

*Ingeniería Informática*

Automatización y Robótica

## Tema 8

Teoría

**Componentes de un  
sistema robótico**

# Índice

---

- Introducción.
- Diagrama H&S de un robot.
- Sistema mecánico del robot.
  - Eslabones.
  - Grado de libertad y articulaciones.
  - Espacio de trabajo.
  - Configuraciones cinemáticas.
  - Accionamientos.
  - Transmisiones y reductores.
  - Subsistemas mecánicos.
- Sistema sensorial del robot.

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

## ▶ Similitud con el brazo humano: terminología y funcionalidad

- Estructura mecánica básica:
  - Eslabones <-> Huesos
  - Articulaciones <-> Articulaciones
  - Accionamientos <-> Músculos
  - Transmisiones <-> Tendones
  - Cables de señal <-> Nervios
  - Subsistema sensorial <-> Sentidos del robot
  - Subsistema de control <-> Cerebro del robot



# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

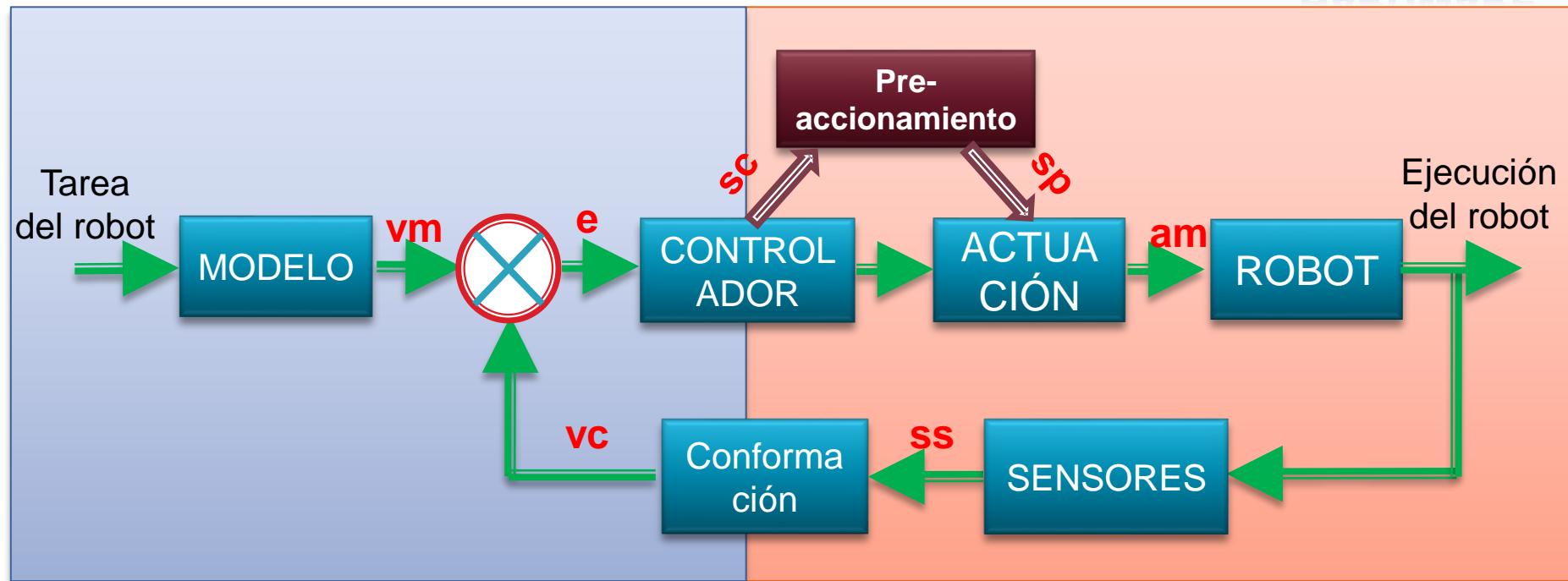
## ► Sub-sistemas de un sistema robótico: **HARDWARE**

- Mecánico. Partes-eslabones rígidos y/o flexibles-deformables.
  - Sensorización. Encoders, sensores presencia, ultrasonidos, ...
  - Un sistema de actuación. Motores, reductores, mecanismos, ...
  - Un sistema de pre-actuación. Acondicionamiento de la señal de control a señal de potencia.
- 
- Un controlador.
  - Un sistema de procesado/conformado de información.
  - Modelo del robot.

**SOFTWARE**

# Componentes de un robot

HARDWARE



SOFTWARE

**vm:** valores de movimiento/trayectoria del robot (posición, velocidad)  
**e:** error entre los valores del modelo y los reales  
**sc:** señal de control      **sp:** señal de potencia      **am:** aplicación movimiento  
**ss:** señal del sensor      **vc:** valores para el controlador (posición, velocidad)

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ **Sistema mecánico del robot.**

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

---

## ► Eslabones:

- Pueden estar compuestos por varias piezas físicas.
- En robots industriales se consideran rígidos e indeformables.
- Conceptualización de eslabón en un robot:
  - Piezas del robot hasta la primera articulación, conocida como base del robot.
  - Piezas de un robot entre dos articulaciones.
  - Piezas del robot desde la última articulación hasta el extremo.

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

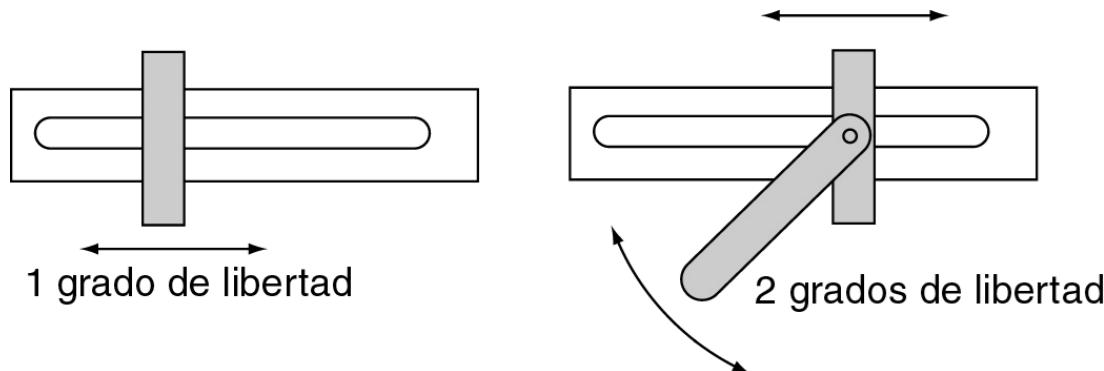
- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

## ► Grado de libertad:

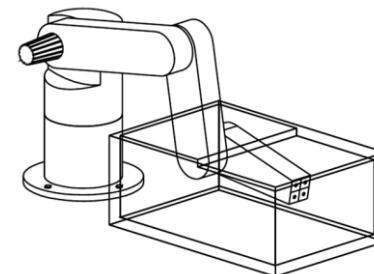
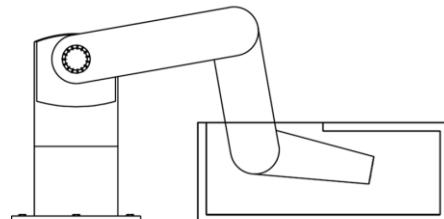
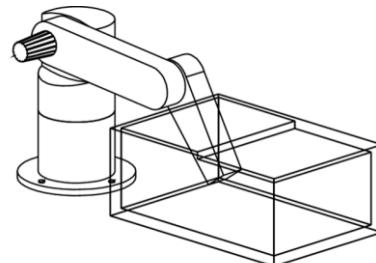
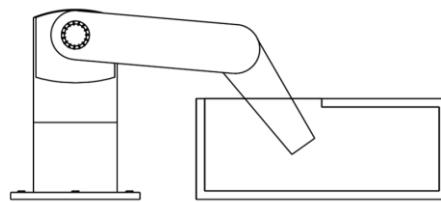
- Es el número de componentes de movimiento que se requieren para generar un movimiento.
  - P.ej: Una articulación limitada a moverse a lo largo de una línea recta posee un grado de libertad.
  - P.ej: Una articulación limitada a moverse en un plano posee dos grados de libertad.



# Componentes de un robot

## ► Grado de libertad:

- A veces se requieren más de 6 grados de libertad,  
**ROBOTS REDUNDANTES.**



# Componentes de un robot

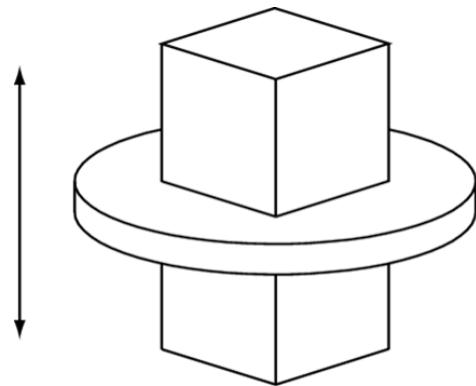
---

## ▶ Articulaciones:

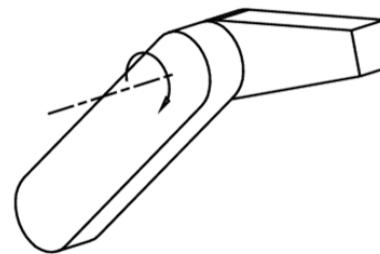
- Elementos móviles que unen dos eslabones.
- Los tipos más utilizados de articulaciones son:
  - Rotacional
  - Prismática
- También se utilizan articulaciones:
  - Cilíndrica
  - Planar
  - Junta universal
  - Esférica

# Componentes de un robot

## ▶ Articulaciones:



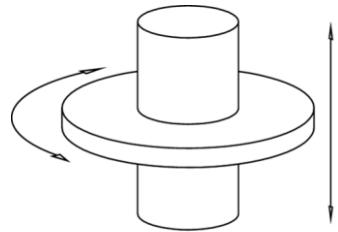
Prismática (1g.d.l.)



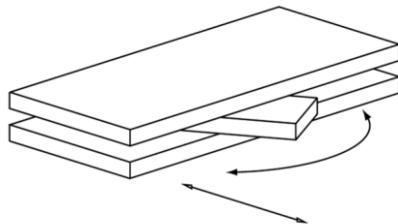
Rotacional (1g.d.l.)

# Componentes de un robot

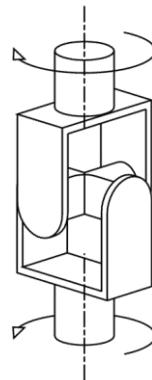
## ▶ Articulaciones:



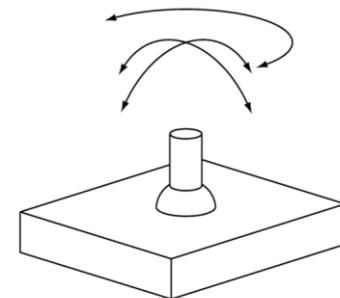
Cilíndrica  
(2g.d.l.)



Planar  
(2g.d.l.)



Junta Universal  
(2g.d.l.)



Esférica  
(3g.d.l.)

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

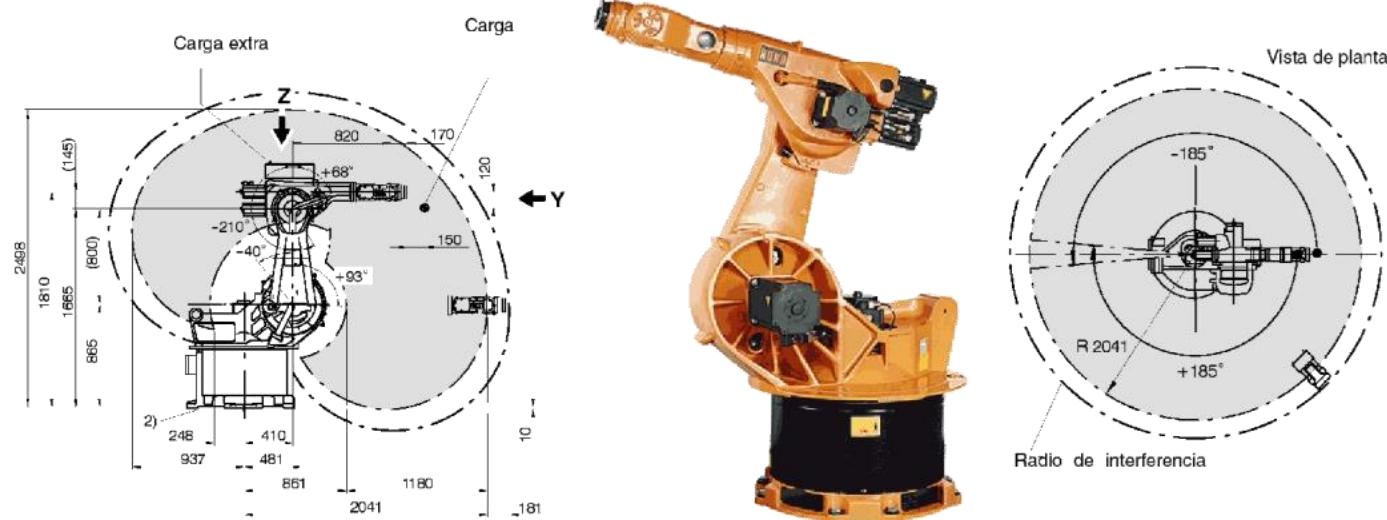
- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

## ▶ Espacio de trabajo:

- Esta formado por las posiciones dentro del espacio considerado que son potencialmente alcanzables por el extremo del robot.



\*Imagen cortesía de KUKA Roboter

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

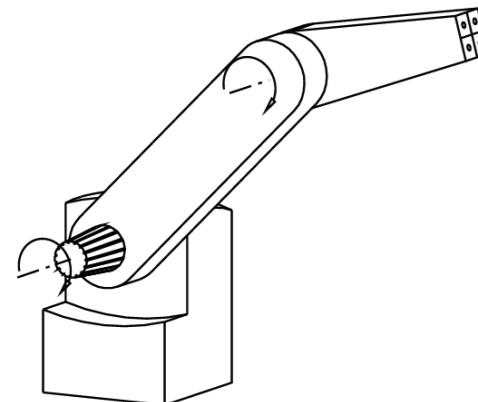
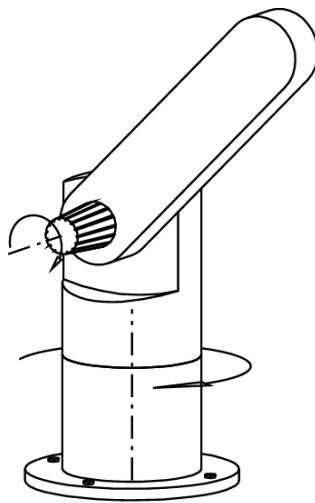
- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

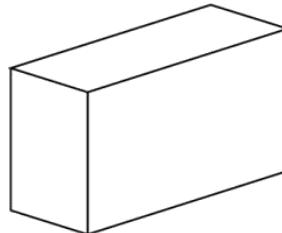
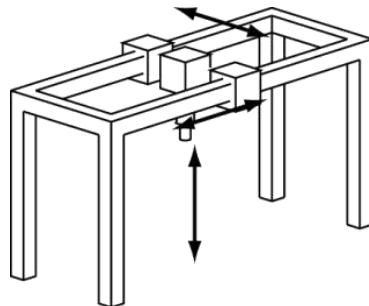
## ▶ Configuraciones cinemáticas:

- "Cadena cinemática": Secuencia de eslabones y articulaciones, de forma que los eslabones tienen movimientos relativos entre sí materializados a través de las articulaciones que los unen.

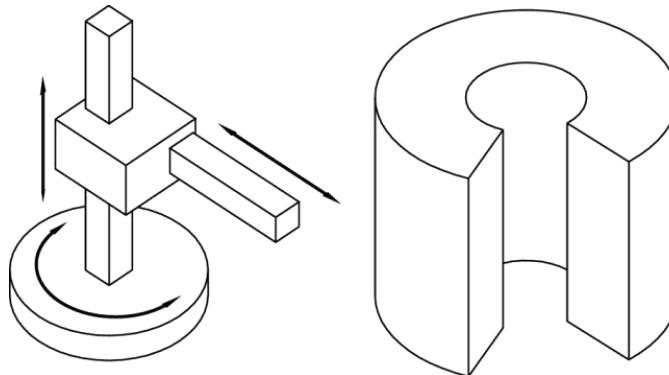


# Componentes de un robot

- ▶ Configuraciones cinemáticas:
  - Robot cartesiano:

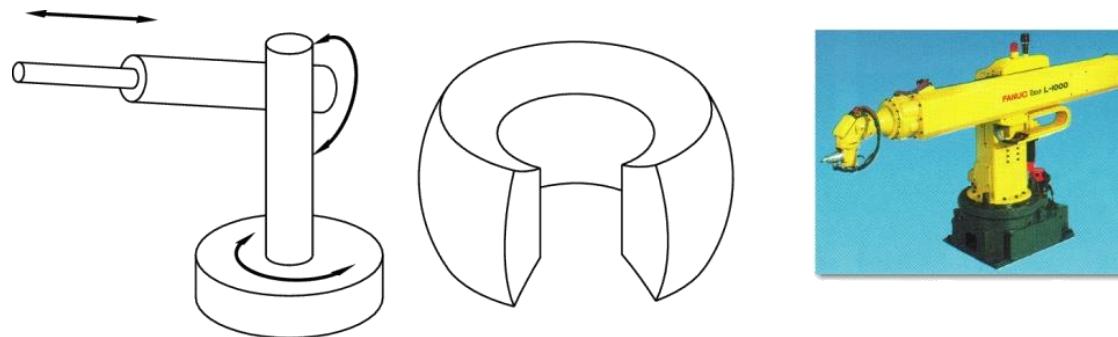


- Robot cilíndrico:

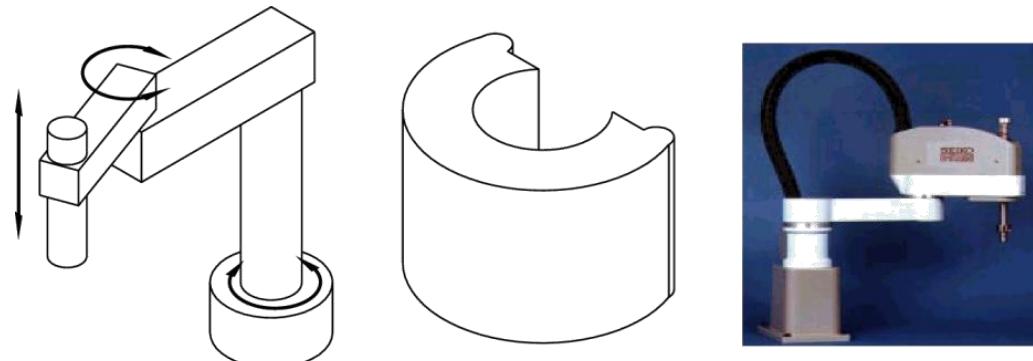


# Componentes de un robot

- ▶ Configuraciones cinemáticas:
  - Robot esférico o polar:

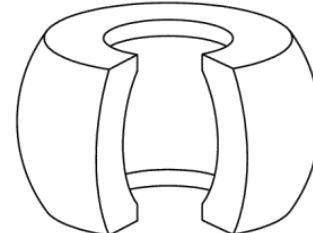
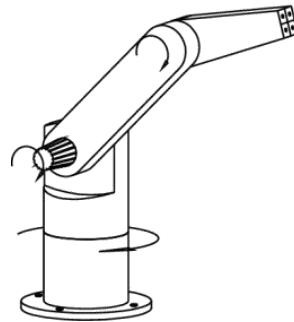


- Robot SCARA:

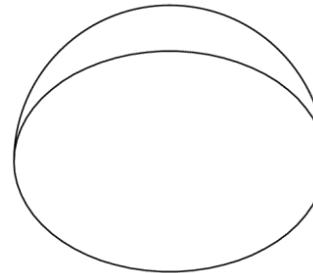
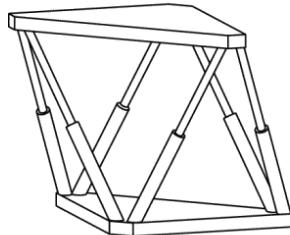


# Componentes de un robot

- ▶ Configuraciones cinemáticas:
  - Robot angular o antropomórfico:



- Robot paralelo:



# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

---

## ▶ Accionamientos:

- Dispositivos encargados de transformar las señales de control de velocidad y posición en un movimiento de cada una de las articulaciones del robot.
- **GENERAN EL MOVIMIENTO DEL ROBOT.**

## ▶ Clasificación:

- Eléctricos
- Neumáticos
- Hidráulicos

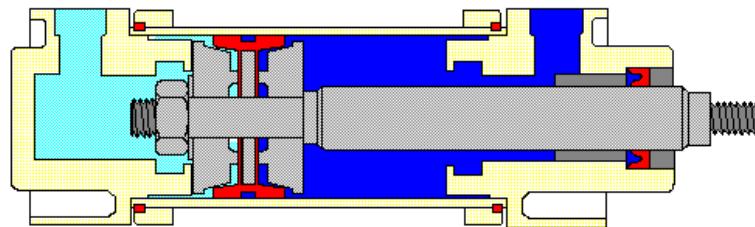
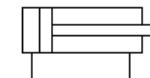
## ▶ Características a evaluar:

- Potencia.
- Controlabilidad.
- Peso y volumen.
- Precisión.
- Velocidad.
- Mantenimiento.
- Coste

# Componentes de un robot

## ▶ Accionamientos:

- Accionadores neumáticos.
  - **Cilindros y motores neumáticos.**
    - Fuente de energía: aire a presión entre 5 y 10 bar.
    - Se consigue el desplazamiento de un émbolo encerrado en un cilindro como consecuencia de la diferencia de presión a ambos lados.

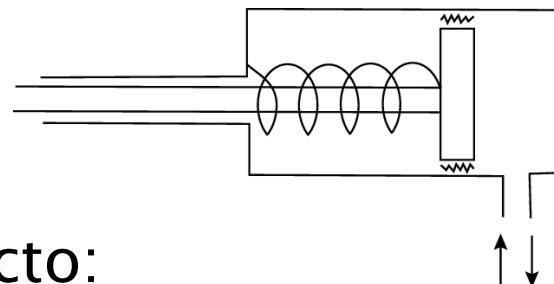


# Componentes de un robot

## ▶ Accionamientos neumáticos:

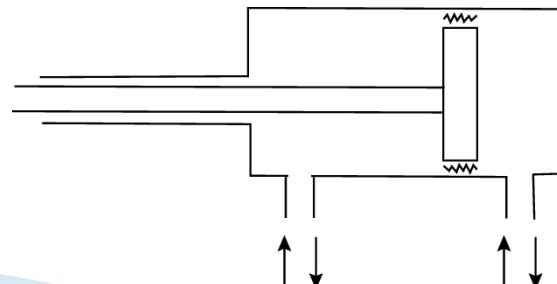
### ◦ Cilindros de simple efecto:

- El émbolo se desplaza en un sentido como resultado del empuje ejercido por el aire a presión, mientras que en el otro sentido se desplaza como consecuencia del efecto de un muelle que recupera al émbolo a su posición de reposo.



### ◦ Cilindros de doble efecto:

- El aire a presión empuja al émbolo en las dos direcciones.



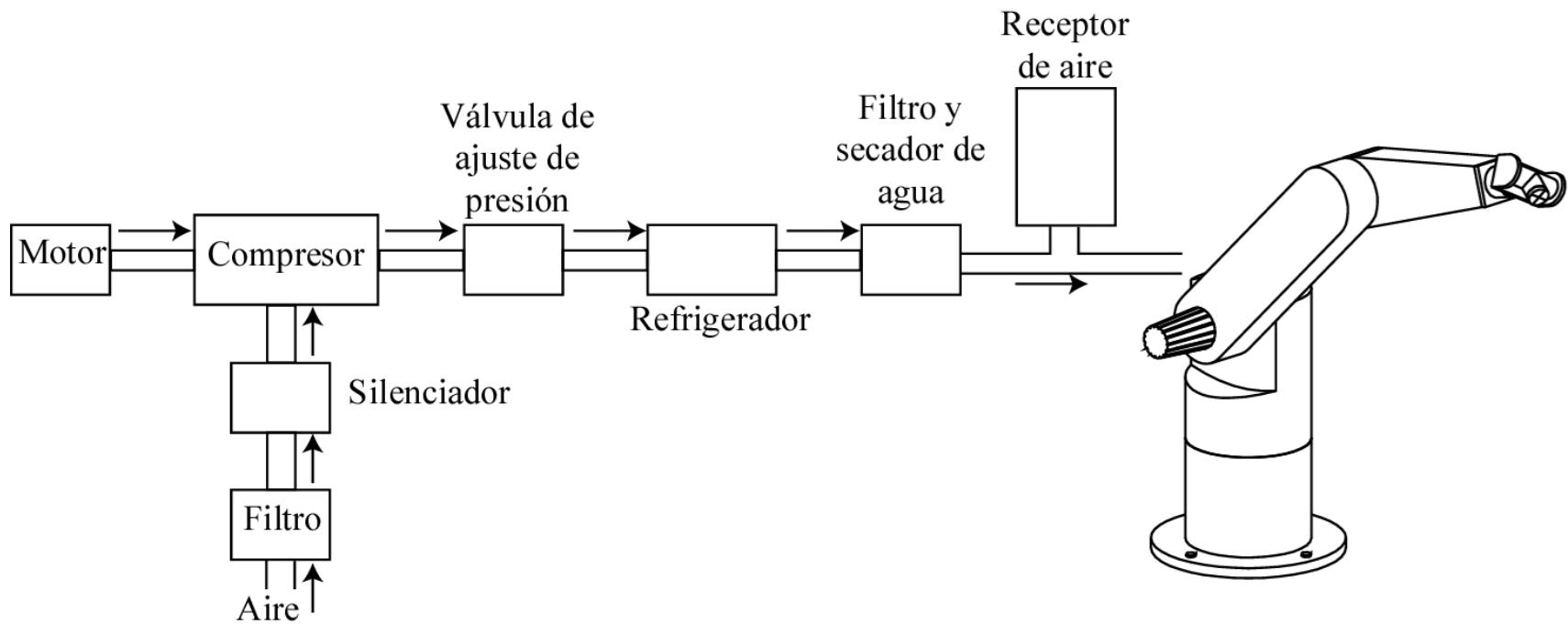
# Componentes de un robot

---

- ▶ Accionamientos neumáticos. Características generales:
  - Desventajas:
    - Compresibilidad del aire.
    - Mala precisión de posicionamiento.
  - Ventajas:
    - Sencillo.
    - Robusto.
  - Aplicación:
    - Posicionamiento en dos situaciones (todo o nada).
    - Ej: Apertura y cierre de pinzas.
    - Ej: Tercer g.d.l. de un SCARA.

# Componentes de un robot

- ▶ Accionamientos neumáticos.
  - Instalación requerida:



# Componentes de un robot

---

## ▶ Accionamientos hidráulicos.

- Fuente de energía: aceite a presión entre 50 y 100 bar.
- Menor compresibilidad del aceite.
- Mayor precisión.
- Posibilidad de control continuo.
- Fuerzas y pares elevados.
- Estabilidad frente a cargas estáticas.
- Buena relación potencia-peso.
- Autolubricación.
- Robustez.

# Componentes de un robot

---

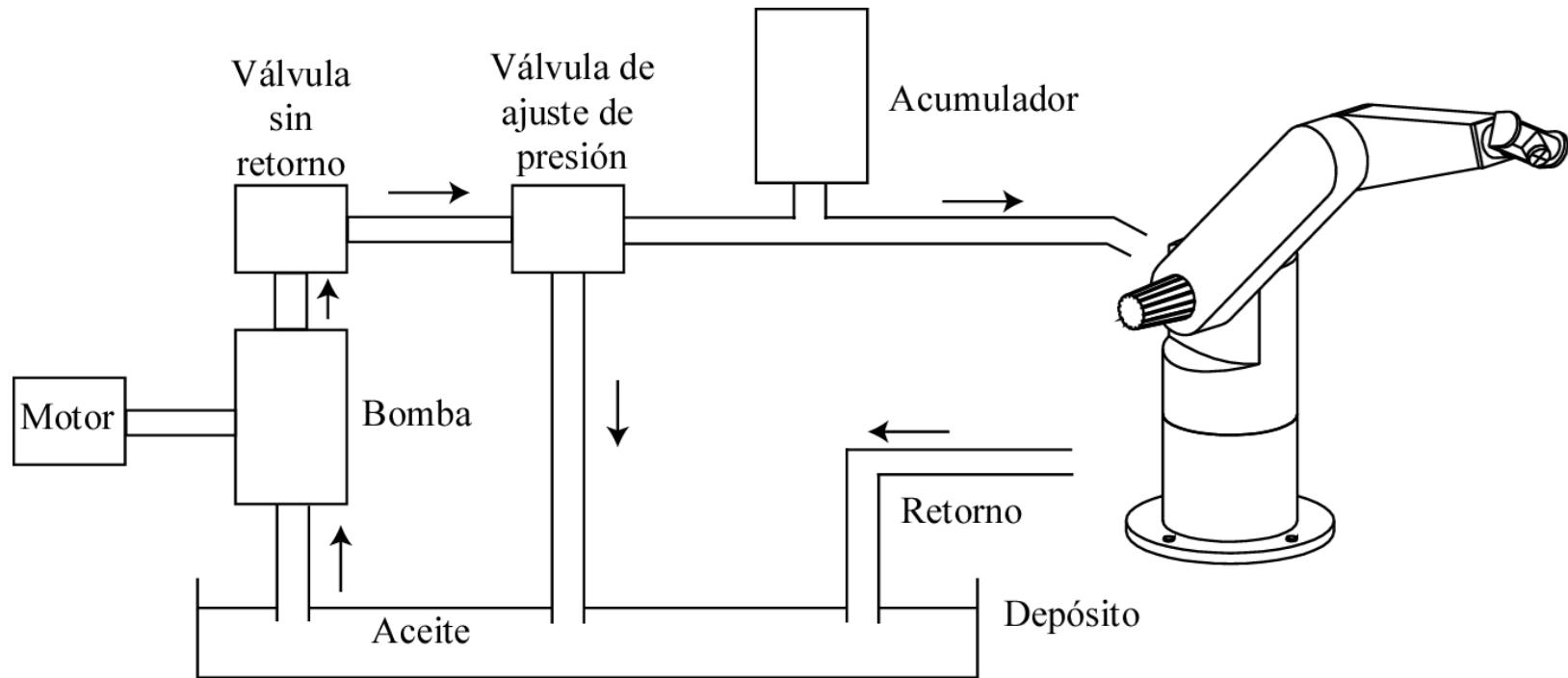
## ▶ Accionamientos hidráulicos.

- Ventajas:
  - Soporta cargas sin aporte de energía.
- Inconvenientes:
  - Alta presión de trabajo.
  - Posibilidad de fugas de aceite.
- Cada vez más los robots hidráulicos se van relegando a un segundo plano ya que las cargas manejadas por los eléctricos son comparables.

# Componentes de un robot

## ▶ Accionamientos hidráulicos.

- Instalación requerida:



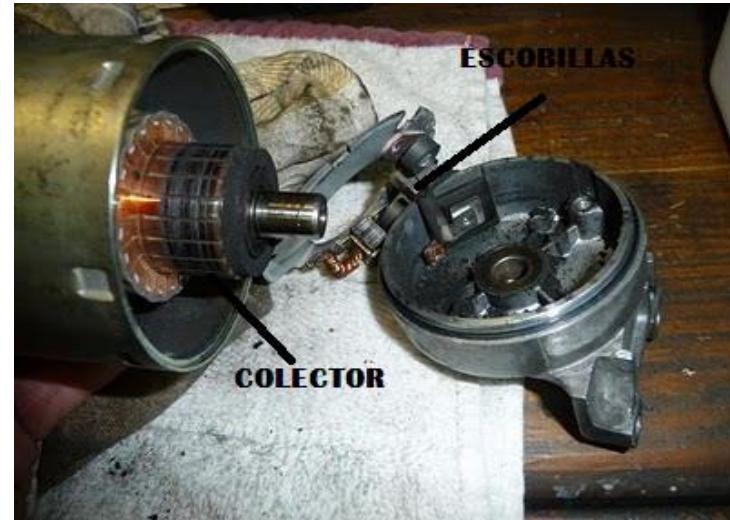
# Componentes de un robot

---

- ▶ Accionamientos eléctricos.
  - Motores de corriente continua (DC)
    - Servomotores *brushless*.
  - Motores de corriente alterna (AC)
    - Síncronos.
    - Asíncronos.
  - Motores paso a paso.

# Componentes de un robot

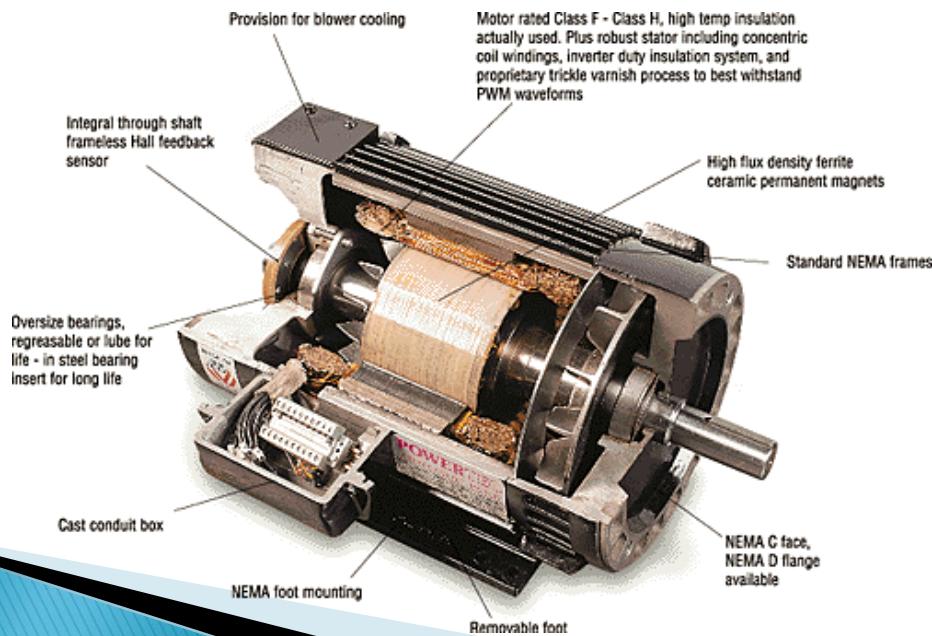
- ▶ Accionamientos eléctricos. Motores DC:
  - Velocidad de rotación de 1000 a 3000 r.p.m.
  - Potencia del orden de 10 KW.
  - Inconvenientes:
    - Mantenimiento de escobillas.
  - Solución:
    - Motores sin escobillas (*brushless*)



# Componentes de un robot

## ▶ Accionamientos eléctricos. Motores DC:

- Motores sin escobillas:
  - Circula la corriente por el estator.
  - Imán permanente en el rotor.
  - Alto rendimiento.
  - Bajo mantenimiento.



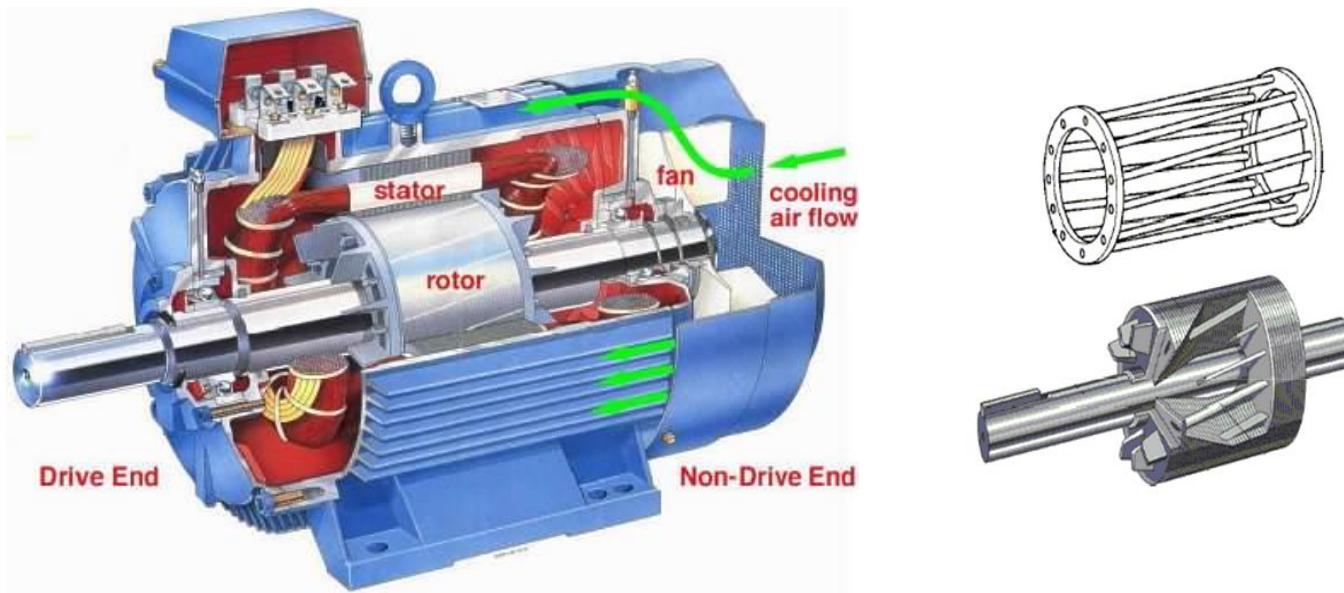
# Componentes de un robot

---

- ▶ Accionadores eléctricos. Motores síncronos AC
  - Velocidad de giro dependiente de la frecuencia de la tensión en el inducido.
  - Características:
    - Mayor complejidad de control.
    - Inductor en el rotor e inducido en el estator.
    - No posee escobillas.
    - A igualdad de peso permite desarrollar mayor potencia que el motor de corriente continua.

# Componentes de un robot

- ▶ Accionadores eléctricos. Motores asíncronos AC
  - El motor de inducción trifásico, también llamado motor asíncrono, es hoy día el motor eléctrico que más se utiliza en las aplicaciones industriales, sobre todo el motor con rotor de jaula de ardilla.



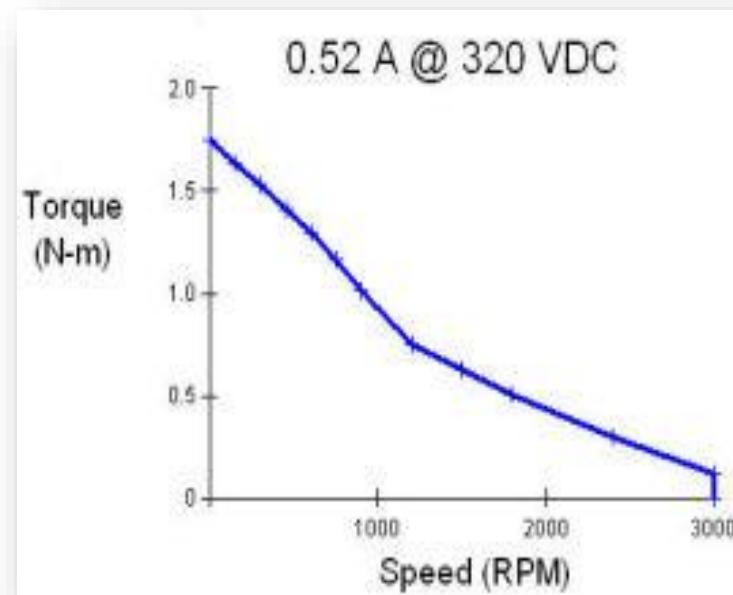
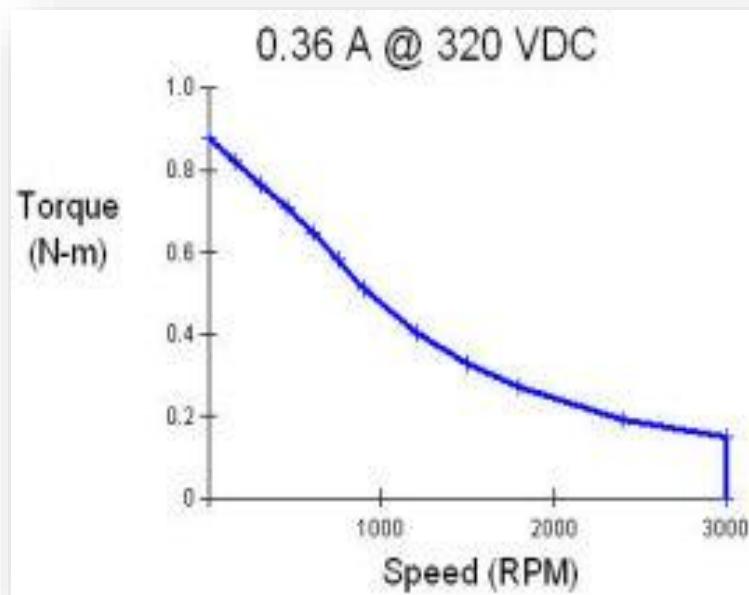
# Componentes de un robot

---

- ▶ Accionamientos eléctricos. Motores paso a paso.
  - El motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control.
  - Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y repetibilidad en cuanto al posicionamiento.

# Componentes de un robot

- ▶ Accionamientos eléctricos. Motores paso a paso.
  - Curvas par-velocidad.



# Componentes de un robot

---

- ▶ Accionamientos eléctricos. Motores paso a paso.
  - Características
    - Posicionamiento simple y exacto.
    - Ligeros.
    - Fáciles de controlar en bucle abierto.
    - Necesitan control en bucle cerrado para conseguir una alta precisión.
    - Bajas velocidades: comportamiento no es suave.
    - Velocidades altas: pueden sobrecalentarse.

# Componentes de un robot

▶ Accionamientos eléctricos. Resumen de características.

	Neumático	Hidráulico	Eléctrico
Energía	Aire a presión (5-10 bar)	Aceite mineral (50-100 bar)	Corriente eléctrica
Tipos	Cilindros	Cilindros	Corriente continua
	Aletas rotativas	Aletas rotativas	Corriente alterna
	Pistones axiales	Pistones axiales	Motor paso a paso
Ventajas	Baratos	Rápidos	Precisos, Rápidos
	Rápidos	Alta relación potencia-peso	Fiables, baratos
	Sencillos	Autolubricantes	Fácil control
	Robustos	Alta capacidad de carga	Sencilla instalación
	No contaminan	Estabilidad frente a cargas	Silenciosos
Desventajas	Dificultad de control continuo	Diffícil mantenimiento	Potencia limitada
	Instalación especial	Instalación especial Frecuentes fugas, Caros	Bajo par, sobrecalentamiento
	Ruidoso, mala precisión		Atmósferas inflamables

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

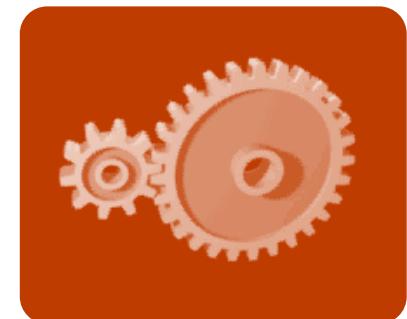
- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

## ► Definición de mecanismo de transmisión.

- Un mecanismo consiste en un **dispositivo mecánico** formado por una serie de piezas (**eslabones**) conectadas por un **sistema de transmisión** con el objetivo de transferir el movimiento y la fuerza/par desde una entrada a una salida.
- **Eslabones:** sólido rígido. No vamos a considerar piezas elásticas ni deformables (no consideramos los esfuerzos internos).
- **Objetivo del mecanismo de transmisión:** transmitir el movimiento desde el motor/actuador a la articulación.
- **Características del mecanismo requeridas en un robot.**
  - Bajo peso y tamaño.
  - Juego reducido.
  - Alta eficiencia.
  - Seleccionados según el máximo par calculado.



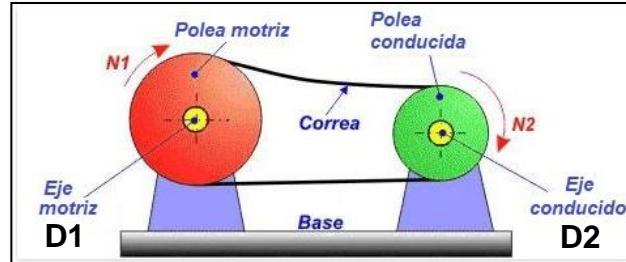
# Componentes de un robot

---

- ▶ Transmisión: lleva el movimiento del accionamiento a la articulación.
- ▶ Características de un buen sistema de transmisión
  - Tamaño y peso reducido.
  - No presentar juegos y holguras.
  - Transmisiones con gran rendimiento.
  - No debe afectar al movimiento que transmite.
  - Por rozamiento, holguras...
  - Robusto: Funcionamiento continuo a un par elevado.

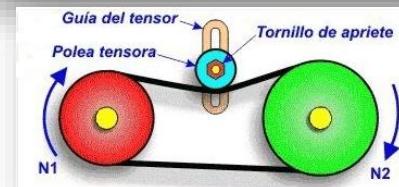
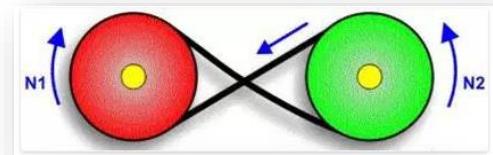
# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transmisores de movimiento de giro (Rotación–Rotación).
    - Poleas y correas.



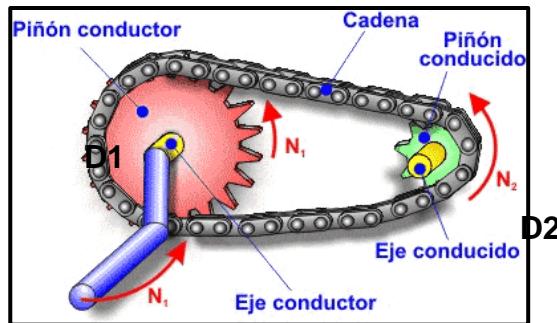
<https://eudotec.wordpress.com/>

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$



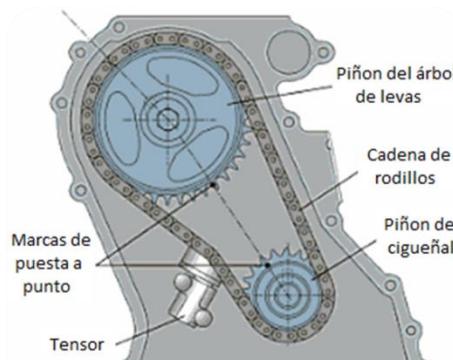
# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transmisores de movimiento de giro (Rotación–Rotación).
    - Piñón y cadena.



<https://eudotec.wordpress.com/>

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} \quad D = \text{número de dientes}$$



# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transmisores de movimiento de giro (Rotación-Rotación).
    - **Engranajes.** Están formados por ruedas dentadas que transmiten movimiento de rotación en espacios pequeños.



<http://www.directindustry.es/>

*Inversión sentido de giro*

$$m = \frac{\Phi_{primitivo}}{Z}$$

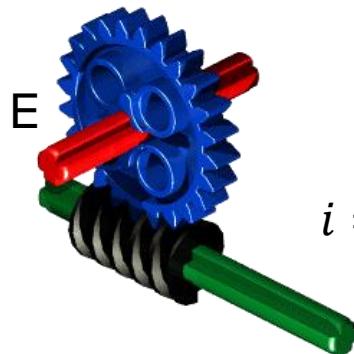
$$i = \frac{Z_{motriz}}{Z_{conducida}} = \frac{n_{conducida}}{n_{motriz}}$$



<http://www.tecnrife.com/mecanismos>

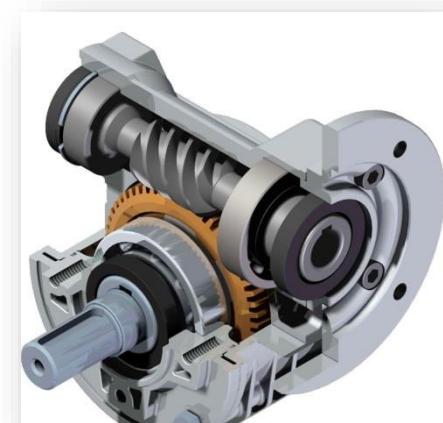
# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transmisores de movimiento de giro (Rotación-Rotación).
    - **Tornillo sin fin.** Transmiten el movimiento de giro entre ejes perpendiculares. Tiene un gran poder de reducción. El tornillo sinfín equivale a un engranaje con número de dientes de engrane con la rueda.



$$i = \frac{Z_{motriz}}{Z_{conducida}} = \frac{n_{conducida (E)}}{n_{motriz}}$$

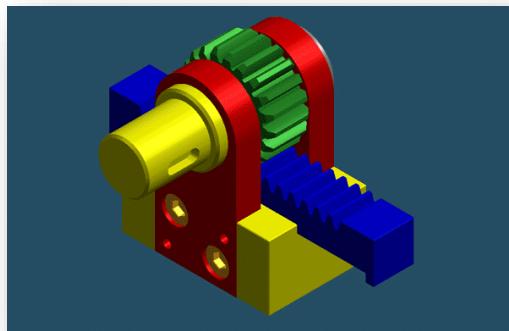
<http://esoytec.blogspot.com>



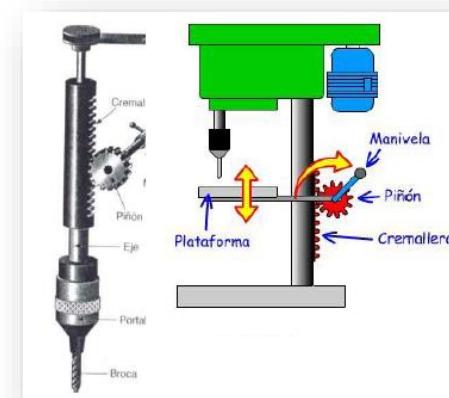
**Reductora de tornillo sin fin**

# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transformadores de movimiento I (Rotación-Lineal).
    - **Piñón-cremallera.** Consiste en la transmisión de movimiento desde una rueda dentada llamada piñón a otro engranaje rectilíneo llamado cremallera.



[www.lhusurbil.eus](http://www.lhusurbil.eus)

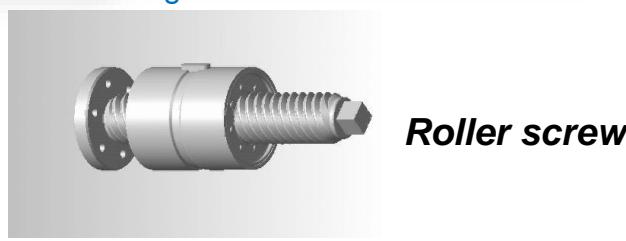


**Taladro de columna**

$$V_{cremallera} \left( \frac{mm}{min} \right) = m * \pi * Z_p * n_p$$

# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transformadores de movimiento I (Rotación-Lineal).
    - Mecanismos con tornillo (*screw mechanisms*)



[www.pinterest.com](http://www.pinterest.com)

# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Transformadores de movimiento II (Rotación–Alternativo).
    - **Leva.** Un movimiento de giro de la leva se transforma en un movimiento alternativo de un seguidor o varilla asociado a la misma.

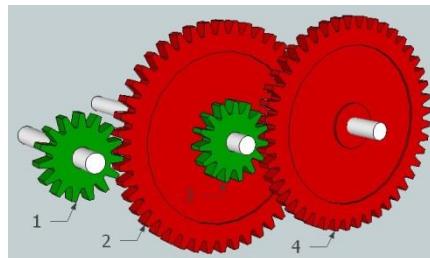


[https://es.wikipedia.org/wiki/leva\\_mecanica](https://es.wikipedia.org/wiki/leva_mecanica)

# Componentes de un robot

- ▶ Clasificación básica de los mecanismos de transmisión.
  - Trenes de mecanismos. Es la combinación de varios mecanismos desde un eje motriz a un eje conducido para lograr una mayor o menor reducción de la velocidad (y un aumento de par).

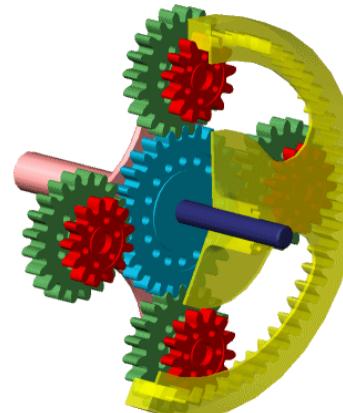
*Trenes de engranajes*



[platea.pntic.mec.es](http://platea.pntic.mec.es)

*Trenes epicicloidales*

*Reduceras*

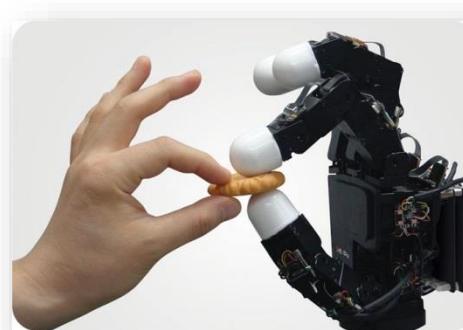


- **Ejemplos.**

- Mecanismos diferenciales.
- Reductores.
  - Planetarios
  - Harmónicos (*Harmonic drive*)

# Componentes de un robot

- ▶ Accionamiento directo (sin mecanismo de transmisión). El eje del accionador se conecta directamente a la carga o articulación, sin la utilización de ningún elemento adicional.
  - Ventajas
    - Posicionamiento rápido y muy preciso.
    - El sistema de accionamiento es mucho más ligero.
  - Desventajas
    - Motores de características especiales (alto par para velocidades bajas).
    - Se requiere un control preciso mediante *encoders* de mucha resolución.
  - Ejemplos:
    - Robots Scara.
    - Mano robótica Allegro.



# Componentes de un robot

---

- ▶ **Reductor:** elemento encargado de adaptar el par y la velocidad de la salida del accionamiento a los valores adecuados para el movimiento del robot.
  - **Características de los sistemas de reducción en robótica.**
    - Altas prestaciones en cuanto a precisión y velocidad de funcionamiento.
    - Bajo peso, reducido tamaño y bajo rozamiento (alta eficiencia).
    - Elevada reducción de velocidad en tan sólo un paso.
    - Sea capaz de soportar pares elevados puntuales.
      - Los robots trabajan en ciclos cortos (continuo cambio de velocidad/aceleración).
    - Alta rigidez torsional.
      - Par que hay que aplicar sobre el eje de salida para que, manteniendo bloqueado el de entrada, aquel gire un ángulo unidad.
    - Bajo juego angular (backlash)
      - Ángulo que gira el eje de salida cuando se cambia su sentido de giro sin que llegue a girar el eje de la entrada.

# Componentes de un robot

## ► Reductor

- Características de los sistemas de reducción en robótica.
  - Formulación básica de un sistema de reducción.

$$\tau_s = \eta \cdot \tau_e \cdot r$$

$$w_e = w_s \cdot r$$

- Valores típicos de sistemas de reducción para los robots.

Relación de reducción: 50 - 300  
Peso y tamaño: 0.1 - 30 Kg  
Momento de inercia: 10 e-4 kg x m<sup>2</sup>  
Velocidades de entrada máxima: 6000 - 7000 rpm  
Par de salida nominal: 5700 Nm  
Par de salida máximo: 7900 Nm  
Juego angular: 0 - 2°  
Rigidez Torsional: 100-2000 Nm/rad  
Rendimiento: 85% - 98%

Puede ser más alto si son motores DC  
Valores máximos  
Puede ser más bajo si hay varias etapas

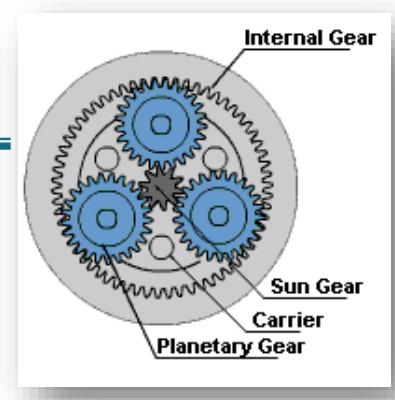
Reductores planetarios

Reductores Harmonic Drive

# Componentes de un robot

## ► Reductores planetarios.

- Es un reductor ampliamente utilizado en robótica.
- Basado en los trenes de engranajes epicicloidales.
- Pueden tener diversas etapas de reducción (3, 4 etapas como máximo).



- Suele estar hecho de engranajes helicoidales (más eficiencia).
- La eficiencia va disminuyendo a medida que aumenta el número de etapas.

# Componentes de un robot

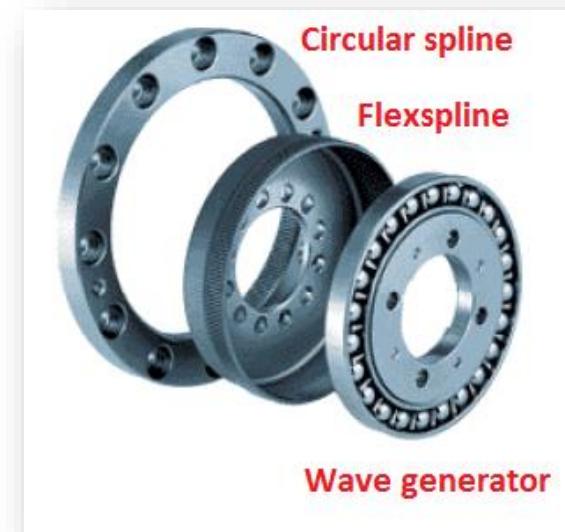
#### ► Reductores planetarios. Características.

- Los reductores planetarios resultan adecuados para la transmisión de pares elevados a velocidades reducidas.
  - Par de hasta 200 N\*m con un tamaño reducido.
  - Relación de reducción desde 4:1 hasta 6285:1
  - Potencia elevada en espacio mínimo.

# Componentes de un robot

## ► Reductores Harmonic Drive.

- Es uno de los reductores más conocidos en el mundo de la robótica.
- Este reductor posee 3 componentes principales.
  - 1. Splín circular (*circular spline*): es una corona exterior rígida con dentado interior.
  - 2. Un anillo flexible (*flexspline*): es un cilindro flexible con dentado exterior que engrana con el *circular spline*, y está conectado al eje de salida.
  - 3. Un generador de onda (*wave generator*): es un rodamiento elipsoidal al que está conectado al eje de entrada.

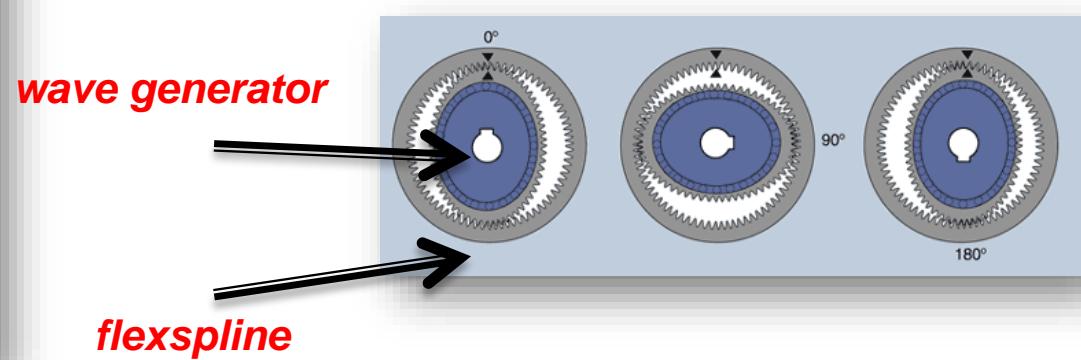
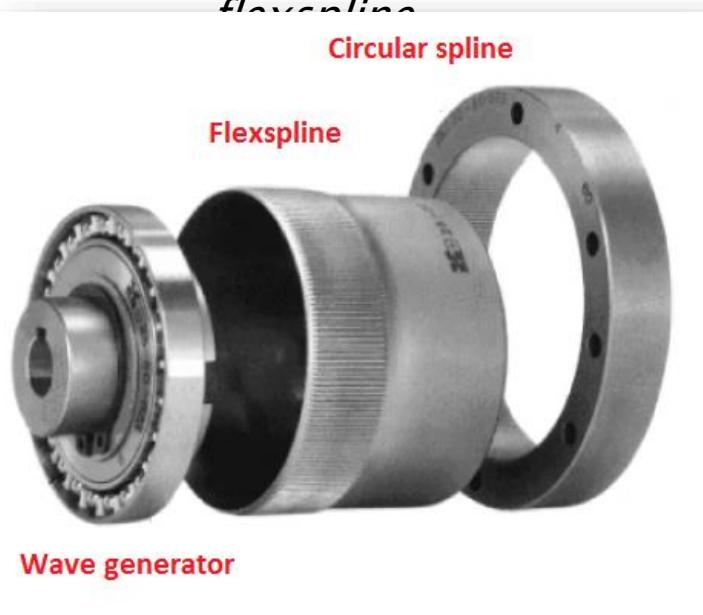


# Componentes de un robot

## ► Reductores Harmonic Drive.

### ◦ Características mecánicas.

- El *circular spline* es rígido y está fijo.
- El *flexspline* es flexible y se une al eje de salida.
- El *wave generator* es elíptico y se fija al eje de la entrada.
- Los dientes interiores del *circular spline* engranan con los exteriores del *flexspline*. La diferencia de dientes entre ellos es de 1 o 2.
- La relación de reducción es la relación entre dicha diferencia y los dientes del *flexspline*.



# Componentes de un robot

## ► Reductores Harmonic Drive.

### ◦ Características de reducción.

- Elevada relación de reducción 1:320.
- Ligero y pequeño.
- Gran precisión y **repetibilidad** en el robot.
- Baja fricción y eficiencia.
- Elevada capacidad de par (5700 N\*m)

**Valor sobre la precisión del  
robot en los catálogos  
comerciales**



Radio de la esfera que comprende los puntos alcanzados por el robot tras realizar suficientes movimientos, al ordenarle ir desde el mismo punto origen al mismo punto destino, con condiciones de velocidad, carga, temperatura, etc. iguales.

**Valor entre 0,25-0,01 mm para  
robots comerciales (actualidad)**

# Componentes de un robot

---

## ► Reductores Harmonic Drive.

### ◦ Ventajas del Harmonic Drive.

- Excelente repetibilidad y precisión de posición.
- Capaz de soportar un par de torsión importante.
- El peso de un reductor Harmonic Drive es muy bajo, por ello no influye mucho sobre el par resistente del eje del motor.
- No necesita mantenimiento.

### ◦ Usos del Harmonic Drive (<http://harmonicdrive.de/es/aplicaciones/>).

- Articulaciones rotacionales del robots antropomórficos o articulares (KUKA, Universal Robots UR).
- Robots de precisión (cirugía, farmacia, etc.).
- Robótica espacial/sistemas aéreos.

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

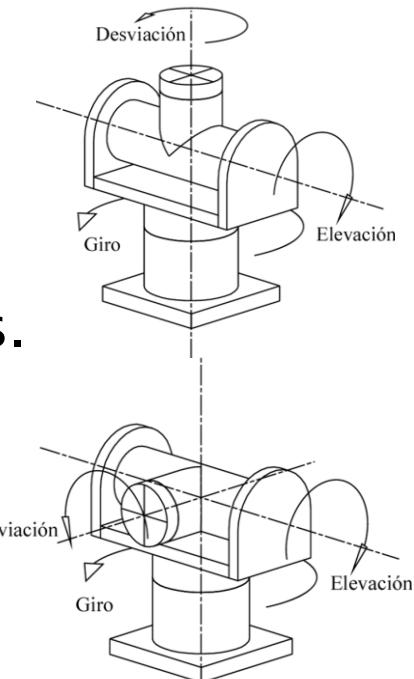
## ► Subsistemas mecánicos:

- Frenos:

- Mantener el robot fijo en una posición.
- Permite mantener una carga en un sitio.
- Mantiene la precisión.
- Reduce el desgaste de los accionamientos.

- Muñecas:

- Tres ejes se cortan <-> Articulación esférica.
- Controlan la orientación final del robot.
- No suelen presentar articulaciones prismáticas.



# Componentes de un robot

---

## ► Subsistemas mecánicos.

- Muñecas brazo robot:
  - Características:
    - Tamaño reducido.
    - Ejes cercanos.
    - Modelado matemático sencillo.
    - Potencia adecuada a la tarea a realizar.
    - Conexión del elemento terminal cercano a los ejes.
    - Movimiento independientes de los ejes.
- Elementos terminales brazo robot.
  - Encargados de interaccionar directamente con el entorno.
  - Similitud con la mano humana.
  - Específicos para cada tipo de trabajo.

# Componentes de un robot

## ► Subsistemas mecánicos.

- Elementos terminales en brazos robots:
  - Sistema de sujeción para los robots. Agarrar y sostener objetos.
    - Agarre mecánico.
    - Otros (Ventosas, Pinzas magnéticas).
  - Elección de la pinza:
    - Tipo de objeto, manipulación.
    - Parámetros de la pinza.



# Componentes de un robot

## ► Subsistemas mecánicos.

- Elementos terminales en brazos robots:
  - Herramientas.
  - Intercambiador de herramientas.



Tipo de herramienta	Aplicación
Pinza soldadura por puntos	Dos electrodos que se cierran sobre la pieza a soldar
Soplete soldadura al arco	Aportan el electrodo que se funde
Cucharón para colada	Para trabajos de fundición
Atornillador	Suele incluir la alimentación de tornillos
Fresa-lija	Eliminación de rebabas
Pistola de pintura	Pulverización
Cañón láser	Corte de materiales, soldadura o inspección
Cañón de agua a presión	Corte de materiales

# Índice

---

■ Introducción.

■ Diagrama H&S de un robot.

■ Sistema mecánico del robot.

- Eslabones.
- Grado de libertad y articulaciones.
- Espacio de trabajo.
- Configuraciones cinemáticas.
- Accionamientos.
- Transmisiones y reductores.
- Subsistemas mecánicos.

■ Sistema sensorial del robot.

# Componentes de un robot

---

## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.

# Componentes de un robot

---

## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.

# Componentes de un robot

---

- ▶ Sensor: dispositivo eléctrico/mecánico que convierte magnitudes físicas a valores medibles de dicha magnitud.
- ▶ Sensores internos: conocer la posición de cada articulación.
  - Sensores internos: Estado interno del robot: Posición, orientación, velocidad, aceleración...
- ▶ Sensores externos: conocer la posición y orientación espacial.
  - Sensores externos: Detección y reconocimiento del entorno: Alcance, proximidad, contacto... Se utilizan para:
    - Guiado del robot
    - Manipulación
    - Identificación de objetos

# Componentes de un robot

---

## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.

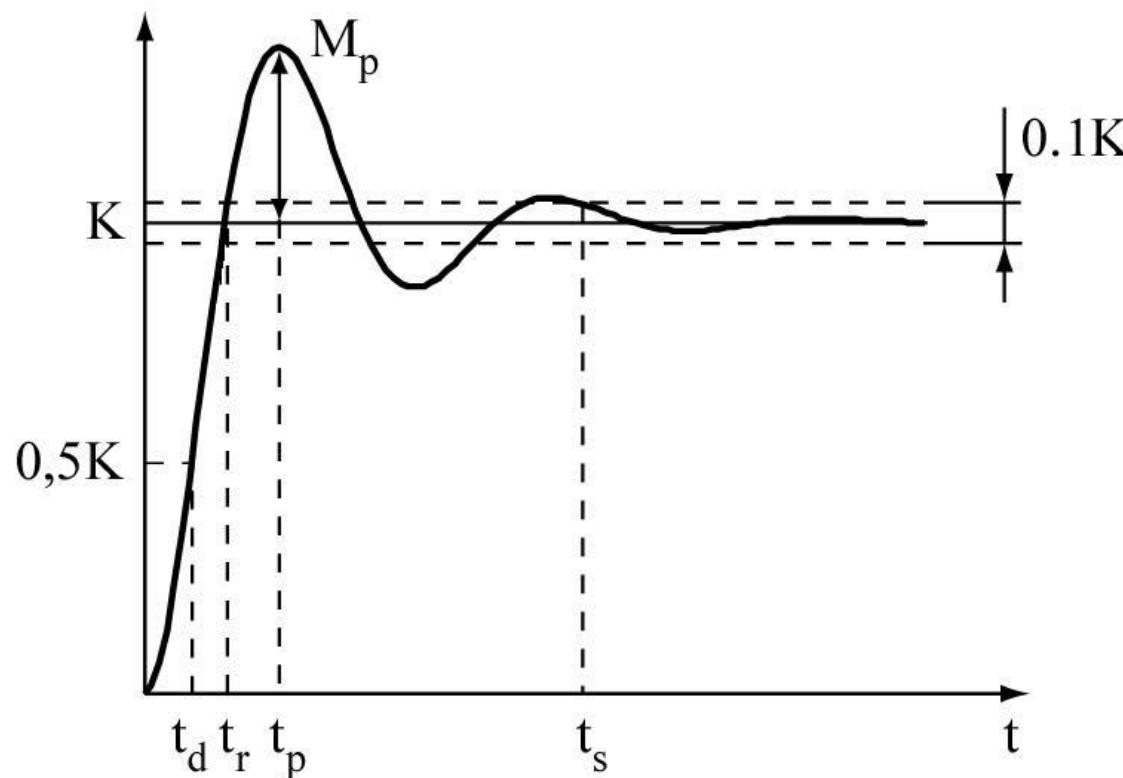
# Componentes de un robot

---

- ▶ **Estáticos:** definen el comportamiento en régimen permanente de un sensor
  - Rango. Valores mínimos y máximos para las variables de entrada y salida.
  - Error. Diferencia entre el valor medido por el sensor y el valor real.
  - Exactitud. Desviación de la lectura de un sensor respecto a una entrada conocida.
  - Resolución. Cantidad de incremento de medida más pequeña detectable.
  - No linealidades. Saturación. Zona muerta.
  - Sensibilidad. Razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada.
  - Excitación. Cantidad de corriente requerida para el funcionamiento del sensor.
  - Estabilidad. Medida de la posibilidad de un sensor de mostrar una misma salida en un rango en que la entrada permanece constante

# Componentes de un robot

- ▶ **Dinámicos:** definen el comportamiento durante la evolución desde la detección (inicio) hasta el régimen permanente.



# Componentes de un robot

---

## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.

# Componentes de un robot

---

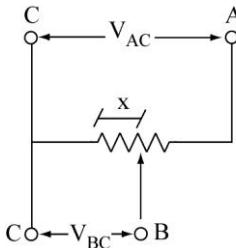
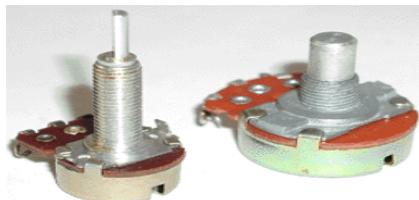
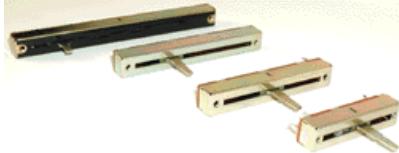
## Sensores de desplazamiento y proximidad

- ▶ Utilizan características eléctricas
  - Potenciómetros
  - Sensores capacitivos
- ▶ Utilizan características eléctricas/magnéticas
  - Basados en el efecto Hall
  - Otros sensores inductivos: syncros y resolvers
- ▶ Características ópticas
  - Encoders ópticos
- ▶ Sensores basados en tiempo de vuelo: ultrasonidos.
- ▶ Sensores interruptor

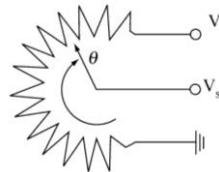
# Componentes de un robot

## Potenciómetros

- ▶ Determinan desplazamientos lineales o angulares.



$$\frac{V_{BC}}{V_{AC}} = \frac{R_{BC}}{R_{AC}}$$



$$V_s = V \left( \frac{\theta}{\theta_{\max}} \right)$$

- ◀ Principalmente utilizados como sensores internos.
- ◀ Desventajas:
  - Bajas prestaciones.
  - Deben estar fijados al dispositivo cuyo desplazamiento se desea medir.
- ◀ Ventajas: Facilidad de uso y bajo precio.

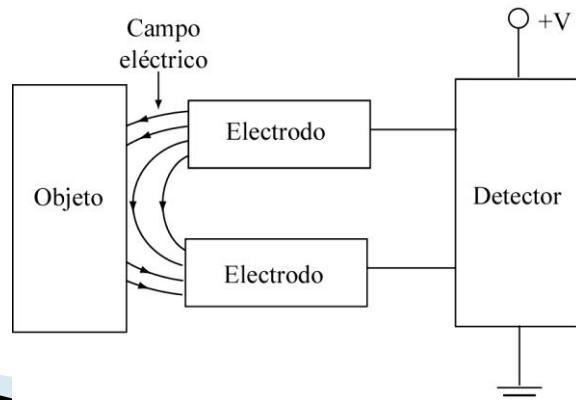
# Componentes de un robot

## Sensores capacitivos

- ▶ Se basan en la propiedad de un condensador según la cual su capacidad toma el siguiente valor:

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

- ▶ Miden una variación en S (área de las placas del condensador enfrentadas), d (distancia entre las placas),  $\epsilon$  (constante dieléctrica del medio entre las placas) :



Esquema para su utilización  
como sensor de proximidad

# Componentes de un robot

---

## Sensores inductivos

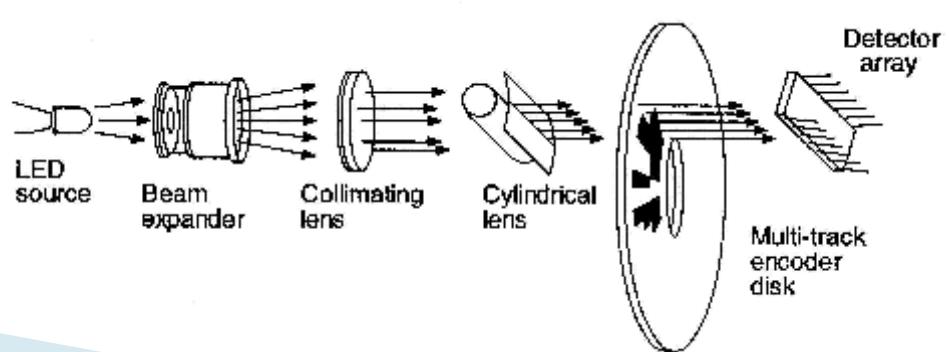
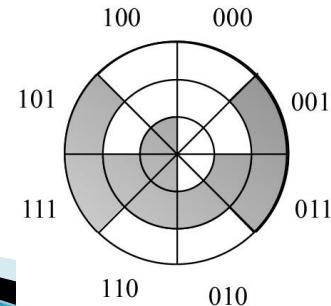
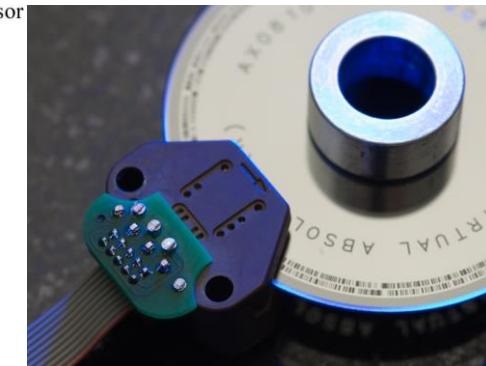
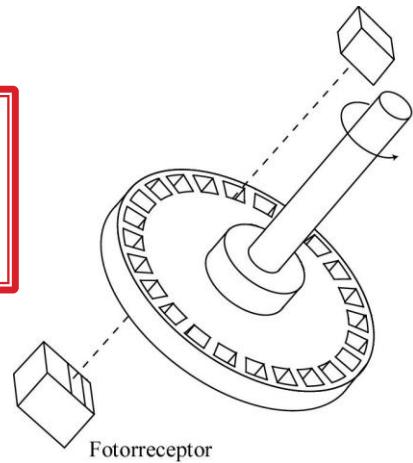
- ▶ Están formados por una bobina, un objeto ferromagnético cuyo desplazamiento se desea medir y un imán permanente.
- ▶ Syncros y Resolvers.
  - Miden desplazamientos angulares.
  - El funcionamiento se basa en propiedades eléctricas. Inducción entre bobinas.
  - Son de tipo absoluto.
  - Buena robustez mecánica, inmunidad a humedad, altas temperaturas y vibraciones.
  - Reducido momento de inercia, por lo que imponen poca carga al eje.
- ▶ Inductosyn, reglas magnéticas:
  - Similar al resolver.
  - Mide desplazamientos lineales.

# Componentes de un robot

## Encoders ópticos

- Obtienen una señal digital a partir de un desplazamiento angular o lineal.
- Utilizan información óptica para medir fundamentalmente desplazamientos angulares.

- Resolución depende del número de marcas.
- Se puede llegar a 100.000 pulsos por vuelta.
- Absolutos utilizan el disco codificado.



# Componentes de un robot

## Comparativa

	Encóder	Resolver	Potenciómetro
Estabilidad térmica	Buena	Buena	Mala
Resolución	Buena	Buena	Mala
Rango dinámico	Media	Buena	Mala
Robustez mecánica	Mala	Buena	Regular

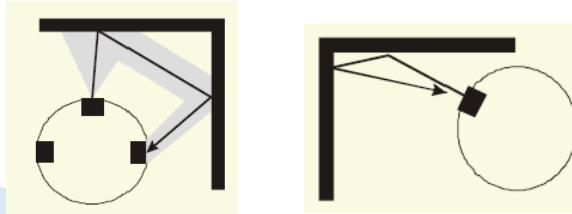
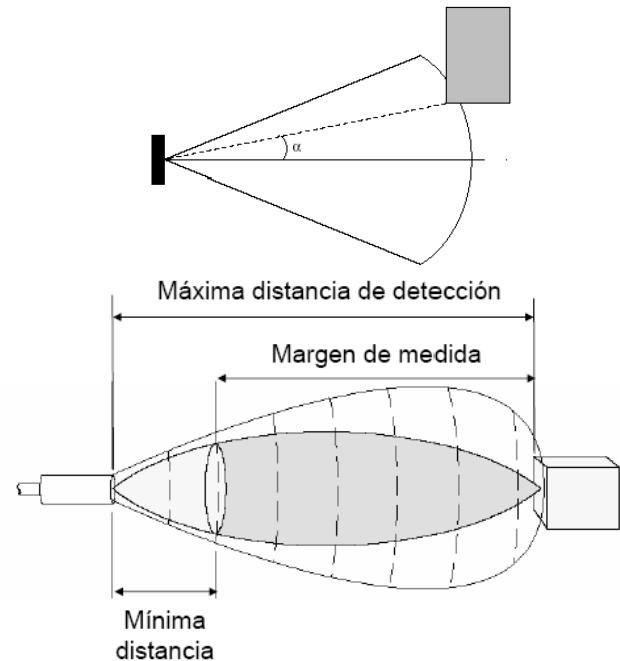
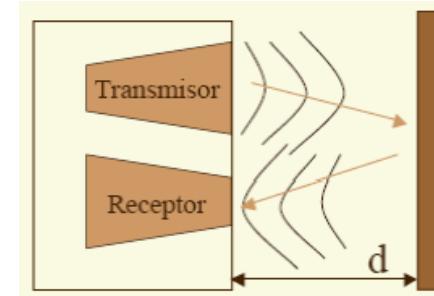
# Componentes de un robot

## Sensores de ultrasonidos

- ▶ Utilizados como sensores externos de distancia.
- ▶ Están constituidos por un emisor y un receptor de ondas ultrasónicas.
- ▶ Basados en la determinación del tiempo de vuelo.

### Problemas:

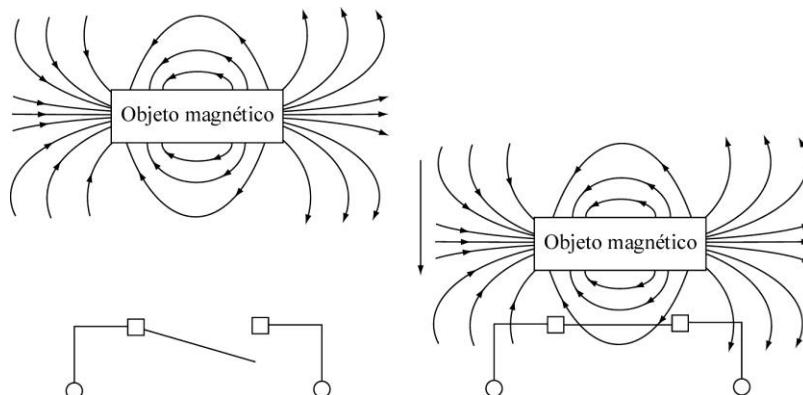
- Dependencia del ángulo de reflexión.
- Se ve afectado por factores ambientales como la temperatura, aire o perturbaciones externas.
- Detectan un rango de distancias.
- Detección de obstáculos dentro del cono del ultrasonido.



# Componentes de un robot

## Sensores de interruptor

- ▶ Presentan únicamente dos estados (on/off)
  - Sin contacto:
    - Dispositivos fotosensibles.
    - Reed switch. Se detecta la proximidad de un objeto magnético.



- Con contacto:
  - Interruptores accionados por el objeto a detectar



# Componentes de un robot

---

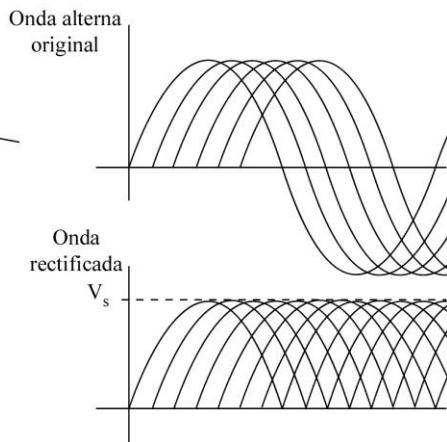
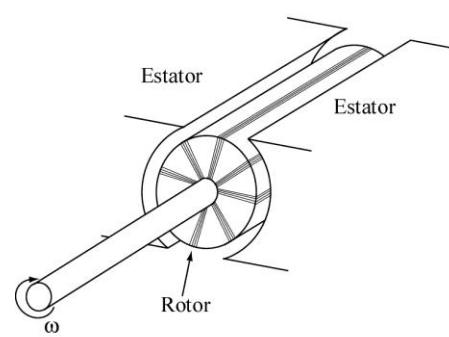
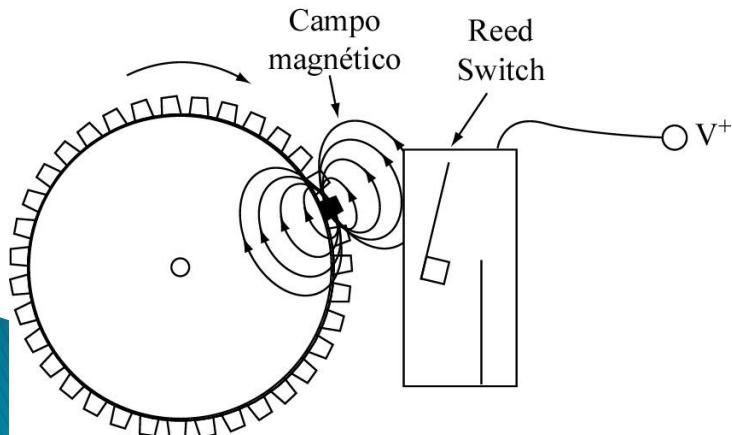
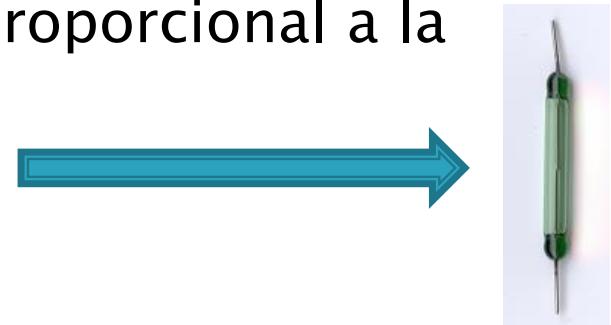
## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ *Sensores de velocidad.*
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.

# Componentes de un robot

## Sensores de velocidad

- ▶ Primera aproximación. Utilizar un sensor de posición y medir su variación respecto al tiempo.
- ▶ Tacogenerador. Obtiene una tensión proporcional a la velocidad de giro de un eje.
  - Implementación como un *Reed Switch*.
  - Tacómetro de corriente continua.



# Componentes de un robot

---

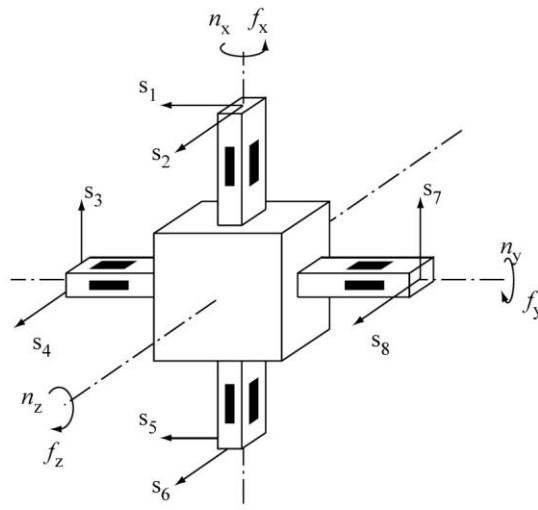
## Sistema sensorial del robot

- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ Sensores neumáticos.
- ▶ Sensores táctiles.
- ▶ Sensores ópticos: cámaras de vídeo.

# Componentes de un robot

## Sensores de fuerza

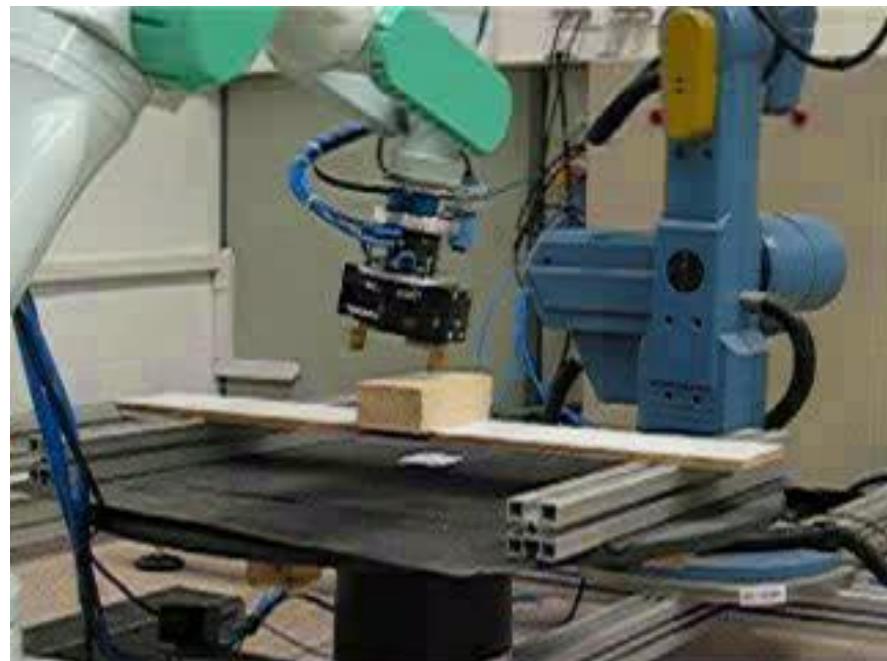
- ▶ Miden la fuerza y los pares con los que el extremo del robot interactúa con un objeto.
- ▶ Utilizan sensores piezorresistivos que presentan una resistencia variable a la deformación sufrida.



# Componentes de un robot

---

## Sensores de fuerza



# Componentes de un robot

---

## Sistema sensorial del robot

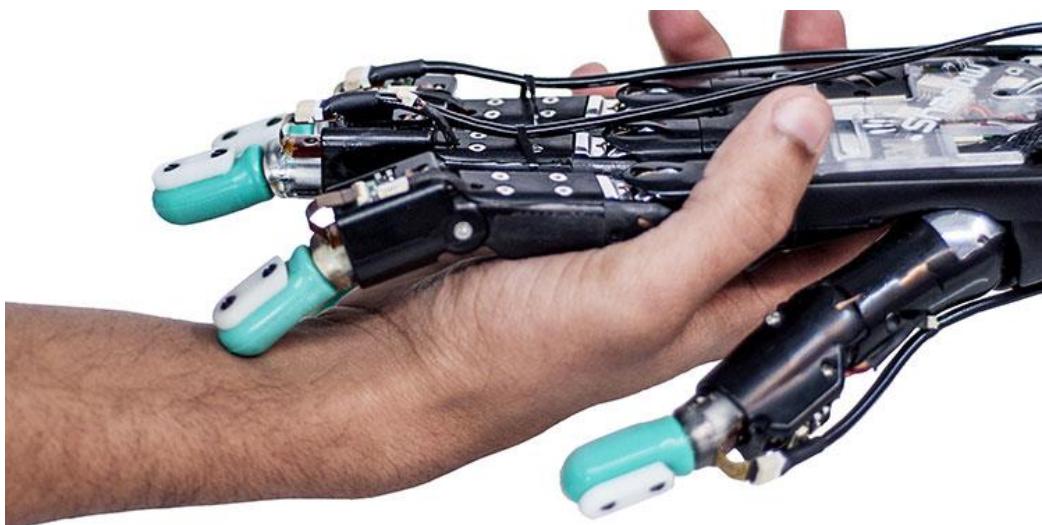
- ▶ Introducción.
- ▶ Descriptores.
- ▶ Sensores de desplazamiento y proximidad.
- ▶ Sensores de velocidad.
- ▶ Sensores de fuerza.
- ▶ *Sensores táctiles.*

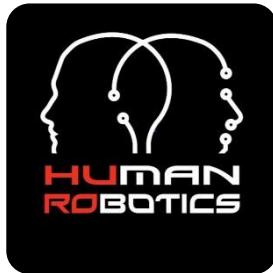
# Componentes de un robot

---

## Sensores táctiles

- ▶ Detectan la presión de los “dedos” o pinzas del robot sobre una superficie.





*Ingeniería Informática*

Automatización y Robótica

## Tema 8

Teoría

**Componentes de un  
sistema robótico**