

LOS ROBOTS EN LA INDUSTRIA

Napoleón H. Ortiz Coll*

Antecedentes:

La idea de crear una máquina a imagen y semejanza del ser humano, ha cautivado la imaginación del hombre desde hace siglos. Tal artificio, que podría considerarse la forma más avanzada del robot, debería llamarse más propiamente androide, que proviene de las palabras griegas *andros*, que significa hombre y *deidos* que significa forma (Figura 1).

La palabra **robot** sin embargo proviene del checo *robota* que significa servidumbre y tiene su origen en la obra *Rossum's Universal Robots* (Los Robots Universales de Rosum) del escritor checo Karel Capek. En la representación teatral de la obra de Karel Capek, en el Teatro Nacional de Praga en 1921, una fábrica dirigida por un hombre llamado Rossum, hace máquinas androides con gran parecido a las personas, las cuales se denominan robots. Con el tiempo, los robots aprenden a pensar por sí mismos, se rebelan contra sus controladores humanos y poco a poco se apoderan del mundo. Esta idea presentada por Capek aparece luego en gran parte de la literatura de ciencia ficción, y ha generalizado la concepción del robot como una máquina capaz de sustituir al hombre en su actividad diaria.

Los robots aparecen también como protagonistas de muchas películas, algunas de las cuales han sido éxitos taquilleros en el mundo, pudiendo citarse entre otras, *La Guerra de las Galaxias* (1977) y *Corto Circuito* (1984), (1988) (Figura 2 y 2a). Las obras mencionadas anteriormente, ya a través del teatro, el libro, el cine, o cualquier otro medio de comunicación, han

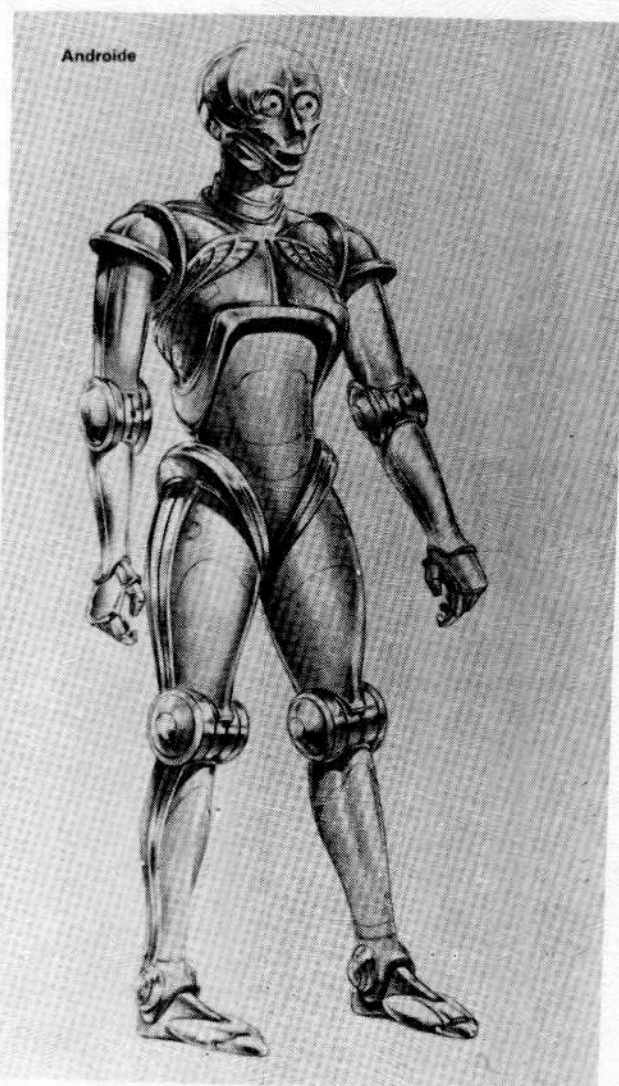


Figura 1. Androide.

influido de alguna manera en la concepción popular del robot como sustituto del hombre.

Los robots usados en la industria o robots industriales, sin embargo, no aparecen sino en 1956, cuando George Devol patentó lo que denominara un manipulador programable. El robot industrial, surge realmente de la imperiosa necesidad de aumentar la capacidad de producción y mejorar la calidad de los productos manufacturados. En este sentido, la tendencia hacia una producción industrial basada en la auto-

*Napoleón H. Ortiz Coll, Ph.D. Profesor Titular. Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui.

matización global y flexible, requiere de máquinas y herramientas, que se ajusten a esa nueva realidad.

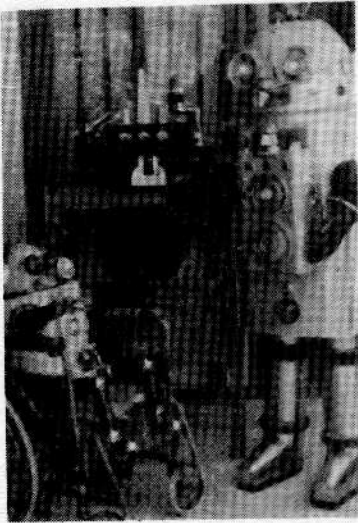


Fig. 2. La Guerra de las Galaxias..

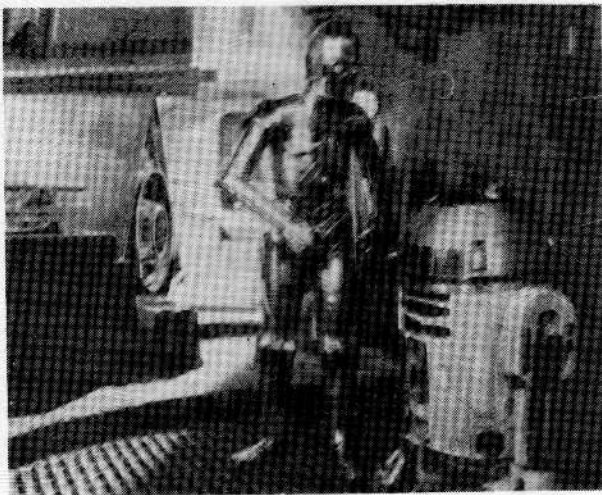


Fig. 2a. Los Daleks, de la serie de TV Dr. Who..

George C. Devol, en 1958, funda con Joseph Engelberger de Columbia University, la primera empresa fabricante de robots industriales, la cual se denominó Unimation, Inc. (1958).

Su primer robot industrial, se instala en la General Motors en 1961, empresa que en 1967 decide instalar un conjunto de robots en una de sus fábricas. Tres años mas tarde se inicia la implantación de robots en Europa, fundamentalmente para las empresas auto-

motrices, y no es sino hasta 1968 cuando Japón comenzó a interesarse en el tema.

Luego de Unimation, surgen nuevas iniciativas en el campo de los robots industriales. Los laboratorios de Stanford y del MIT acometen la tarea de controlar un robot industrial mediante computadoras (1970), pero no es sino hasta 1975, cuando el microprocesador transforma la imagen y las características del robot industrial. Empresas como la Cincinnati Milacron y Unimate desarrollan robots industriales de mayor versatilidad y menor costo. En 1978, Unimation envía a la General Motors su primer robot PUMA, uno de los robots más populares de la industria norteamericana (Fig. 3). A partir de 1980, empresas y universidades, han impulsado la investigación de diseños que aumenten la versatilidad y la capacidad de adaptación del robot industrial.

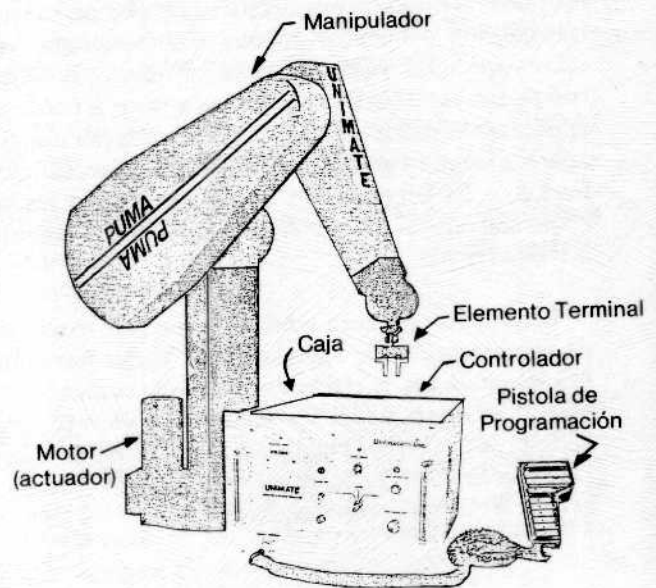


Fig. 3. Robot PUMA. (Unimation, Inc.) mostrando los elementos básicos de un robot industrial..

El Robot Industrial

El robot industrial ha sido definido por la Sociedad Norteamericana de la Industria del Robot como "un manipulador diseñado para mover materiales, partes, herramientas o máquinas especializadas, por medio de movimientos programados, para la ejecución de una variedad de tareas". El robot industrial está constituido por cinco elementos básicos, a saber:

- (a) manipulador o brazo mecánico;
- (b) controlador;
- (c) elementos motrices o actuadores;
- (d) elemento terminal o herramienta (mano), y
- (e) sensores.

El manipulador es la parte mecánica del robot que mueve sus eslabones (normalmente rígidos) mediante desplazamiento de sus articulaciones por medio de los elementos motrices, los cuales son activados mediante las señales del controlador. Generalmente se busca posicionar y orientar el elemento terminal o mano con la finalidad de manipular un objeto en el espacio. Los sensores suministran información al controlador en relación a la posición y orientación del brazo manipulador.

Características y Rangos de Operación

Las articulaciones de un robot industrial son las que permiten el movimiento de los eslabones del brazo manipulador. Cada articulación puede ser rotacional o de desplazamiento lineal, dependiendo del tipo de conexión. El número de articulaciones de un robot determina sus grados de libertad (GDL), toda vez que cada desplazamiento es independiente de los demás. Los robots industriales más comunes tienen seis grados de libertad (6-GDL), tres para lograr el posicionamiento de los objetos en el espacio tridimensional y tres para la orientación del mismo mediante rotaciones independientes. El brazo manipulador se encarga normalmente de posicionar el objeto, mientras al final del brazo se inserta un mecanismo denominado "muñeca" capaz de generar tres rotaciones independientes. Los robots industriales comúnmente poseen de tres a seis grados de libertad (Fig. 4).

Se denomina espacio de trabajo de un manipulador industrial, el espacio útil de que dispone para posicionar un objeto ubicado en el extremo del brazo. Este volumen es variable, y depende de las dimensiones de

cada eslabón del brazo y del tipo y rango de cada articulación. La capacidad de carga se refiere al máximo peso que puede manipular el robot en su volumen de trabajo (Fig. 5). Dependiendo de las características del brazo y de los elementos motrices, la capacidad de carga de un robot industrial varía normalmente entre 0,90 y 100 kgs. lo cual va en razón inversa

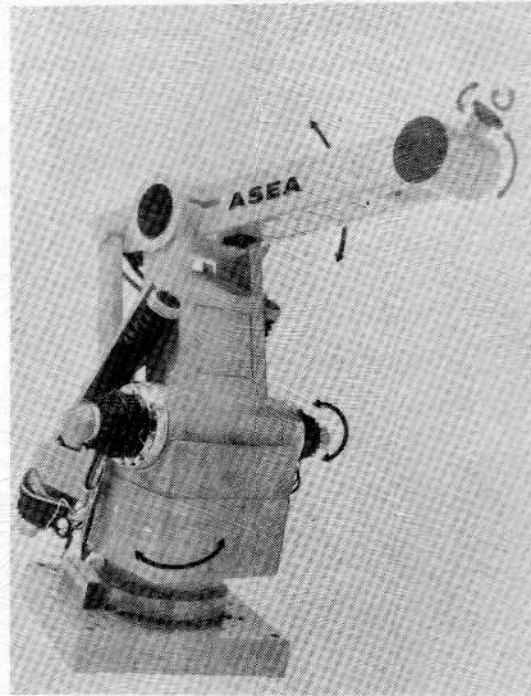


Fig. 4. Fotografía del manipulador del sistema IRB 60/2, con indicación de sus 6 grados de libertad..

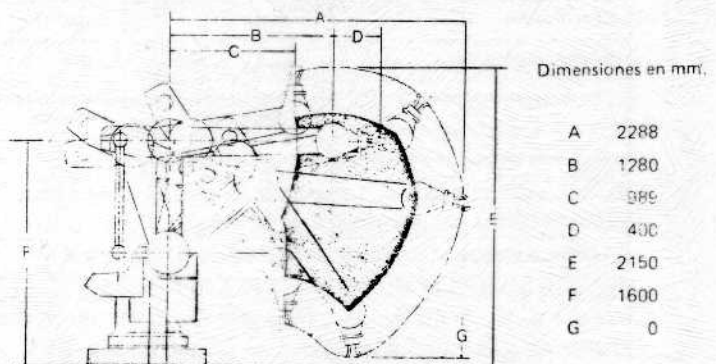


Fig. 5. Dimensiones y área de trabajo del brazo del sistema IRB 60/2. (ASEA).

a su precisión. La precisión del robot se mide según el error cometido cuando efectúa una misma acción en forma repetitiva. La precisión de repetibilidad de los robots industriales varía entre $\pm 0,10$ y $\pm 0,30$ mm.

Según la forma o estructura de los manipuladores, los robots industriales se clasifican normalmente en estructura cartesiana, cilíndrica, polar o angular. Cada uno tiene ventajas y desventajas, según la aplicación que se le desee dar al mismo. También los robots industriales se clasifican según el tipo de actuador o elemento motriz que se use para el movimiento de sus articulaciones. Los actuadores son generalmente hidráulicos, neumáticos y eléctricos, según la aplicación que se desee dar al robot (tabla 1). Se considera que los actuadores hidráulicos permiten una mayor capacidad de carga, aunque sacrificando los niveles de precisión, mientras que los actuadores eléctricos son casi siempre más precisos aunque de menor capacidad de carga.

Por medio del sistema controlador, que generalmente incluye una microcomputadora y una pistola de programación, el usuario puede programar al robot para que ejecute una tarea específica. Cuando se usa la microcomputadora, el programa se elabora usando un lenguaje de computación. Mediante la pistola, sin embargo, el usuario produce los desplazamientos deseados en cada articulación del robot para que éste lleve a cabo la tarea deseada (Fig. 6). Los movimientos producidos mediante la pistola de programación se almacenan en la memoria del controlador y pueden repetirse, en igual secuencia, cuando el usuario así lo

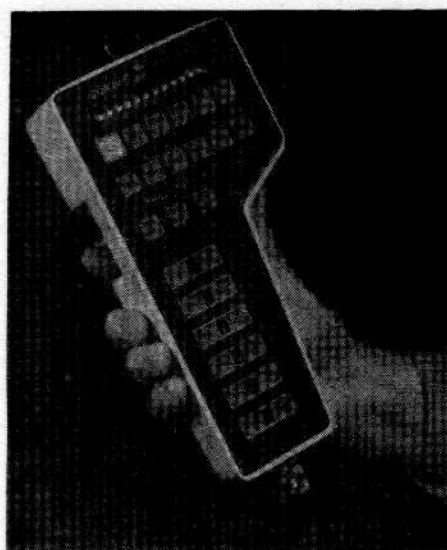


Fig. 6. Pistola de programación del robot PUMA.

desea. Todos los programas que inducen al robot a desarrollar alguna actividad determinada, pueden ser modificados por el usuario mediante reprogramación.

En general, los robots industriales constituyen hoy en día máquinas de alta versatilidad, con gran capacidad de adaptación a una variedad de funciones y rangos de operación. En comparación con otras máquinas uso industrial tales como las máquinas de herramientas (aun las más sofisticadas como las de control numérico), los robots industriales presentan ven-

Tabla 1. Resumen de las especificaciones técnicas de varios robots.

MODELO	PUMA 760	IRB 60/2	7540 IBM	TEACHMOVER	ARMROID
CARACTERISTICAS					
Capacidad de carga	10 kg	60 kg	25 kg	445 g	300 g
Coordenadas	Angulares	Angulares	Cartesianas	Angulares	Angulares
Grados de libertad	6	5	4	5	5
Elementos motrices	Servomotores eléctricos	Servomotores eléctricos	Servomotores, motor paso a paso y pistón neumático	Motores paso a paso	Motores paso a paso
Repetibilidad	$\pm 0,2$ mm	$\pm 0,4$ mm	$\pm 0,05$ mm	$\pm 7,5$ mm	± 2 mm
Peso del robot	222 kg		176 kg	4 kg	4,5 kg
Alcance máximo	1.250 mm	2.288 mm	100 mm eje Z	444 mm	380 mm
Controlador	LSI-11	Basado en varios microprocesadores	Basado en microprocesador adaptado al ordenador IBM PC	Basado en el microprocesador 6502	Microcomputador
Capacidad de memoria	16 K	470 posiciones	5.103 bytes	1 K	Según el microcomputador

tajas tales como: (a) variedad de actividades mediante programación, (b) amplio espacio (volumen) de acción debido a la estructura del brazo manipulador, (c) adaptabilidad a diferentes elementos terminales o "manos", según el trabajo que se desee realizar y (d) ante los avances en el campo de los sistemas expertos y la inteligencia artificial, se esperan progresos en la construcción de un robot capaz de "tomar decisiones".

En este orden de ideas, y dependiendo de los progresos en disciplinas relacionadas, se espera que surjan en el futuro robots capaces de tomar acciones en tiempo-real de acuerdo a las características del entorno en el cual actúan. Una dificultad con la que se tropieza actualmente, es el excesivo tiempo que se requiere para procesar imágenes por métodos computacionales. Esto evita que un robot sea capaz de "procesar" el entorno que lo rodea, con la rapidez requerida para responder ante la presencia de obstáculos en su trayectoria.

Una de las características más comunes de los robots usados actualmente en la industria es su robustez. La mayoría de los manipuladores evitan contener eslabones de poca rigidez, ya que les sería imposible efectuar movimientos rápidos sin que tuviera lugar cierto nivel de vibración. Por otra parte, se limitaría la capacidad de carga del brazo, debido a la posibilidad de deflexión en los eslabones. Actualmente se estudian sistemas de control sofisticados, que tiendan a compensar el efecto de elasticidad de los eslabones de un brazo mecánico.

Actividades Comunes del Robot Industrial

El uso del robot se ha ido generalizando en las empresas de manufactura, en especial en aquellas que desarrollan acciones de carácter repetitivo. Entre las actividades más comunes que se le asignan a los robots que usa la industria actualmente, se puede citar en orden de mayor a menor aplicación: soldadura, alimentación y descarga de máquinas, manipulación de material fundido, pintura y ensamblaje. Las empresas que más utilizan robots son la industria automotriz, las empresas de maquinarias eléctricas, la industria del plástico, las fundiciones y las siderúrgicas (Fig. 7). El costo actual de un robot industrial varía según su complejidad. Un robot para actividades medias tiene un precio entre 15.000 y 35.000 dólares, mientras que un robot que tiene que llevar a cabo acciones más o menos complejas constaría entre 40.000 y 150.000 dólares.

En los países desarrollados como Japón y los Estados Unidos, el uso de robots industriales ha ido en continuo ascenso. Los robots sin embargo, no son usados exclusivamente en los países industrializados. Algunos países como Yugoslavia, Brasil y España, no solo usan robot en muchas de sus empresas de manufactura, sino que han dedicado parte de su presupuesto de investigación y desarrollo al estudio de los robots industriales.



Fig. 7. Robot en la industria automotriz.

En Venezuela, el estudio de la robótica, como suele denominarse el estudio de los robots industriales, no ha generado interés por parte del sector oficial, y solo se aprecian algunas investigaciones aisladas en institutos de educación superior. En la Universidad de Oriente, en Ingeniería Mecánica, estamos desarrollando un robot-grúa, con miras a la construcción de un modelo o un prototipo, que sirva de base a investigaciones posteriores (Fig. 8). A través de la simulación, se están probando distintos algoritmos de control robusto, los cuales permitirán al robot volverse un tanto insensible a efectos perturbadores provenientes de su contorno. Se busca además que tales esquemas permitan simplificar los modelos matemáticos para

controlar el robot. El modelo de simulación por computadoras del robot-grúa, forma parte de un proyecto de investigación de varias etapas, financiado por el

Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente.

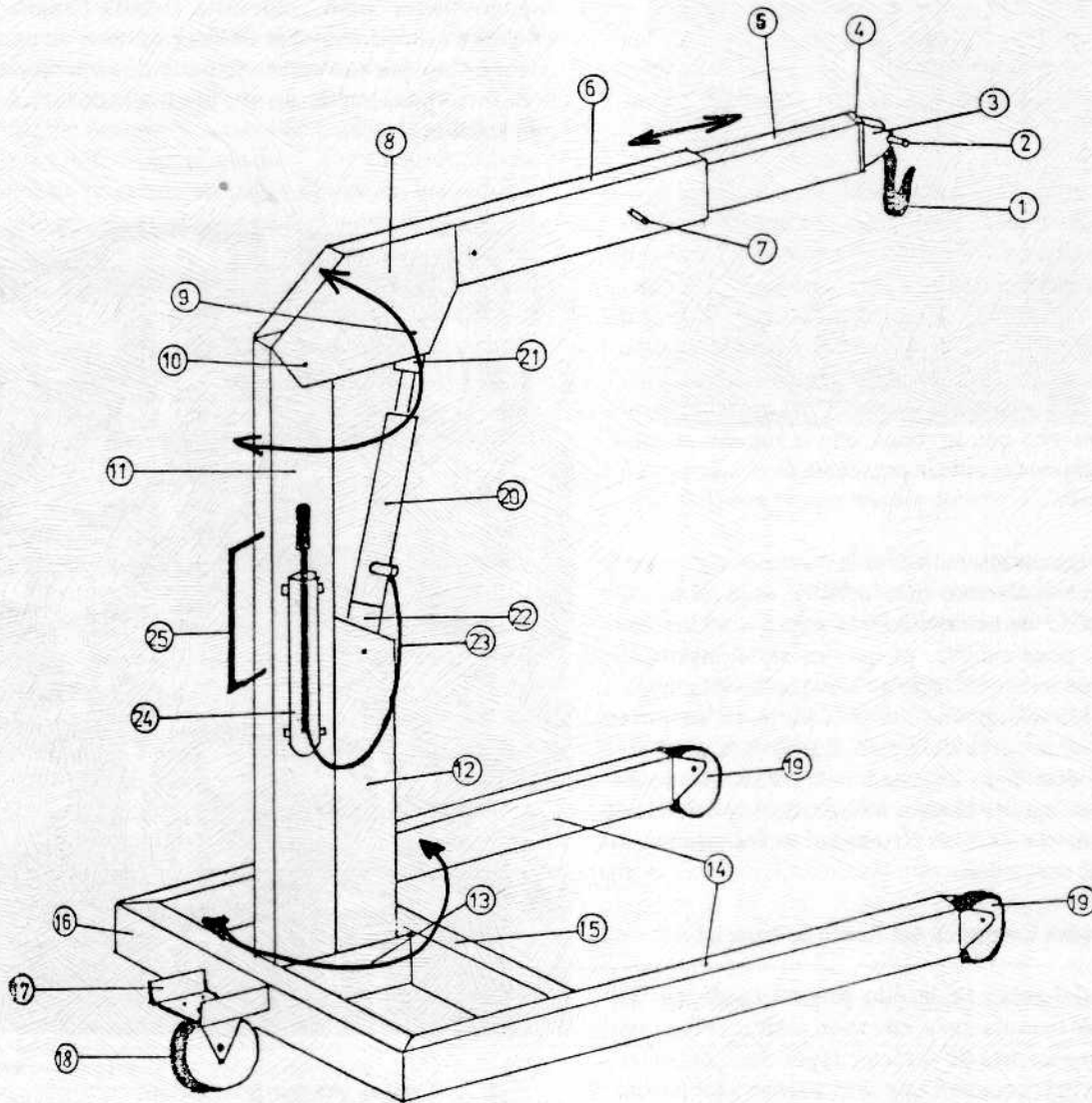


Fig. 8. Grúa telescópica (modelo seleccionado, UDO-Anzoátegui para construir robot-grúa.).