



# **TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ**

**Carrera: Ingeniería Mecatrónica**

**Materia: Robótica**

**Dr. José Antonio Garrido Natarén**

**Tema:**

- 1.1.- Historia de los robots**
- 1.2.- Estructura mecánica de un robot**

## Historia de la robótica

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano.

Los hombres creaban autómatas como un pasatiempo, creados con el fin de entretener a su dueño. Los materiales que se utilizaban se encontraban al alcance de todo el mundo, esto es, utilizaban maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, esto es, que no necesitara o requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas.

Estos primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos. A las primeras máquinas herramientas que ayudaron al hombre a facilitarle su trabajo no se les daba el nombre de autómatas, sino más bien se les reconocía como artefactos o simples máquinas.

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots.

Jacques de Vaucanson (siglo XVIII) construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión. Jacques de Vaucanson fue un ingeniero e inventor francés considerado el creador del primer robot y del primer telar completamente automatizado.

En 1805, Henri Maillardet (1745-1830, nacido Jean Henri Nicholas Maillardet), fue un suizo mecánico del siglo XVIII que trabajaba en Londres la producción de relojes y otros mecanismos. Henri Maillardet construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos.



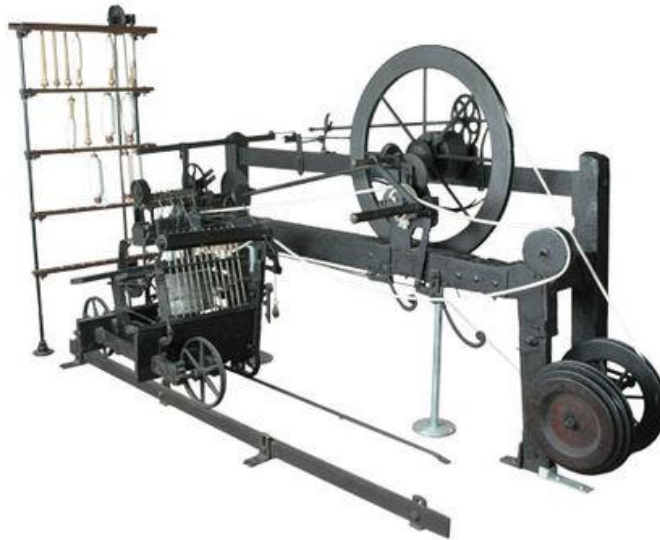
El "Dibujante-Writer" autómata por Henri Maillardet

Una serie de levas se utilizaban como el programa para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de James Hargreaves (1770) tejedor, carpintero e inventor inglés, célebre por crear la hiladora Jenny en 1764.



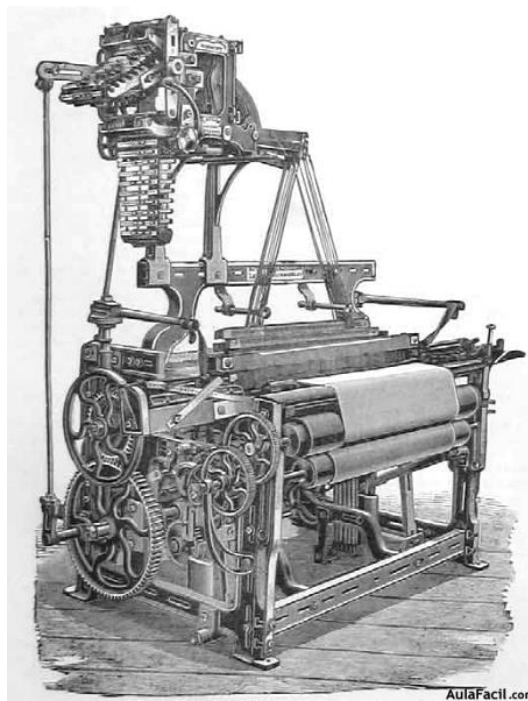
Modelo de la spinning jenny en un museo de Wuppertal, Alemania.

La hiladora mecánica de Samuel Crompton (1779) inventor inglés producción de una máquina apta para el hilado y uso en la manufactura de la muselina.



Unico ejemplo existente de una *Spinning-mule*

El telar mecánico de Edmund Cartwright (1785) clérigo e inventor Inglés. Inventó el telar mecánico.



Telar mecánico de Edmond Cartwright

El telar de Jacquard es un telar mecánico inventado por Joseph Marie Jacquard en 1801. El artilugio utilizaba tarjetas perforadas para conseguir tejer patrones en la tela, permitiendo que hasta los usuarios más inexpertos pudieran elaborar complejos diseños.



Telar Jacquard en el Museo de la ciencia y la industria, en Mánchester(Inglaterra).

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son muchos los factores que intervienen para el desarrollo de los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló nuevas maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Una obra checoslovaca publicada en 1917 por Karel Kapek, denominada "*Rossum's universal robots*", dio lugar al término robot. La palabra checa 'robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

A continuación se presenta un cronograma de los avances de la robótica desde sus inicios:

<b>Fecha</b>	<b>Desarrollo</b>
Siglo XVIII.	A mediados del J. Vaucanson construyó varias muñecas mecánicas de tamaño humano que ejecutaban piezas de música
1801	J. Jacquard inventó su telar, que era una máquina programable para la urdimbre
1805	H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.
1920	Karel Kapek, realiza obra donde introduce la palabra "robot"
1936-1942	Issac Asimov acuña el término de "robot" y enuncia las tres leyes de la robótica, las cuales son: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Un robot no hará daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.</i></li> <li>2. <i>Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la 1ª Ley.</i></li> <li>3. <i>Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la 1ª o la 2ª Ley.</i></li> </ol>
1938	H. Roselund W. Pollard de la compañía Devilvus, construye el primer brazo articulado, para pintura al spray, incorporando robots a las cadenas de producción.
1939	Se da el boom en la robótica popular con la aparición del robot humanoide Elektro fabricado por Westinghouse y el perro mecánico Sparko. Eran máquinas simples de escasa articulación, con rutinas repetitivas.
Inicios 40's	Investigación de algoritmos de combinatoria realimentada que apoya a crear sistemas secuenciales, sentando bases para el desarrollo de robots "inteligentes"
1946	El inventor americano G. C Devol desarrolló un dispositivo controlador que podía registrar señales eléctricas por medios magnéticos y reproducirlas para accionar una máquina mecánica.
1948	G. Walter, de Bristol University presentó el primer robot autónomo eléctrico.
1951	Trabajo de desarrollo con teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejar materiales radiactivos. Patente de estados unidos emitidas para Goertz (1954) y Bergsland (1958).

1952	Una máquina prototipo de control numérico fue objetivo de demostración en el Instituto Tecnológico de Massachusetts después de varios años de desarrollo. Un lenguaje de programación de piezas denominado APT (automatically programmed tooling) se desarrolló posteriormente y se publicó en 1961.
1954	El inventor británico c. W. Kenward solicitó su patente para diseño de robot. G.C. Devol desarrolla diseños para transferencia de artículos programada.
1954-1958	Goertz y Bergsland investigan sobre manipuladores a control remoto para manejo de material radioactivo.
1959	Se introdujo el primer robot comercial por Planet Corporation. Estaba controlado por interruptores de fin de carrera.
1960	Se introdujo el primer robot 'UNIMATE', basada en la transferencia de artic, programada de Devol. Utilizan los principios de control numérico para el control de manipulador y era un robot de transmisión hidráulica.
1961	Un robot UNIMATE se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.
1966	Trallfa, una firma noruega; construyó e instaló un robot de pintura por pulverización.
1968	Un robot móvil llamado 'Shakey' se desarrolló en SRI (Standford Research Institute), estaba provisto de una diversidad de sensores así como una cámara de visión y sensores táctiles y podía desplazarse por el suelo.
1971	El 'Standford Arm', un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en la Standford University.
1973	Se desarrolló en SRI el primer lenguaje de programación de robots del tipo de computadora para la investigación con la denominación Wave. Fue seguido por el lenguaje al en 1974. Los dos lenguajes se desarrollaron posteriormente en el lenguaje val comercial para Unimation por Víctor Scheinman y Bruce Simano.
1974	Asea introdujo el robot IRB6 de accionamiento completamente eléctrico. Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instaló un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas. Cincinnati Milacron introdujo el robot T3 con control por computadora.
1975	El robot 'Sigma' de Olivetti se utilizó en operaciones de montaje, una de las primitivas aplicaciones de la robótica al montaje.
1976	Un dispositivo de Remote Center Compliance (RCC) para la inserción de piezas en la línea de montaje se desarrolló en el Charles Stark

	Draper Labs en estados unidos.
1978	El robot T3 de Cincinnati Milacron se adaptó y programó para realizar operaciones de taladro y circulación de materiales en componentes de aviones, bajo el patrocinio de Air Force Icam (Integrated Computer-Aided Manufacturing).
1978	Se introdujo el robot PUMA (Programmable Universal Machine for Assambly) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la general motors.
1979	Desarrollo del robot tipo SCARA (Selective Compliance Arm for Robotic Assambly) en la universidad de Yamanashi en Japón para montaje. Varios robots SCARA comerciales se introdujeron hacia 1981.
1980	Un sistema robótico de captación de recipientes fue objeto de demostración en la universidad de Rhode Island. Con el empleo de visión de máquina el sistema era capaz de captar piezas en orientaciones aleatorias y posiciones fuera de un recipiente.
1981	Se desarrolló en la universidad de Carnegie-Mellon un robot de impulsión directa. Utilizaba motores eléctricos situados en las articulaciones del manipulador sin las transmisiones mecánicas habituales empleadas en la mayoría de los robots.
1982	IBM introdujo el robot rs-1 para montaje, basado en varios años de desarrollo interno. Se trata de un robot de estructura de caja que utiliza un brazo constituido por tres dispositivos de deslizamiento ortogonales. El lenguaje del robot aml, desarrollado por IBM, se introdujo también para programar el robot sr-1.
1983	Informe emitido por la investigación en Westinghouse Corp, bajo el patrocinio de National Science Foundation sobre un sistema de montaje programable adaptable (APAS), un proyecto piloto para una línea de montaje automatizada flexible con el empleo de robots.
1984	Robots 8, la operación típica de estos sistemas permitía que se desarrollaran programas de robots utilizando gráficos interactivos en una computadora personal y luego se cargaban en el robot.
1985	R. F. Carl, H. W. Kroto y R. Smalley sientan las bases para crear nanorobots.
80's - 90's	Uso masivo de robots en la industria, generando avances en la automatización, principalmente en lo que corresponde a la automatización programable.



## *Contexto actual de la robótica*

En tiempos más recientes, el control numérico y la telequerica son dos tecnologías importantes en el desarrollo de la robótica. El control numérico (NC) se desarrolló para máquinas herramienta a finales de los años 40 y principios de los 50's. Como su nombre lo indica, el control numérico implica el control de acciones de una máquina-herramienta por medio de números. Está basado en el trabajo original de John T. Parsons (1913-2007) quien fue un ingeniero estadounidense inventor del sistema de control numérico, que concibió el empleo de tarjetas perforadas, que contienen datos de posiciones, para controlar los ejes de una máquina-herramienta.

El campo de la telequerica abarca la utilización de un manipulador remoto controlado por un ser humano.

A veces denominado teleoperador, el operador remoto es un dispositivo mecánico que traduce los movimientos del operador humano en movimientos correspondientes en una posición remota. A Goertz se le acredita el desarrollo de la telequerica. En 1948 construyó un mecanismo manipulador bilateral maestro-esclavo en el Argonne National Laboratory. El empleo más frecuente de los teleoperadores se encuentra en la manipulación de sustancias radiactivas, o peligrosas para el ser humano.

La combinación del control numérico y la telequerica es la base que constituye al robot modelo. Hay dos individuos que merecen el reconocimiento de la confluencia de éstas dos tecnologías y el personal que podía ofrecer en las aplicaciones industriales. El primero fue un inventor británico llamado Cyril Walter Kenward, que solicitó una patente británica para un dispositivo robótico en marzo de 1954. La segunda persona citada es George C. Devol, inventor americano, al que deben atribuirse dos invenciones que llevaron al desarrollo de los robots hasta nuestros días. La primera invención consistía en un dispositivo para grabar magnéticamente señales eléctricas y reproducirlas para controlar una máquina. La segunda invención se denominaba transferencia de artículos programada.

Un robot industrial es una máquina programable de uso general que tiene algunas características antropomórficas o "humanoides". Las características humanoides más típicas de los robots actuales es la de sus brazos móviles, los que se desplazarán por medio de secuencias de movimientos que son programados para la ejecución de tareas de utilidad.

La definición oficial de un robot industrial se proporciona por la Robotics Industries Association (RIA), anteriormente el Robotics Institute of América:

*"Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos variables programados para la ejecución de una diversidad de tareas".*

En el contexto actual la noción de robótica implica una cierta idea preconcebida de una estructura mecánica universal capaz de adaptarse, como el hombre, a muy diversos tipos

de acciones y en las que concurren, en mayor o menor grado según los casos, las características de movilidad, programación, autonomía y multifuncionalidad.

Pero en sentido actual, abarca una amplia gama de dispositivos con muy diversos trazos físicos y funcionales asociados a la particular estructura mecánica de aquellos, a sus características operativas y al campo de aplicación para el que se han concebido. Es además evidente que todos estos factores están íntimamente relacionados, de tal forma que la configuración y el comportamiento de un robot condicionan su adecuación para un campo determinado de aplicaciones y viceversa, y ello a pesar de la versatilidad inherente al propio concepto de robot.

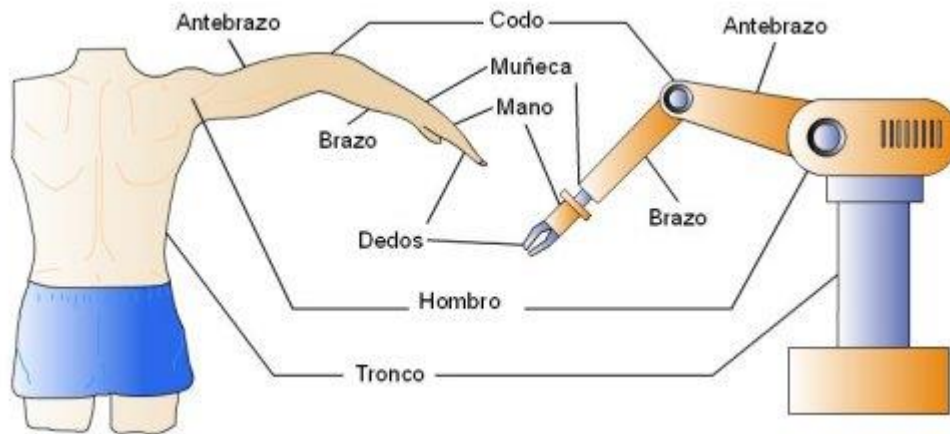
Las aplicaciones para los que son usados los robots incluyen la limpieza de residuos tóxicos, exploración espacial, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres. La manufactura continúa siendo el principal mercado donde los robots son utilizados. En particular, robots articulados (similares en capacidad de movimiento a un brazo humano) son los más usados comúnmente. Las aplicaciones incluyen soldado, pintado y carga de maquinaria.

Conociendo su cronología y el avance que han tenido los robots desde la aparición de sus vestigios hasta la actualidad, podemos clasificarlos en cuatro generaciones:

- **Primera generación:** Manipuladores, son los sistemas multifuncionales con un simple sistema de control manual de secuencia fija o de secuencia variable.
- **Segunda generación:** robot de aprendizaje los cuales son los famosos repetidores, llamados así ya que repiten una secuencia de movimientos que ha sido ejecutada previamente por un operador humano.
- **Tercera generación:** robots de control sensorizado, el controlador es una computadora que ejecuta las órdenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.
- **Cuarta generación:** robots inteligentes, son similares a los anteriores, pero además poseen sensores que envían información a la computadora de control sobre el estado del proceso. Esto permite una toma inteligente de decisiones y el control del proceso en tiempo real.

## Estructura Mecánica de un Robot

Un Robot está constituido por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la gran parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del brazo humano, es decir, que poseen ciertas características antropomórficas, por lo que en ocasiones a los distintos elementos que componen el robot se les denomina en términos como cuerpo, brazo, codo muñeca.



Similitud entre anatomía humana y la morfología típica de un brazo robótico

## Componentes de un robot

- Estructura mecánica
- Transmisiones
- Sistema de accionamiento (Actuadores).
- Sistema sensorial (Sensor)
- Sistema de control (Controladores)
- Elementos terminales

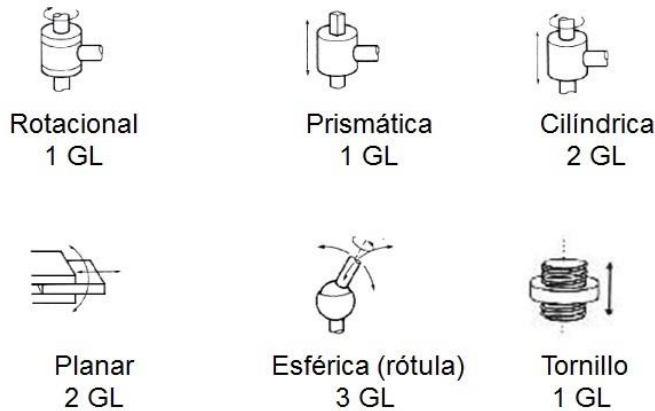
### Estructura Mecánica

Cada articulación provee al robot de al menos un '*grado de libertad*', o bien, cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina '*grado de libertad*' (GDL).

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro o una combinación de ambos. De este modo son posibles seis tipos diferentes de articulaciones:

Esférica o Rótula (3 GDL)  
Planar (2 GDL)  
Tornillo (1 GDL)

Prismática (1 GDL)  
Rotación (1 GDL)  
Cilíndrica (2 GDL)



Tipos de articulación con sus respectivos grados de libertad

El empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación. Las combinaciones más frecuentes son con tres articulaciones y que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto en el espacio.

Puesto que para posicionar y orientar un cuerpo de cualquier manera en el espacio son necesarios seis parámetros, tres para definir la posición y tres para la orientación, si se pretende que un robot posicione y oriente su extremo (y con él la pieza o herramienta manipulada) de cualquier modo en el espacio, se precisara al menos seis grados de libertad.

En la práctica, a pesar de ser necesarios los seis grados de libertad comentados para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con solo cuatro o cinco grados de libertad, por ser estos suficientes para llevar a cabo las tareas que se encomiendan.

Existen también casos opuestos, en los que se precisan más de seis grados de libertad para que el robot pueda tener acceso a todos los puntos de su entorno. Así, si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot de grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubieran llegado con seis grados de libertad. Otra situación frecuente es dotar al robot de un grado de libertad adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril aumentando así el volumen de su espacio al que puede acceder.

Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dicen que el robot es redundante.

## **Transmisiones**

Las transmisiones se utilizan para convertir movimiento circular en lineal o viceversa, lo que en ocasiones puede ser necesario.

Un buen sistema de transmisión debe cumplir una serie de características básicas:

- Debe tener un tamaño y peso reducido
- Se ha de evitar que presente juegos u holguras considerables
- Se deben buscar transmisiones con gran rendimiento

## **Sistema de accionamiento (Actuadores).**

Los actuadores tienen por misión generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control. Los actuadores utilizados en robótica pueden emplear energía neumática, hidráulica o eléctrica. Cada uno de estos sistemas presenta características diferentes, siendo preciso evaluarlas a la hora de seleccionar el tipo de actuador más conveniente. Las características a considerar son:

- Potencia
- Controlabilidad
- Peso y volumen
- Precisión
- Velocidad
- Mantenimiento
- Costo

Los actuadores más utilizados son los: neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

## **Sistema sensorial (Sensores)**

Para conseguir que un robot realice una tarea con la adecuada precisión, velocidad e inteligencia, será necesario que tenga conocimiento tanto de su propio estado como del estado de su entorno. La información relacionada con su estado (fundamentalmente la posición y sus articulaciones) la consigue con los denominados sensores internos, mientras que la que se refiere al estado de su entorno, se adquiere con los sensores externos.

## Sistema de control (Controladores)

Es el que regula cada uno de los movimientos del manipulador, las acciones, cálculos y procesado de la información. El controlador recibe y envía señales a otras máquinas-herramientas (por medio de señales de entrada/salida) y almacena programas.

Existen varios grados de control que son función del tipo de parámetros que se regulan, lo que da lugar a los siguientes tipos de controladores:

- **De posición:** el controlador interviene únicamente en el control de la posición del elemento terminal.
- **Cinemático:** en este caso el control se realiza sobre la posición y la velocidad.
- **Dinámico:** además de regular la velocidad y la posición, controla las propiedades dinámicas del manipulador y de los elementos asociados a él.
- **Adaptativo:** engloba todas las regulaciones anteriores y, además, se ocupa de controlar la variación de las características del manipulador al variar la posición

## Elementos terminales

Los elementos terminales, también llamados efectores finales (*end effector*) son los encargados de interactuar directamente con el entorno del robot. Pueden ser tanto elementos de prehensión como herramientas.

Si bien un mismo robot industrial es, dentro de unos límites lógicos, versátil y readaptable a una gran variedad de aplicaciones, no ocurre así con los elementos terminales, que son en muchos casos específicamente diseñados para cada tipo de trabajo.

Los elementos de sujeción se utilizan para agarrar y sostener los objetos y se suelen denominar pinzas. Se distingue entre las que utilizan dispositivos de agarre mecánico, y las que utilizan algún tipo de dispositivo (ventosas, pinzas magnéticas, adhesivas, ganchos, etc).

En la elección o diseño de una pinza se han de tener en cuenta diversos factores. Entre los que afectan al tipo de objeto y de manipulación a realizar destacan, el peso, la forma, el tamaño del objeto y la fuerza que es necesario ejercer y mantener para sujetarlo. Entre los parámetros de la pinza cabe destacar su peso (que afecta a las inercias del robot), el equipo de accionamiento y la capacidad de control.

## Conclusión

Si bien el hombre ha buscado crear máquinas que puedan realizar las mismas tareas que él, ahora su meta va más allá: lograr que éstas no sólo reproduzcan conductas inteligentes, sino que lo hagan utilizando los mismos principios que se han descubierto en los seres vivos y en particular en el hombre.

Esta ciencia llamada robótica etológica o fisiológica pretende que la naturaleza indique los caminos. Estos robots permiten a los investigadores entender algunas funciones imposibles de desentrañar directamente a través de la experimentación animal.

En definitiva, un robot ha evolucionado como una réplica de sus creadores, salvando las distancias. El conjunto guarda cierta similitud con nuestro propio cuerpo; manos y brazos se ven reflejados en las partes mecánicas: el manipulador y la herramienta. Los músculos serían los actuadores y las terminaciones nerviosas, los reguladores. El cerebro (equivalente del controlador) es el encargado de enviar las órdenes a los músculos a través de las terminaciones nerviosas y de recibir información a mediante los sentidos (sensores).

Finalmente, la manera de pensar y actuar vendría determinada por el software de control residente en la computadora. Todos los elementos son importantes para el buen funcionamiento del conjunto.

