



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**ROBÓTICA: UNA TENDENCIA HACIA  
EL FUTURO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

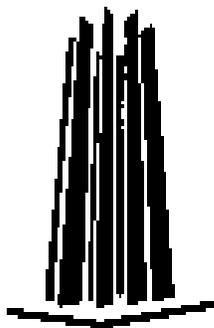
**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

ÁREA: ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

P R E S E N T A N :

**ALBERTO PATEYRO PALACIOS**

**ARACELI PEDRO SANTIAGO**



**DIRECTOR DE TESIS: ING. ADRIÁN PAREDES ROMERO**

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos*

*Agradezco a Dios por su infinito amor y bendición para cumplir con mis sueños y retos en este mundo.*

*Mi eterno agradecimiento a mi madre (Inés palacios Jiménez) por su constante apoyo en todos mis proyectos y por su amor.*

*A mi padre (Manuel Pateyro Almeida) por su comprensión y sus sueños. Cumplí tu sueño, pero hubiera sido mejor que estuvieras a mi lado. No te alcanzo el tiempo para compartir conmigo este sueño.*

*“Papa por 30 o por 40 años, amigo de mi vida todo el tiempo, protector de mi miedo, brazo mío, palabra clara, corazón resuelto, te has muerto cuando menos falta hacías, cuando mas falta me haces, padre, abuelo, hijo y hermano mío, esponja de mi sangre, pañuelo de mis ojos, almohada de mi sueño. Te has muerto o me has matado un poco.*

*...Algo le faltaba al mundo y tú te has puesto a empobrecerlo más y a hacer a solas tus gentes tristes y tu dios contento. ”*

*Jaime Sabines*

*A mi esposa la Sra. Emma Martínez Serrano y a mis hijos Alberto Manuel, Emma Francynes y a Cristofer Ariel, por estar siempre a mi lado apoyándome.*

*Al Arq. José Estrella Badillo. Por su consejo oportuno, en el momento indicado, mi eterno agradecimiento*

*A mis amigos Alfredo Hernández<sup>2</sup> y Araceli por compartir juntos muchas anécdotas.*

*A mi asesor el Ing. Adrián Paredes Romero, para la elaboración de esta tesis*

*Alberto Pateyro Palacios*

## ***Agradecimientos***

Agradezco a la Universidad por brindarme la oportunidad de alcanzar la superación profesional y personal.

Agradezco a mis padres por haberme dado la vida, por el apoyo y esfuerzo que hicieron para sacarme adelante.

Te agradezco a ti Ramón por brindarme tu apoyo, la paciencia y la confianza que tanto necesite en los aquellos momentos que fueron tan difíciles para mí. También por haberme enseñado a creer y confiar en mí y porque siempre estuviste cerca de mi a lo largo de este camino que parecía imposible de alcanzar.

Agradezco a mi asesor el Ing. Adrián Paredes por su apoyo y confianza para la elaboración de esta tesis.

*Araceli*

## Índice

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>5</b>
HISTORIA ANTECEDENTES.....	5
ANTECEDENTES .....	6
HISTORIA .....	9
ASPECTOS HISTÓRICOS IMPORTANTES.....	22
LA ROBÓTICA EN LA ACTUALIDAD .....	26
TENDENCIAS FUTURAS.....	28
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>29</b>
<i>Poliarticulados</i> .....	30
<i>Móviles</i> .....	30
<i>Androides</i> .....	31
<i>Zoomórficos</i> .....	31
<i>Híbridos</i> .....	31
CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE CONTROL.....	32
<i>Secuencia controlada</i> .....	32
<i>Trayectoria operada/continua</i> .....	32
<i>Adaptativos</i> .....	32
<i>Teleoperador</i> .....	32
CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE ESTRUCTURA MECÁNICA .....	33
<i>Cartesianos</i> .....	33
<i>SCARA</i> .....	33
<i>Angular o Antropomórficos</i> .....	34
<i>Paralelos</i> .....	35
<i>Cilíndricos</i> .....	35
<i>Esféricos o polares</i> .....	36
CLASIFICACIÓN POR EL MÉTODO DE CONTROL .....	36
<i>No servo controlados</i> .....	36
<i>Servo controlados</i> .....	36
<i>Servo controlados punto a punto</i> .....	37
CLASIFICACIÓN POR FUNCIÓN .....	37
<i>De producción</i> .....	37
<i>De exploración</i> .....	37
<i>De rehabilitación</i> .....	37
CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS ÁREAS DE APLICACIÓN .....	37
CLASIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA ROBÓTICA INDUSTRIAL .....	38
<i>Manipuladores</i> .....	38
<i>Robots de repetición o aprendizaje</i> .....	39
<i>Robots con control por computadora</i> .....	39
<i>Robots inteligentes</i> .....	39
<i>Micro robots</i> .....	40
CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES BASADOS EN GENERACIONES.....	40

<i>Primera generación</i> .....	40
<i>Segunda generación</i> .....	40
<i>Tercera generación</i> .....	41
<i>Cuarta generación</i> .....	41
<i>Quinta generación</i> .....	41
CLASIFICACIÓN POR TIPOS DE ROBOTS .....	41
<i>Robots industriales</i> .....	41
<i>Vehículos de control remoto</i> .....	42
<i>Prótesis para uso humano</i> .....	42
<i>Robots didácticos o experimentales</i> .....	42
<i>Robots de juguete</i> .....	43
<i>Robots de uso casero</i> .....	43
<i>Otros tipos de robots</i> .....	43
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>44</b>
COMPONENTES OPTOELECTRÓNICA.....	44
OPTOELECTRÓNICA.....	45
<i>Conversión de energía eléctrica a energía radiante</i> .....	45
<i>Conversión de energía radiante a energía eléctrica</i> .....	45
<i>LED (Diodo Emisor de Luz)</i> .....	46
<i>Resistencia Variable con la Luz (LDR)</i> .....	47
<i>Diodos emisores de infrarrojo (IRED)</i> .....	48
<i>Diodo láser</i> .....	48
<i>Láseres</i> .....	49
<i>Fotodetectores</i> .....	50
<i>Fotodiodo</i> .....	50
<i>Fotodiodo de avalancha</i> .....	51
<i>Fototransistor</i> .....	52
<i>Fotodarlington</i> .....	53
<i>Foto SCR</i> .....	53
<i>Optoacopladores</i> .....	53
<i>Sensores</i> .....	54
<i>Alambres musculares</i> .....	60
<i>Tipos de fibras</i> .....	61
<i>Motores paso a paso</i> .....	62
PROGRAMACIÓN .....	65
CLASIFICACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN .....	66
<i>Secuenciación de instrucciones</i> .....	66
<i>Extensiones de lenguajes tradicionales</i> .....	67
<i>Lenguajes específicos para robots</i> .....	67
<i>Lenguaje de programación gestual punto a punto</i> .....	67
<i>Lenguajes estructurados de programación explícita</i> .....	68
<i>Lenguajes de programación especificativa a nivel objeto</i> .....	69
CLASIFICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN USADA EN ROBÓTICA.....	70
<i>Programación gestual</i> .....	70
<i>Programación textual</i> .....	71
<i>Programación off-line</i> .....	72

<i>Programación por aprendizaje</i> .....	72
APLICACIONES DE LA PROGRAMACIÓN .....	73
<i>Micro robótica</i> .....	73
<i>Aplicaciones médicas o biológicas</i> .....	74
<i>Micro ensamblado</i> .....	74
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>75</b>
ESTRUCTURA DE FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT .....	76
<i>Engranajes</i> .....	77
<i>Motores</i> .....	78
<i>Ruedas</i> .....	79
<i>Placa de alimentación motriz</i> .....	79
<i>La placa de comprobación de los motores</i> .....	79
<i>Sensores ultrasónicos</i> .....	79
<i>Sensores de luz</i> .....	79
<i>Placa de E-S de luz</i> .....	80
<i>Placa procesadora de luz</i> .....	80
<i>Altavoz piezoeléctrico</i> .....	81
<i>Antenas arqueadas</i> .....	82
<i>Sensor sigue líneas</i> .....	82
<i>Procesador de sonar</i> .....	83
<i>Placa de E-S del sonar</i> .....	83
<i>Sonar (Sound Navigation and Ranging)</i> .....	83
<i>Microcontrolador</i> .....	84
<i>Placa infrarroja (IR)</i> .....	84
<i>Pantalla numérica</i> .....	84
<i>Controlador infrarrojo</i> .....	85
<i>Placa de control de programas (uC4)</i> .....	85
<i>Placa de memoria</i> .....	85
<i>Altavoz</i> .....	85
<i>Procesador de sonido</i> .....	85
<i>Memoria rápida</i> .....	86
<i>Adaptador de corriente</i> .....	86
CONTROL REMOTO O MANDO A DISTANCIA .....	86
<i>Placa procesadora</i> .....	88
<i>Placa de IR</i> .....	88
<i>Placa de descarga infrarroja (uC1)</i> .....	88
<i>Placa de memoria</i> .....	88
<i>Conexión del mando a la computadora</i> .....	88
<i>Placa de reconocimiento de voz</i> .....	88
PROGRAMACIÓN .....	89
<i>Base grafica</i> .....	89
<i>Simulador</i> .....	89
<i>Almacenamiento de programas</i> .....	89
<i>Dirección de la memoria</i> .....	89
<i>Lenguaje de programación</i> .....	90
<i>Bloques de entrada</i> .....	90

<i>Bloques de proceso</i> .....	90
<i>Bloque de salida</i> .....	91
<i>Programa diversificado</i> .....	91
<i>Programador textual</i> .....	91
CONTROLADOR DE VOZ.....	91
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>92</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>100</b>

## **Introducción**

El desarrollo de los sistemas de computo y de las comunicaciones, así como el gran avance tecnológico al que nos enfrentamos como seres humanos, tiene como único fin el de proporcionarnos comodidad y que esta llegue a nuestras casas. Este gran avance tecnológico, nos permite muchas veces fantasear e imaginar que somos capaces de crear vida o de pensar en ciudades inteligentes.

El hombre se ha vuelto más material sin tener en cuenta los problemas sociales a los que se pueda enfrenar. Estos problemas muchas veces se dejan para que otras personas los resuelvan en un futuro cercano, por esta razón el ser humano se ha visto en la necesidad de crear una forma de vida más satisfactoria apoyándose de la robótica.

La robótica o sistemas mecánicos inteligentes controlados por un sistema computacional, comúnmente llamado programa de computadora; fue creado por la necesidad del hombre, dándole forma debido a sus conocimientos teóricos y estructuras mecánicas, agregándole un grado de inteligencia tal que le permita realizar ciertas funciones.

Cuando se habla de robots, se piensa en el futuro o se imagina nuevas formas tecnológicas. Como los llamados “autómatas” que fueron pioneros en este campo y que no eran mas que inventos capaces de ejecutar ciertas actividades humanas, lo cual a hecho que el ser humano a través del tiempo desarrolle nuevas formas para interpretar la inteligencia artificial que le ayude a realizar el trabajo que le corresponde todos los días ya que existen robots de uso domestico, de ayuda medica, de aplicación en sistemas de seguridad, de aplicación en la industria y otra en la que se esta desarrollando es en la guerra.

En la vida del hombre, hay muchos trabajos que no le satisfacen, ya sea por ser monótonos o por peligrosos, y trata de no llevarlos a cabo ya que arriesga su integridad física. La alternativa a la que recurre el hombre es desarrollando robots que le permitan hacer este tipo de trabajo.

Todos los robots hacen una misma función, cuantas veces sea necesario, sin cansarse ni aburrirse, siempre dan un mismo resultado, lo único que se necesita es una fuente de poder (electricidad), cuentan con procesadores de diferente precio y rápidos que los hace inteligentes

En la industria y las empresas, los humanos necesitan descansos, salarios, comida, dormir y zonas de trabajo seguras, que no pongan en riesgo a sus trabajadores. La fatiga y el aburrimiento dañan la producción de cualquier industria o empresa.

Los robots son todo lo contrario, nunca se aburren y su trabajo siempre es el mismo, desde que la empresa empieza a laborar a cualquier horario. El 90% de los robots trabaja en fábricas, la mayoría de los humanos los supervisan, dirigen o mantienen. El gran sueño del ser humano, es hacer una persona mecánica que sea el esclavo de uno y que satisfaga todas sus necesidades (trabajo y conocimiento), que lo domine y someta a sus órdenes, sin ningún cargo de conciencia, deuda moral o peligro a su integridad física.

Existen verdaderos científicos que han realizado inventos de personas artificiales como esclavos y otras que han ingeniado verdaderas máquinas para que ayuden al ser humano en trabajos que son peligrosos para él mismo.

En el comercio actual se ha vuelto común aplicar la palabra robot o robótica a cualquier máquina con inteligencia de programación. Los robots son una realidad y son parte ya de la vida de los seres humanos.

La robótica nace con la era de la informática y surge a partir de una necesidad, así como nació la agricultura, la caza, la pesca, el pastoreo, etc, y ha requerido de un buen número de especialistas en la materia. La robótica es una tecnología multidisciplinaria, por lo que su estudio se hace especial, brinda a los investigadores y doctorados un vasto y variado campo de trabajo para su desarrollo.

La ventaja de los modernos elementos productivos y la liberación del hombre a trabajos peligrosos, desagradables y aburridos hace que aumente la producción, la calidad y la competitividad. También lo eclipsa el aspecto negativo que se supone el desplazamiento de la mano de obra, mas en tiempo de crisis que viven los países en vías de desarrollo. Este temor es incierto si se analiza con detalle el verdadero efecto de la robotización.

El beneficio que un robot aporta es grande para los trabajadores, industrias y países, que dependen de la correcta implementación del mismo, usándolos en labores adecuadas como manipulando objetos pesados, sustancias peligrosas, en situaciones extremas o dañinas para el hombre. Dejando al hombre realizar las tareas de técnicos, ingenieros, programadores y supervisores.

Las nuevas tendencias, es que los robots tengan la capacidad de reaccionar sin necesidad que el ser humano intervenga ante situaciones de peligro para la máquina.

La capacidad de pensar del robot esta lejos de la realidad, se hacen esfuerzos para imitar el pensamiento humano, todas las investigaciones lógicas basadas en reglas o en respuestas afirmativas o negativas son almacenadas en formato binario para ser manipulados mediante reglas preprogramadas.

Los sistemas basados en reglas pueden ser usados para crear inteligencia artificial, pero se logra mediante programación y de una enorme cantidad de datos para imitar la inteligencia. Estos sistemas expertos pueden ser capaces de desarrollar actividades para las que fueron programadas.

Otro acercamiento que se da es mediante las llamadas redes neuronales y cuya ventaja radica en que pueden manejar conceptos un poco ambiguos que aprenden mediante la exposición de una gran cantidad de preguntas y respuestas. El último enfoque es el llamado estímulo-respuesta, que consisten en conectar directamente sensores de luz a motores, haciendo posible que los motores se activen mediante impulso de búsqueda luz.

Se cree que en los próximos años se va a impulsar más el uso de la robótica porque la tecnología evoluciona y siempre va a la vanguardia. El beneficio que se obtiene de estas máquinas es el de mejorar el nivel de productividad y calidad del producto que ofrece la industria ante un mundo globalizado

Las preguntas que surgen y ante lo que se va exponiendo y es que las máquinas jamás podrán sustituir totalmente la mano del hombre, se puede esperar que un robot llegue a hacer el trabajo de un pintor, pero debe de estar una persona para poder corregir o revisar las funciones que desempeña el robot. No se descarta que en el futuro las máquinas lleguen a pensar, pero siempre habrá seres humanos creando y diseñando este tipo de máquinas.

Todos los países en vías de desarrollo deben actualizarse en cuanto a tecnología se refiere para ser más competitivos y productivos como ya se mencionó anteriormente ante un mundo que se globaliza. Todos los gobiernos deben de dar las facilidades a las empresas para la inversión en adelantos tecnológicos modernos.

# **Capítulo I**

## **Historia**

## Antecedentes

Durante cientos de años atrás, los pueblos y sus gentes han tratado de construir mecanismos que imiten partes del cuerpo humano. En la antigua Grecia ya se construían estatuas que se movían hidráulicamente y en el Egipto de los Faraones se construyeron armas mecanizadas que se acoplaron a las estatuas de sus dioses. En el siglo IV a.C, Archytas de Tarentum construyó un modelo de paloma que era capaz de moverse mediante un chorro de vapor.

En el siglo I, Hero de Alejandría diseñó una serie de dispositivos que actuaban en función de la acción del agua, de chorros de vapor y de equilibrio de pesos. En el siglo VI los bizantinos crearon un reloj operado por agua para una estatua de Hércules. En el siglo IX, se construyeron mecanismos que imitaban el rugir de los leones y el canto de los pájaros para que el emperador bizantino Theophilus impresionara a los extranjeros (figura 1.a)

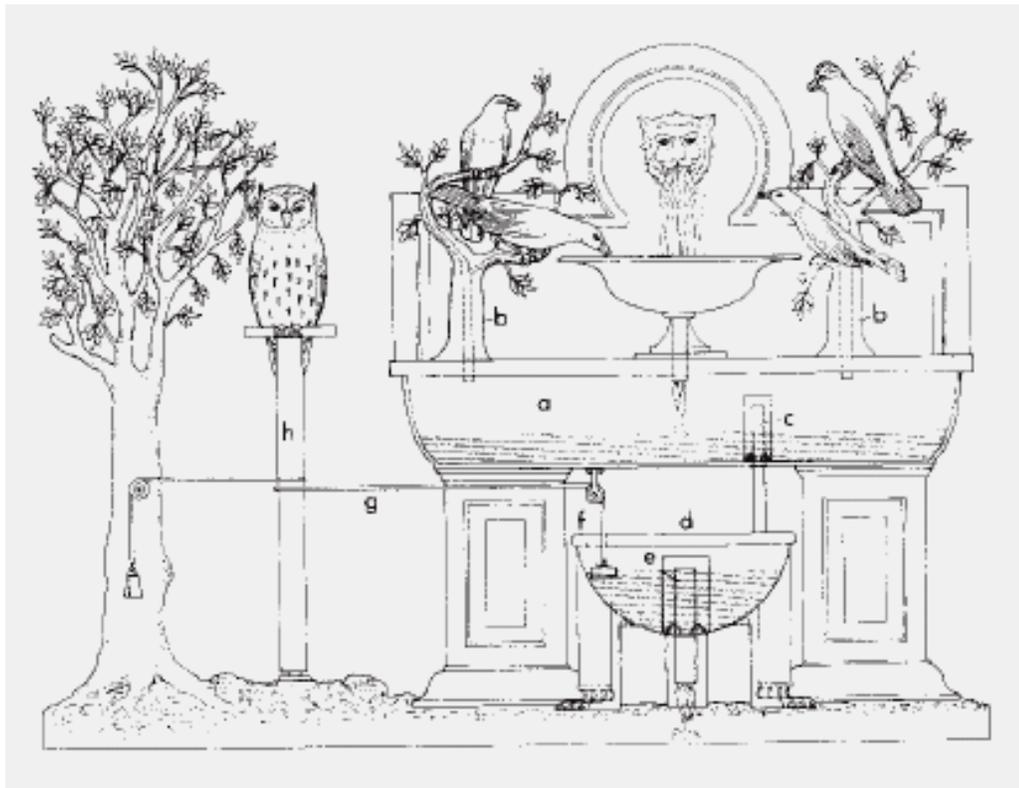


Figura 1.a

En el siglo XIII, Roger Bacon inventó una cabeza parlante y Albertus Magnus construyó un hombre de metal. Estos dos inventos pudieron ser el comienzo de lo que actualmente se conoce con el concepto de robot humanoide. En este mismo siglo el francés Guillaume Boucher diseñó una fuente mágica y el alemán John Muller, dos siglos después construyó un águila metálica capaz de volar.

En los siglos XVII y XVIII se construyeron en Europa gran cantidad de marionetas mecánicas con ciertos mecanismos de automatismo. Estas marionetas realizaban imitaciones de acciones humanas o de otros seres vivos y tuvieron gran auge y aceptación entre el público. La tecnología avanzó en tal medida que a mediados del siglo XVIII, Jacques Vaucanson construyó una especie de humanoide con labios de goma que se movían de manera que controlaban el flujo de aire y de este modo eran capaces de emitir notas musicales con el uso de una flauta. Colocando los dedos de forma adecuada sobre los agujeros de la flauta, el humanoide podía tocar un repertorio de 12 notas musicales. También construyó otros ingenios como un pato mecánico. En ese mismo siglo, un grupo de varios estudiosos e inventores formados por Jaques-Droz y otros familiares de éste crearon una familia de humanoides que escribían, dibujaban y tocaban instrumentos musicales (figura 1.b). Todas estas creaciones mecánicas, cuyo afán era el de imitar el comportamiento de seres vivos, no son más que invenciones aisladas que reflejan el ingenio de ciertos hombres que se anticiparon a su época. La única finalidad de los mecanismos construidos era el más puro entretenimiento. En ningún caso hasta la fecha se había buscado la creación con fines productivos. Sin embargo la experiencia adquirida, las habilidades desarrolladas y las innovaciones que se fueron produciendo, permitieron que el desarrollo de todos estos mecanismos y automatismos contribuyeran a la llegada de la revolución industrial, y búsqueda de creaciones con fines productivos.



Figura 1.b

Con el advenimiento de la revolución industrial comienza a aparecer nuevos mecanismos, pero en este caso ya no se busca la imitación física del ser humano, sino más bien facilitar y sustituir al trabajador en labores repetitivas. Esta época trae consigo un gran auge e incorporación de mecanismos en la industria; por ejemplo en el sector textil: la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785) y el telar de Jacquard que supuso el primer sistema de fabricación flexible controlado (1788) con un sistema de válvulas controladas automáticamente que permitió al motor de vapor ser el primer dispositivo automático capaz de mantener una velocidad constante de giro sin que afectaran los cambios de carga.

En el siglo XIX se inventan los motores de combustión capaces de llevar de manera repetitiva procesos como la succión, compresión y la ignición de la mezcla de combustible.

## Historia

La palabra robot, que significa labor del ser humano, fue inventada por el escritor dramaturgo checo Karel Capek (1890-1938) en su obra teatral "R. U. R. (Rossum's Universal Robots)" escrita en 1920, cuando se publicó este libro de ciencia ficción, decía que un científico inventó un robot para que ayudara a la gente a realizar una y otra vez un trabajo repetitivo. En el final de la historia los robots se vuelven en contra de los humanos y se apoderan del mundo.

Rossum es un científico inglés que creaba obreros artificiales tanto hombres como mujeres. El robot que es un "hombre esclavo" que no duerme, que trabaja de manera incansable y al final logran matar a su inventor. Los robots de Capek no eran de construcción mecánica, sino obtenidos por medios químicos. También introduce el concepto de "fabricación en línea" ejecutada por robots.

El concepto de máquinas automatizadas se remonta a la antigüedad, con mitos de seres mecánicos vivientes. Los autómatas, o máquinas semejantes a personas, ya aparecían en los relojes de las iglesias medievales, y los relojeros del siglo XVIII (ver figura 1.c y 1.d) eran famosos por sus ingeniosas criaturas mecánicas.

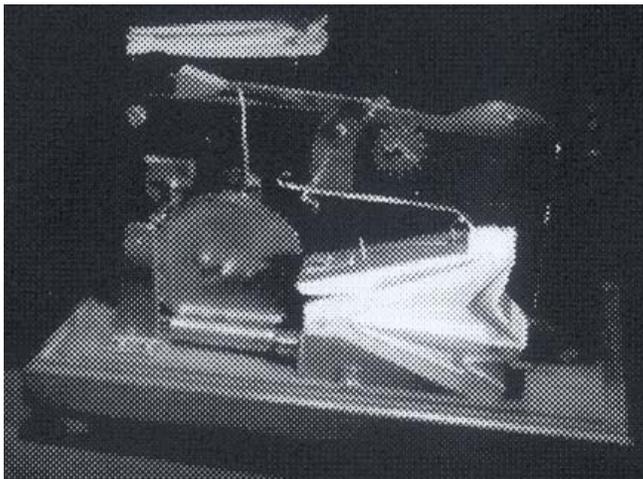


Figura 1.c

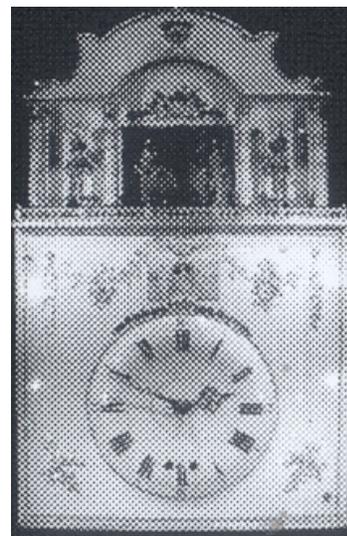


Figura 1.d

La idea de gente artificial viene desde al menos tan atrás como la leyenda de Cadmus, quien sembró dientes de dragón que se convertían en soldados; y el mito del Pygmalion, cuya estatua de Galatea volvió a la vida. En la mitología clásica, el deformado dios de los herreros (Vulcano o Hephaestus) creó sirvientes mecánicos inteligentes, hechos en oro a mano para mesas utilitarias de tres patas los cuales se podían mover por si mismos.

En el lejano norte de Canadá y en las leyendas de los Inuit se habla del Tupilaq (o Tupilak), el cual puede ser creado por un mago para cazar y asesinar a un enemigo. Usando un Tupilaq para acabar con la victima era algo peligroso, ya que si la víctima puede detener el ataque del Tupilaq, puede reprogramarlo con magia para que busque y destruya a su creador. Otra leyenda hebrea cuenta acerca del golem, la cual era una estatua animada por la magia cabalística

La automática o la cibernética nacen con los griegos y se expresa en sistemas sencillos que cumplen una misma tarea de manera rítmica, como es el caso de los juguetes de cuerda (inventos más cercanos al siglo XVIII francés). Algunos de los personajes que se destacaron fueron Jacques de Vaucanson, Pierre Henri-Louis y Jaquet-Droz, que crearon entre el siglo XVII y XVIII humanoides con mecanismos de reloj y el músico Henri Maillardet (1800), que complementó o varió los materiales de los humanoides.

Al inicio del año 1700, Jacques de Vaucanson también creó un androide que tocaba la flauta, así como un pato mecánico que continuamente comía y defecaba. También construyó varias muñecas mecánicas de tamaño humano que ejecutaban piezas de música mediados del siglo XVIII.

En uno de los cuentos de Hoffmann de 1817, “El Coco” representaba a una mujer que parecía una muñeca mecánica, y en la obra de Edward S. Ellis de 1865 “El Hombre de Vapor de las Praderas” expresa la fascinación americana por la industrialización.

Una oleada de historias acerca de humanoides autómatas culmina con el “Hombre Eléctrico” de Luis Senarens en 1885. La literatura responde al concepto de robots

reflejando los miedos humanos de ser reemplazados por sus propias creaciones. *Frankenstein* (1818), que en algunas veces es llamada la primera novela de ciencia ficción y convertida en sinónimo de tema.

Los primeros robots empleaban mecanismos de realimentación para corregir errores y que siguen empleándose actualmente, por ejemplo: el control por realimentación en el cual un bebedero emplea un flotador para determinar el nivel del agua. Cuando el agua cae por debajo de un nivel determinado, el flotador baja, abre una válvula y deja entrar más agua en el bebedero. Al subir el agua, el flotador también sube, y al llegar a cierta altura se cierra la válvula y se corta el paso del agua.

El primer auténtico controlador realimentado fue el regulador de Watt, inventado en 1788 por el ingeniero británico James Watt. Este dispositivo constaba de dos bolas metálicas unidas al eje motor de una máquina de vapor y conectadas con una válvula que regulaba el flujo de vapor. A medida que aumentaba la velocidad de la máquina de vapor, las bolas se alejaban del eje debido a la fuerza centrífuga con lo que se cerraba la válvula. Esto hacía que disminuyera el flujo de vapor a la máquina y por tanto la velocidad.

El control por realimentación, el desarrollo de herramientas especializadas y la división del trabajo en tareas más pequeñas que pudieran realizar obreros o máquinas fueron ingredientes esenciales en la automatización de las fábricas en el siglo XVIII. A medida que mejoraba la tecnología se desarrollaron máquinas especializadas para tareas como poner tapones a las botellas o verter caucho líquido en moldes para neumáticos.

A partir de 1930, los llamados “robots de demostración” (criaturas metálicas de tamaño natural) desbancaron a los autómatas. Sus exhibiciones asombraron al público. Pero ni unos ni otros podían tomar decisiones, ni tampoco reaccionar, por sí mismo a los estímulos externos.

En 1932, el robot Alpha asombro a los visitantes de la radio, exhibición celebrada en Londres, mientras su creador afirmaba que era el robot más perfecto del mundo, ya que

podía disparar un revolver, hablar con visitantes, silbar durante media hora y leer en cualquier idioma, esto asombro a la gente, pero al parecer Alpha solo fue una broma de alguien, ya que en la actualidad no existe un robot con todas esas características.

En 1940, Isaac Asimov volvió a referirse a los robots en sus libros. El término robótica lo usa en 1942, en una pequeña historia titulada Run Around. Fue un escritor obsesionado por la inteligencia mecánica. Sus obras de los años cincuenta predecían la utilización de ordenadores y robots, que ahora son una realidad.

En 1950, su colección de relatos “yo, robot” supuso una nueva y positiva actitud hacia la vida artificial. Asimov es más famoso por haber inventado las tres leyes de la robótica, formuladas para garantizar que los robots siempre protejan a la humanidad.

Las tres leyes que invento Isaac Asimov son las siguientes:

1. Un robot no puede herir ni permitir, por pasividad, que se le infieran daños a un ser humano
2. Un robot debe obedecer las órdenes de los seres humanos, excepto si las mismas entran en conflicto con la primera ley
3. Un robot debe proteger su propia vida, siempre que tal protección no contravenga la primera o la segunda ley.

En Inglaterra en el año de 1947 se invento un Robot de cocina diseñado por el inventor británico Kenneth Wood, y fue lanzado al mercado en el mismo año. El Robot de cocina de Kenneth Wood fue la primera de estas poderosas máquinas que se presentaba con toda una variedad de accesorios intercambiables tales como: exprimidor, rueda para amasar, molinillo, abrelatas, cortador, desmenuzador, mezclador y centrifugadora.

En este mismo año (1947) es cuando se da el gran salto en los Estados Unidos, los laboratorios Bell inventan el transistor que era mas pequeño y fiable que la válvula de vacío. Se empezó a reemplazar en todo tipo de maquinas, desde aparatos de radio hasta controles robóticos. La reducción continuó hasta colocar un circuito electrónico completo en un pequeño trozo de silicio; luego vendría la compresión de varios en idéntico soporte. Había nacido el chip de silicio.

Las investigaciones sobre inteligencia mecánica comenzaron en 1940, a cargo del matemático Alan Turing. Pero sería hasta 1956 en que el científico especialista en robots llamado John McCarthy quien utilizó el término “Inteligencia Artificial”, sin embargo fue Marvin Minsky quien definió a la inteligencia artificial como: “La ciencia de fabricar maquinas que hagan cosas que requerirían inteligencia si las hicieran los hombres.”

Alan Turing, cansado de complejas discusiones sobre como juzgar y medir la inteligencia creo un test de gran sencillez, al que se le llamo “Test de Turing” y funciona así:

“La persona que pregunta se sienta frente a un monitor que esta conectado a un ser humano y a una maquina, situados en habitaciones separadas. El interpelado debe averiguar, mediante una serie de preguntas y respuestas, cual de los dos es el humano. Si la maquina consigue engañarlo, entonces es inteligente “.

En 1952, una máquina prototipo de control numérico, fue el objetivo de demostración en el Instituto Tecnológico de Massachusetts después de varios años de desarrollo.

En 1954 G.C. Devol desarrolló diseños para transferencia de artículos programados y también un brazo primitivo que se podía programar para realizar tareas específicas. El desarrollo del brazo artificial multi articulado o manipulador, llevó al moderno robot. En este mismo año, Goertz hizo uso de la tecnología electrónica y del servo control sustituyendo la transmisión mecánica por eléctrica y desarrollando así el primer tele manipulador con servo de control bilateral.

La primera patente de un dispositivo robótico fue solicitada en marzo de 1954 por el inventor británico C. W. Kenward. Dicha patente fue emitida en el Reino Unido en 1957, sin embargo fue George C. Devol, ingeniero norteamericano, inventor y autor de varias patentes, quien estableció las bases del robot industrial moderno. En 1954 Devol concibió la idea de un dispositivo de transferencia de artículos programada, esta fue patentada en Estados Unidos en 1961.

En 1956, con la ahora famosa conferencia de Dartmouth, organizada por John McCarthy y en la cual se utilizó el nombre de inteligencia artificial para este nuevo campo, se separó la Inteligencia Artificial de la ciencia del computador. Se estableció como conclusión fundamental la posibilidad de simular inteligencia humana en una máquina. La Inteligencia Artificial tuvo su aparición a partir de la conferencia efectuada en el Dartmouth College en 1956 (aquí nace la Inteligencia Artificial)

En 1956 Joseph F. Engelberger, director de ingeniería de la división aeroespacial de la empresa Manning Maxwell y Moore en Stanford, Connecticut. Juntos Devol y Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, fundando la Consolidated Controls Corporation, que más tarde se convierte en Unimation (Universal Automation), e instalando su primera máquina Unimate (1960), en la fábrica de General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en una aplicación de fundición por inyección.

En 1957 McCarthy desarrolló el lenguaje LISP. La IBM contrató un equipo para la investigación en esa área y el gobierno de Estados Unidos aportó dinero al MIT también para investigación en 1963. En la década de los 60's se comienza en el MIT el estudio de la visión artificial, lo cual implica no solo captar imágenes a través de una cámara, sino también la comprensión de lo que estas imágenes representaban.

Otro de los pioneros de la tele manipulación fue Ralph Moshier, ingeniero de General Electric que en 1958 desarrolló un dispositivo denominado Handy-Man (figura 1.e), consistente en dos brazos mecánicos teleoperados mediante un maestro del tipo denominado exoesqueleto y junto con la industria nuclear, a lo largo de los años sesenta la industria submarina comenzó a interesarse por el uso de los telemanipuladores.

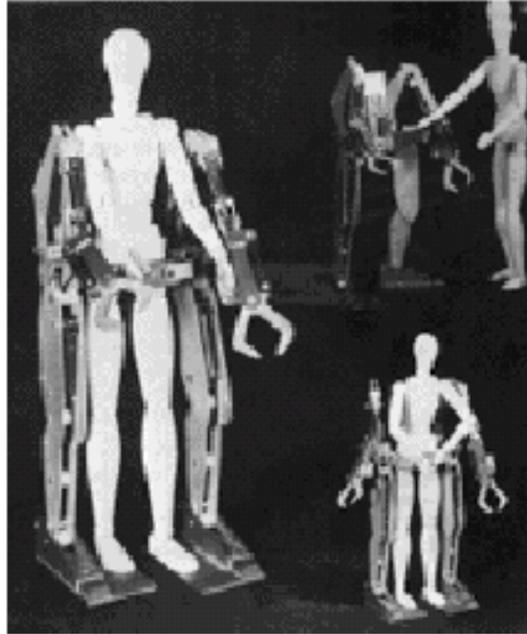


Figura 1.e

En 1959, se introdujo el primer robot comercial por Planet Corporation, el cual era controlado por interruptores de fin de carrera.

A finales de los años 50's y comienzos de la década del 60's se desarrolla un programa orientado a la lectura de oraciones en inglés y la extracción de conclusiones a partir de su interpretación, al cual su autor, Robert K. Lindsay, denomina "Sad Sam". Este sistema representó un enorme paso de avance en la simulación de inteligencia humana por una máquina que era capaz de tomar una pieza de información, interpretarla, relacionarla con información anteriormente almacenada, analizarla y sacar conclusiones lógicas. También se dan a conocer los robots industriales llamados Unimates construidos por George Devol Y Joe Engelberger. A Engelberger se le llamo padre de la robótica ya que fue el que creo al Unimation e impulso este tipo de maquinas.

En 1960 se construyó un robot que podía mirar una torre de cubos y copiarla, pero la falta de sentido común lo llevó a hacer la torre desde arriba hacia abajo, soltando los bloques en el aire.

En 1961, un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel.

En el año 1963, el francés Fierre Verdun, chef de cocina e inventor, presentó su propio aparato, el Robot-Coup, que consistía en un depósito cilíndrico, provisto de una cuchilla interior que giraba muy cerca del fondo y de las paredes. Este aparato había alcanzado popularidad entre los chefs profesionales y, para atender al mercado nacional, Verdun creó el Magimix, más compacto y aerodinámico.

En 1966 Trallfa, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por pulverización.

En 1968, un robot móvil llamado ‘Shakey’ se desarrolló en Standford Research Institute (SRI), estaba provisto de una diversidad de sensores, así como una cámara de visión y sensores táctiles que podía desplazarse por el suelo.

En 1968 J.F. Engelberger visitó Japón y poco más tarde se firmaron acuerdos con Kawasaki para la construcción de robots tipo Unimate. El crecimiento de la robótica en Japón aventaja en breve a los Estados Unidos gracias a Nissan, que formó la primera asociación robótica del mundo, llamada Asociación de Robótica Industrial de Japón (JIRA) en 1972. Dos años más tarde se formó el Instituto de Robótica de América (RIA), que en 1984 cambió su nombre por el de Asociación de Industrias Robóticas.

En los años setenta, la evolución de los tele manipuladores a lo largo de los últimos años no ha sido tan espectacular como la de los robots. Recluidos en un mercado selecto y limitado (industria nuclear, militar, espacial, etc.) son en general desconocidos y comparativamente poco atendidos por los investigadores y usuarios de robots. Por su propia concepción, un tele manipulador precisa el mando continuo de un operador, y salvo por las aportaciones incorporadas con el concepto del control supervisado y la mejora de la tele presencia promovida hoy en día por la realidad virtual, sus capacidades no han variado mucho respecto a las de sus orígenes.

En el año 1971, Cari Sontheimer, de Connecticut, un ingeniero electrónico ya retirado, muy aficionado a la cocina, impresionado por la máquina Magamix de reducidas dimensiones, capaz de moler, triturar, desmenuzar, cortar, reducir a puré, pulverizar, mezclar y licuar, se hizo con los derechos de distribución en Estados Unidos.

Por su parte Europa tuvo un despertar más tardío. En 1973 la firma sueca ASEA construyó el primer robot con accionamiento totalmente eléctrico, en 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo Suecia. También se desarrolló en Stanford Research Institute el primer lenguaje de programación de robots del tipo de computadora para la investigación con la denominación WAVE, este 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.

Para el año de 1974 Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instaló un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas.

En 1975, el ingeniero mecánico estadounidense Víctor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stanford, en California, desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (PUMA, siglas en inglés). Este era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance. El concepto básico multiarticulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales. En este mismo año el robot ‘Sigma’ de Olivetti se utilizó en operaciones de montaje, una de las primitivas aplicaciones de la robótica.

Finalmente, el resto de los robots instalados en 1979 se dedicaban al montaje y labores de inspección. En dicho año, la industria del automóvil ocupaba el 58% del parque mundial, siguiendo en importancia las empresas constructoras de maquinaria eléctrica y electrónica.

En 1980 se incrementa el uso de los brazos industriales modernos. También el diccionario Oxford definía el robot como un aparato mecánico que se parece al hombre y actúa como

tal. En este mismo año, 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.

La configuración de los primeros robots respondía a las denominadas configuraciones esférica y antropomórfica, de uso especialmente válido para la manipulación. En 1982, el profesor Makino de la Universidad Yamanashi de Japón, desarrolla el concepto de robot SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) que busca un robot con un número reducido en grados de libertad (3 o 4), un coste limitado y una configuración orientada al ensamblado de piezas(figura 1.f).

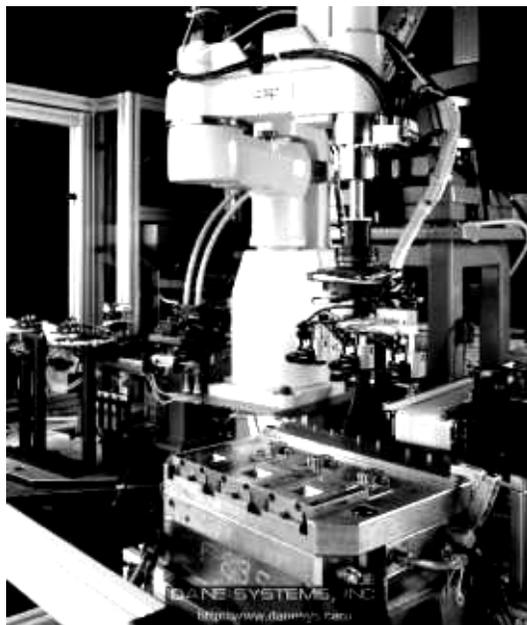


Figura 1.f

En 1983 el Informe emitido por la investigación en Westinghouse Corporation 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.

Para 1984 los Robots 8, demostraban la operación típica de estos sistemas que permitía se desarrollaran programas de robots utilizando gráficos interactivos en una computadora personal y después se cargaban en el robot. Con todo esto se desarrollo el WABOT-2 capaz de tocar un reducido número de notas en un órgano melódico.

En 1985, WASUBOT, que tenía un parecido a los anteriores, pudo interpretar el Arias de Sol, de J. S. Bach, con una orquesta sinfónica.

En 1986 los ingenieros de Honda empezaron a trabajar en la problemática de que un robot pudiera caminar, hasta esa fecha muchos documentos científicos habían señalado la dificultad de fabricar robots caminantes. El primer gran humanoide que realmente llego a la sociedad fue el robot diseñado y fabricado por HONDA desde 1986 hasta la actualidad. Otros robots bípedos y humanoides también destacaron durante este tiempo, pero el robot que recibió el nombre de "ASIMO" fue el principal referente.

Cuando HONDA llegó a la conclusión de que un robot pudiera aplastar a su propietario no era muy comercial. Entonces surgió ASIMO, un pequeño robot de 1,20 cm de altura y 43 kg de peso que podría maravillar al mundo saliendo en la televisión sin riesgo para sus coetáneos. ASIMO ha cambiado mucho desde su primera aparición a principios de milenio. En un principio pesaba 54 Kg. pero a base de "dieta tecnológica" ha pasado a pesar 43 Kg (en Enero de 2004). La "dieta tecnológica" más popular es sin lugar a dudas la japonesa, la cultura de la nanotecnología y miniaturización arrasa en el mercado tecnológico japonés.

Entre 1987 y 1991 HONDA trabajó en las siguientes versiones del robot: E1, E2, E3. Entre 1991 y 1993 con las nuevas versiones E4, E5 y E6 se empezaron a emplear conceptos como el Zero Moment Point (ZMP), que hoy en día componen el ABC de la robótica bípeda.

En septiembre de 1987, 160 científicos en informática, física, biología y otras disciplinas se reunieron en el Laboratorio Nacional de Los Álamos para la primera conferencia

internacional sobre Vida Artificial. En esta conferencia se definieron los principios básicos que han marcado la pauta para la investigación de esta disciplina.

Entre 1993 y 1997 surgieron P1, P2 y P3, auténticas máquinas humanoides con tanto nivel de detalle que el público empezó a asombrarse con los resultados obtenidos. El modelo más voluminoso llegó a ser el P2 que pesaba 210 Kg y medía 1,82 mts.

En 1996 la empresa HONDA constructora de automóviles presenta al P2 llamado “HONDA SAPIENS”, capaz de ir adelante y atrás y de subir escaleras, este tipo de robot tiene brazos y pinzas en las manos.

En 1997 el parque mundial de robots alcanza la cifra de 831,000 unidades, de los cuales la mitad se localiza en Japón.

En el año 2002, algunas de las compañías japonesas más grandes, en especial Honda y Sony, han comenzado a vender comercialmente robots humanoides como “mascotas”. Los robots con forma de perro. Sin embargo, se encuentran en fase de producción muy amplia, el ejemplo más notorio ha sido Aibo de Sony (figura 1.g)



Figura 1.g

Se pensaba que para el 2002, iniciaría la liga humanoide. El popular campeonato de fútbol para robots, ROBOCUP, acoge básicamente a equipos de robots rodantes.

En las populares series de televisión como “Robot Wars” y “Battlebots”, de batallas estilo sumo entre robots, el éxito de las Bombas Inteligentes en los conflictos armados, los comedores de pasto “gastrobots” en Florida, y la creación de un robot comedor de lingotes en Inglaterra, sugieren que: el miedo a las formas de vida artificial haciendo daño o la competencia con la vida salvaje, no es una ilusión.

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), ha creado un forum competitivo que inspira a la gente joven, sus escuelas y comunidades a apreciar la ciencia y la tecnología. Su Competencia Robótica es una competencia multinacional que reúne a profesionales y jóvenes para resolver un problema de diseño de ingeniería de una manera muy competitiva.

En 2003 la competencia alcanzó a más de 20,000 estudiantes en más de 800 equipos en 24 competencias. Los equipos vinieron de Canadá, Brasil, Reino Unido, y casi de todos los estados de Estados Unidos. A diferencia de las competencias de los robots de lucha sumo que tienen lugar regularmente en algunos lugares, o las competencias de “Battlebots” transmitidas por televisión, estas competencias incluyen la creación de un robot.

Algunos críticos cuestionan la clase o tipo de ética en el que un robot emergerá, si la temprana evolución es guiada solo por las competencias de trabajo y violencia.

## Aspectos históricos importantes

- A mediados del siglo XVIII: -J. de Vaucanson construyó varias muñecas mecánicas de tamaño humano que ejecutaban piezas de música.
- J. Jacquard inventó su telar, que era una máquina programable para la servidumbre.
- 1805 -H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.
- 1946 -El inventor americano O. C. Devol desarrolló un dispositivo controlador que podía registrar señales eléctricas por medios magnéticos y reproducirlas para accionar una máquina mecánica.
- 1951 -Trabajo de desarrollo con teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejar materiales radioactivos.
- 1952 -Una máquina prototipo de control numérico fue objeto de demostración en el Instituto de Tecnología de Massachusetts después de varios años de desarrollo. Un lenguaje de programación de piezas denominado APT (Automatically Programmed Tooling -Herramental Automáticamente Programado) se desarrolló posteriormente y se publicó en 1961.
- 1954 -El inventor británico C. W. Kenward solicitó una patente para diseño de robot.
- O. C. Devol desarrolla diseños para «transferencia de artículos programados».
- 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», basado en la «transferencia de artículos programados» de Devol. Este utilizaba los principios del control numérico para el control del manipulador y era un robot de transmisión hidráulica.
- 1961 -Un robot Unimate se instaló en la Ford Motor Company para atender una máquina de fundición en troquel.
- 1966 Tralífa, una firma noruega, construyó e instaló un robot de pintura por

- pulverización
- 1968 Un robot móvil llamado «Shakey» se desarrolló en Stanford Research Institute. Estaba provisto de una diversidad de sensores, incluyendo una cámara de visión y sensores táctiles, y podía desplazarse por el suelo.
- 1971 El «Stanford Arm», un pequeño brazo de robot de accionamiento eléctrico, se desarrolló en Stanford University.
- 1973 Se desarrolló en SRI el primer lenguaje de programación de robot 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 Victor 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 los laboratorios Charles Stark Draper Labs en Estados Unidos.
- 1978 -Se introdujo el robot Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA) para tareas de montaje por Unimation, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.  
 - El robot T3 de Cincinnati Milacron se adaptó y programó para realizar operaciones de taladrado y circulación de materiales en componentes de aviones, bajo el patrocinio de Air Force ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing).
- 1979 Desarrollo del robot del tipo SCARA (Selective Compliance Arm for

- Robotic Assembly) 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 la 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 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 introduce 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 de robot AML, desarrollado por IBM, se introdujo también para programar el robot RS-1.
- 1983 Informe emitido sobre la investigación en Westinghouse Corporation 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 Varios sistemas de programación fuera de línea se demostraron en la exposición Robots 8. La operación típica de estos sistemas permitía que se desarrollaran programas de robot utilizando gráficos.
1985. Un robot de la Kawasaki mata a un mecánico japonés en un mal funcionamiento
1986. -El robot jugador de tenis de mesa de Anderson le gana a un ser humano.  
-La máquina de ajedrez HiTech de CMU compite en un torneo de nivel master.  
- La policía de Dallas usa un robot para entrar en las casas

De la robótica industrial se pueden distinguir cinco fases importantes:

- 1 1950 El laboratorio ARGONNE diseña en 1950, manipuladores con sistema amo-esclavo para manejar material radioactivo.
- 2 1958-1968 Unimation, fundada en 1958 por Engelberger y hoy absorbida por Whestinghouse, realiza los primeros proyectos de robots a principios de la década de los sesentas de nuestro siglo, instalando el primero en 1961 y posteriormente, en 1967, un conjunto de ellos en una factoría de General Motors. Tres años después, se inicia la implantación de los robots en Europa, especialmente en el área de fabricación de automóviles. Japón comienza a implementar esta tecnología hasta 1968.
- 3 1970 Los laboratorios de la Universidad de Stanford y del MIT acometen la tarea de controlar un robot mediante computador.
- 4 1975\* La aplicación del microprocesador, transforma la imagen y las características del robot, que hasta ese momento es grande y costoso.
- 5 1980\* En este año se da fuerte impulso en la investigación por parte de empresas fabricantes de robots, otros auxiliares y diversos departamentos de Universidades de todo el mundo, sobre la informática aplicada y la experimentación de los sensores, cada vez mas perfeccionados, potencian la configuración del robot inteligente capaz de adaptarse al ambiente y tomar decisiones en tiempo real, adecuadas para cada situación.

\*En esta fase que dura desde 1975 hasta 1980, la conjunción de los efectos de la revolución de la Microelectrónica y la revitalización de las empresas automovilísticas, produjo un crecimiento acumulativo del parque de robots, cercano al 25%. En poco más de 30 años las investigaciones y desarrollos sobre robótica industrial han permitido que los robots tomen posiciones en casi todas las áreas productivas y tipos de industria.

Las eras por las que ha pasado la Inteligencia Artificial, son las siguientes:

- (1956-1965) Se antepone principalmente el énfasis en la implementación de juegos en el computador (ajedrez, damas etc.), Así como en la demostración de teoremas.
- (1965-1970) Se le llama la etapa oscura, debido a que se apoya en el entusiasmo por la Inteligencia Artificial
- (1970-1975) Etapa del renacimiento de la Inteligencia Artificial, iniciado en la universidad de Standford con el sistema experto medico mycin (experto en enfermedades infecciosas de la sangre como la meningitis).
- (1975-1980) Etapa de las sociedades. Se identifica la necesidad de trabajar en sociedad con profesionistas en otras áreas del conocimiento.

### **La robótica en la actualidad**

Los robots son usados hoy en día para llevar a cabo tareas que son demasiado sucias, peligrosas, difíciles, repetitivas o embotadas para los humanos. Otras aplicaciones incluyen la limpieza de residuos tóxicos, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres (figura 1.h), exploración espacial (figura 1.i).

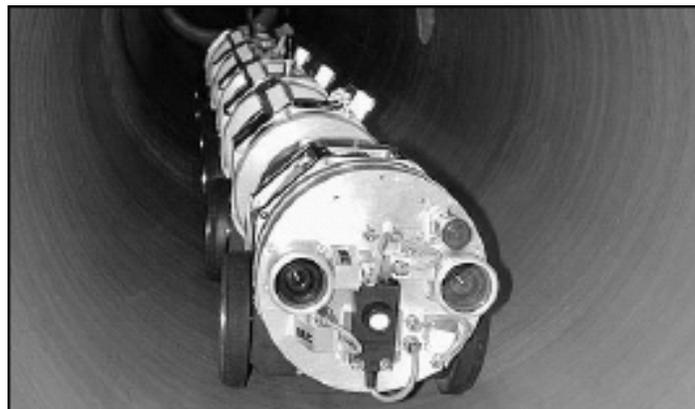


Figura 1.h



Figura 1.i

La manufactura continúa siendo el principal mercado donde los robots son utilizados. En particular, los robots articulados son los más usados comúnmente. Las aplicaciones incluyen soldado, pintado y carga de maquinaria. La Industria automotriz ha tomado gran ventaja de esta nueva tecnología donde los robots han sido programados para reemplazar el trabajo de los humanos en muchas tareas repetitivas.

Recientemente, se ha logrado un gran avance en los robots dedicados a la medicina, con dos compañías en particular, Computer Motion e Intuitive Surgical, que han recibido la aprobación regulatoria en América del Norte, Europa y Asia para que sus robots sean utilizados en procedimientos de cirugía invasiva mínima. La automatización en los laboratorios también es un área en crecimiento. Los robots son utilizados para transportar muestras biológicas o químicas entre instrumentos, tales como incubadoras, manejadores de líquidos y lectores. Otros lugares donde los robots están reemplazando a los humanos son en la exploración del fondo oceánico y exploración espacial. Para esas tareas, robots de tipo artrópodo son generalmente utilizados.

Robots con alas experimentales y otros ejemplos que explotan el biomimetismo también están en fases previas. Se espera que los así llamados “nanomotores” y “cables inteligentes” simplifiquen drásticamente el poder de locomoción, mientras que la estabilización en vuelo parece haber sido mejorada substancialmente por giroscopios extremadamente pequeños. Un impulsor muy significativo de este tipo de trabajo es el desarrollar equipos de espionaje militar.

## **Tendencias futuras**

Cuando se intento por primera vez imitar los pasos humanos y animales, se descubrió que era difícil, ya que se requería más poder computacional que el que se encontraba disponible en ese tiempo. Se comenzó con pequeños exópodos y otros tipos de robots de múltiples piernas. Estos robots imitaban insectos y artrópodos en funciones y forma. La tendencia se dirige hacia ese tipo de cuerpos que ofrecen gran flexibilidad y han probado adaptabilidad a cualquier ambiente. Solo recientemente se han hecho progresos hacia los robots con locomoción bípeda.

Una tendencia también relacionada es que los robots parecen estar abaratándose y empequeñeciéndose en tamaño, esto se debe a la miniaturización de los componentes electrónicos que se utilizan para controlarlos. Muchos robots son diseñados en simuladores antes de que sean construidos e interactúen con ambientes físicos reales.

# **Capítulo II**

## **Clasificación**

## **Arquitectura de los robots**

La arquitectura esta definida por el tipo de configuración general del robot y puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot. El metamorfismo admite diversos niveles desde los más elementales -cambio de herramienta o de efector terminal-, hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales.

La subdivisión de los robots con base en su arquitectura se hace en los siguientes grupos: Poliarticulados, Móviles, Androides, Zoomórficos e Híbridos.

### **Poliarticulados**

Bajo este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios –aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados- y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad.

En este grupo se encuentran los manipuladores, los robots industriales, los robots cartesianos y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o deducir el espacio ocupado en el suelo.

### **Móviles**

Son robots con grandes capacidades de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores.

Las tortugas motorizadas diseñadas en los años cincuenta fueron las precursoras y sirvieron de base a los estudios sobre inteligencia artificial desarrollados entre 1965 y 1973 en la Universidad de Stanford. Estos robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación guiados mediante pistas materializadas a través de la

radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoelectrónicamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

### **Androides**

Son robots que intentan total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica y destinados fundamentalmente al estudio y experimentación. Uno de los aspectos más complejos de estos robots y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos es el de la locomoción bípeda. En este caso el principal problema es controlar dinámica y coordinadamente en el tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

### **Zoomórficos**

Los robots zoomórficos que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los robots zoomórficos no caminadores están muy poco evolucionados. En cambio, los robots zoomórficos caminadores múltipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, piloteados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots son interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

### **Híbridos**

Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en la combinación con alguna de las anteriores ya expuesta, bien ya sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, es al mismo tiempo uno de los atributos de los robots móviles y de los robots zoomórficos. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales.

En parecida situación se encuentran algunos robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como andróides, tal es el caso de los robots personales.

## **Clasificación por el tipo de control**

En esta clasificación se encuentran los robots de secuencia controlada, trayectoria operada/continua, adaptativos y teleoperador.

### **Secuencia controlada**

El robot tiene un sistema de control en el que los movimientos se realizan en un orden determinado.

### **Trayectoria operada/continua**

El robot desarrolla un procedimiento controlado donde tres o más ejes en movimiento operan de acuerdo a las especificaciones de trayectoria requerida para alcanzar la próxima posición deseada, normalmente alcanzada por interpolación.

### **Adaptativos**

El robot que tiene un control sensorial, adaptativo o funciones para control mediante aprendizaje. Se dice que el control es adaptativo si los parámetros del sistema de control son ajustados a partir de las condiciones detectadas durante el proceso. Se dice que es sensorial si el movimiento del robot y la fuerza de éste se ajustan de acuerdo a las salidas que proporcionan los sensores externos. Y se dice que es mediante aprendizaje cuando la experiencia obtenida durante ciclos anteriores se usa de modo automático para cambiar los parámetros de control y/o los algoritmos.

### **Teleoperador**

Robot que puede ser operado de modo remoto por un operador humano. Su función es la de una extensión de las funciones del sistema motor-sensorial humano.

## Clasificación por el tipo de estructura mecánica

En esta clasificación los robots se pueden diferenciar por el tipo de estructura mecánica que tienen, dentro de esta podemos encontrar a los siguientes: cartesianos, SCARA, angular, paralelos, cilíndricos y esféricos.

### Cartesianos

Son aquellos formados por tres articulaciones de tipo prismático, compuestas según tres ejes cartesianos ortonormales entre sí (figura 2.a)

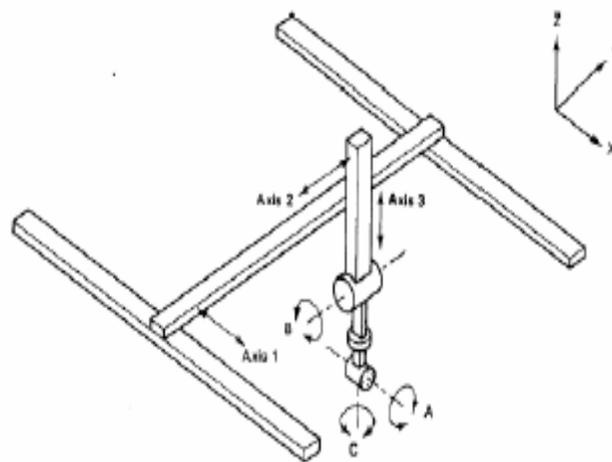


Figura 2.a

### SCARA

Este tipo de robot presenta la misma secuencia de articulaciones que el tipo de esférico, sin embargo su disposición es diferente. Los tres ejes de las articulaciones son paralelos entre sí. La principal característica de esta configuración es la rapidez y alta precisión que se puede conseguir (figura 2.b)



Figura 2.b

### Angular o Antropomórficos

Se puede considerar una variante del esférico en el que la última articulación, la prismática, se ha sustituido por una de tipo rotacional con el eje paralelo al de la articulación intermedia. Se caracterizan por la facilidad de realizar trayectorias complejas, presentar alta maniobrabilidad y accesibilidad con obstáculos (figura 2.c).

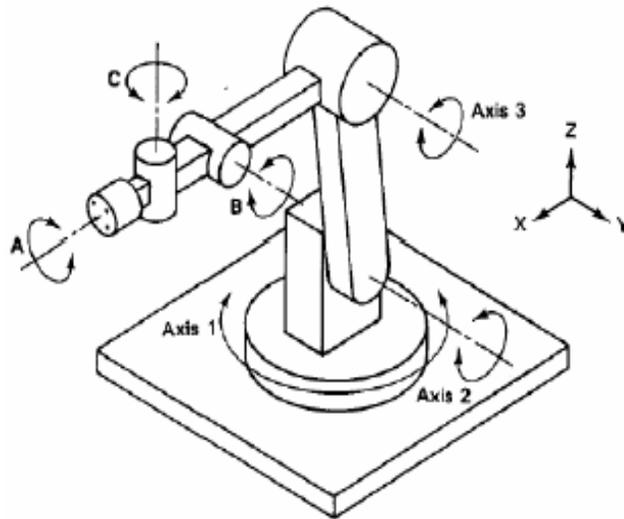


Figura 2.c

### Paralelos

Se trata de una configuración especial que ofrece seis grados de libertad. La posición y orientación del efector final es controlada por medio del desplazamiento de seis articulaciones prismáticas conectadas a la base del robot por medio de una junta universal, y al efector final por medio de otra articulación esférica de tres grados de libertad (figura 2.d)

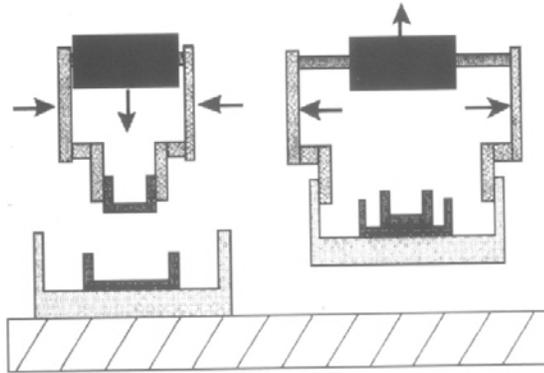


Figura 2.d

### Cilíndricos

Este tipo de robot es similar a los cartesianos en sus últimas articulaciones, presentando la diferencia con respecto a ellos en que la articulación de la base pasa a ser de tipo rotacional con eje paralelo al de la segunda articulación (figura 2.e)

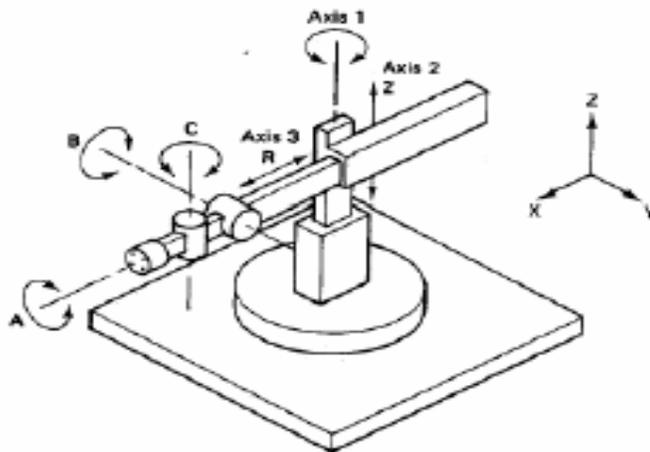


Figura 2.e



### **Servo controlados punto a punto**

Para controlarlos sólo se les indican los puntos iniciales y finales de la trayectoria; el ordenador calcula el resto siguiendo ciertos algoritmos. Normalmente pueden memorizar posiciones.

## **Clasificación por función**

En esta clasificación encontramos a los robots pero dependiendo en gran medida por la función que realiza y el área en que se encuentran. En estos encontramos a los de producción, de exploración, de rehabilitación.

### **De producción**

Son usados para la manufactura de bienes, pueden a su vez ser de manipulación, de fabricación, de ensamblado y de test.

### **De exploración**

Son usados para obtener datos acerca de terreno desconocido, pueden ser de exploración terrestre, minera, oceánica, espacial, etc.

### **De rehabilitación**

Son usados para ayudar a discapacitados, pueden ser una prolongación de la anatomía, o sustituir completamente la función del órgano perdido.

## **Clasificación en función de las áreas de aplicación**

Los robots no sólo pueden clasificarse atendiendo a alguna característica de éstos sino que también, y teniendo en cuenta la gran variedad de ámbitos donde se emplean los robots, éstos pueden clasificarse en función de sus áreas de aplicación.

- Ensamblado: agrupa los robots utilizados en el ensamblado, inserción, montaje, corte, soldadura, etc.
- De procesamiento especial: agrupa a los robots que llevan a cabo cortes mediante láser o chorro de agua a presión.
- De entrenamiento/investigación/educación.
- De medicina, inspección y testeo.
- De empaquetado y paletizaje.
- De estampado
- De tratamiento a altas temperaturas
- De modelado de plásticos
- De soldadura: agrupa a los robots de soldadura de arco, punto, gas, láser, etc
- De pintura y pegado
- De carga y descarga

### **Clasificación desde el punto de vista de la robótica industrial**

Dentro de la clasificación industrial podemos encontrar diferentes clasificaciones como: Manipuladores, Robots de repetición o aprendizaje, Robots controlados por computadora, Robots inteligentes, Microrrobots

#### **Manipuladores**

Estos son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control que permite gobernar el movimiento de sus elementos. Estos a su vez se clasifican en: manual, de secuencia fija y de secuencia variable.

- **Manual.** Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador
- **De secuencia fija.** Cuando se repite de forma invariable el proceso de trabajo preparado previamente
- **De secuencia variable.** Se pueden alterar algunas características de los ciclos

### **Robots de repetición o aprendizaje**

Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos previamente ejecutada por un operador humano haciendo uso de un control manual o un dispositivo auxiliar. En la actualidad es el que más se utiliza en la industria y por el tipo de programación a que se hará referencia recibe el nombre de gestual.

### **Robots con control por computadora**

Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un computador que habitualmente suele ser un microordenador.

En este tipo de robots el programador no necesita mover realmente el elemento de la máquina cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por computadora dispone de un lenguaje específico compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador. A esta programación se le denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador.

Las grandes ventajas que ofrecen en este tipo de robos hacen que se vayan imponiendo en el mercado rápidamente lo que exige la preparación urgente de personal calificado capaz de desarrollar programas similares a los de tipo informático.

### **Robots inteligentes**

Son parecidos a los controlados por computadora pero a diferencia de estos tienen la capacidad de relacionarse con el mundo real (el mundo que les rodea) a través de sensores apropiados y tomar decisiones adecuadas a las circunstancias en tiempo real, se dice que son autoprogramables.

De momento son muy poco conocidos en el mercado y se encuentran en fase experimental, en la que se esfuerzan los grupos de investigadores por potenciarlos y hacerlos mas efectivos, al mismo tiempo que más aceptables. La visión artificial, el sonido de máquinas y la inteligencia artificial son las ciencias que más se están estudiando para su aplicación en los robots inteligentes.

### **Micro robots**

Con fines educacionales, de entretenimiento o de investigación existen numerosos robots de formación o micro robots a un precio muy accesible y cuya estructura y funcionamiento son similares a los de aplicación industrial. Algunos son autónomos y otros funcionan si están conectados a una computadora hogareña con su correspondiente software. Su costo es accesible al usuario medio y por ello se transforma en una herramienta valiosa para los que se quieran iniciar en la robótica.

## **Clasificación de los robots industriales basados en generaciones**

Debido al avance tecnológico, la robótica ha venido evolucionando a través de generaciones que permiten diferenciarla desde sus inicios hasta la actualidad. Esto ha permitido que se pueda clasificar por medio de generaciones.

### **Primera generación**

El sistema de control usado en la primera generación de robots esta basado en las “paradas fijas” mecánicamente. Podemos considerar como ejemplo esta primera etapa a aquellos mecanismos de relojería que permiten mover a las cajas musicales o a los juguetes de cuerda. Este tipo de control es muy similar al ciclo de control que tienen algunos lavadores de ciclo fijo y son equivalentes en principio al autómata escribiente. Son útiles para las aplicaciones industriales de tomar y colocar pero están limitados a un número pequeño de movimientos.

### **Segunda generación**

Utiliza una estructura de control de ciclo abierto, pero en lugar de utilizar interruptores y botones mecánicos utiliza una secuencia numérica de control de movimientos almacenados en un disco o cinta magnética. El programa de control entra mediante la elección de secuencias de movimiento en una caja de botones o a través de palancas de control con los que se “camina”, la secuencia deseada de movimiento. El mayor número de aplicaciones en los que se utilizan los robots de esta generación son la industria automotriz, en soldadura, pintado con spray, etcétera. Este tipo de robots constituyen la clase más grande de robots

industriales en Estados Unidos, incluso algunos autores sugieren que cerca del 90% de los robots industriales en Estados Unidos pertenecen a esta segunda generación de control.

### **Tercera generación**

Esta generación utiliza las computadoras para su estrategia de control y tiene algún conocimiento del ambiente local a través del uso de sensores, los cuales miden el ambiente y modifican su estrategia de control, con esta generación se inicia la era de los robots inteligentes y aparecen los lenguajes de programación para escribir los programas de control. La estrategia de control utilizada se denomina de “ciclo cerrado”

### **Cuarta generación**

Esta generación los califica de inteligentes con más y mejores extensiones sensoriales para comprender sus acciones y el mundo que los rodea. Incorpora un concepto de “modelo del mundo” de su propia conducta y del ambiente en el que operan. Utilizan conocimiento difuso y procesamiento dirigido por expectativas que mejoran a la supervisión del ambiente global registrando los efectos de sus acciones en un modelo del mundo y auxiliar en la determinación de tareas y metas

### **Quinta generación**

Esta generación actualmente se encuentra en desarrollo, la cual pretende que el control emerja de la adecuada organización y distribución de módulos conductuales.

## **Clasificación por tipos de robots**

Existe una gama de robots cuya utilidad depende de las aplicaciones para las cuales fueron diseñados. La evolución de los robots a lo largo de la historia ha dado lugar a muchos tipos de clasificaciones posibles, en las cuales la mayor parte de las veces no son rigurosas y se van modificando conforme avanza la tecnología. Una clasificación un tanto general de acuerdo a la utilidad social de los robots sería la siguiente:

### **Robots industriales**

Son los que más aplicación útil han tenido para la sociedad, visto desde el punto de vista práctico ya que los productos que ellos fabrican por lo general salen para consumo masivo.

También son llamados manipuladores ya que realizan tareas repetitivas y se emplean en gran escala en la industria automotriz, en la electrónica y en otras, donde se utilizan para armar o ensamblar automáticamente los respectivos productos, taladran, ponen componentes, los ajustan, soldan, pintan, transportan piezas, etc.

Generalmente tienen la forma de un brazo mecánico donde se adapta en su extremo la herramienta que sea necesaria.

### **Vehículos de control remoto**

Pueden ser clasificados dentro de la categoría de robots y se utilizan para movilizar herramientas o instrumentos en los sitios donde el hombre no puede acceder debido a las condiciones físicas o climáticas del lugar.

Los hay terrestres, submarino, aéreos y espaciales, siendo éstos los más sofisticados. Podemos citar como ejemplos los robots que se emplean para construir túneles, apagar incendios, los militares, los misiles teledirigidos, los vehículos espaciales teledirigidos o autónomos que permiten recorrer la superficie de un planeta o satélites, los que tienden cables submarinos, los que explotan el fondo del mar dirigidos desde un barco, etcétera.

### **Prótesis para uso humano**

También pueden considerarse como robots, ya que reemplazan funciones en los miembros inferiores y superiores de los seres humanos. Se han desarrollado verdaderas obras de arte en aparatos electromecánicos y electrónicos que realizan en forma parecida al trabajo de las manos con sus dedos y las piernas.

### **Robots didácticos o experimentales**

Están dedicados a la enseñanza y aprendizaje de la robótica y no cumplen una área específica como tal. Generalmente podemos decir que hay dos tipos de robots didácticos:

- Estáticos, que van sobre una base fija.
- Móviles que van montados sobre una plataforma que se puede desplazar sobre una superficie lisa.

### **Robots de juguete**

Son dispositivos generalmente fabricados en serie y que imitan o inclusive cumplen algunas funciones similares a las de los robots didácticos o experimentales y algunas veces se confunden con ellos.

Hay algunos con forma de humanoides o de robots tipo vehículo-control remoto, algunos tienen un control remoto, otros funcionan de forma autónoma y otros tienen una interface a una computadora.

### **Robots de uso casero**

Son uno de los grandes sueños de la humanidad, ya que con ellos se espera lograr el ayudante perfecto para las tareas domésticas que tanto nos aburren a diario. Este tipo de robot debe tener libre movimiento, es decir no debe estar conectado a un control externo y por lo tanto tiene su propio sistema de control. Podría pensarse en ellos para que limpien, preparen y sirvan los alimentos, transporten objetos, etcétera.

### **Otros tipos de robots**

Evidentemente que no se pueden clasificar en las categorías mencionadas y que tienen diferentes aplicaciones, como las manos teledirigidas que sirven para trabajar con productos radioactivos o peligrosos, o las plataformas automatizadas para el manejo de mercancías en bodegas o libros en bibliotecas, etcétera.

# **Capítulo III**

## **Componentes**

## Optoelectrónica

La optoelectrónica es la unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos. Los componentes optoelectrónicos son aquellos capaces de convertir energía luminosa en eléctrica o viceversa. Se clasifica básicamente en:

- Conversión de energía eléctrica a energía radiante.
- Conversión de energía radiante a energía eléctrica.

### **Conversión de energía eléctrica a energía radiante**

La conversión de energía eléctrica a energía radiante se basa en la excitación a través de la corriente eléctrica, que provoca en aquellos la emisión de energía luminosa en forma de radiaciones visibles o no. A estos dispositivos se les llama *Electroluminiscentes*.

Sin embargo, específicamente llamamos electroluminiscentes a aquéllos que responden a la corriente eléctrica. Al aplicarle una corriente a dichos dispositivos, los electrones se mueven del material N hacia el P y se combinan con los huecos. Cuando los electrones se mueven del alto estado energético de la banda de conducción al bajo estado energético de la banda de valencia, fotones de energía son liberados. Dichos materiales pueden emitir luz visible o como en el caso de los diodos infrarrojos, luz infrarroja.

Son componentes electroluminiscentes los LED (Light Emitting Diode) y todas sus configuraciones, los diodos emisores de infrarrojos IRED (Infrared Emitting Diode), diodos LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation), que producen la emisión estimulada de los fotones como una radiación monocromática y los visualizadores de cristal líquido LCD (Liquid Crystal Display).

### **Conversión de energía radiante a energía eléctrica**

A partir de una excitación luminosa se producen o controlan cambios de energía eléctrica. Este tipo de dispositivos a menudo son llamados *fotosensibles*. En este caso, la energía que entra al cristal de semiconductor excita a los electrones a niveles más altos de energía,

dejando huecos atrás; posteriormente estos electrones y huecos se alejan unos de otros, conformando una corriente eléctrica.

Entre estos componentes se encuentran la resistencia variable con la luz, fopilas, fototiristores, fotoleds, fotodiodos y fototransistores bipolares.

### **LED (Diodo Emisor de Luz)**

Es un dispositivo semiconductor que emite radiación visible, infrarroja o ultravioleta cuando se hace pasar un flujo de corriente eléctrica a través de este en sentido directo (figura 3.a)

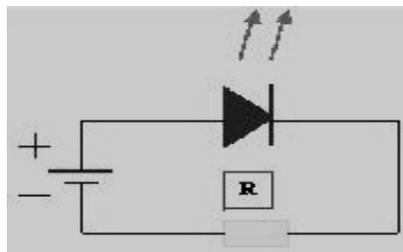


Figura 3.a

Esencialmente es una unión P-N cuyas regiones P y regiones N pueden estar hechas del mismo o diferente semiconductor. El color de la luz emitida está determinado por la energía del fotón (figura 3.b)

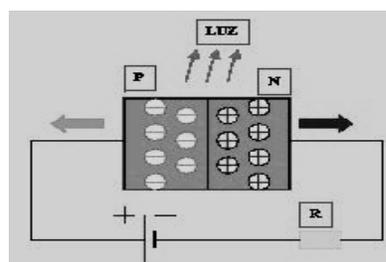


Figura 3.b

Los elementos que componen la cubierta de los LED's son transparentes o coloreados, de un material resina-epoxy de forma adecuada y dentro del chip semiconductor (figura 3.c). Las terminales se extienden por debajo de la cápsula del LED o foco e indican como deben ser conectados al circuito. El lado negativo está indicado de dos formas:

1. Por la cara plana del foco.
2. Por el de menor longitud. El terminal negativo debe ser conectado al terminal negativo de un circuito.



Figura 3.c

### **Resistencia Variable con la Luz (LDR)**

Una resistencia Variable con la Luz, conocida mejor como fotorresistencia o celda fotosensible, es un dispositivo optoelectrónico capaz de variar su resistencia según la luz que incide en él. Cuanta mas sea la intensidad de luz que incida en su superficie menor será su resistencia y cuanta menos luz incida mayor será la resistencia. En una LDR se han de tener en cuenta lo siguiente:

- La amplitud de resistencias. Sin luz, una buena resistencia Variable con la Luz se ha de comportar como un circuito abierto, y su mínima resistencia ha de ser lo más pequeña posible, en torno a los cien ohmios, o menos si pudiera ser (figura 3.d)
- El tiempo que emplea una resistencia Variable con la Luz en pasar de un estado de máxima resistencia, a otro de mínima resistencia, es decir, lo que tarda en conmutar desde una posición de circuito "cerrado" a otro estado de circuito "abierto". Este tiempo ha de ser lo más pequeño posible, y ha de estar en torno al segundo (figura3.e).



Figura 3.d



Figura 3.e

### **Diodos emisores de infrarrojo (IRED)**

Los LED's utilizados en aplicaciones electrónicas, debido a la respuesta espectral del silicio y a consideraciones de rendimiento, son normalmente diodos emisores de infrarrojos, IRED. Este tipo de diodo es un LED que emite luz invisible en la región del infrarrojo cercano. Sus fundamentos son los mismos que para los diodos LED; encontrando la única diferencia en su espectro de radiación: su longitud de onda se sitúa por debajo del espectro visible, y se emplean cuando se requiere una radiación no visible, por ejemplo en el control remoto, optoacopladores, detectores, etc.

### **Diodo láser**

El diodo láser es una forma especial de LED o IRED con dimensiones físicas y propiedades ópticas estrechamente controladas en la zona de la unión productora de luz. Esto hace posible conseguir una cavidad resonante óptica para la longitud de onda operativa tal, que la realimentación óptico-eléctrica asegure una producción de luz monocromática direccional con un elevado rendimiento. El estrecho e intenso haz virtualmente monocromático y la alta frecuencia de funcionamiento son características típicas del diodo láser, pueden ser muy ventajosas en aplicaciones tales como fibra óptica, interferometría, sistemas de alineamiento preciso y sistemas de exploración.

La cavidad óptica de precisión es de difícil fabricación y puede originar tensiones en la estructura del cristal láser que, en caso de producirse, causarían una rápida disminución de la potencia de salida luminosa. Aunque los diodos láser ofrecen un elevado uso, son en contrapartida de utilización poco económica y por otra parte su fiabilidad debe comprobarse en cada aplicación.

Las características eléctricas del LED, diodo láser e IRED son similares a las de otros diodos de unión PN en lo que se refiere a presentar una caída de tensión directa, ligeramente superior a la de los diodos de silicio y a la reducida tensión de ruptura inversa como consecuencia de los niveles de dopado requeridos para una eficiente producción.

## **Láseres**

La tecnología del láser trata con la concentración de luz en rayos muy pequeños y poderosos. La palabra láser es un acrónimo que se seleccionó para nombrar esta tecnología cuando hubo un cambio de microondas a ondas de luz.

### **Tipos de láseres**

Básicamente hay cuatro tipos de láseres: gas, líquido, sólido y semiconductor

- **Láseres gaseosos.** Utilizan una mezcla de helio y neón encerrados en un tubo de vidrio. Un flujo de ondas de luz coherente (una frecuencia) se emite por una conexión de salida, cuando una corriente eléctrica descarga en el gas. La salida de onda de luz continua es monocromática (un color).
- **Láseres líquidos.** Utilizan pinturas orgánicas contenidas en un tubo de vidrio para un medio activo. La pintura es circulada en el tubo con una bomba. Una pulsación de luz poderosa estimula a la pintura orgánica.
- **Láseres sólidos.** Utilizan un cristal sólido, cilíndrico, tal como un rubí, para el medio activo. Cada punta del rubí es pulida y paralela. El rubí se excita por una lámpara de tungsteno, amarrada a una fuente de poder de corriente alterna. El resultado del láser es una onda continua.
- **Láseres semiconductores.** Están hechos de uniones p-n, semiconductores, y comúnmente se llaman diodos de inyección láser (ILD). El mecanismo de excitación es una fuente de poder de corriente directa que controla la cantidad de corriente al medio activo. La luz de salida de un ILD fácilmente se modula, haciéndola muy útil en muchas aplicaciones electrónicas.

### **Características del láser**

- Todos usan un material activo para convertir la energía en luz láser
- Una fuente de bombeo para proporcionar potencia o energía
- Ópticas para dirigir el rayo por el material activo que se debe amplificar
- Ópticas para dirigir el rayo en un cono de divergencia poderoso y angosto
- Un mecanismo de alimentación para proporcionar un funcionamiento continuo
- Una conexión de salida para transmitir la potencia fuera del láser

### **Aplicaciones del Láser**

Desde su comienzo, los láseres han sido dispositivos comúnmente usados para aplicaciones comerciales e industriales. Los láseres se usan en las comunicaciones electrónicas, en olografía, en medicina, en la búsqueda de direcciones y fabricación.

En las comunicaciones electrónicas, los láseres son usados en audio, video y transmisión de televisión. Los rayos del láser tienen un ancho de banda muy angosto y son altamente direccionales.

### **Fotodetectores**

Los detectores de luz que son dispositivos basados en la tecnología de semiconductores de silicio, producidos en gran escala y que convierten las señales de luz en señales eléctricas.

### **Fotodiodo**

Un fotodiodo consiste en esencia de una unión de material "P" y material "N" polarizada inversamente, en la cual la corriente inversa está en función de la luz que incide en el fotodiodo y se considera que a mayor intensidad de luz existe una corriente de fuga mayor. Cuando la luz de longitud de onda apropiada es dirigida hacia la unión, se crean pares hueco-electrón que se desplazan a través de la unión debido al campo generado en la región de dopado. El fotodiodo se comporta básicamente como un generador de corriente constante hasta que se alcanza la tensión de avalancha (figura 3.f).

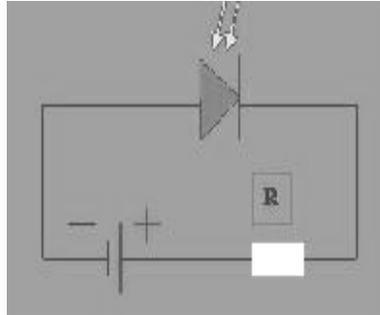


Figura 3.f

### Fotodiodo de avalancha

El fotodiodo de avalancha utiliza la multiplicación por avalancha para conseguir amplificar la fotocorriente creada por los pares hueco-electrón. Esto proporciona una elevada sensibilidad y gran rapidez. Sin embargo, el equilibrio entre ruido y ganancia es difícil de conseguir y como consecuencia, el costo es alto. Asimismo la estabilidad de temperatura es deficiente y se requiere una tensión de alimentación de valor elevado (100-300V), estrechamente controlada. Por estas razones, el fotodiodo de avalancha tiene limitadas aplicaciones.

### Características

- **Corriente Oscura (Dark Current):** Es la corriente en inversa del fotodiodo cuando no existe luz incidente.
- **Sensibilidad:** Es el incremento de intensidad al polarizar el dispositivo en inversa por unidad de intensidad de luz, expresada en luxes.
- **Geometría:** Presenta una construcción análoga a la de un diodo LED.

### Aplicaciones

- Comunicaciones ópticas.
- Fotómetros.
- Control de iluminación y brillo.
- Control remoto por infrarrojos.
- Monitorización de llamas de gas y de petróleo (radiación ultravioleta centrada en la banda de 310 nm)
- Enfoque automático y control de exposición en cámaras.

Cuando son combinados con alguna fuente de luz:

- Codificadores de posición.
- Medidas de distancia.
- Medidas de espesor.
- Transparencia.
- Detectores de proximidad y de presencia.
- Sensado de color para inspección y control de calidad.

Cuando se hace un arreglo de sensores:

- Reconocimiento de formas
- Lectores de tarjetas codificadas

### **Fototransistor**

Un fototransistor es una combinación integrada de fotodiodo y transistor bipolar NPN (sensible a la luz) donde la base recibe la radiación óptica.(figura 3.g) El funcionamiento de un fototransistor viene caracterizado por los siguientes puntos:

- Al exponer el fototransistor a la luz, los fotones entran en contacto con la base del mismo, generando huecos y con ello una corriente de base que hace que el transistor entre en la región activa, y se presente una corriente de colector a emisor. Es decir, los fotones en este caso, reemplazan la corriente de base que normalmente se aplica eléctricamente. La característica más sobresaliente de un fototransistor es que permite detectar luz y amplificar mediante el uso de un sólo dispositivo.
- La sensibilidad de un fototransistor es superior a la de un fotodiodo, ya que la pequeña corriente fotogenerada es multiplicada por la ganancia del transistor.

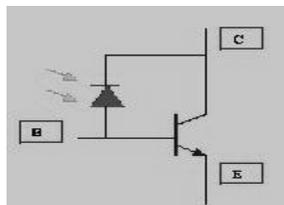


Figura 3.g

### **Fotodarlington**

Básicamente, este dispositivo es el mismo que el transistor sensible a la luz, excepto que tiene una ganancia mucho mayor debido a las dos etapas de amplificación, conectadas en cascada, incorporadas en una sola pastilla (figura 3.h).

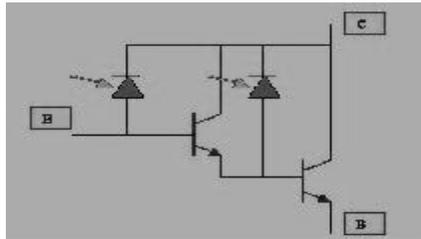


Figura 3.h

### **Foto SCR**

El circuito equivalente con dos transistores del rectificador controlado de silicio mostrado en la figura ilustra el mecanismo de conmutación de este dispositivo (figura 3.i).

La corriente debida a los fotones, generada en la unión PN polarizada en sentido inverso, alcanza la región de puerta y polariza en sentido directo el transistor NPN, iniciando la conmutación.

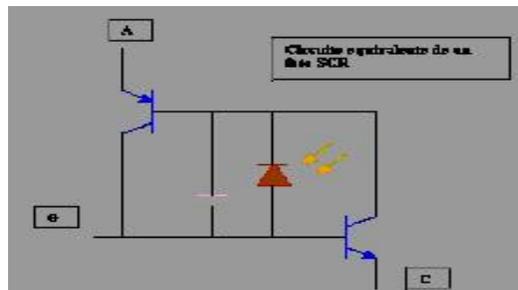


Figura 3.i

### **Optoacopladores**

Un optoacoplador es un dispositivo que contiene una fuente de luz y un detector fotosensible separados una cierta distancia y sin contacto eléctrico entre ellos. La clave del funcionamiento de un optoacoplador está en el emisor, un LED que generalmente es un IRED cuya energía radiante está dentro de la región de los Infrarrojos, y en el detector fotosensible a la salida puede ser un fototransistor. Dichos componentes se encapsulan

conjuntamente y de tal forma que las radiaciones emitidas por el diodo incidan sobre el fototransistor. Al estar compuestos por un componente electroluminiscente (generalmente un diodo IRED) y otro fotosensible (fototransistor), su empleo es muy importante en aplicaciones en las que el aislamiento de ruido y de alta tensión y el tamaño son características determinantes.

### **Características de un optoacoplador**

- **Aislamiento de alto voltaje.** El aislamiento de alto voltaje entre las entradas y las salidas son obtenidos por el separador físico entre el emisor y el sensor. Este aislamiento es posiblemente el avance más importante de los optoacopladores. Estos dispositivos pueden resistir grandes diferencias de potencial, dependiendo del tipo de acople medio y la construcción del empaquetado.
- **Aislamiento de ruido.** El ruido eléctrico en señales digitales recibidas en la entrada del optoacoplador es aislado desde la salida por el acople medio, desde el diodo de entrada el ruido de modo común es rechazado.
- **Ganancia de corriente.** La ganancia de corriente de un optoacoplador es en gran medida determinada por la eficiencia de los sensores npn y por el tipo de transmisor usado, algunos casos elimina la necesidad de amplificadores de corriente en la salida.
- **Tamaño.** Las dimensiones de estos dispositivos permiten ser usados en tarjetas impresas estándares. Los empaquetados de los optoacopladores son, por lo general, del tamaño del que tienen los transistores.

### **Sensores**

El desarrollo con éxito de la tarea de un robot depende absolutamente de que éste tenga información correcta y actualizada a un ritmo suficientemente rápido, de su propio estado y de la situación del entorno. En particular, deben conocerse la posición, velocidad y aceleración de las articulaciones para estar seguros de que el robot sigue una determinada

trayectoria y también de que alcanza la posición final deseada en el instante requerido, y con la mínima o ninguna sobreoscilación. Los sensores que permitirán este conocimiento, así como en general todos aquellos que produzcan información sobre el estado del propio robot, serán llamados sensores internos.

Por otra parte, en la mayoría de las tareas es necesario conocer datos del mundo que rodea al robot, como distancias a objetos (o contacto con ellos), fuerza ejercida por la mano en las operaciones de presión, o ejercida por objetos externos (su peso), etc. Este tipo de conocimiento se puede adquirir con dispositivos muy diferentes, desde los más simples (microinterruptores) a los más complejos (cámaras de TV). Todos estos sensores que dan información acerca de lo que rodea al robot serán llamados externos. A continuación se detallan las clases de sensores:

### **Sensores internos.**

En los sensores internos podemos encontrar los sensores de posición, sensores de tipo óptico, optointerruptores, sensores de velocidad. A continuación se detalla cada uno.

### **Sensores de posición**

Son los que dicen en qué posición, o, más exactamente, en qué punto de su recorrido permitido se encuentra una articulación. Según esta sea rotacional o traslacional, el sensor deberá tener una estructura mecánica adaptada a la medición de ángulos o de distancias. Existen dos tipos fundamentales: eléctricos y ópticos. Entre los primeros destacan:

- **Potenciómetros:** Consisten en un contacto que se mueve sobre un hilo de material resistivo arrollado en espiral. La resistencia es proporcional a la cantidad de hilo desde el inicio hasta la posición del contacto móvil.
- **Sincros y resolvers:** Son sensores de posición exclusivamente angulares, que no requieren contacto físico entre las piezas, por lo que se deterioran menos. Hoy día no se suelen emplear porque dan señal analógica, y además por su peso y costo. Se basan en un montaje similar a un transformador, en el que tres bobinas dispuestas en

estrella rodean a un primario, que está mecánicamente fijo, pero al que se aplica una tensión variable.

### **Sensores de tipo óptico**

Estos son especialmente importantes por ser los más usados, y entre ellos el ejemplo casi exclusivo son los codificadores (o encoders) ópticos de posición, que se basan en el principio del optointerruptor.

### **Optointerruptores**

Son interruptores de fin de carrera (es decir, no detectan cuál es la posición de la articulación, sino sólo si ésta ha llegado o no a un punto determinado de su recorrido, usualmente el tope). No usan contactos mecánicos, sino un fotodiodo (o fotorresistencia) y un LED (diodo emisor de luz) que emite frente a él. Al moverse la articulación un disco o tope acoplado con ella (usualmente el motor) interrumpe la luz del LED, dando en el fotodiodo un blanco negativo que es detectado por la circuitería apropiada. Hay versión tanto lineal como rotacional.

### **Sensores de velocidad**

Miden la velocidad (normalmente, angular, puesto que suelen ser rotacionales) a la que gira la articulación a que se conectan. Existen dos tipos: eléctricos y ópticos.

### **Sensores externos**

Estos sensores dan información acerca de sucesos y estado del mundo que rodea al robot, es decir, monitorizan dinámicamente la relación de un robot con su entorno, y el desarrollo de la ejecución de una tarea. Idealmente, deben alterar lo menos posible el entorno que monitoricen.

### **Sensores de proximidad**

Señalan la distancia entre el punto terminal (u otro punto) del robot, y otros objetos. Pueden ser de contacto, o sin contacto físico.

**\* De contacto:**

Son simples microinterruptores colocados en el robot, o en algún punto que se piense que puede chocar. Detienen o hacen retroceder el elemento cuando se activan. Pueden usarse para controlar cuando una articulación llega a su límite, o a una posición dada. En este caso se llaman de fin de carrera. Otro tipo de sensores con contacto físico son codificadores lineales acoplados a un vástago que se desliza sobre la superficie del objeto; si lo hace a velocidad constante, sirve para conocer el perfil del objeto por lectura sucesiva de su valor.

**\* Sin contacto:** Hay tres tipos:

- **De reflexión luminosa:** constan de una fuente de luz, una lente para focalizar la luz aproximadamente sobre el objeto, otra lente para concentrar la luz reflejada, y una fotorresistencia, que medirá la intensidad de luz recibida. Esta está relacionada con la distancia al objeto, pero también con la intensidad a través de la fotorresistencia (a tensión constante), lo cual relaciona indirectamente a ésta con la distancia.
  
- **De fibra óptica:** La fibra óptica es fibra de vidrio que conduce la luz basándose en el fenómeno de la refracción y el ángulo límite. Cuando la luz incide en la superficie de separación de dos medios viniendo desde el que tiene mayor índice de refracción hacia el que lo tiene menor, sí incide con un ángulo más pequeño de cierto valor pasa al segundo medio, refractándose. A partir de este principio se pueden construir sensores de distancia (o de presencia de objeto) de tres tipos: *de corte de haz*, en el que el objeto intersecta el haz entre dos cabos de la fibra óptica, si está allí; *de retroreflector*, en el que el mismo cabo de fibra óptica emite y recibe el rayo de luz reflejado por un catadióptico, y *de reflexión difusa*, igual que el anterior, pero en el que la reflexión la realiza la propia superficie del objeto. Todos ellos son sensibles a los mismos problemas que el tipo anterior, y por

ello también se usan más como detectores de presencia que para medir distancias.

- **Sensores láser:** Se basan en dos espejos perpendiculares acoplados a motores eléctricos que permiten detectar un láser de modo que apunte en cualquier dirección deseada del espacio.

### **Sensores de ultrasonidos**

Estos son uno de los tipos más usados de sensores de distancia sin contacto físico. Se basan en emitir pulsos de ultrasonidos, y medir el tiempo de vuelo entre la emisión y la recepción, conociendo la velocidad del sonido. La precisión puede llegar a ser de unos 0.5 cm en 2 m., pero esto es en condiciones óptimas.

### **Sensores de corriente inducida**

Se basan en usar una bobina por la que circula una corriente alterna que genera un campo magnético variable. Cuando esta bobina se acerca a un objeto de material ferromagnético (Fe, acero o Al) se generan en él corrientes parásitas, las cuales a su vez generan otro campo que tiende a anular al primero, con lo que la intensidad que circula por el solenoide varía, siempre que el voltaje se mantenga constante.

### **Sensores resistivos**

Se usan en aplicaciones de soldadura por arco voltaico, donde hay que mantener constante la altura sobre el material (normalmente, dos planchas metálicas) que está siendo unido.

### **Sensores de tacto**

No siempre es posible usarlos, pero cuando lo es son muy útiles; van desde los que sólo dan señal ON/OFF en puntos seleccionados, hasta los que dan una medida de la presión en cada punto. Por ahora, la mayoría son experimentales. Entre ellos cabe citar:

- \* *De varillas:* Son simplemente una matriz de varillas que se coloca horizontalmente y desciende hasta hacer contacto con el objeto.

\* *De fotodetectores*: Todas las varillas están cubiertas por una capa elástica. Son siempre de tipo ON/OFF, y presentan los problemas de que la capa elástica tiene cierta histéresis, y además se desgasta y hay que reemplazarla.

\* *De elastómeros de conductividad*: Se basan en que ciertos materiales elásticos (algunos plásticos, normalmente) pueden hacerse más o menos conductores impregnándolos con polvo de hierro o similar.

\* *De presión neumática*: Se basan en unos contactos regularmente distribuidos, y una lámina metálica que se sitúa sobre ellos, pero no los toca, porque entre ambos quedan unas cavidades que se llenan con aire comprimido.

\* *De polímeros (piel artificial)*: Se basan en que ciertos materiales, como el cuarzo o algunos polímeros sintéticos, presentan el fenómeno conocido como piezoelectricidad, que consiste en que generan una pequeña corriente eléctrica cuando se les presiona mecánicamente. Los sensores de polímeros se construyen con una capa protectora, una del material piezoeléctrico (fluoruro de polivinilo, PVDF) y otra con electrodos y columnas que se sitúa debajo. El PVDF es también piroeléctrico (genera carga al variar la temperatura), lo cual puede ser ventajoso en ciertas aplicaciones, pero en general es un inconveniente, ya que obliga a corregir las medidas con la temperatura ambiente.

### **Sensores de fuerza**

Son necesarios para ajustar correctamente la presión que ejercen los motores de la pinza de un brazo robot en operaciones de prensión, particularmente, en ensamblado de piezas, para así estar seguros de no romper éstas. También son prácticamente imprescindibles en operaciones de inserción en las que otros sensores no pueden actuar, por no tener acceso al lugar físico de la inserción.

### **Sensores de visión**

Envían al software de control y programación del robot una imagen de la escena o área de trabajo, que programas adecuados deben encargarse de interpretar para extraer la información útil sobre posiciones y orientaciones de los objetos presentes (o simplemente,

su presencia o ausencia). Los dispositivos de captura de la imagen son cámaras de televisión, bien de tubo de rayos catódicos, bien de tipo imagen, las más usadas hoy día en aplicaciones robóticas.

### **Sensores de imagen**

Son conocidos como CCD (Charge Coupled Device), son parte fundamental de las cámaras modernas y como unidad de captación de imagen para su posterior procesamiento, se utilizan en líneas de producción de control de calidad, inspección visual de piezas metálicas, unidades móviles autónomas para exploración en lugares de alto riesgo, unidades de reconocimiento de rostros en aeropuertos y como sistema de visión para los robots modernos, ya sean de tipo móvil, de exploración espacial o submarina. Hoy en día se vinculan más a las unidades robóticas, ya que la miniaturización ha alcanzado los niveles suficientes para que sean incorporadas a casi cualquier unidad robótica de cualquier tamaño, ya sea en una microcámara que se introduce en una sonda estomacal o como en el sistema de visión de la unidad de exploración espacial.

### **Alambres musculares**

Son alambres delgados y livianos de una aleación de níquel-titanio llamada nitinol. Es una aleación con memoria que puede asumir diferentes formas o fases a diferentes temperaturas.

Cuando ellos conducen corriente eléctrica, el alambre se calienta y se contrae logrando una fuerza utilizable para realizar movimientos lineales. La energía requerida para activar un alambre depende de su diámetro, largo y condiciones de su entorno.

Las ventajas de los alambres musculares son: tamaño pequeño, peso mínimo, bajo consumo, control preciso, activación por corriente continua o alterna, bajo magnetismo, larga vida y accionamiento lineal.

## **Tipos de fibras**

Además del vidrio, el plástico también puede ser usado en la fabricación de fibras ópticas, tenemos entonces tres tipos básicos:

- \* Fibras con núcleo de plástico y capa plástica
- \* Fibras con núcleo de vidrio y capa plástica, también llamadas PCS
- \* Fibras con núcleo de vidrio y capa de vidrio

Los vidrios empleados en la fabricación de las fibras pueden contener también materiales como el plomo, sodio o también boro. Las propiedades conferidas por estos materiales pueden volver a las fibras más adecuadas para aplicaciones específicas.

## **Fibras plásticas**

Las fibras ópticas de plástico son construidas con material transparente que presentan como principal propiedad el diámetro elevado, flexibilidad y fácil preparación de los acoplamientos. Las extremidades pueden ser preparadas para conexiones ópticas simplemente mediante el corte con una hoja de afeitar. Mientras tanto estas fibras presentan pérdidas razonables lo que limita sus aplicaciones a la transmisión de señales que no sobrepasan algunos metros.

## **Fibras de vidrio**

Por sus propiedades este es el material preferido en la fabricación de las fibras ópticas. Sometido a una temperatura elevada en el extremo, el conjunto se funde y escurre dando origen a un hilo fino que es la fibra óptica.

## **Fibras de sílice**

El sílice es un material que existe en la forma natural como el cuarzo. Este material puede ser producido sintéticamente y presenta pérdidas ópticas internas muy bajas lo que lo hace ideal para la fabricación de fibras ópticas.

Sin embargo este material presenta un índice de refracción muy bajo en relación al vidrio y otros materiales como el propio aire que debe envolverlo, lo que dificulta su utilización en la práctica, pues la capa externa debe tener un índice de refracción todavía menor.

### **Fibras PCS**

Estas fibras consisten en un modelo de sílice puro sobre el cual se aplica una capa de resina de silicón de menor índice de refracción. Esta técnica permite la construcción de fibras ópticas de grandes diámetros. Las pérdidas obtenidas para estas fibras no son de las menores ocurriendo una cierta penetración de luz en el material de la capa externa, pero los valores son aceptables para muchas y variadas aplicaciones.

Este tipo de pasaje de la luz del núcleo hacia el material exterior ocurre principalmente en los modos de propagación de mayor orden, cuando el ángulo de incidencia en las paredes es mayor. Esto significa que la fibra debe ser usada con ángulos de abertura menores de modo que se evite la incidencia de la radiación en ángulos en que las pérdidas sean mayores con este tipo de fibra.

### **Motores paso a paso**

Los motores paso a paso o PAP son un tipo especial de motores que permiten el avance de su eje de ángulo muy precisos y por pasos en las dos direcciones posibles de movimiento, izquierda o derecha. Aplicando a ellos una determinada secuencia de señales digitales, avanzan por pasos hacia un lado u otro y se detienen exactamente en una determinada posición. Cada paso tiene un ángulo muy preciso determinado por la construcción del motor, lo que permite realizar movimientos exactos sin necesidad de un sistema de control por lazo cerrado.

A un motor paso a paso se le puede ordenar por medio del control que avance cinco o diez pasos hacia delante, luego un determinado número de pasos hacia atrás o simplemente que no gire. Este sistema ha simplificado enormemente la implementación de automatismos y las aplicaciones de la robótica.

Los motores paso a paso presentan grandes ventajas con respecto a la utilización de servomotores debido a que se pueden manejar digitalmente sin realimentación, su velocidad se puede controlar fácilmente, tienen una larga vida, son pequeños, robustos y poseen un elevado torque en bajas revoluciones lo que permite un bajo consumo tanto en vacío como en plena carga, su mantenimiento es mínimo debido a que no tienen escobillas.

### **Ventajas de los motores paso a paso**

- \* Operan en lazo abierto
- \* Tienen alto torque a baja velocidad angular, lo cual es bueno para levantar cargas.
- \* Tienen alto torque de sostenimiento (se quedan bloqueados al mandarles una corriente constante).
- \* Son directamente compatibles con señales digitales de control, pues se activan y mueven cambiando el estado de sus bobinas.
- \* Los errores en la posición no son acumulativos de un movimiento a otro, en realidad, el error cometido no depende del punto en que se inició el movimiento, pues se mueven por pasos discretos.
- \* No necesitan encoders ni tacómetros (si no hay lazo cerrado, no hacen falta sensores internos). Esto, sin embargo, es en cierto sentido un inconveniente, porque el controlador no sabe si algo extraño está ocurriéndole al motor (obstáculo, etc.) Se puede, en todo caso, usar algún tipo de sensor barato y poco preciso.
- \* Si se quedan detenidos o agarrotados no sufren ni se queman
- \* Si falla la fuente de potencia, por cortocircuito del emisor y el colector de uno de los transistores de potencia, un motor CC se mueve a máxima velocidad, saliéndose de recorrido. Estos simplemente se paran.

### **Desventajas de los motores paso a paso**

- \* La potencia mecánica que pueden suministrar es, por el momento, demasiado pequeña para su uso en la mayoría de las aplicaciones robóticas.

\* Tienen un rendimiento muy bajo, pues buena parte de la energía suministrada se disipa en forma de calor en las bobinas del estator. Cuando más disipan es cuando están parados, a diferencia de los motores de corriente continua.

\* Pueden producirse errores de posición si se manda una secuencia de pasos a velocidad excesiva y al motor no le da tiempo a seguirlos, saltándose uno o más pasos de la secuencia.

\* Tienden a ser subamortiguados, es decir, oscilan alrededor de la posición final durante cierto tiempo.

### **Aplicaciones de los motores paso a paso**

- \* Robots
- \* Impresoras para computadora
- \* Graficadoras (plotters)
- \* Máquinas de coser
- \* Unidades de disco
- \* Registradoras
- \* Telefax
- \* Manejo de válvulas
- \* Posicionamiento de mecanismos en general

### **Tipos de motores paso a paso**

#### **\* De imán permanente.**

En este tipo de motor, su rotor es un imán permanente que posee una ranura en toda su longitud y el estator está formado por una serie de bobinas enrolladas alrededor de un núcleo o polo. Su funcionamiento se basa en la atracción y repulsión de polos magnéticos.

#### **\* De reluctancia variable.**

En estos motores el rotor está fabricado por un cilindro de hierro dentado y el estator está formado por bobinas que crean los polos magnéticos. Como

este tipo de motor no tiene un imán permanente cuando las bobinas no tienen corriente, lo que puede ser un inconveniente en un momento dado si hay una carga que presione al eje. Trabaja a mayor velocidad.

**\* Híbridos.**

Estos motores combinan las dos características anteriores, así logran un alto rendimiento a buena velocidad. En cuanto a la forma de conexión y excitación de las bobinas del estator los motores paso a paso se dividen en dos tipos: *Unipolares y Bipolares*

## **Programación**

Un robot no tiene ningún sentido sin un elemento software que permita programarlo. Este elemento software hace referencia al lenguaje de programación que permitirá, tanto definir como controlar la tarea a realizar.

La programación permite a los robots realizar las distintas tareas para las que fueron diseñados. Para especificar estas tareas, los lenguajes de programación permiten tratar al robot de manera que se le pueden introducir comandos con un nivel de abstracción suficiente, de forma que el robot sea manejado en términos comprensibles a un operador humano. La buena programación de un robot va a influir drásticamente en el desempeño del mismo.

La programación de robots no es excesivamente diferente a la programación de un computador; sin embargo presenta una serie de características especiales que deben de considerarse. La mayoría de las posibilidades que presenta un lenguaje de programación están relacionadas con la necesidad de especificar movimientos y localizaciones en las que se debe posicionar el robot.

Para programar un robot es necesario establecer una comunicación entre el programador y el robot, en la que se especifica de alguna manera qué tarea se pretende desarrollar. Una

primera forma de establecer esta comunicación para la programación es la denominada programación por aprendizaje o guiado. Este método de programación consiste básicamente en que el usuario describa manualmente la secuencia de movimientos que tras almacenar en memoria del controlador del robot, se podrá repetir posteriormente por el robot automáticamente. Otra manera de establecer comunicación entre el programador y el robot es utilizando un lenguaje de programación textual. En este caso se utiliza un lenguaje de alto nivel que interpreta el controlador para traducirlo en acciones concretas sobre el robot.

Por último cabe destacar la posibilidad de utilización del lenguaje natural como método de programación de un robot. En este caso se dispone de un sistema de reconocimiento de voz que permite traducir las órdenes habladas en comandos inteligibles por el robot. Este método de programación va ganando importancia en la actualidad, ya que permite un diálogo natural entre el programador y la máquina, y así un complejo programa puede ser especificado simplemente con una frase hablada.

## **Clasificación de los lenguajes de programación**

Se pueden clasificar los lenguajes de programación de robots atendiendo a distintos criterios:

### **Secuenciación de instrucciones.**

Permiten ejecutar una secuencia de instrucciones que consisten en posicionamiento y acciones diversas de los robots. A menudo, están formados por un conjunto de posiciones previamente almacenadas en la memoria de forma que durante la ejecución del programa se acceda a esas posiciones y se ejecuten acciones. También suelen disponer de métodos para acceder al estado de los sensores así como para la sincronización entre las distintas instrucciones.

### **Extensiones de lenguajes tradicionales.**

En este caso se trata de extensiones o librerías que añaden funcionalidades a los lenguajes de programación tradicionales (C, PASCAL, etc), lo que permitirá aprovechar la potencia de estos lenguajes ampliamente utilizados. Estas extensiones suelen permitir el acceso a los distintos accionadores y sensores del robot.

### **Lenguajes específicos para robots.**

En muchas ocasiones son los propios fabricantes los que proporcionan un lenguaje de programación específico para un determinado robot. Este tipo de lenguaje suele disponer de un mayor número de funcionalidades específicas del robot. La mayoría de las instrucciones de estos lenguajes son de movimiento, sin embargo la cantidad de comandos para el control de la lógica del programa suele ser inferior que en el caso de un lenguaje tradicional.

### **Lenguaje de programación gestual punto a punto**

El lenguaje de programación gestual punto a punto se aplica con el robot "in situ", recordando a las normas de funcionamiento de un magnetofón doméstico, ya que disponen de unas instrucciones similares: PLAY (reproducir), RECORD (grabar), FF (adelantar), FR (atrasar), PAUSE, STOP, etc. Además, puede disponer de instrucciones auxiliares, como INSERT (insertar un punto o una operación de trabajo) y DELETE (borrar). Conceptualmente al estar el manipulador en línea funciona como un digitalizador de posiciones.

Los lenguajes más conocidos en programación gestual punto a punto son el FUNKY, creado por IBM para uno de sus robots, y el T3, original de CINCINNATI MILACROM para su robot T3.

En el lenguaje FUNKY se usa un mando del tipo "joystick" para el control de los movimientos, mientras que el T3 dispone de un dispositivo de enseñanza ("teach pendant"). Como en un grabador de cassettes, y en los dos lenguajes mencionados, los movimientos pueden tener lugar en sistemas de coordenadas cartesianas, cilíndricas o de unión, siendo

posible insertar y borrar las instrucciones que se desee. Es posible, también, implementar funciones relacionadas con sensores externos, así como revisar el programa paso a paso, hacia delante y hacia atrás.

Los lenguajes de programación a nivel de movimientos elementales son: *ANORAD*, *EMILY*, *RCL*, *RPL*, *SIGLA*, *VAL*, *MAL*. Estos lenguajes son, por lo general, del tipo intérprete, con excepción del RPL, que tiene un compilador. La mayoría dispone de comandos de tratamiento a sensores básicos: tacto, fuerza, movimiento, proximidad y presencia. El RPL dispone de un sistema complejo de visión, capaz de seleccionar una pintura y reconocer objetos presentes en su base de datos. Los lenguajes EMILY y SIGLA son transportables y admiten el proceso en paralelo simple.

Otros datos interesantes de este grupo de lenguajes son los siguientes:

- **ANORAD.**- Se trata de una transformación de un lenguaje de control numérico de la casa ANORAD CORPORATION, utilizado para robot ANOMATIC. Utiliza, como procesador, al microprocesador MC68000 de Motorola de 16/32 bits (16 bits externos, 32 bits internos), cabeza de la familia M68K. Posee 19 registros de los cuales 17 pueden ser usados por el programador, su espacio de direccionamiento es de 16 MBytes, tiene 56 instrucciones con 14 modos de direccionamiento.
- **VAL.**- Fue diseñado por UNIMATIONINC para sus robots UNIMATE y PUMA. Emplea, como CPU, un LSIII, que se comunica con procesadores individuales que regulan el servo control de cada articulación.

### **Lenguajes estructurados de programación explícita**

Teniendo en cuenta las importantísimas características que presenta este tipo de programación, a continuación, se exponen las características más representativas de los lenguajes dedicados a la programación estructurada.

- **AL.-** Trata de proporcionar definiciones acerca de los movimientos relacionados con los elementos sobre los que el brazo trabaja. Fue diseñado por el laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad de Standford, con estructuras de bloques y de control similares al ALGOL, lenguaje en el que se escribió.
- **HELP.-** Creado por GENERAL ELECTRIC para su robot ALLEGRO y escrito en PASCAL/FORTRAN, permite el movimiento simultáneo de varios brazos. Dispone asimismo de un conjunto especial de subrutinas para la ejecución de cualquier tarea.
- **MAPLE.-** Esta escrito como intérprete, en lenguaje PL-1 por IBM, para el robot de la misma empresa, tiene capacidad para soportar informaciones de sensores externos.
- **PAL.-** Es un intérprete, escrito en FORTRAN y Ensamblador, capaz de aceptar sensores de fuerza y de visión. Cada una de sus instrucciones, para mover el brazo del robot en coordenadas cartesianas, es procesada para que satisfaga la ecuación del procesamiento.
- **MCL.-** Lo creó la compañía MC DONALL DOUGLAS, como ampliación de su lenguaje de control numérico APT. Es un lenguaje compilable que se puede considerar apto para la programación de robots "off-line".
- **MAL EXTENDIDO.-** Procede del Politécnico de Milán, al igual que el MAL, al que incorpora elementos de programación estructurada que lo potencian notablemente. Se aplica al robot SIGMA.

### **Lenguajes de programación especificativa a nivel objeto**

En este grupo se encuentran tres lenguajes interesantes:

**RAPT.** Fue creado en la Universidad de Edimburgo, departamento de Inteligencia Artificial; está orientado al ensamblaje de piezas. Destinado al robot FREDY.

**AUTOPASS.-** Creado por IBM para el ensamblaje de piezas; utiliza instrucciones muy comunes. Precisa de un ordenador de varios Megabytes de capacidad de memoria, además de indicar como el RAPT puntos específicos, prevé colisiones y genera acciones a partir de las situaciones reales. AUTOPASS realiza todos sus cálculos sobre una base de datos, que define a los objetos como poliedros de un máximo de 20,000 caras.

**LAMA.-** Procede del laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT. Aporta más inteligencia que el AUTOPASS y permite una buena adaptación al entorno. La operatividad del LAMA se basa en tres funciones principales:

- \* Creación de la función de trabajo. Operación inteligente.
- \* Generación de la función de manipulación.
- \* Interpretación y desarrollo de una forma interactiva de una estrategia de realimentación para la adaptación al entorno de trabajo.

### **Clasificación de la programación usada en robótica**

La programación empleada en Robótica puede tener un carácter explícito, en el que el operador es el responsable de las acciones de control y de las instrucciones adecuadas que las implementan, o estar basada en la modelación del mundo exterior, cuando se describe la tarea y el entorno, el propio sistema toma las decisiones.

La programación explícita es utilizada en las aplicaciones industriales y consta de dos técnicas fundamentales:

#### **Programación gestual**

La programación gestual consiste en guiar el brazo del robot directamente a lo largo de la trayectoria que debe seguir. Los puntos del camino se graban en memoria y luego se repiten. Este tipo de programación, exige el empleo del manipulador en la fase de enseñanza, o sea, trabaja "on-line".

La programación gestual se subdivide en dos clases, en el aprendizaje directo y el dispositivo de enseñanza.

**\*Aprendizaje directo**, el punto final del brazo se traslada con ayuda de un dispositivo especial colocado en su muñeca, o utilizando un brazo maestro o maniquí, sobre el que se efectúan los desplazamientos que tras ser memorizados, serán repetidos por el manipulador. La técnica de aprendizaje directo se utiliza en labores de pintura. Con esta programación, los operarios sin conocimientos de "software", pero con experiencia en el trabajo a desarrollar, pueden preparar los programas eficazmente.

**\* Dispositivo de enseñanza.** Consiste en determinar las acciones y movimientos del brazo manipulador, a través de un elemento especial para este cometido. En este caso, las operaciones ordenadas se sincronizan para conformar el programa de trabajo. El dispositivo de enseñanza suele estar constituido por botones, teclas, pulsadores, luces indicadoras, ejes giratorios o "joystick". Dependiendo del algoritmo de control que se utilice, el robot pasa por los puntos finales de la trayectoria enseñada. Hay que tener en cuenta que los dispositivos de enseñanza modernos no sólo permiten controlar los movimientos de las articulaciones del manipulador, sino que pueden, también, generar funciones auxiliares, como:

- Selección de velocidades
- Generación de retardos
- Señalización del estado de los sensores
- Borrado y modificación de los puntos de trabajo
- Funciones especiales

### **Programación textual**

En la programación textual se define la tarea mediante lenguajes que formalmente recuerdan a lenguajes de programación de computadores.

La ventaja principal de la programación textual es que permite expresar la adaptación del comportamiento del robot ante imprecisiones y variaciones del entorno de trabajo de medidas mediante sensores. Existe una variedad de lenguajes de programación de robots con diferentes características en lo que respecta a: percepción, modelo, definición y generación de trayectorias

Existen diferentes niveles de programación textual. Una primera clasificación es en lenguajes de *nivel accionador o articular*, en los que la tarea se describe en términos del comportamiento de los accionadores, y una segunda clasificación es el *nivel efector*, en los cuales la tarea se describe en términos de los desplazamientos cartesianos y operaciones de los efectores de forma independiente de las articulaciones.

### **Programación off-line**

La programación off-line se realiza utilizando paquetes software que permiten simular los movimientos del robot, utilizando para ello un modelo cinemático y en ocasiones dinámico del robot. En la actualidad existen paquetes software como GRASP, que permiten obtener una simulación tanto del robot como del entorno en el que se realice la tarea. De esta forma, se puede disponer de un modelo gráfico de la tarea que permita manipular virtualmente al robot como si se realizará físicamente sobre él.

Las herramientas para la programación off-line suelen disponer de detectores de colisiones, interacción con el entorno para la definición de puntos y trayectorias, utilización de distintas herramientas por el robot, así como facilidades dependientes del tipo de tarea a programar (pintura, soldadura, ensamblado, etc).

### **Programación por aprendizaje**

El aprendizaje o guiado es un método de programación para robots consistente en moverlos por la trayectoria que se desea que posteriormente describan. De esta manera el programador manipula el robot de forma que en la memoria del controlador se almacenen las posiciones para repetir las con posterioridad. Una ventaja del aprendizaje es que el programador puede tratarse de una persona que conozca en detalle la tarea a realizar pero, sin embargo no sea experto en programación de robots.

Durante la programación utilizando aprendizaje, éste se encuentra inoperando constituyendo una desventaja frente a los métodos de programación utilizando lenguajes textuales. Se trata del método de programación más sencillo y se empezó a utilizar ya en los años 60 con la aparición de los primeros robots industriales. En la actualidad se trata de un método de programación muy extendido debido a su sencillez. A esta forma de programación se le referencia a menudo como aprendizaje o guiado directo.

En el método de aprendizaje que se puede distinguir esta el aprendizaje activo o motorizado. En este tipo de aprendizaje se utiliza un dispositivo de enseñanza. Este dispositivo es el utilizado para indicar al robot las acciones a realizar para describir la tarea deseada.

En el aprendizaje directo manual o pasivo, ahora es el propio programador el que mueve físicamente al robot a lo largo de la trayectoria que se desea aprender. Este método de aprendizaje se utiliza para trayectorias complejas como en aplicaciones de moldeado de pintura spray.

## **Aplicaciones de la programación**

Los robots no sólo pueden clasificarse atendiendo a alguna característica de éstos sino que también, y teniendo en cuenta la gran variedad de ámbitos donde se emplean los robots, éstos pueden clasificarse en función de sus áreas de aplicación.

### **Micro robótica**

En la década de los 90 la minituarización de los componentes electrónicos y los microchips se convirtió en uno de los principales avances tecnológicos. Estos avances vinieron motivados por la necesidad de disminuir el peso, volumen, costo y consumo de energía de los productos electrónicos manufacturados. Se consiguieron altas densidades de componentes en chips con un tamaño del orden de la micra. Los avances recientes en microelectrónica han requerido nuevas instalaciones de producción. Según disminuye el tamaño de los componentes a manipular, los requerimientos de precisión son mayores, con lo que se va haciendo cada vez menos adecuada la manipulación humana. En este entorno

comenzaron a aplicarse los denominados microrrobots, como pequeños sistemas de manufacturación que permiten realizar manipulaciones con precisiones del orden de la micra.

El desarrollo actual de la micro fabricación ha propiciado la posibilidad de creación de microcomponentes cada vez más pequeños y con una precisión mayor. Dentro de estos microcomponentes cabe destacar sensores, controladores, motores o baterías que permiten crear microrrobots que son capaces de realizar tareas complejas en un microentorno.

### **Aplicaciones médicas o biológicas**

La micro robótica puede aplicarse a un amplio campo de aplicaciones biológicas dentro de la que cabe destacar la biotecnología. En esta área se pueden mencionar aplicaciones como el reconocimiento y localización de células con unas determinadas características, microinyecciones como en el caso de tratamiento de células infectadas (por ejemplo: cancerígenas), medida de cantidades eléctricas en una célula, separación de partículas. Otro ámbito de investigación de la micro robótica en la biotecnología con un impacto cada vez más importante es la tecnología genética. Dentro de este ámbito es posible citar tareas como la manipulación genética o la separación y corte de cromosomas.

Otra área en la que es posible encontrar micro robots es en la microcirugía, dentro de la cirugía es aplicable a múltiples aspectos de la medicina en la que se requiere la miniaturización de los elementos automáticos de ayuda al cirujano. Algunas de las áreas de aplicación son la cirugía micro vascular, la oftalmología o la neurocirugía.

### **Micro ensamblado**

Un ámbito en el que se aplica el micro ensamblado es en la fabricación de circuitos microelectrónicos. En este caso a menudo es necesario realizar el ensamblado de semiconductores o componentes electrónicos y ópticos con una gran precisión.

# **Capítulo IV**

## **Aplicación**

El funcionamiento del prototipo es controlado a través de su sistema eléctrico. El prototipo esta constituido de tres partes fundamentales, que son: la *estructura de funcionamiento*, *control remoto o mando a distancia*, un *controlador de voz* y *la programación* que nos servirá para comunicarnos con el prototipo por medio de instrucciones (figura 4.a). Este prototipo es tomado de la revista “Cybor Tu robot real”.

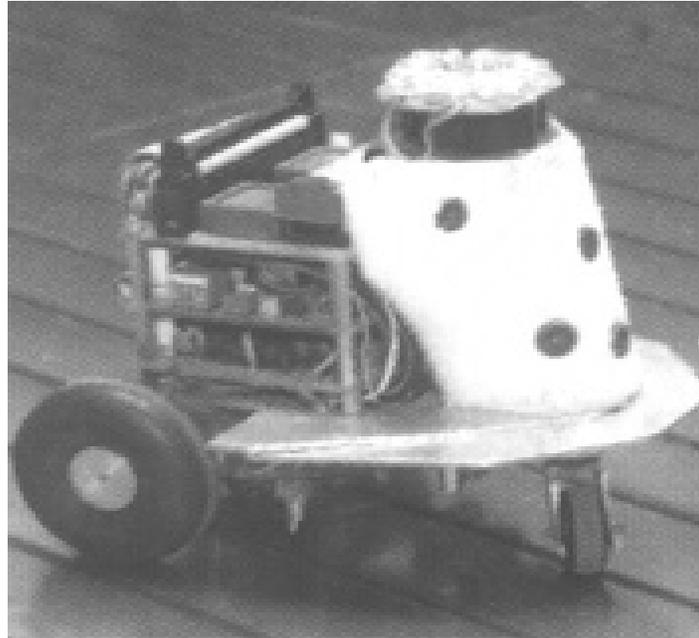


Figura 4.a

### **Estructura de funcionamiento del robot**

La estructura del robot cuenta con diferentes componentes para su correcto funcionamiento ejecutando algunas órdenes por medio de microprocesadores, son solo algunos, debido que en algunos robots se tiene complicados sistemas de programación y componentes que están en evolución, pero que están mas avanzados y en estudio. Para nuestro proyecto el robot tiene los siguientes componentes:

- Engranés
- Motores
- Ruedas

- Placa de alimentación motriz
- Placa de comprobación de los motores
- Sensores ultrasónicos
- Sensores de luz
- Placa e-s de luz
- Placa procesadora de luz
- Altavoz piezoeléctrico
- Antenas arqueadas
- Sensor sigue líneas
- Procesador de sonar
- Placa e-s- del sonar
- Microcontrolador
- Placa infrarroja
- Pantalla numérica
- Controlador infrarrojo
- Placa de control de programas
- Placa de memoria de programas
- Altavoz
- Procesador de sonido
- Memoria rápida uC5
- Adaptador de corriente

Todas las partes que conforman el robot tienen cierta función para diferentes órdenes, explicaremos los componentes, para este caso; en otros casos se utilizan mecanismos más complejos.

### **Engranés**

Los engranes son los que transmiten el movimiento provocado por los motores a las ruedas para que el robot pueda moverse y tener maniobra. Los dientes de los engranes reducen la velocidad de los motores para que las ruedas giren más lentamente. Cada rueda dentada está formada por un engranaje de 48 dientes y tiene otro pequeño de 12 dientes (figura 4.b).

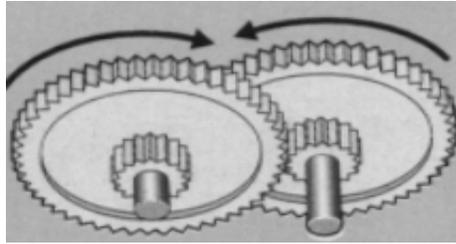


Figura 4.b

## Motores

Los motores son los que le dan impulso al robot. Son alimentados por 4 pilas de 1.5volts (funcionan a 6 volts). Tiene una rueda dentada de 12 dientes que están en sincronía con los engranes que le dan movimiento a las ruedas. Giran a 700 revoluciones por minuto (rpm) como prueba máxima, en el proyecto esta es reducida a menos de 200 revoluciones por minuto. Junto con el engranaje y el de los motores forman un tren de engranes que reducen la velocidad (figura 4.c).

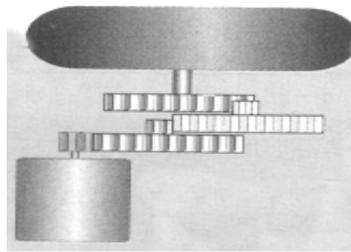


Figura 4.c

Esto significa que la reducción de la velocidad es de 64 giros y la rueda dará una vuelta. La función del motor es convertir la energía eléctrica en movimiento (figura 4.d).

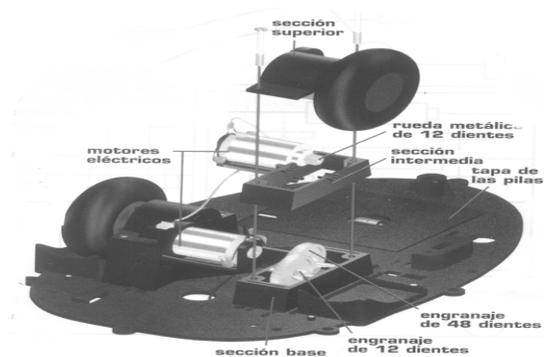


Figura 4.d

## **Ruedas**

La rueda delantera le da un mayor movimiento de giro y de dirección. Las ruedas traseras se controlan por medio de velocidades. Las tres ruedas permiten tener mas contacto con el suelo así sea de forma desigual o lisa.

## **Placa de alimentación motriz**

Permite el avance y regreso de los motores, distribuye la corriente a los circuitos y controla la falta de corriente en los procesadores.

## **La placa de comprobación de los motores**

Es la que verifica si los motores están bien conectados y si la alineación con la transmisión es correcta.

## **Sensores ultrasónicos**

Este componente le permite ver al robot, localizar objetos de cerca, ya sea para seguirlo o evitarlo dependiendo de que instrucción se le este dando (figura 4.e).



Figura 4.e

## **Sensores de luz**

Este dispositivo localiza la luz de mayor intensidad que obedece a la instrucción de seguimiento de luz y tiene un mayor ángulo de visión para detectarlo. Estos sensores permiten ofrecer una resistencia mas alta cuando esta a oscuras, ya que a intensidades normales de luz, el robot no responde igual, pero buscara siempre la de mayor intensidad (figura 4.f)

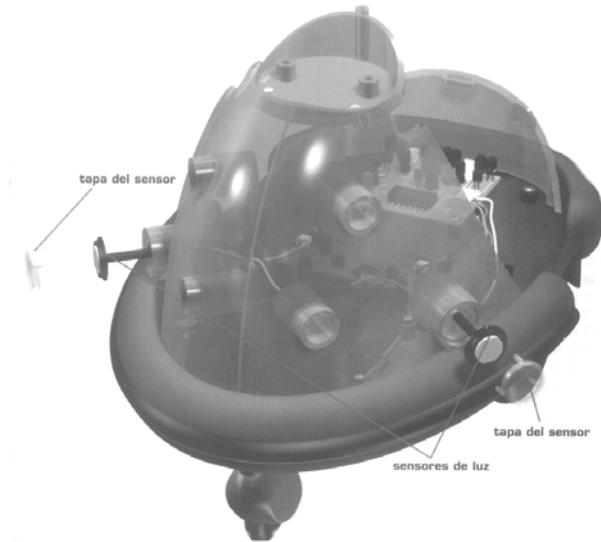


Figura 4.f

### **Placa de E-S de luz**

Este dispositivo electrónico alimenta de corriente a los circuitos y conecta al procesador que controla los motores. Controla también los sensores de luz, que le permitirán alejarse o acercarse a la luz. Tiene un micro chip cuya función es la de comparar dos señales, dando como resultado una salida digital. Cuenta además con componentes diminutos que son condensadores y resistores.

### **Placa procesadora de luz**

Este componente está compuesto de un programa que mueve al robot hacia la luz. El procesador se conecta a la placa de E-S de luz. Cada sensor de luz manda al procesador la cantidad de luz que recibe, el procesador ordena a los motores la velocidad a la que se deben ajustar las dos ruedas y dirigirse hacia la luz. Este es el primer comportamiento del robot, el de dirigirse hacia la luz (figura 4.g).

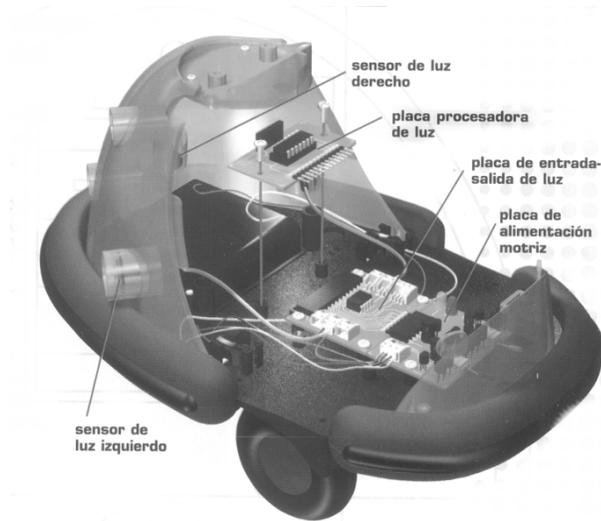


Figura 4.g

La transmisión entre controladores es por medio de un bus serial; que consiste de tres cables a los que se conectan los procesadores del robot (figura 4.h). Si un controlador necesita de información de otro dispositivo da una señal de solicitud de información, si alguno de los controladores puede enviar la información, responde enviando los datos

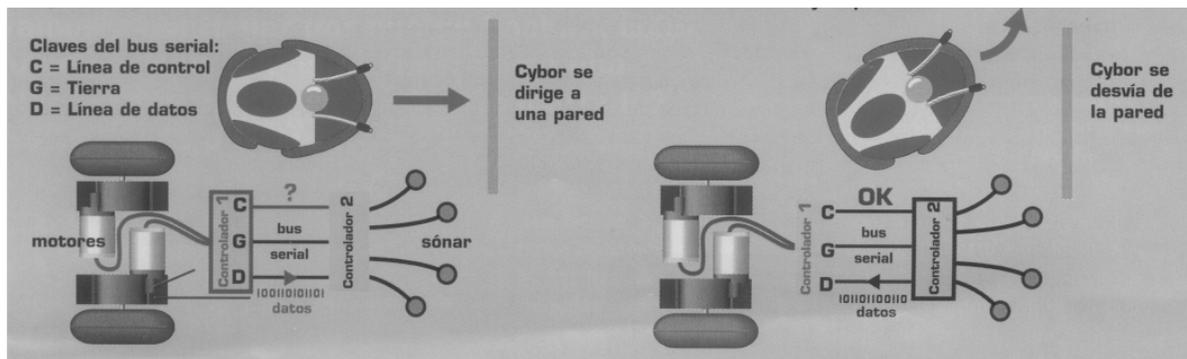


Figura 4.h

### Altavoz piezoeléctrico

Este dispositivo va a permitir que el robot avise con un pitido el modo en que se encuentra o indica su presencia. El altavoz piezoeléctrico, lleva por dentro un disco piezocerámico adherido a una placa vibratoria metálica. Que cuando se induce una corriente, la placa al vibrar se curva hacia los lados produciendo sonido.

### Antenas arqueadas

Compuestas de tubo de plástico y en su interior contiene los cables que van a la placa de E-S de luz, y al diodo emisor de luz de color verde, estos leds emiten destellos cuando el robot registra un objeto cercano.

### Sensor sigue líneas

Este dispositivo detecta las superficies oscuras y claras. Esta compuesta de fototransistores que sirven de filtro para suprimir la luz visible, aceptando las longitudes de onda que emiten los leds (figura 4.i).

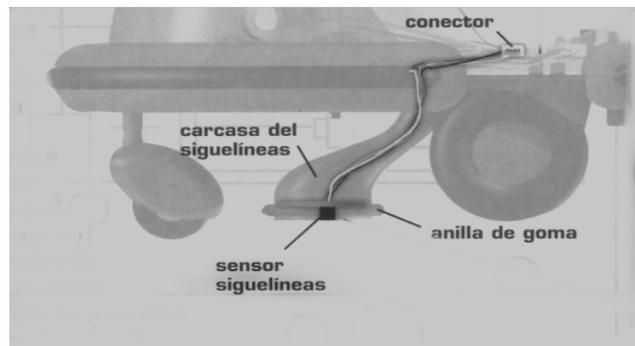


Figura 4.i

Esta compuesto de dos fototransistores negros y dos leds infrarrojos transparentes. La luz infrarroja emitida, rebota en el suelo y es detectada a la vez por los fototransistores, que disponen de filtros que eliminan la luz visible para que detecten solo la luz infrarroja (figura 4.j).

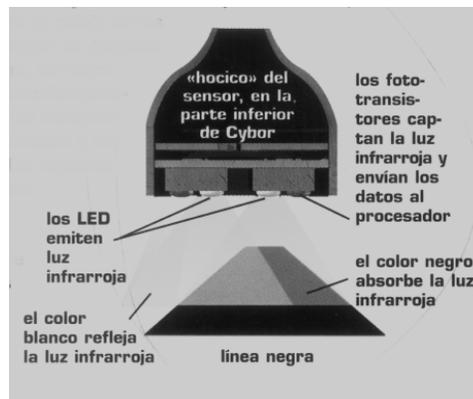


Figura 4.j

### **Procesador de sonar**

Esta compuesto de un chip que controla los datos emitidos por los transistores y receptores del sonar. Este procesador le permitirá evitar y detectar obstáculos localizados en su ruta de avance, provocando ondas sonoras mismas que rebotan en los objetos más cercanos. El procesador registra los sonidos formados por el eco, los datos obtenidos los convierte en órdenes electrónicas que controlan la dirección de los motores.

### **Placa de E-S del sonar**

Es un dispositivo de conmutación, provoca que el robot se mueva de manera controlada y no se desvíe a lo largo de una línea negra pintada en suelo claro. Los giros son autónomos, debido a las modalidades de: seguir luz, seguir línea negra, evitar objetos, seguir objetos.

### **Sonar (Sound Navigation and Ranging)**

La función que desempeña este dispositivo es la de caminar por las habitaciones sin chocar con ningún objeto y mantenerlo a distancia. El transmisor esta formado por un cono en forma de altavoz, que se acciona por las vibraciones que proceden de una placa de cerámica piezoeléctrica, al vibrar el cono produce ondas sonoras de alta frecuencia (figura 4.k). El sonido que se provoca es enviado al procesador, que calcula el tiempo que la onda utiliza para rebotar y calcular la distancia a la que se encuentra el objeto (figura 4.l).

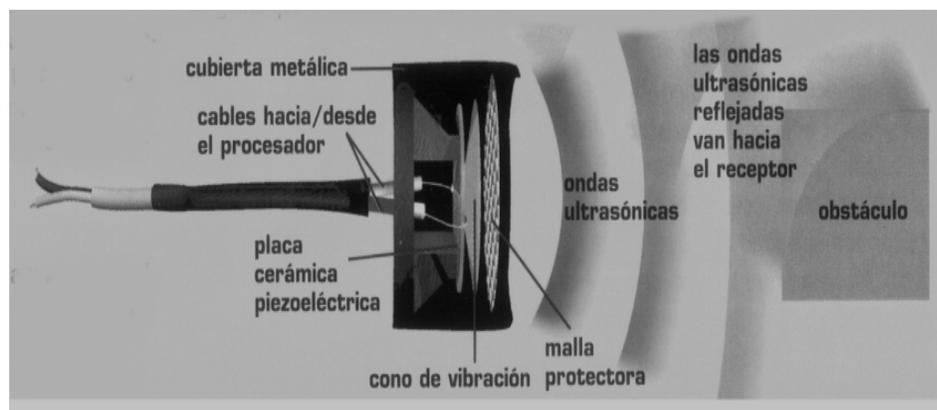


Figura 4.k

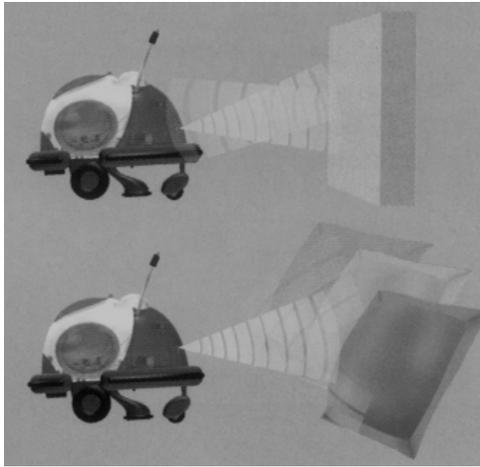


Figura 4.1

### **Microcontrolador**

Proporciona la expansión del robot y perfecciona la capacidad de complejos cálculos exigidos para nuevas modalidades operativas. Hace posible la comunicación con el control remoto por medio de rayos infrarrojos

### **Placa infrarroja (IR)**

Este dispositivo permite comunicarse con el mando, por medio de señales en forma de destellos invisibles codificados de luz infrarroja, mediante un transmisor diminuto. Esta placa recoge las señales y las transmite a un microcontrolador. Este controlador decide la acción que se debe ejecutar.

### **Pantalla numérica**

Permite identificar el canal de transmisión que tiene el robot, por medio del mando distancia, que ordena el canal seleccionado, estos van numerados del 1 al 16. Este dispositivo es un diodo luminiscente, que es un tipo de diodo que es atravesado por una corriente que se utilizan para formar 7 segmentos en forma de 8 (figura 4.m). Estos leds se componen de una unión de semiconductores encerrados en plástico, cuando pasa la corriente eléctrica como un rayo a través de los metales. Los electrones libres atraviesan el diodo, liberan energía en forma de fotones que se encuentran en forma de infrarrojo, ver figura 4.m.

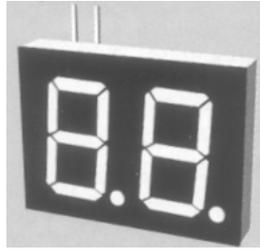


Figura 4.m

### **Controlador infrarrojo**

Se encarga de todos los códigos de comunicación enviados al prototipo. Este procesador decide si los datos que recibe son para el o para otro dispositivo de información. Controla la pantalla numérica e identifica el robot.

### **Placa de control de programas (uC4)**

Permite programar diversos comportamientos del robot por medio de la computadora. Desde la computadora se crea el programa y se descarga a este dispositivo que le permite ordenar al robot la instrucción asignada.

### **Placa de memoria**

Este dispositivo también cuenta con una memoria EEPROM para la programación desde la computadora, que permite ser borrada y escrita varias veces. A través del mando a distancia y su conexión infrarroja con el robot.

### **Altavoz**

Es un altavoz piezoeléctrico que emite sencillos pitidos y repiques y permite el muestreo de sonidos o música, según las ordenes ejecutadas desde la computadora.

### **Procesador de sonido**

Este dispositivo admite archivos digitales de sonido, cargados desde la computadora, archivos de voz o de música

### **Memoria rápida**

Este dispositivo reproduce una grabación que se realiza por medio del control remoto o del auricular grabado con anterioridad. Todas las muestras son grabadas en la memoria, utiliza una resolución de muestreo de 8 bits, una vez aceptados son comprimidos mediante algoritmos para ahorrar espacio.

### **Adaptador de corriente**

El adaptador sirve para ahorrar la duración de las pilas, cada vez que se tenga que descargar un programa de la computadora. Este adaptador no alimenta a los motores que tiene el robot. Suministra energía continua de 12 volts conectado la fuente de corriente alterna de 120 volts. Reduce la corriente eléctrica y mediante los diodos rectificadores la convierte a corriente continua esto hace que la energía proporcionada vaya a las pilas

## **Control remoto o mando a distancia**

El control remoto por medio de rayos infrarrojos ejecuta las órdenes y permite cambiar las modalidades del robot, su rango de operación es de 45°. A través de este se controlan los motores y programas que el robot ejecuta. Se descargan programas desde la computadora a través del mando (figura 4.n). Las partes con que cuenta son:

- Placa de conmutación
- Altavoz
- Placa procesadora
- Placa de infrarrojos
- Placa de descarga infrarroja
- Placa de memoria EEPROM
- Placa de conexión rs232 din



Figura 4.n

### Alta voz

Es un altavoz convencional en miniatura, que consiste en un delgado diafragma cónico unido por su centro a una bobina móvil situada dentro de un campo magnético.

### Pantalla de cristal liquido

Este componente se comporta como un sólido que no cambia su forma y volumen. En estos dispositivos se pueden ver números, símbolos o dibujos por los electrodos espaciales que componen diferentes segmentos. El electrodo es transparente, la luz entra con facilidad, las partes que están encendidas detienen la luz y aparecen en negro (figura 4.o).

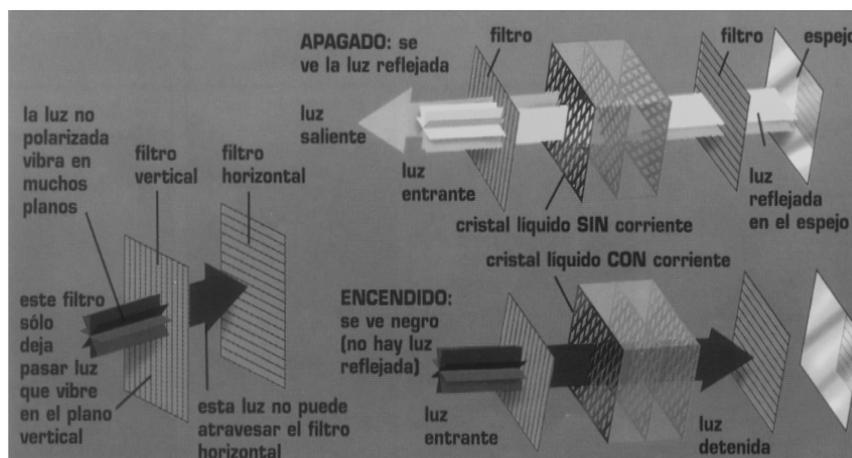


Figura 4.o

### **Placa procesadora**

Administra todos los datos que se le van incorporando, a través de diferentes conectores y botones de mando.

### **Placa de IR**

Contiene un diodo emisor de luz y un fototransistor negro, que recibe las señales infrarrojas de respuesta cuando la transferencia de datos es bidireccional

### **Placa de descarga infrarroja (uC1)**

Esta placa maneja datos que son transmitidos a través de la computadora. Transmite a través de un puerto serie de 9 clavijas unido a un contacto din de e/s contenido en el mando.

### **Placa de memoria**

Contiene una memoria EEPROM llamada “memoria de solo lectura, programable y borrrable eléctricamente”. Es una memoria de solo lectura (ROM) que se modifica por las diferentes instrucciones del usuario, se borran exponiéndolos a una descarga eléctrica. Es un chip de interconexión secuencial que proporciona 16.384 bits de memoria, organizados en 2.048 bytes

### **Conexión del mando a la computadora**

Es un cable serie que tiene un conector de 9 clavijas. Conectado a una placa RS232 que va del mando a distancia a la computadora.

### **Placa de reconocimiento de voz**

Este dispositivo controla al robot por medio de la voz. Las órdenes deben ser claras y espaciadas, no se deben decir las órdenes con palabras juntas debido a que el robot no reconoce las órdenes de este tipo. Cada voz tiene sus características especiales y varían respecto a otras voces. Establecido el patrón medio único de voz en el robot, cualquier persona puede darle órdenes cuando se pronuncie una palabra.

## **Programación**

Este es el medio que necesitaremos para comunicarnos con el robot. Las órdenes que se le den al robot serán a través de la correcta programación que se este ejecutando. El programa le da las indicaciones del tipo de comportamiento que debe obedecer, que acción debe hacer cuando se enfrenta a un obstáculo y la velocidad que debe tener, esto es importante porque va a manipular a cada motor; esto es, la velocidad controlada de cada uno de ellos. Este programa es parecido al que se utiliza en los robots industriales ya que no tiene conciencia de su entorno debido a que solo se limita a seguir las instrucciones y movimientos.

### **Base grafica**

Es un conjunto de programas que permiten crear instrucciones variables, mediante una colección de bloques de programación. Con esto se puede controlar automáticamente todas las funciones disponibles del robot.

### **Simulador**

Es una pista de pruebas virtual que permite visualizar el programa antes de descargarlo en el robot. La pista de pruebas solo simula los sensores del sonar. Se visualizan las imágenes invisibles de los campos de rastreo cónico.

### **Almacenamiento de programas**

Esta función se da en la memoria **EEPROM**, la información circula hacia la memoria en paquetes sucesivos que puede almacenar en total 2.048 bytes de información. Esta memoria se encarga de administrar los programas en la placa uC3 que recibe de la computadora y los almacena en la memoria.

### **Dirección de la memoria**

Cada celda contiene la dirección de la memoria **EEPROM** donde se almacena las velocidades de los motores.

## **Lenguaje de programación**

Se usa un lenguaje de programación con base grafica comúnmente llamado lenguaje de bloques. Cada bloque de programación tiene funciones diferentes. Se cuenta con bloques de proceso, de entrada y salida, que permiten manipular al robot en cada componente.

### **Bloques de entrada**

Controlan los sensores del robot:

- **Ultrasónico:** Utiliza los sensores del sonar para ver los objetos sólidos y evitarlos.
- **Prueba de luces:** Utiliza los sensores de luz para percibir las fuentes de luz y responder a ellas.

### **Bloques de proceso**

Manipulan los bloques de entrada y salida, que controlan automáticamente las acciones del robot.

#### **Bloque de:**

- **Demora:** Permite ordenar una pausa al robot y que siga con la siguiente instrucción durante cierto periodo de tiempo.
- **Interfase:** Ejecuta la instrucción que permite a un programa transferir el control y ejecución de las instrucciones al programa donde llega.
- **Aritmético-condicional:** El bloque aritmético define variables y el bloque condicional proporciona una conmutación lógica.
- **Subrutina:** Este bloque dirige el programa para ejecutar pequeños programas que le dan indicaciones al robot para que ejecute ciertas acciones repetitivas como parpadear los leds de ciertos componentes
- **Volver a programa:** dirige el control del programa desde la subrutina para que regrese al bloque donde se realizó la llamada de la subrutina y que siga ejecutando las instrucciones desde el programa principal.
- **Parar:** indica el final del programa y se usa para terminar un programa o subrutina.

### **Bloque de salida**

Controla las reacciones directas del robot, consta de tres funciones: movimiento, luz, sonido y proceso.

- **Motor:** indica la puesta en marcha de los motores del robot.
- **Luz:** indica a los diodos de las antenas que se enciendan o apaguen o que permanezcan de manera intermitente.
- **Sonido:** ordena al altavoz reproducir un sonido
- **Proceso:** es una demora breve que interrumpe al programa en una unidad de décima de segundo.

### **Programa diversificado**

Este tipo de programa establece el seguimiento de más de dos bloques, establece la prioridad tal como esta en el bloque y lo ejecuta.

### **Programador textual**

Admite programas con una sola trayectoria que permite seleccionar las órdenes de forma individual perezadas a las órdenes de bloques. Este programa usa variables, operadores, comentarios, ordenes, etiquetas, expresiones y operandos y demora.

## **Controlador de voz**

Consiste de un auricular que esta formado de un soporte, almohadillas, compartimiento de pilas, transmisor de infrarrojos, linterna y micrófono. Este dispositivo contiene un procesador con reconocimiento de voz y memoria rápida para el mando a distancia. Tiene la capacidad de reconocer 12 órdenes preprogramadas y 4 ordenes independientes mediante un transmisor de rayos infrarrojos que decodifica las instrucciones habladas y las envía al robot.

## Conclusiones

La robótica desde nuestro punto de vista ha podido desarrollarse debido a la capacidad que se tuvo desde sus inicios para crear mecanismos que pudieran ayudar a los seres humanos y como consecuencia, esta ha tenido la capacidad de soportar los avances tecnológicos que se han venido suscitando hasta nuestros días, los cuales son de gran ayuda e importancia para la humanidad.

Dichos avances los podemos encontrar en la electrónica, la cual a través de la miniaturización permite que se estén incrementando sistemas de mayor capacidad y mejor sofisticación; dispositivos electrónicos de mayor calidad, capacidad y menor costo, así como el desarrollo de sensores que permiten detectar sistemas de alto riesgo y también fuentes de energía más pequeñas pero eficientes.

Por otra parte la mecánica ha sido de gran ayuda para la robótica pues a través de esta se han podido desarrollar materiales más resistentes pero ligeros, lo cual permite disminuir las fallas en los sistemas. El avance de la fibra óptica al tener una mejor capacidad en la transmisión de movimiento en beneficio de sistemas.

Además la robótica ha generado a una gran cantidad de aplicaciones en la actividad humana y como consecuencia ha permitido se faciliten las actividades en el ámbito laboral, la investigación espacial, la medicina, por citar algunas, un ejemplo es en la industria metal mecánica es la aplicación de la robótica la cuál ayuda a realizar actividades que presentan situaciones de alto riesgo para el ser humano, así como el ahorro de energía que es de gran importancia en nuestros días.

También, debido a la gran precisión del movimiento de los robots, estos son de vital importancia en la generación de tarjetas electrónicas, ensamblado de piezas mecánicas, soldadura, por citar algunas ya que de esta manera se pueden evitar errores humanos los cuales son movimientos rutinarios que pueden ser dañinos para el propio ser humano.

Una de las más importantes aplicaciones es en relación a la generación de prótesis con capacidad de movimientos parecidos a los realizados por el cuerpo humano. Estos son de vital importancia porque facilitan la rehabilitación e integración de personas que han sufrido accidentes de gravedad al estar realizando actividades demasiado peligrosas, por ejemplo: brazos, piernas, manos...

Con respecto a la exploración espacial, los robots tienen la capacidad de explorar mundos con ambientes hostiles para el ser humano, en el cual no es capaz de sobrevivir debido a las condiciones en las que se pueda encontrar, además de que los robots no requirieren de períodos de descanso teniendo por lo tanto la capacidad de obtener datos en forma continua.

Nosotros consideramos que las alternativas de la robótica en el futuro van a ser realmente vitales porque van a facilitar en gran medida la vida del ser humano. También consideramos que se puede avanzar más en la miniaturización de los dispositivos y quizás se logren dominar más áreas tecnológicas.

La búsqueda continua para desarrollar sistemas realmente inteligentes permitirá en el futuro que los robots tengan la capacidad de aprender a través del ser humano, logrando con ello desarrollar actividades cada vez más complejas. Además cabe destacar que los robots podrán tener la capacidad de aprender, pero no podrán tener la capacidad de tomar sus propias decisiones como lo hacemos los seres humanos.

## Glosario

**Adaptativo.-** El robot que tiene un control sensorial, adaptativo o funciones para control mediante aprendizaje.

**Alambres musculares.-** Son alambres delgados y livianos de una aleación de níquel-titanio llamada nitinol.

**Bit.-** Dígito binario, es una unidad de tiempo determinada

**Byte.-** Unidad en que se mide la información

**Canal.-** Medio que permite la comunicación por medio del mando a distancia

**Contacto DIN.-** Deutsche institut fur normung. Conjunto de configuraciones para conectores

**Diodo láser.-** Es una forma especial de LED o IRED con dimensiones físicas y propiedades ópticas estrechamente controladas en la zona de la unión productora de luz.

**Diodos emisores de infrarrojo (IRED).-** Este tipo de diodo es un LED que emite luz invisible en la región del infrarrojo.

**e/s.-** Se llama así a un elemento que sirve tanto para la introducción como para la expedición de datos. Los dispositivos más conocidos son los puertos: serial, paralelo, USB, etc.

**EEPROM.-** Memoria de solo lectura y borrable eléctricamente. Es un tipo de memoria capaz de conservar su información aun y cuando deje de recibir suministro eléctrico.

**E-S.-** Comunicación con elementos externos

**Fotodarlington.-** Básicamente, este dispositivo es el mismo que el transistor sensible a la luz, excepto que tiene una ganancia mucho mayor debido a las dos etapas de amplificación, conectadas en cascada.

**Fotodetectores o detectores de luz.-**son dispositivos basados en la tecnología de semiconductores de silicio, producidos en gran escala y que convierten las señales de luz en señales eléctricas.

**Fotodiodo de avalancha.-** Utiliza la multiplicación por avalancha para conseguir amplificar la fotocorriente creada por los pares hueco-electrón.

**Fotodiodo.-** Consiste en esencia de una unión de material "P" y material "N" polarizada inversamente, en la cual la corriente inversa está en función de la luz que incide en el fotodiodo y se considera que a mayor intensidad de luz existe una corriente de fuga mayor.

**Fototransistor.-**Es una combinación integrada de fotodiodo y transistor bipolar NPN (sensible a la luz) donde la base recibe la radiación óptica.

**Golem.-**Estatua animada por la magia cabalística por la leyenda hebrea

**Grados de libertad.-** Se considera un grado de libertad cada eje a lo largo del cual se puede mover el brazo de un robot.

**Inteligencia Artificial (I. A). -** Ciencia que trata de la comprensión de la inteligencia y del diseño de máquinas inteligentes, el estudio y la simulación de las actividades intelectuales del hombre (manipulación, razonamiento, percepción, aprendizaje, creación).

**Láser.-** Es un acrónimo que se seleccionó para nombrar esta tecnología cuando hubo un cambio de microondas a ondas de luz.

**LCD.-** Despliegue de cristal liquido. Tipo de pantalla que aprovecha el bloqueo de una fuente luminosa, para mostrar información

**LED (Diodo Emisor de Luz).-** Es un dispositivo semiconductor que emite radiación visible, infrarroja o ultravioleta cuando se hace pasar un flujo de corriente eléctrica a través de este en sentido directo.-

**Lenguaje de programación.-** Permiten tratar al robot de manera que se le pueden introducir comandos con un nivel de abstracción suficiente, de forma que el robot sea manejado en términos comprensibles a un operador humano.

**Manipuladores.-** Estos son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control que permite gobernar el movimiento de sus elementos.

**MCL.** Es un lenguaje compilable que se puede considerar apto para la programación de robots "off-line".

**Microrrobots.-**Sistemas de manufacturación que permiten realizar manipulaciones con precisiones del orden de la micra.

**Motores paso a paso o PAP.-** Son un tipo especial de motores que permiten el avance de su eje de ángulo muy precisos y por pasos en las dos direcciones posibles de movimiento, izquierda o derecha.

**Nitinol.-** Es una aleación con memoria que puede asumir diferentes formas o fases a diferentes temperaturas.

**Optoacoplador.-** Es un dispositivo que contiene una fuente de luz y un detector fotosensible separados una cierta distancia y sin contacto eléctrico entre ellos.

**Optoelectrónica.-** Es la unión entre los sistemas ópticos y los sistemas electrónicos.

**Paletización.**- Es un proceso básicamente de manipulación, consistente en disponer piezas sobre una plataforma o bandeja (palet). Las piezas en un palet ocupan normalmente posiciones predeterminadas, procurando asegurar la estabilidad, facilitar su manipulación y optimizar su extensión. Los palets son transportados por diferentes sistemas (cintas transportadoras, carretillas, etc.) llevando su carga de piezas, bien a lo largo del proceso de fabricación, bien hasta el almacén o punto de expedición.

**Piezoeléctrico .**-Es un disco piezocerámico adherido a una placa vibratoria metálica. Cuando se induce una corriente la placa al vibrar

**Programación gestual.**-La programación gestual consiste en guiar el brazo del robot directamente a lo largo de la trayectoria que debe seguir

**Programación off-line.**-La programación off-line se realiza utilizando paquetes software que permiten simular los movimientos del robot.

**Programación por aprendizaje o guiado.** Este método de programación consiste básicamente en que el usuario describa manualmente la secuencia de movimientos que tras almacenar en memoria del controlador del robot, se podrán repetir posteriormente por el robot automáticamente.

**Programación textual.**-En la programación textual se define la tarea mediante lenguajes que formalmente recuerdan a lenguajes de programación de computadores.

**Programación.**- Permite a los robots realizar las distintas tareas para las que fueron diseñados.

**rpm.**- Revoluciones por minuto

**Resistencia Variable con la Luz (LDR).**- Es un dispositivo optoelectrónico capaz de variar su resistencia según la luz que incide en él.

**Robot Articulado.-**Que tiene la capacidad de movimiento parecido a un brazo humano.

**Robot Industrial.-**Dispositivo de maniobra destinado a ser utilizado en la industria y dotado de uno o varios brazos, fácilmente programable para cumplir operaciones diversas con varios grados de libertad y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas, desagradables o peligrosas.

**Robot.-** Manipulador automático servo controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas

**Robots Androides.-** Son robots que intentan total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano.

**Robots Híbridos.-** Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en la combinación con alguna de las anteriores

**Robots Móviles.-** Son robots con grandes capacidades de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante.

**Robots Poliarticulados.-** Estos robots son estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad.

**Robots Zoomórficos.-** Los robots zoomórficos constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

**ROM.-** Memoria oxide recober. Memoria de solo lectura que es modificada por el usuario.

**RS.-** Interfaz de comunicación de datos en serie, tiene un bajo ancho de banda IR

**Secuenciación de instrucciones.-** Permiten ejecutar una secuencia de instrucciones que consisten en posicionamiento y acciones diversas de los robots

**Sensores de imagen.-** Son conocidos como CCD (Charge Coupled Device), son parte fundamental de las cámaras modernas y como unidad de captación de imagen para su posterior procesamiento.

**Sensores.-** Le permiten al robot a manejarse con cierta inteligencia al interactuar con el medio. Son componentes que detectan o perciben ciertos fenómenos o situaciones.

**SONAR.-** Sound Navigation and Ranging

**Teleoperador.-** Robot que puede ser operado de modo remoto por un operador humano

**uC1 .-**Microprocesador 1

**uC2.-**Microprocesador 2

**uC3.-**Microprocesador 3

**uC4.-**Microprocesador 4

## Bibliografía

Cybor Tu robot real

Autor: Pérez Galdós

Edit. RBA Coleccionables S. A.

Robots y Sistemas Sensoriales

Autores: Torres, F.; Pomares, T.; Gil, P.; Puente, S.T

Edit. Person Education, S.A.

Robótica

Manipuladores y robots móviles

Autor: Ollero Baturone Aníbal

Edit. Marcombo

Robótica: Control, detección, visión e inteligencia

Autores: K. S. Fu; R.C. González y C.S.G. Lee.

Edit. McGraw-Hill. 1988.

Teoría de máquinas y mecanismos

Autor: Shigley; J.E.

Edit Mc Graw-Hill.

Cinemática de las máquinas

Autor: Austin H. Church

Edit. Continental S.A 1979

El taller y el robot

Autor: Benjamín Coriat

Edit. Siglo XXI editores S.A de C.V 1992

Autómatas Programables

Autor: Andrés Simon

Edit. Paraninfo S.A