo, ejes y grados de libertad (I)

Robot	Axes		Wrist (DOF)		
Principle	Kinematic Chain	Workspace			
 cartesian robot			1 	1 	2 
 cylindrical robot			1 	1 	2 
			2 	3 	
 spherical robot			1 	2 	3 
			3 	3 	3 

Resumen de configuración, esquema cinemático, espacio de trabajo, ejes y grados de libertad (II)

Robot	Axes		Wrist (DOF)		
Principle	Kinematic Chain	Workspace			
 SCARA robot			1	2	2
			2		
 articulated robot			2	3	3
			3	3	3

Elementos terminales o herramientas. Tipos

Los robots industriales son versátiles y readaptables a una gran variedad de aplicaciones.

Los **elementos terminales** (*end effectors*) son los encargados de permitir una interacción específica o tarea concreta de un robot con el entorno.

Dos tipos principales:

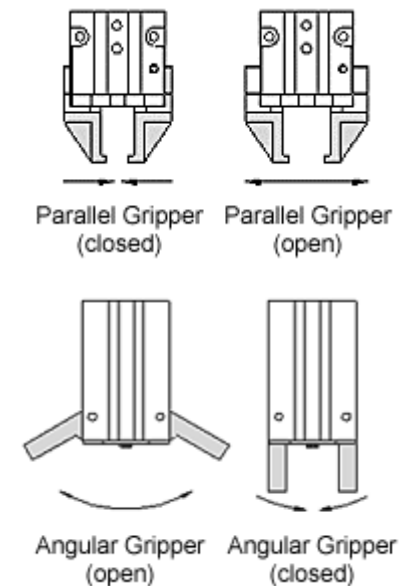
1. **Elementos de sujeción y manipulación:** pinzas o garras (*grippers*), ventosas, etc.
2. **Herramientas terminales:** pistolas de pintura, soldadura, corte, pegado y sellado, *ad hoc*, multiherramientas, etc.



Elementos de sujeción y manipulación

Sirven para la **sujeción de piezas**, permitiendo la realización de tareas de “coger y dejar” (*pick and place*).

TIPO DE SUJECCIÓN	ACCIONAMIENTO	UTILIZACIÓN
Pinzas de precisión Desplazamiento angular Desplazamiento lineal	Neumático Electrónico	Transporte y manipulación de piezas sobre los que no importe presionar.
Pinzas de enganche	Neumático Electrónico	Piezas de grandes dimensiones o sobre las que no se pueden ejercer precisión.
Ventosa de vacío	Neumático	Cuerpo con superficie lisa poco porosa (cristal, plástico etc.)
Electroimán	Electrónico	Piezas ferromagnéticas



El sistema más común es el de **pinza o garra (gripper)** que puede accionarse electrónica o neumáticamente.

Los dedos de la pinza (típicamente dos o tres) se pueden mover de manera **lineal (paralelo) o angular**, y se suelen **diseñar a medida**.

Ejemplos de pinzas y garras

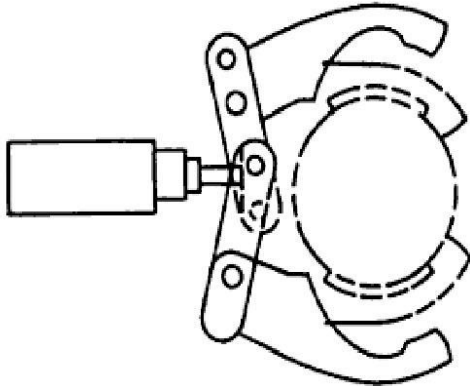


Figure 1 External gripper.

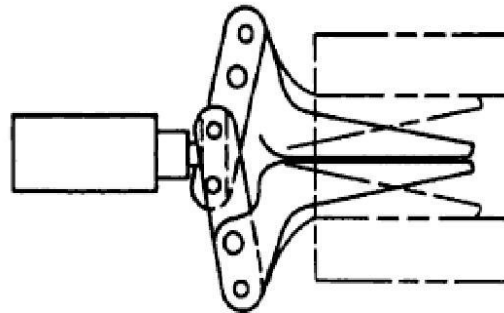


Figure 2 Internal gripper.



Pinzas FESTO



2-finger
parallel gripper



3-finger
centric gripper



Sealed 2-finger
parallel gripper



Sealed 3-finger
centric gripper



2-finger
parallel gripper
with center bore



3-finger
centric gripper
with center bore



4-finger
centric gripper

Pinzas SCHUNK

Diseño de sistemas de sujeción y manipulación *ad hoc*



Sistemas de sujeción y manipulación *ad hoc* de SIPA SOLUTIONS

Ejemplos de elementos de sujeción de vacío



DESTACO
single
vacuum
cups,
spring cup
mount and
venturis

ABB FlexGripper (Pinza + 10 zonas de vacío)
para robots de paletizado hasta 40 kg



3D-V 4
vacuum
gripper for
Universal
Robots



Mixto: pinza + ventosa



Ejemplos de elementos de sujeción magnéticos

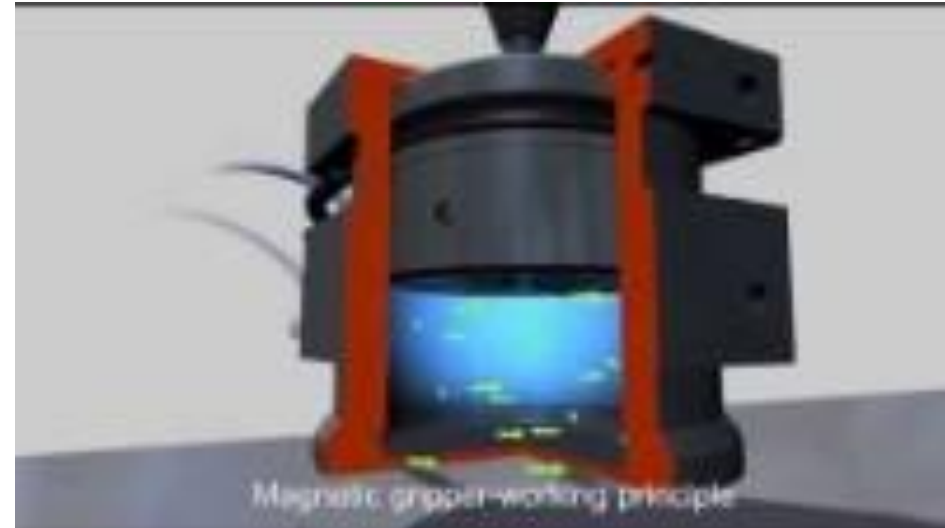
Dos configuraciones típicas:

- Electroimanes
- Imanes permanentes accionados por aire comprimido

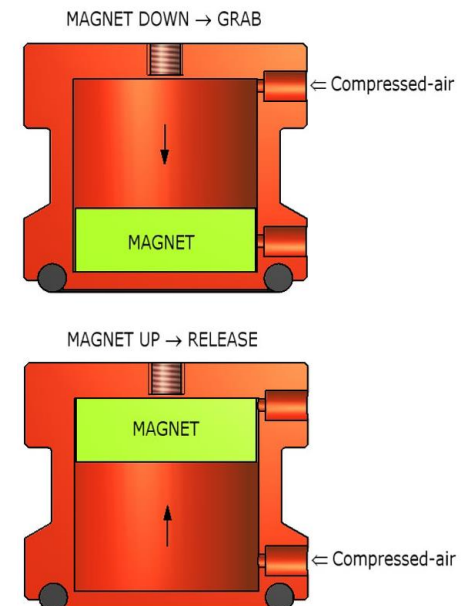
Suitable for transporting **uneven surfaces** such as those in car industry



Magnetic grippers from SMC



<https://youtu.be/xBr5N1gPuLE>



Ejemplos de elementos de sujeción magnéticos



<https://youtu.be/qLAXIOyp2UQ>



<https://youtu.be/-f9xew2WGz8>

Soft grippers



<https://youtu.be/jOc3e5O5OPM>



<https://youtu.be/c1vxuhYwPKY>



<https://youtu.be/rKX3IKg5Qok>

Herramientas terminales

Muchas otras aplicaciones requieren del uso de una herramienta, que debe ser **construida de manera específica** o **adaptada** para la muñeca del robot:

- Pistola de **soldadura por puntos** (*spot welding gun*)
- Pistola de **soldadura por arco** (*arc welding gun*)
- Pistola de **pintura por spray** (*spray painting gun*)
- Herramientas de **corte por laser, plasma o chorro a presión** (*Laser cutter, plasma cutter, water jet cutter*)
- **Corte por abrasión**: amoladora (*grinder*)
- Broca de **perforación** (*drilling spindle*)
- **Cepilladora, desbarbadora** (*brushing, deburring tools*)
- **Dispensadora, pegadora, selladora** (*gluing, dispensing, sealing tools*)

Ejemplos de herramientas de soldadura

Robot con pistola de soldadura por puntos



Robot con pistola de soldadura por arco



FANUC: https://www.youtube.com/watch?v=21hTsTvx_iI



KUKA: <https://www.youtube.com/watch?v=NJIgQjKDVUg>

Ejemplos de herramientas terminales

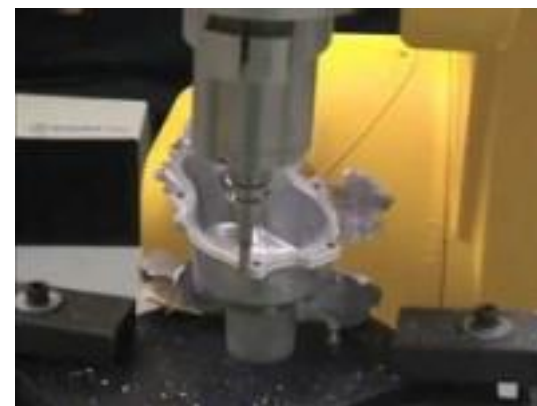
Pintura por spray y sellado



<https://youtu.be/Dam61WpeSmo>

Herramienta de corte por laser Precitec YK52

ABB: <https://www.youtube.com/watch?v=7k20Zp5aPjY>

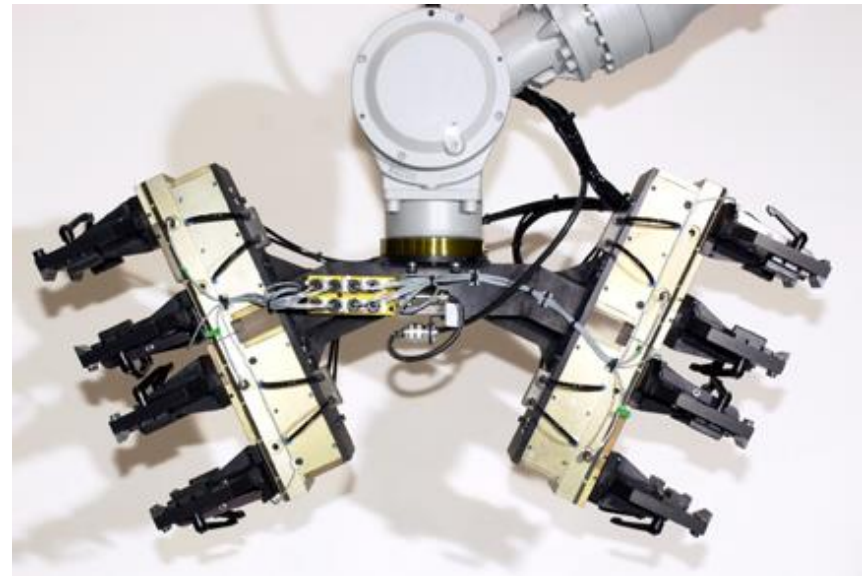
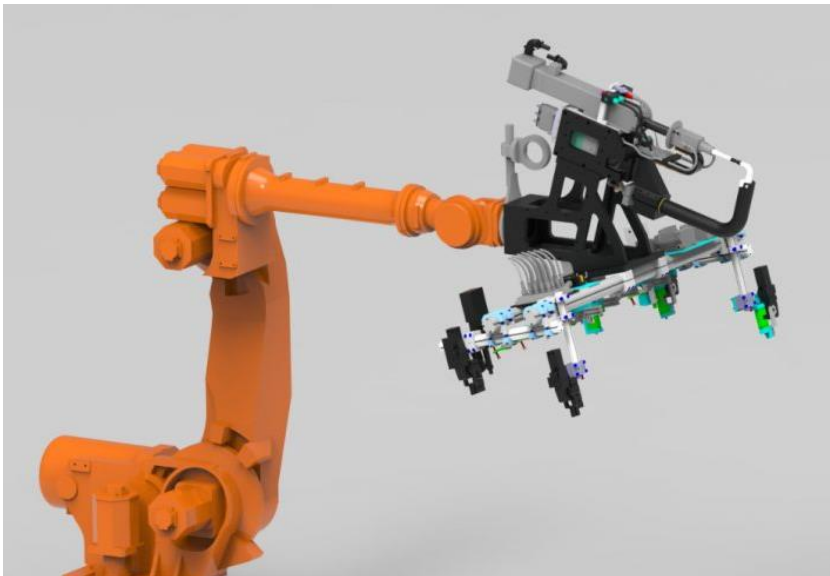
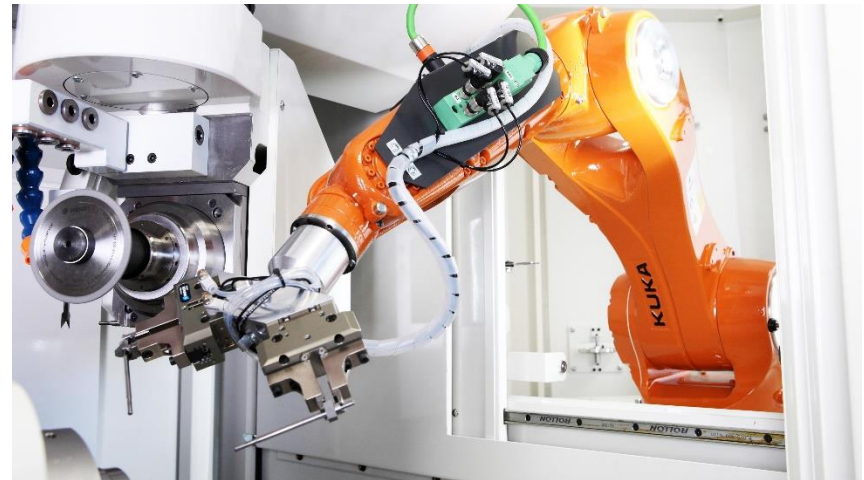


Herramienta para eliminación de rebabas (desbarbado)

<https://www.youtube.com/watch?v=t98aRt8hS2c>

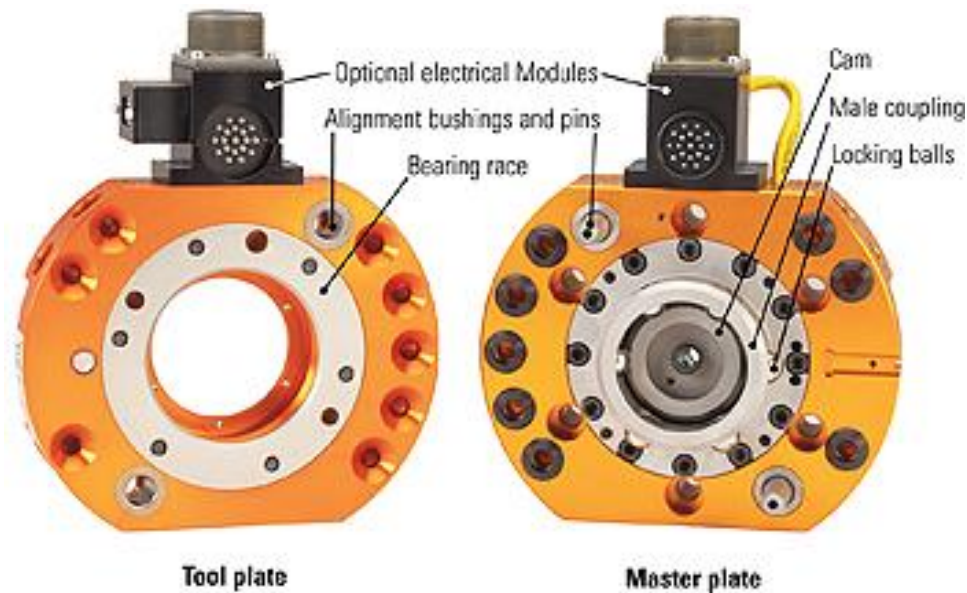
Multiherramientas

En ocasiones una misma herramienta terminal puede constar de **varias** “**subherramientas**”, iguales o distintas:



Cambio automático de herramienta

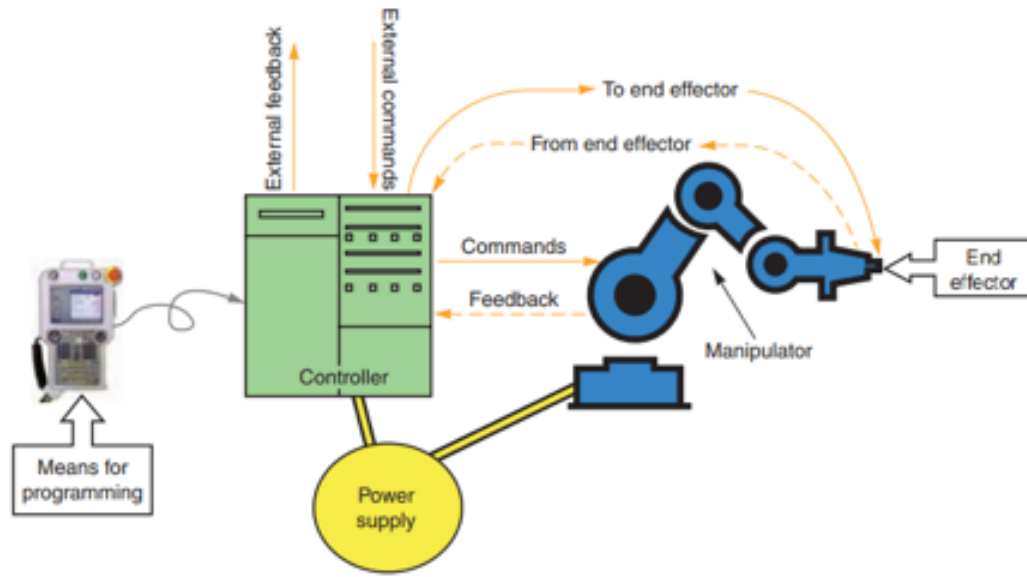
Es posible programar un robot industrial para que pueda **cambiar de herramienta automáticamente** (sistemas *Schunk*, *ATI Industrial Automation*...)



Cambio automático de herramienta



Sistema de potencia y control (controlador)



El **controlador del robot** es una parte fundamental del mismo, que permite:

1. Realizar el **control cinemático y dinámico** de la unidad mecánica
2. Dotar de **potencia eléctrica** a los motores de los ejes y al resto de accionamientos
3. **Programar** el robot (mediante la unidad de programación externa)
4. **Comunicar** el robot con el mundo exterior (buses industriales: *ProfiNet*, *Ethernet/IP*)
5. Gestionar y supervisar los **sistemas de seguridad y emergencia**.

Teachpendant

El teachpendant es la **consola de programación *in situ*** del robot industrial

- Permite la definición del TCP de la herramienta
- Incluye mandos para controlar la posición y orientación del robot, así como elementos de seguridad (seta de emergencia)
- Se puede utilizar para definir puntos en el espacio o para almacenar en memoria la posición actual del robot
- Permite la programación de rutinas y manejo de I/O del controlador

