



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“DISEÑO ESQUEMÁTICO Y CONCEPTUAL DE  
BRAZO ROBOT PARA LA MANIPULACIÓN  
DE MATERIALES EN LABORATORIO”.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA  
P R E S E N T A :  
GILBERTO GALICIA DÍAZ

ASESOR: ING. FRANCISCO RAÚL ORTIZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO, 2011.





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*

---

La presente Tesis es un esfuerzo en el cuál, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dándome ánimo, acompañándome en todo momento.

Para poder realizar ésta tesis de la mejor manera posible fue necesario el apoyo de muchas personas a las cuales quiero agradecerles.

En primer lugar a mis padres, quien han sido un apoyo moral, económico e incondicional para lograr éste fin. Gracias por su paciencia.

A mis hermanas, hermanos y sobrinos por el apoyo que me brindaron.

A Graciela Mendoza por toda su ayuda que me brindo.

A mis amigos y compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante estos años de convivir dentro y fuera de la U.N.A.M.

A mi asesor de tesis, Ing. Francisco Raúl Ortiz González.

A mis Profesores que contribuyeron para el término de esta carrera.

---

# CONTENIDO

---

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	I
<b>CAPÍTULO 1 LA AUTOMATIZACIÓN</b>	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 GENERALIDADES	2
1.3 PRODUCCIÓN	11
1.3.1 PRODUCCIÓN ARTESANAL ANTIGUA	11
1.3.2 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL	12
1.3.3 MODERNA	13
1.4 AUTOMATIZACIÓN	17
1.4.1 OBJETIVOS	18
1.4.2 GRADO	22
1.4.3 ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA	24
1.4.4 ESTRUCTURA MECÁNICA DE UN ROBOT	27
1.5 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	31
<b>CAPÍTULO 2 BRAZOS MANIPULADORES</b>	33
2.1 SISTEMA BÁSICO	33
2.2 CONFIGURACIONES PRINCIPALES	34
2.3 SISTEMAS DE CONTROL	35
2.3.1 MANUAL	44
2.3.2 AUTOMÁTICO	45
2.2.3 LAZO ABIERTO	45
2.3.4 LAZO CERRADO	47
2.4 TRASMISORES	48
2.4.1 REDUCTORES	50
2.4.2 ACCIONAMIENTO DIRECTO	54
2.4.3 ACTUADORES	56
2.4.3.1 NEUMÁTICOS	57
2.4.3.2 ELÉCTRICOS	61
2.4.3.3 MOTORES PASO A PASO	66
2.4.4 SENSORES	71
2.4.4.1 DE POSICIÓN	72
2.4.4.2 LINEALES	78
2.4.4.3 DE VELOCIDAD	80
2.4.4.4 DE PRESENCIA	80
2.4.4.5 TERMINALES	81

# CONTENIDO

---

<b>CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA</b>	83
3.1 GENERALIDADES	83
3.1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	83
3.1.3 AVANCES RECIENTES	84
3.1.4 CIRCUITOS	85
3.1.5 RESISTENCIAS	86
3.1.6 CONDENSADORES	86
3.1.7 BOBINAS	87
3.1.8 TUBOS DE VACÍO	88
3.1.9 TRANSISTORES	89
3.1.10 CIRCUITOS INTEGRADOS	91
3.1.11 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DE USO FRECUENTE	92
3.1.12 CIRCUITOS AMPLIFICADORES	93
3.1.13 CIRCUITOS LÓGICOS	94
3.1.14 DISPOSITIVOS DE DETECCIÓN Y TRANSDUCTORES	97
3.1.15 COMPONENTES ELECTRÓNICOS	97
3.4 ELECTRÓNICA DE POTENCIA	102
3.5 FUENTE DE PODER	104
3.5.1 CLASIFICACIÓN	104
3.5.2 FUENTES DE ALIMENTACIÓN LINEALES	104
3.5.3 FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONMUTADAS	105
3.5.4 FUENTES DE ALIMENTACIÓN ESPECIALES	106
3.5.6 ESPECIFICACIONES	106
<b>CAPÍTULO 4 ELECTRÓNICA DEL ROBOT</b>	107
4.1 ELECTRÓNICA DEL ROBOT	107
4.2 SISTEMA DE SENSADO	113
4.2.1 SENSORES INTERNOS	113
4.2.2 SENSORES EXTERNOS	114
4.3 SENSORES	117
4.3.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO	119
4.3.2 DETALLES SOBRE LOS SENSORES PARA ROBOTS	120
4.3.3 SENSORES REFLECTIVOS Y POR INTERCEPCIÓN (DE RANURA)	123
4.3.4 RESISTOR DEPENDIENTE DE LA LUZ	123
4.3.5 FOTODIODOS	124
4.3.6 FOTOTRANSISTORES	126
4.3.7 MICROINTERRUPTORES	127
4.3.8 SENSORES DE CONTACTO (CHOQUE)	128

---

# CONTENIDO

---

4.3.9 PIEL ROBÓTICA	128
4.3.10 MICRÓFONOS Y SENSORES DE SONIDO	129
4.3.11 RANGERS (MEDIDORES DE DISTANCIA) ULTRASÓNICOS	130
4.3.12 MEDIDORES DE DISTANCIA POR INFRAROJO	131
4.3.13 GIRÓSCOPIOS	132
4.3.14 TERMISORES	133
4.3.15 DIODOS PARA MEDIR TEMPERATURA	134
4.3.16 CIRCUITOS INTEGRADOS PARA MEDIR TEMPERATURA	135
4.3.17 SENSORES DE PROXIMIDAD	135
<b>CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT</b>	<b>138</b>
5.1 DISEÑO DEL ROBOT	138
5.2 APLICACIÓN Y RIESGOS EN EL LABORATORIO	139
5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	141
5.3.1 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS	142
5.3.2 ACCESO RESTRINGIDO	143
5.3.3 INFECCIONES DE LABORATORIO	143
5.3.4 RECEPCION, MANEJO DE MUESTRAS Y MATERIALES	144
5.3.5 MATERIALES	145
5.4 DISEÑO CONCEPTUAL Y ESQUEMATICO	147
5.4.1 DISEÑO	147
5.4.2 FASES DEL PROCESO DEL DISEÑO	148
5.4.3 CONCEPTUAL	149
5.4.4 ESQUEMÁTICO	150
5.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	150
5.6 DISEÑO DEL BRAZO	153
5.6.1 GENERALIDADES	153
5.6.1.1 EL SISTEMA OSEO	155
5.6.2 ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO	158
5.6.2.1 PRESPECTIVA DE LOS CINCO ELEMENTOS INTEGRADOS	160
5.6.2.2 BASE	161
5.6.2.3 HOMBRO	162
5.6.2.4 BRAZO	163
5.6.2.5 ANTEBRAZO	163
5.6.2.6 PINZA	164
5.6.2.7 MONTAGE DEL ELEMENTO TERMINAL (PINZA)	165
5.6.3 CONCEPTUALIZACIÓN	165
5.6.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS	167
5.6.5 DIMENSIONAMIENTO	168

---

# CONTENIDO

---

5.7 MANUAL DE OPERACIÓN	174
5.7.1 DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE LOS BOTONES	177
5.7.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ	183
5.7.1.2 LISTA DE MATERIALES DE LA INTERFACE “BRAZO ROBOT”	184
<b>CONCLUSIONES</b>	187
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	189

# INTRODUCCIÓN

---

Los robots han logrado captar la atención de la industria, cuando se han aplicado a accidentes nucleares, explosiones, exploración etc. Se han convertido en herramientas para producir trabajar y realizar labores peligrosas dentro y fuera de la industria.

La robótica está experimentando un crecimiento explosivo en las últimas seis décadas, propulsado por los avances en computación, sensores, electrónica y software, contando hoy en día con una amplia gama de máquinas inteligentes, hábiles y precisas que trabajan para el hombre.

Actualmente substituye al ser humano en tareas casi imposibles de realizar por el mismo, o en tareas demasiado monótonas y agotadoras como en un proceso industrial. Por esto también el uso, o la necesidad en la vida humana se vuelven cada vez mayor con la evolución del hombre.

Por ejemplo manipulando objetos muy pesados, sustancias peligrosas o bien trabajando en situaciones extremas o dañinas para el hombre; y más bien dejando a los seres humanos realizar las tareas de técnicos, ingenieros, programadores y supervisores. Podemos mencionar el mejoramiento en el manejo, control, productividad y sobre todo en la seguridad del personal que labora en procesos de alto riesgo, como manejo de láminas punzocortantes, explosivos, químicos y sobre todo en laboratorios donde se beben mezclar productos nocivos o riesgosos para el personal.

Basado en mi experiencia personal, laboral y en la participación en concursos Nacionales de Robótica en los cuales se ha participado en años anteriores, pude darme cuenta que la robótica va creciendo a pasos agigantados y a su vez ayudando a las personas en diferentes trabajos y actividades físicas o laborales.

# INTRODUCCIÓN

---

Cada vez es más común el uso de robots o brazos manipuladores en la industria u otros campos donde se requiera o se puedan implementar. Para algunas personas dicho aporte o ayuda no es de gran ayuda o utilidad, ya que creen que solamente vienen a desplazar al humano en actividades o trabajos, pero por otra parte no se dan cuenta que en lugar de hacerlos a un lado o quitarles el trabajo, esta tecnología viene a contribuir con ellos ya que estos equipos puede minimizar el esfuerzo físico y mental, consiguiendo con ello el cuidado de la integridad física, contribuyendo a que se tengan menos accidentes laborales, perdidas de miembros, lesiones graves y hasta la muerte en algunos casos.

En estos tiempos el ritmo de vida ha llevado a tener otro estilo de actividades, que pueden ocasionar problemas de salud que deben considerarse, porque poco a poco van generando otros mucho más graves.

Entre los daños a la salud más frecuentemente observados, relacionados con el cansancio y estrés laboral, están:

- Dolores de cabeza o cefaleas.
- Dolor de cuello, espalda y cintura.
- Malestar en piernas y articulaciones, por falta de movimiento, sobre todo en personas que trabajan tras un escritorio.
- Dolor de ojos o cansancio visual, en personas que trabajan largas horas ante una computadora.
- Cansancio y fatiga crónica.
- Irritabilidad, agresividad y mal humor.
- Gastritis y colitis nerviosa.
- Ataques de nervios.
- Baja de presión por cansancio.

# INTRODUCCIÓN

---

Por estas razones o otras más es que debemos tomar conciencia de que no todo aporte de tecnología es mala, ya que se ha venido dando una oleada de deshumanismo, ya no nos preocupamos por la persona como ser humano, si no como herramienta de trabajo, se han puesto de por medio otros intereses antes que al propio ser humano, como son el capital, la producción, las venta y otras cuestiones más, hay muchas ventajas que se pueden obtener de los robots, también pueden usarse para el campo, el área médica, así como material didáctico de enseñanza, en el uso doméstico, en la vida cotidiana de cualquier persona y no solo para la industrial, que es el lugar donde más existe el uso y empleo de dichos robots.

Otra gran ventaja es que los robots pueden trabajar día y noche, en una línea de ensamble sin perder un ápice de su desempeño.

El uso de robots manipuladores se ha generalizado, en el ensamblaje de circuitos impresos y hasta en cirugías de operaciones, sin embargo, es en la industria automotriz donde su empleo ha sido mayor, en aplicaciones como soldaduras de puntos, pinturas spray, manipulación de partes de carrocería, chasis y motor.

Este trabajo trata sobre el diseño de un manipulador o brazo robot a escala que parte de esquemas conceptuales y de los movimientos articulados de sus cinco componentes principales que son; pinza, antebrazo, codo, brazo y hombro; tomando como referencia un equipo didáctico que se manipula por medio de un joystick (control manual), el cual fue sustituido por un software de aplicación desarrollado en lenguaje de aplicación Visual Basic v. 6.0 en plataforma Windows XP.

A continuación se describen los contenidos de los capítulos que integran el trabajo:

# INTRODUCCIÓN

---

- Capítulo I.- La automatización, donde se describe parte de la historia y desarrollo de la automatización de las maquinas hasta llegar a la implementación de los robots.
- Capítulo II.- Brazos manipuladores, habla de los diferentes sistemas que manejan los manipuladores, las varias aplicaciones en que se emplean en la industria para diferentes tipos de procesos, la manipulación de partes y materiales.
- Capítulo III.- Electrónica, este capítulo aborda los componentes que intervienen en el campo de de la ingeniería, relativo al diseño y aplicación de los dispositivos electrónicos.
- Capítulo IV.- Electrónica del robot, el cual describe la integración y de los sistemas que conforman la parte eléctrica, electrónica, mecánica o meca trónica para el funcionamiento en conjunto de todos los sistemas
- Capitulo V.-El brazo robot, por último en este capítulo hace referencia al diseño conceptual, esquemático, funcionalidad y conformado de las partes que lo integran; así como el modo de operar dicho prototipo a través de la PC y la interfaz.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.1 ANTECEDENTES

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

Jacques de Vacúnanos, construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henrri Millardet construyó una muñeca mecánica (Ver figura. 1.1) que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaba como “el programa” para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época.



Figura 1.1 Muñeca mecánica.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.2 GENERALIDADES

La palabra robot es de origen eslavo. En ruso robota significa trabajo. En checo significa trabajo forzado. En 1921, el escritor checo Karol Capek escribió Rossums Universal Robots (Ver figura 1.2). Una obra teatral que obtuvo gran éxito en Broadway (New York). En esta obra unos androides trabajaban más del doble que un ser humano.

El término robotics (robótica) se debe a Isaac Asimov, el famoso escritor de ciencia ficción.

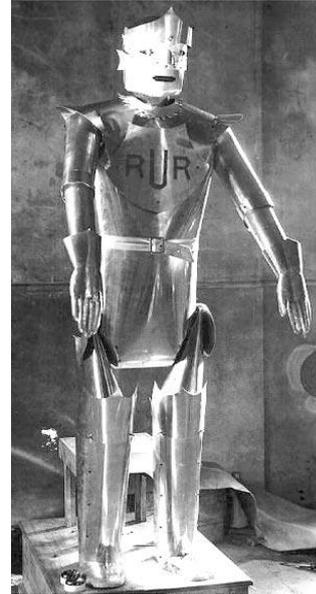


Figura 1.2 Robot usado en la obra teatral.

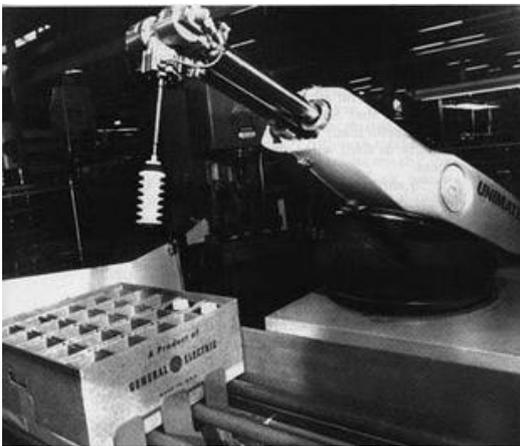


Fig. 1.3 El primer brazo articulado o manipulador.

El primer brazo articulado o manipulador fue construido por Harold Roselund de la compañía Devliss, en 1938 (Ver figura 1.3). Se usaba para pintar en forma de aspersión o roció (spray). De más está decir que al no existir en aquella época computadoras digitales, la programación de una tarea dada era altamente engorrosa por lo cual este primer manipulador no tuvo éxito. Durante la Segunda Guerra Mundial fue desarrollado el teleoperador, es decir, dos manos mecánicas controladas a distancia por un ser humano mediante encadenamientos mecánicos.

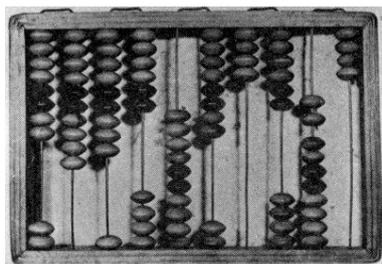
# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

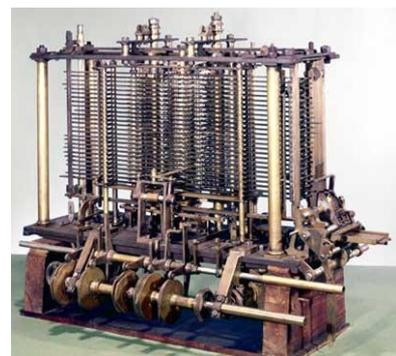
---

Las ideas y las invenciones de muchos matemáticos, científicos e ingenieros allanaron el camino para el desarrollo de la computadora moderna. En un sentido, la computadora tiene realmente tres fechas: una como calculadora mecánica, cerca de 500 a.C., otra como concepto (1833), y la tercera del nacimiento como la computadora digital moderna (1946).

La primera calculadora mecánica (figura 1.4 a), fue un sistema de barras y de bolas móviles llamados el ábaco, fue ideada en Babilonia alrededor de 500 a.C. El ábaco proporcionó el método más rápido de calcular hasta 1642, cuando el científico francés Pascal Blaise inventó una calculadora hecha de ruedas y de dientes (Ver figura 1.4 b). Cuando la rueda de las unidades se movía una revolución (más allá de diez muescas), se movía la muesca de la rueda de las decenas; cuando la rueda de las decenas se movía una revolución, se movía la muesca de la rueda de los centenares; etcétera. Mejoras en la calculadora mecánica de Pascal fueron llevadas a cabo por los científicos e inventores tales Gottfried Wilhelm Leibniz, W.T. Odhner, Dorr E. Felt, Frank S. Baldwin y Jay R. Monroe.



a) Ábaco.



b) Pascalina.

Figura 1.4 Primeras calculadoras.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

El concepto de la computadora moderna primero fue contorneado en 1833 por el matemático británico Charles Babbage. Su diseño de un "motor analítico", (ver figura 1.5) contuvo todos los elementos necesarios de una computadora moderna: dispositivos de entrada de información, un almacén (memoria), un molino (unidad que cómputo), una unidad de control, y dispositivos de salida. El diseño llevó más de 50,000 piezas móviles en una máquina de vapor tan grande como una locomotora.

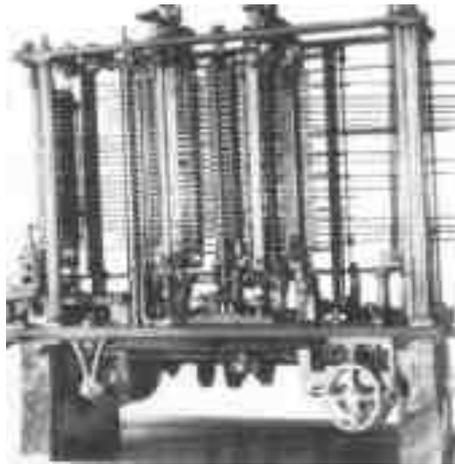


Figura 1.5 Motor analítico.

La mayoría de las acciones del motor analítico eran realizadas utilizando tarjetas perforadas, una adaptación al método que ya era usado para controlar máquinas de cosido automático de seda. Aunque Babbage trabajó en el motor analítico por casi 40 años, él nunca construyó realmente una máquina de trabajo.

En 1889, Herman Hollerith, inventor estadounidense, patentó una máquina calculadora que contó, comparó y ordenó la información guardada en tarjetas perforadas (Ver figura 1.6). Cuando las tarjetas eran colocadas en su máquina, presionaban una serie de contactos del metal que correspondía a la red de perforaciones potenciales.



Figura 1.6 Tarjetas perforadoras

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

Cuando un contacto encontraba un agujero (perforado para representar la edad, ocupación, etcétera), cerraba un circuito eléctrico y aumentaba la cuenta para esa categoría. La máquina primero fue utilizada para ayudar a clasificar la información estadística para el censo de 1890 de los Estados Unidos de América.

En 1896, Hollerith fundó la Compañía de Máquinas de Tabulación para producir máquinas similares (Ver figura 1.7). En 1924, después una numerosa fusión, la compañía cambió su nombre a International Business Machine Corporation (IBM). IBM hizo de la maquinaria de tarjetas de oficina un negocio dominante en los sistemas de información hasta que tarde en los años 60, cuando una nueva generación de computadoras hizo obsoleta a la máquina de tarjetas.



Figura 1.7 Máquina de tabulación.

En los últimos 20 y 30 años del siglo XX, varios nuevos tipos de calculadoras fueron construidos. El ingeniero Vannevar Bush, desarrolló el analizador diferenciado, la primera calculadora capaz de solucionar ecuaciones diferenciales. Su máquina calculaba con números decimales y por lo tanto requirió centenares de engranajes y ejes para representar los varios movimientos y lazos de los diez dígitos.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

En 1939, los físicos americanos: John V. Atanasoff y Clifford Berry; produjeron el prototipo de una computadora en el sistema de numeración binario. Atanasoff pensaba que un número binario era mejor para satisfacer los cálculos que los números decimales porque dos dígitos 1 y 0 pueden ser representados fácilmente por un circuito eléctrico. Además, George Boole, matemático británico, había ideado ya un sistema completo de la álgebra binaria que se pudo aplicar a los circuitos de la computadora.

La computadora moderna creció fuera de los esfuerzos intensos de la investigación durante la Segunda Guerra Mundial. Desde 1941, el inventor alemán Konrad Zuse produjo una computadora operacional, la Z3, (Ver figura 1.8). Que fue utilizado en los diseños de aviones y de misiles. El gobierno alemán rechazó ayudarlo a refinar la máquina, sin embargo, la computadora nunca alcanzó su potencia completa.

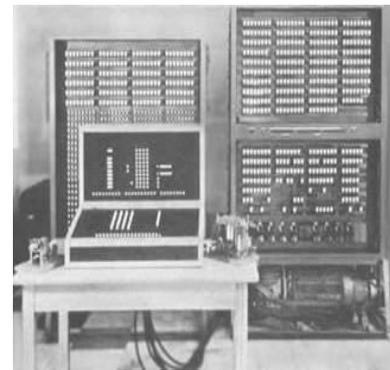


Figura 1.8 Computadora operacional Z3.

Un matemático de Harvard nombrado Howard Aiken dirigió el desarrollo de la calculadora controlada de secuencia automática de Harvard-IBM, conocida más adelante como la Marca I, una computadora electrónica que utilizó 3,304 relevadores electromecánicos como interruptores de encendido-apagado. Terminada en 1944, su función primaria era crear las tablas balísticas para hacer la artillería de la marina más exacta.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

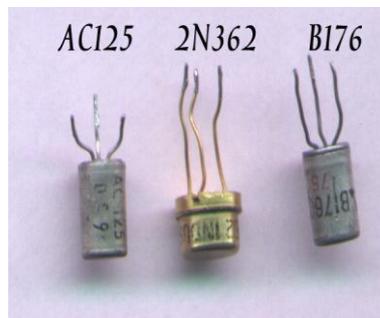
La primera computadora completamente electrónica, que utilizó los tubos de vacío en vez de los relevadores mecánicos, era tan secreta que su existencia no fue revelada hasta décadas después de que fuera construida. Inventada por el matemático inglés Alan Turing y puesta en operación antes de 1943, el Colossus, era la computadora con que los criptógrafos británicos rompían los códigos secretos militares de los alemanes.

Como Colossus fue diseñado para solamente una tarea, la distinción como la primera computadora electrónica moderna de uso general pertenece correctamente a ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator). Diseñada por dos ingenieros Estadounidenses, Juan W. Mauchly y J. Presper Eckert, Jr; ENIAC entró en servicio en la Universidad de Pennsylvania en 1946. Su construcción era una enorme hazaña de ingeniería la máquina de 30 toneladas contuvo 17,468 tubos de vacío conectados por 500 millas (800 kilómetros) de cableado. ENIAC realizaba 100,000 operaciones por segundo.

La invención del transistor en 1948 trajo una revolución en el desarrollo de la computadora. Los tubos de vacío (bulbos, ver figura 1.9 a), no fiables fueron substituidos por los transistores pequeños del germanio, (ver figura 1.9 b), luego los transistores de silicio (ver figura 1.9 c), que generaban poco calor con todo funcionado perfectamente como los interruptores o los amplificadores.



a) Tubos de vacío calientes.



b) Transistores pequeños de germanio.



c) Transistores de silicio.

Figura 1.9 Componentes lógicos.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

El descubrimiento en la miniaturización de la computadora vino en 1958, cuando Jack Kilby, diseñó el primer circuito integrado verdadero. Su prototipo consistió en una oblea del germanio que incluyó los transistores, las resistencias y los condensadores, los componentes principales del trazado de circuito electrónico. Usando chips de silicio de menor costo, incrementando más y más componentes electrónicos en cada chip.

El desarrollo de la integración en gran escala (LSI) permitió abarrotar centenares de componentes en un chip; la integración a muy gran escala (VLSI) hizo crecer ese número a centenares de millares; y los ingenieros proyectan que las técnicas de integración ultra grande (ULSI) permitirán ser colocados alrededor de 10 millones de componentes en un microchip del tamaño de una uña.

Otra revolución en tecnología del microchip ocurrió en 1971, en que el ingeniero Marcian E. Hoff, combinó los elementos básicos de una computadora en un chip de silicio minúsculo, que llamó microprocesador (Ver figura 1.10). Este microprocesador Intel 4004 y centenares de variaciones que las siguieron son las computadoras que hacen funcionar millares de productos modernos y forman el corazón de casi cada computadora electrónica de uso general.

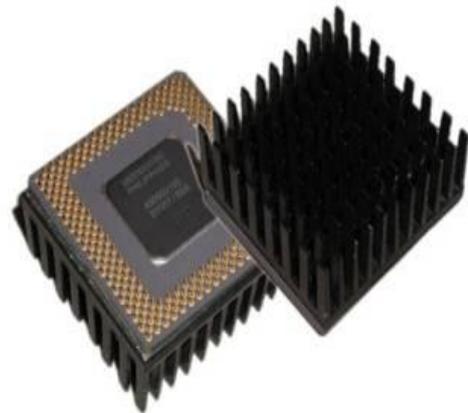


Figura 1.10 El microprocesador.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

A mediados de los años setenta del siglo anterior, los microchips y los microprocesadores habían reducido drásticamente el costo de los millares de componentes electrónicos requeridos en una computadora.

La primera computadora de escritorio accesible diseñada específicamente para el uso personal fue llamada la Altair 8800 y vendida por Micro Instrumentation Telemetry Systems en 1974.

En 1977 Tandy Corporation se convirtió en la primera firma principal del elemento electrónico para producir una computadora personal. Agregaron un teclado y un CRT a su computadora y ofrecieron medios de guardar programas en una grabadora. Pronto, una compañía pequeña llamada Apple Computer, fundado por el ingeniero Stephen Wozniak y los trabajos de Steven Jobs, comenzaron a producir una computadora superior.

IBM introdujo su computadora personal o PC, en 1981. Como resultado de la competencia de los fabricantes de clones (computadoras compatibles que funcionaron exactamente como una PC IBM), el precio de computadoras personales cayó drásticamente. La computadora personal de hoy es 200 veces más rápida que ENIAC, 3,000 veces más ligera, y vario millones de dólares más barata (Ver figura 1.11). En la rápida sucesión de computadoras se ha contraído del modelo de escritorio a la computadora portátil y finalmente a la del tamaño de la palma.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

Con algunas computadoras personales la gente puede incluso escribir directamente en una pantalla de cristal líquido usando una aguja electrónica pequeña y las palabras aparecerán en la pantalla en mecanografiado limpio.



a) Computadoras tipo torre.



b) Computadora de escritorio.

Figura 1.11 Primeras computadoras personales (PC's).

La investigación en inteligencia artificial está procurando diseñar una computadora que pueda imitar los procesos y las habilidades propias del pensamiento del ser humano como el razonamiento, solucionar problemas, toma de decisiones y aprender. Se cree que la inteligencia humana tiene tres componentes principales: sentido, capacidad de clasificar y de conservar conocimiento, y capacidad de hacer elecciones basadas en la experiencia acumulada.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.3 PRODUCCIÓN

Es el proceso de creación de los bienes materiales necesarios para la existencia y el desarrollo de la sociedad.

La producción existe en todas las etapas de desarrollo de la sociedad humana. Los hombres, al crear los bienes materiales (medios de producción y artículos de consumo), contraen determinados vínculos y relaciones para actuar conjuntamente. Por este motivo, la producción de los bienes materiales siempre es una producción social.

#### 1.3.1. PRODUCCIÓN ARTESANAL ANTIGUA

La producción artesanal (ver figura 1.12), puede estudiarse arqueológicamente identificando a los artesanos mismos y sus identidades; la casa y el ámbito familiar de la producción; el barrio y la concentración de medios de trabajo en sectores de un asentamiento, o bien, las comunidades especializadas en el nivel regional.

En la antigüedad la forma predominante de la producción artesanal en Grecia era el pequeño taller. Tales talleres (ergasterios: El pequeño taller esclavista como forma realizadora de la producción artesanal) existían en todas las ramas de la producción artesanal.

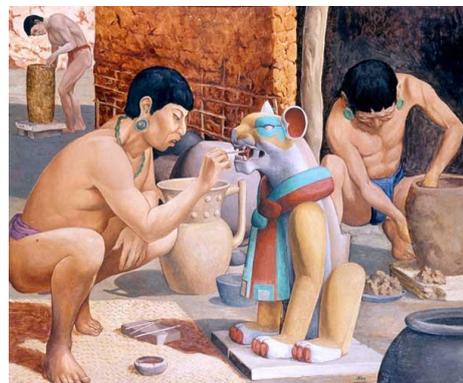


Figura 1. 12 Producción artesanal antigua.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

El trabajo en esos talleres era realizado con instrumentos sumamente sencillos. El proceso de la producción en los mismos no se caracterizaba por una unidad interna basada en la división técnica del trabajo. Los esclavos trabajaban en esos talleres independientemente unos de otros, y cada uno de ellos realizaba todas las fases productoras necesarias para la elaboración del tal o cual objeto.

Desde luego, a pesar de todo existían en los talleres algunos rudimentos de la división del trabajo, especialmente en las grandes ciudades; pero, por regla general, ello constituía una excepción o una casualidad; no había rama de la producción artesanal en que se presentara ninguna especialización estable y determinada de los esclavos.

### 1.3.2. REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Revolución Industrial es un periodo histórico comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del XIX, en el que el Reino Unido en primer lugar, y el resto de la Europa continental después, sufren el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la Historia de la humanidad, desde el Neolítico.

La economía basada en el trabajo manual fue reemplazada por otra dominada por la industria y la manufactura. La revolución comenzó con la mecanización de las industrias textiles y el desarrollo de los procesos del hierro. La expansión del comercio fue favorecida por la mejora de las rutas de transportes y posteriormente por el nacimiento del ferrocarril. (Ver figura 1.13).

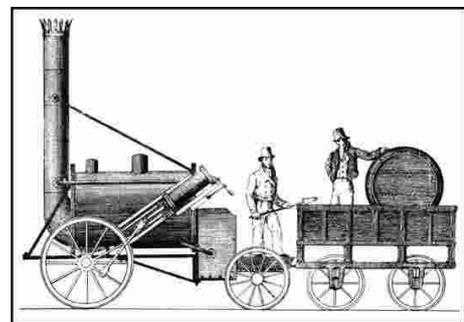


Figura 1.13 Primer ferrocarril.

# CAPÍTULO 1

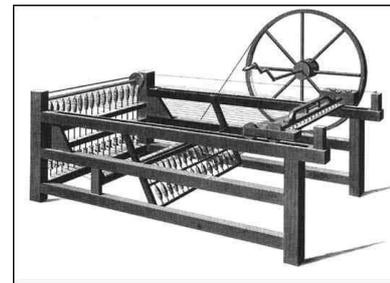
## LA AUTOMATIZACIÓN

---

Las innovaciones tecnológicas más importantes fueron la máquina de vapor (ver figura 1.14 a), y la denominada Spinning Jenny, (ver figura 1.14 b). Una potente máquina relacionada con la industria textil. Estas nuevas máquinas favorecieron enormes incrementos en la capacidad de producción. La producción y desarrollo de nuevos modelos de maquinaria en las dos primeras décadas del siglo XIX facilitó la manufactura en otras industrias e incrementó también su producción.



a) Máquina de vapor.



b) Máquina textil.

Figura 1.14 Innovaciones Tecnológicas

### 1.3.3. MODERNA

Los sistemas de producción son sistemas que están estructurados a través de un conjunto de actividades y procesos relacionados, necesarios para obtener bienes y servicios de alto valor añadido para el cliente, con el empleo de los medios adecuados y la utilización de los métodos más eficientes.

En las empresas, ya sean de servicio o de manufactura, estos sistemas representan las configuraciones productivas adoptadas en torno al proceso de conversión y/o transformación de unos inputs (materiales, humanos, financieros, informativos, energéticos, etc.) en unos outputs (bienes y servicios) para satisfacer unas necesidades, requerimientos y expectativas de los clientes, de la forma más racional y a la vez, más competitiva.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

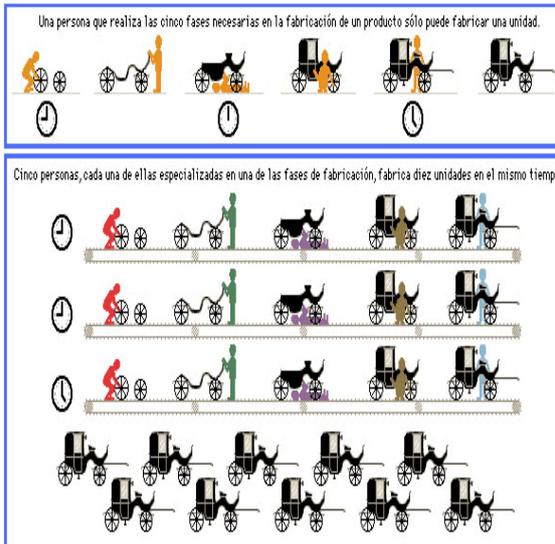


Figura 1.15 Sistema de producción en serie.

Woodward (1965), fue probablemente el primer autor en tipificar los sistemas productivos. Descubrió que las tecnologías de fabricación se podían encuadrar en tres grandes categorías: producción artesanal o por unidad (producción discreta no-repetitiva), producción mecanizada o masiva (producción discreta repetitiva), y la producción de proceso continuo (Ver figura 1.15). Cada categoría incluye un método distinto de obtener los productos, siendo las principales diferencias, el grado de estandarización y automatización, tipo de proceso y la repetitividad de la producción.

La hiladora giratoria de Hargreaves 1770 (ver figura 1.16), el telar mecánico de Cartwright 1785 (ver figura 1.17), la hiladora mecánica de Crompton 1779 (ver figura 1.18), el telar de Jacquard 1801 (ver figura 1.19).

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

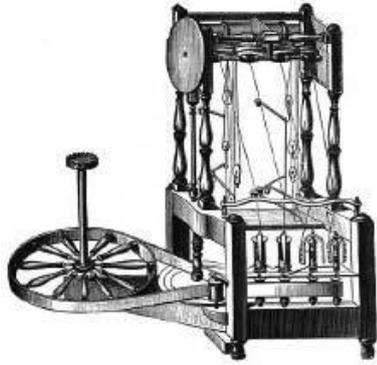


Figura 1.16 La hiladora giratoria de Hargreaves.

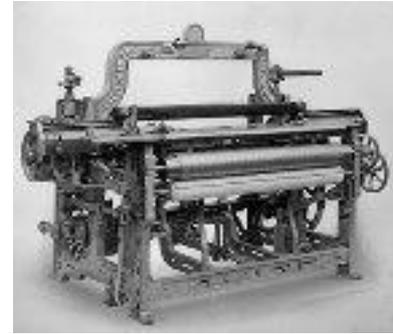


Figura 1.17 Telar mecánico de Cartwrigth.



Figura 1.18 Hiladora mecánica de Crompton.

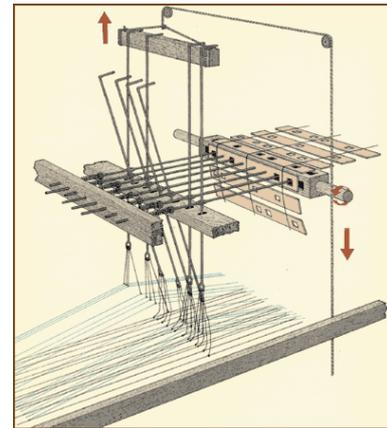


Figura 1.19 Telar de Jacquard.

Son varios factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's del siglo XX.

George Devol es considerado como el "padre del robot". En 1946 inventó un aparato mecánico que permitía repetir una secuencia de movimientos a una máquina herramienta. Ese mismo año Eckert y Mauchly construyeron la primera computadora digital, Eniac. En 1952, se construyó en el MIT (del inglés Massachusetts Institute of Technology: Instituto Tecnológico de Massachusetts) la primera máquina de control numérico.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

En 1952, Devol patentó el primer brazo manipulador con memoria. Esta máquina era capaz de mover la herramienta de trabajo de punto a punto. En 1957 la corporación Planet produjo el primer robot comercial. En 1960, Devol vendió su patente a la corporación Condec que empezó a producir el robot Unimate en su subsidiaria Unimation. En 1962, General Motors instaló el primer unimation en su planta de fundición por troquel.

A partir de 1965, varios centros importantes de investigación tales como MIT, SRI, etc. empezaron la investigación en robótica y aéreas asociadas. En 1970, se construyó en el SRI un manipulador con seis grados de libertad controlado por computador y con control de movimiento por bucle cerrado PID (del ingles Process IDentification: número que identifica un proceso en el sistema). Con servomotores de corriente continua. Hasta entonces todos los robots manipuladores tenían actuadores hidráulicos.

El primer robot controlado por microcomputador fue producido por Cincinnati Milacron en 1973. En 1978, Unimation desarrolló el PUMA (iniciales de Programmable Universal Machine for Assembling: Máquina Universal Programable para Ensamble. (Ver figura 1.20).

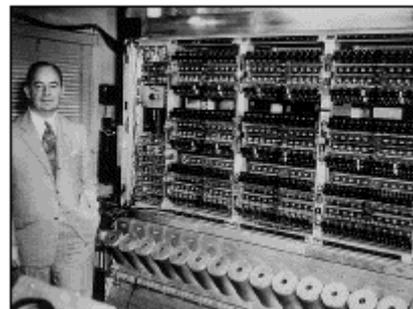


Figura 1.20 PUMA.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.4. AUTOMATIZACIÓN

Definición de automática: el estudio de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada.

Es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos (Ver figura 1.21). El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

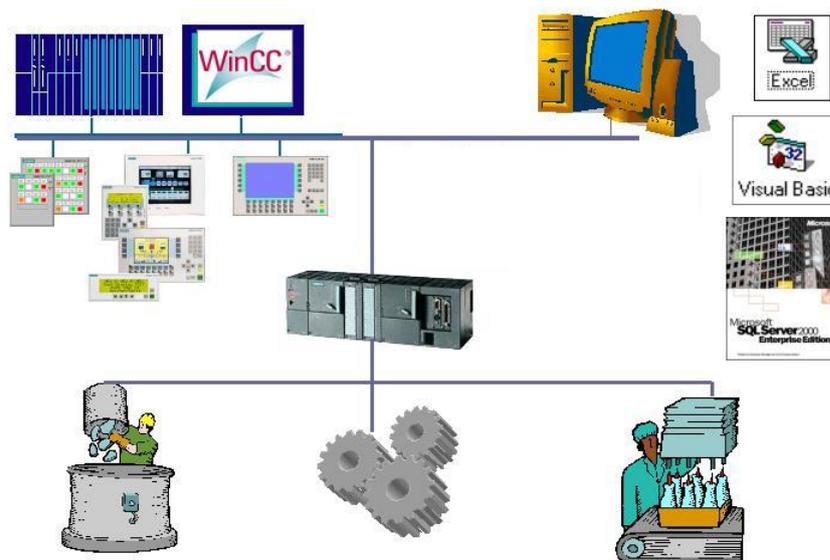


Figura 1.21  
Sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.4.1. OBJETIVOS

Integrar varios aspectos de las operaciones de manufactura para:

- Mejorar la calidad y uniformidad del producto
- Minimizar el esfuerzo y los tiempos de producción.
- Mejorar la productividad reduciendo los costos de manufactura mediante un mejor control de la producción.
- Mejorar la calidad mediante procesos repetitivos.
- Reducir la intervención humana, el aburrimiento y posibilidad de error humano.
- Reducir el daño en las piezas que resultaría del manejo manual.
- Aumentar la seguridad para el personal.
- Ahorrar área en la planta haciendo más eficiente:
  - El arreglo de las máquinas
  - El flujo de material

Para la automatización de procesos, se desarrollaron máquinas operadas con controles programables (PLC), actualmente de gran ampliación en industrias como la textil y la alimentación.

Para la información de las etapas de diseño y control de la producción se desarrollaron programas de computación para el dibujo (CAD); para el diseño (CADICAE); para la manufactura CAM; para el manejo de proyectos (ver figura 1.22); para la planeación de requerimientos; para la programación de la producción y, para el control de calidad.



Figura 1.22 Programas para el manejo de proyectos.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

La inserción de tecnologías de la información en la producción industrial de los países desarrollados, ha conocido un ritmo de crecimiento cada vez más elevado en los últimos años. Por ejemplo, la Información amplía enormemente la capacidad de controlar la producción con máquinas de control computarizado y permite avanzar hacia mayores y más complejos sistemas de automatización, unas de cuyas expresiones más sofisticadas y más ahorradoras de trabajo humano directo son los robots, los sistemas flexibles de producción y los sistemas de automatización integrada de la producción CIM (del inglés: computer integrad manufacturing: manufactura integrada por computadora).

Aunque es evidente que la automatización sustituye a un alto porcentaje de la fuerza laboral no calificada, reduciendo la participación de los salarios en total de costos de producción, las principales razones para automatizar no incluye necesariamente la reducción del costo del trabajo.

Por otra parte, la automatización electromecánica tradicional ya ha reducido significativamente la participación de este costo en los costos de producción.

Actualmente en los Estados Unidos de América en la participación típica el trabajo directo, en el costo de la producción Industrial es del 10 % o 15 % y en algunos productos de 5 %. Por otra parte, existen otros costos, cuya reducción es lo que provee verdadera competitividad a la empresa.

Entre estos costos está el trabajo indirecto, administración, control de calidad, compras de insumos, flujos de información, demoras de proveedores, tiempos muertos por falta de flexibilidad y adaptabilidad, etc.

Estos son los costos que pueden ser reducidos por las nuevas tecnologías de automatización al permitir mayor continuidad, intensidad y control integrado del proceso de producción, mejor calidad del producto y reducción significativa de errores y rechazos, y a la mayor flexibilidad y adaptabilidad de la producción a medida y en pequeños lotes o pequeñas escalas de producción.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

La mayor calidad en los productos se logra mediante exactitud de las máquinas automatizadas y por la eliminación de los errores propios del ser humano; lo que a su vez repercute grandes ahorros de tiempo y materia al eliminarse la producción de piezas defectuosas.

La flexibilidad de las máquinas permite su fácil adaptación tanto a una producción individualizadas y diferenciada en la misma línea de producción, como un cambio total de la producción. Esto posibilita una adecuación flexible a las diversas demandas del mercado.

La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo, mediante la exanimación de mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción. A través de diversos instrumentos controlados por la información suministrada por la computadora, se regula el funcionamiento de las máquinas u otros elementos que operan el proceso productivo.

En concreto, este sistema funciona básicamente de la siguiente manera: Mediante la utilización de captadores o sensores (que son esencialmente instrumentos de medición, como termómetros o barómetros), se recibe la información sobre el funcionamiento de las variables que deben ser controladas (temperatura, presión, velocidad, espesor o cualquier otra que pueda cuantificarse), esta información se convierte en una señal, que es comparada por medio de la computadora con la norma, consigna, o valor deseado para determinada variable.

Si esta señal no concuerda con la norma de Inmediato se genere una señal de control (que es esencialmente una nueva Instrucción), por la que se acciona un actuador o ejecutante (que generalmente son válvulas y motores), el que convierte la señal de control en una acción sobre el proceso de producción capaz de alterar la señal original imprimiéndole el valor o la dirección deseada.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

- En la práctica, la automatización de la industria alcanza diferentes niveles y grados ya que la posibilidad concreta de su implementación en los procesos de fabricación industrial varía considerablemente según se trate de procesos de producción continua o en serie. En efecto, en el primer caso, el primer caso, el conducto es el resultado de una serie de operaciones secuenciales, predeterminadas en su orden, poco numerosas, y que requieren su Integración en un flujo continuo de producción.

Los principales aportes de la microelectrónica a este tipo de automatización son los mecanismos de control de las diversas fases o etapas productivas y la creciente capacidad de control integrado de todo el proceso productivo.

Por su parte, la producción en serie está formada por diversas operaciones productivas, generalmente paralelas entre sí o realizadas en diferentes períodos de tiempos o sitios de trabajo, lo que ha dificultado la integración de líneas de producción automatizadas.

Desde mediados de los años setenta del Siglo XX las posibilidades de automatización integrada han aumentado rápidamente gracias a los adelantos en la robótica, en las máquinas herramienta de control numérico, en los sistemas flexibles de producción, y en el diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM).

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.4.2. GRADO

La importancia de la automatización (ver figura 1.23), se distinguen los siguientes grados. Aplicaciones en pequeña escala como mejorar el funcionamiento de una máquina en orden a:

- Mayor utilización de una máquina, mejorando del sistema de alimentación.
- Posibilidad de que un hombre trabaje con más de una máquina.
- Coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente.
- Realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas.

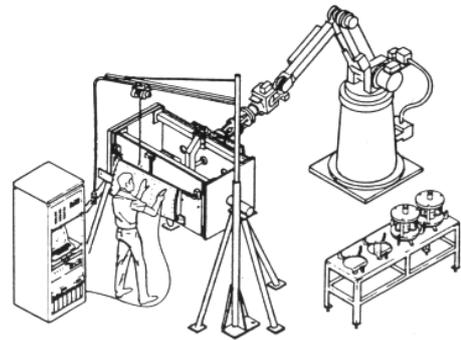


Figura 1.23 Importancia de la automatización.

La automatización no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías
- La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.
- La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:
  - Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
  - Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
  - Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
  - Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
  - Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
  - Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y performance de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
  - Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
  - Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y auto diagnóstico.
  - Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
  - Disminución de la contaminación y daño ambiental.
  - Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
  - Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

### 1.4.3. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN AUTOMATIZADA

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, la automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar los principales indicadores y son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías
- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y performance de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

- Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

Existen ciertos requisitos de suma importancia que debe cumplirse al automatizar, de no cumplirse con estos se estaría afectando las ventajas de la automatización, y por tanto no se podría obtener todos los beneficios que esta brinda, estos requisitos son los siguientes:

- Compatibilidad electromagnética: Debe existir la capacidad para operar en un ambiente con ruido electromagnético producido por motores y máquina de revolución. Para solucionar este problema generalmente se hace uso de pozos a tierra para los instrumentos (menor a 5m), estabilizadores ferro-resonantes para las líneas de energía, en algunos equipos ubicados a distancias grandes del tablero de alimentación (>40m) se hace uso de celdas apantalladas.
- Expansibilidad y escalabilidad: Es una característica del sistema que le permite crecer para atender las ampliaciones futuras de la planta, o para atender las operaciones no tomadas en cuenta al inicio de la automatización. Se analiza bajo el criterio de análisis costo-beneficio, típicamente suele dejarse una reserva en capacidad instalada ociosa alrededor de 10% a 25%.
- Manutención: Se refiere a tener disponible por parte del proveedor, un grupo de personal técnico capacitado dentro del país, que brinde el soporte técnico adecuado cuando se necesite de manera rápida y confiable. Además implica que el proveedor cuente con repuestos en caso sean necesarios.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

- Sistema abierto: Los sistemas deben cumplir los estándares y especificaciones internacionales. Esto garantiza la interconectabilidad y compatibilidad de los equipos a través de interfaces y protocolos, también facilita la interoperabilidad de las aplicaciones y el traslado de un lugar a otro.

### Elementos de una Instalación Automatizada

- MÁQUINAS: Son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados, transformaciones, etc. de los productos o materia prima.
- ACCIONADORES: Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:
- ACCIONADORES ELÉCTRICOS: Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, electroválvulas, motores, resistencias, cabezas de soldadura, etc.
- ACCIONADORES NEUMÁTICOS: Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.
- ACCIONADORES HIDRÁULICOS: Usan la energía de la presión del agua, se usan para controlar velocidades lentas pero precisas.
- PRE ACCIONADORES: Se usan para comandar y activar los accionadores. Por ejemplo, contactores, switches, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.
- CAPTADORES: Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estado del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.
- INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA: Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, pulsadores, teclados, visualizadores, etc.
- ELEMENTOS DE MANDO: Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control.

Los sistemas automatizados se conforman de dos partes: parte de mando y parte operativa:

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

- **PARTE DE MANDO:** Es la estación central de control o autómeta. Es el elemento principal del sistema, encargado de la supervisión, manejo, corrección de errores, comunicación, etc.
- **PARTE OPERATIVA:** Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice las acciones. Son por ejemplo, los motores, cilindros, compresoras, bombas, relés, etc.
  
- ACTUADORES
- PROCESO
- PRE ACCIONADOR
- CAPTADOR
- UNIDAD DE CONTROL
- INTERFAZ
- HOMBRE - MÁQUINA
- COMUNICACIÓN CON UNIDAD DE CONTROL

### 1.4.4 ESTRUCTURA MECÁNICA DE UN ROBOT

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos (ver figura 1.24) o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del brazo humano. Por lo que en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el

robot. Se usan términos como cuerpo, brazo, codo y muñeca.

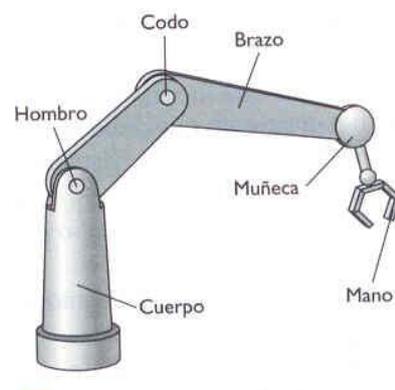


Figura 1.24 Elementos de un robot.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro o de una combinación de ambos. De este modo son posibles los seis tipos diferentes de articulaciones que se muestran en la figura 1.25 aunque, en la práctica, en los robots sólo se emplean la de rotación y la prismática.

Nota: GDL; Grados de libertad.

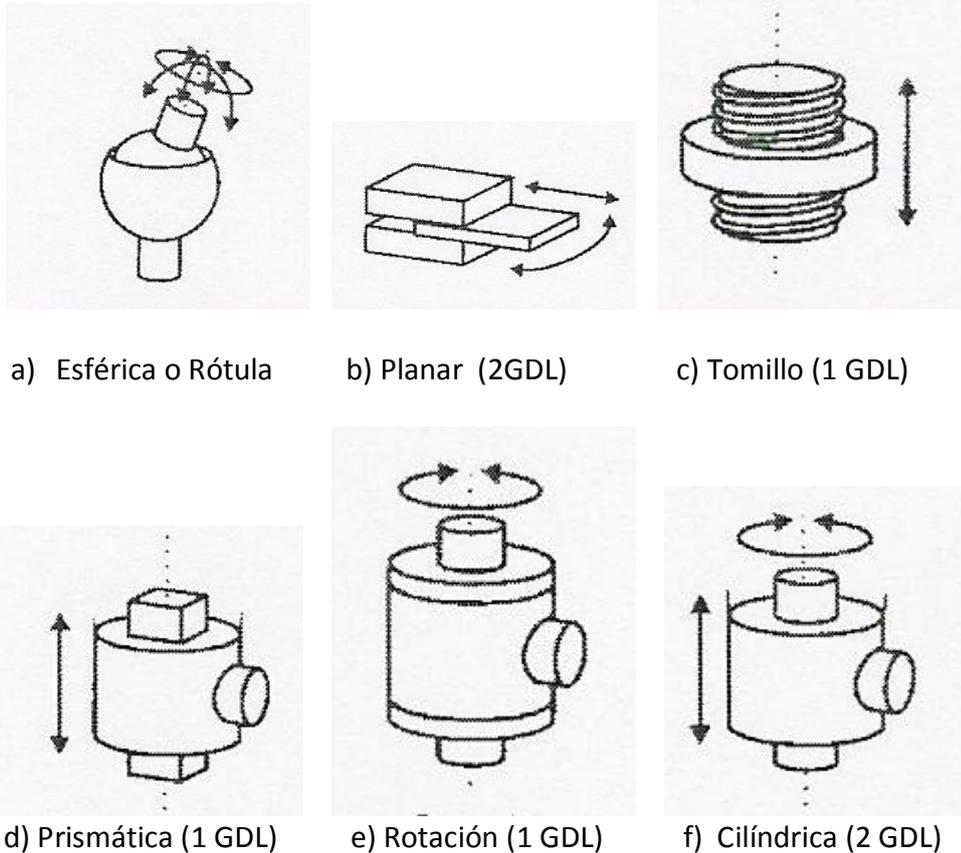


Figura 1.25 Distintos tipos de articulaciones para robots.

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL). En la figura 1.26 se indica el número de GDL de cada tipo de articulación.

El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen.

# CAPÍTULO 1

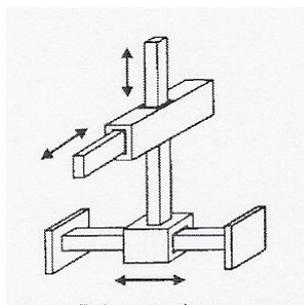
## LA AUTOMATIZACIÓN

---

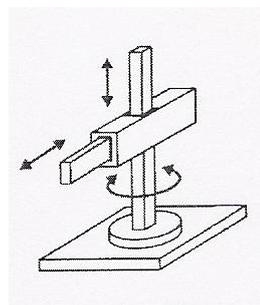
Puesto que, como se ha indicado, las articulaciones empleadas son únicamente las de rotación y prismática con un solo GDL cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

El empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación.

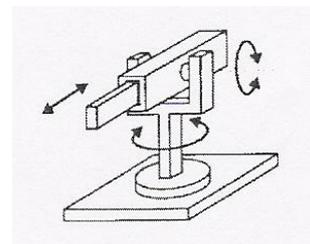
Las combinaciones más frecuentes son las representadas en la figura 1.26 donde se atiende únicamente a las tres primeras articulaciones del robot, que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto del espacio.



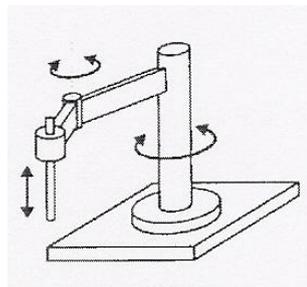
**a) Robot cartesiano**



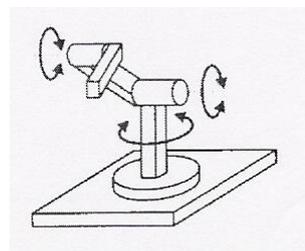
**b) Robot cilíndrico**



**c) Robot esférico o polar**



**d) Robot SCARA Robot**



**e) Angular o antropomórfico**

Figura 1.26 Configuraciones más frecuentes en robots industriales.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

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

En la figura 1.27 se muestran los seis GDL con que está dotado el robot ARC Mate 120/5-12 de Fanuc, así como sus articulaciones y eslabones.



Figura 1.27 Robot ARC Mate.

En la práctica, a pesar de ser necesarios los seis GDL comentados para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con sólo cuatro o cinco GDL (ver figura 1.28), por ser estos suficientes para llevar a cabo las tareas que se les encomiendan.



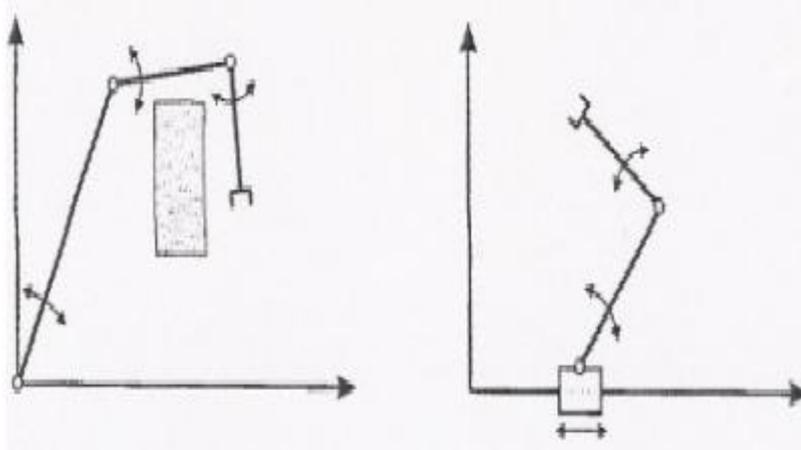
Figura 1.28 Grados de libertad del robot ARC mate 120/s-12.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---

La figura 1.29 representa las dos situaciones comentadas para el caso de robots planares a los que les bastaría con 2 GDL para posicionar su extremo en cualquier punto del plano.



a) Robot plano con 3 GDL para aumentar su maniobrabilidad.

b) Robot plano con 3 GDL para aumentar su volumen de trabajo.

Figura 1.29 Robots planares redundantes.

### 1.5 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La investigación en inteligencia artificial está procurando diseñar una computadora que pueda imitar los procesos y las habilidades propias del pensamiento del ser humano como el razonamiento, solucionar problemas, toma de decisiones y aprender (Ver figura 1.30).

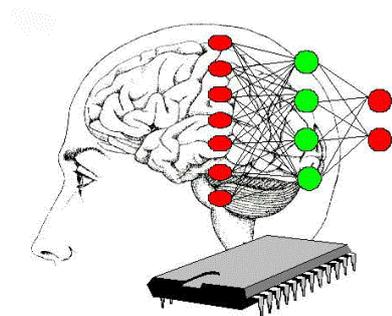


Figura 1.30 Inteligencia artificial.

Se cree que la inteligencia humana tiene tres componentes principales: sentido, capacidad de clasificar y de conservar conocimiento, y capacidad de hacer elecciones basadas en la experiencia acumulada.

# CAPÍTULO 1

## LA AUTOMATIZACIÓN

---



Figura 1.31 Humanos expertos.

Los sistemas expertos o los programas de computadora que simulan los procedimientos de toma de decisión de humanos expertos (ver figura 1.31), ya existen y exhiben los componentes segundos y terceros de la inteligencia. INTERNIST, por ejemplo, es un sistema informático que puede diagnosticar 550 enfermedades y desórdenes humanos con exactitud tal como la de los doctores humanos expertos.

La extraordinaria versatilidad de las computadoras en todos los campos de la actividad humana, así como su progresiva miniaturización han hecho posible traspasar el umbral de los grandes centros de cómputo (ver figura 1.32) y el uso restringido de una casta de especialistas de programadores, para convertirse en la herramienta obligada de cualquier persona.

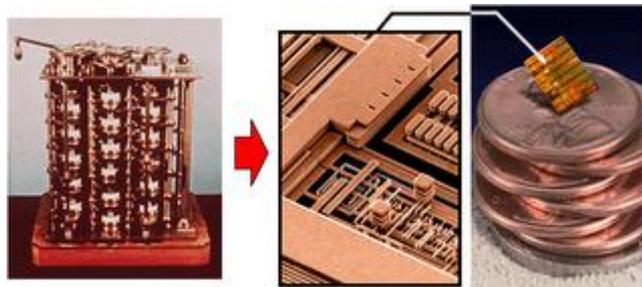


Figura 1.32 Miniaturización de los componentes de almacenamiento de datos.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.1 SISTEMA BÁSICO

En la actualidad se ha generalizado el uso de robots manipuladores en muchas aplicaciones que requieren movimientos repetitivos sencillos, pero la industria automovilística, que fue en un principio la pionera en el uso de robots, continua siendo la que más los usa, siendo los tipos principales de aplicación los siguientes: soldadura de puntos, pintura "spray", y la manipulación de partes que son un gran riesgo para el ser humano.

El robot manipulador operando individualmente necesita como mínimos los siguientes componentes:

- a) El brazo (robot) consistente en un sistema de articulaciones mecánicas (eslabones, engranajes, transmisión por cadena o correa), actuadores (motores eléctricos o hidráulicos) y sensores de posición usados en el sistema de control de bucle cerrado.
  
- b) El controlador, generalmente basado en microcomputador, que recibe las señales de los sensores de posición y envía comandos a la fuente de potencia controlada (o unidad convertora).
  
- c) La unidad convertora de potencia que alimenta los motores que actúan las articulaciones.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Dependiendo del tipo de aplicación, un robot puede contar también con sensores externos, de los cuales el más poderoso es el sistema de visión: cámara de video, interfaz y microcomputador (procesador de imágenes). (Ver figura 2.1).

La información obtenida por este sistema pasa al microcomputador que controla el robot y es usada para dirigir el movimiento de este.

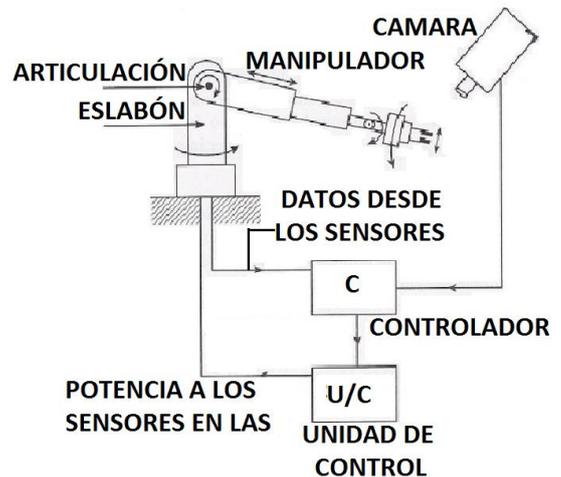


Figura 2.1 El sistema completo de un brazo manipulador.

## 2.2 CONFIGURACIONES PRINCIPALES

El brazo manipulador tiene en general cinco o seis grados de libertad, de los cuales tres corresponden al brazo mismo y los otros a la "mano". **Las configuraciones más usadas en la práctica son cuatro: cartesiana, cilíndrica, esférica y articulada.**

La configuración cartesiana (figura 2.2 (a)) tiene tres ejes lineales perpendiculares entre sí. Es usada cuando la precisión es más importante que la flexibilidad (habilidad de llegar a cualquier punto, en posición y orientación, en el área de trabajo).

La configuración cilíndrica (figura 2.2 (b)) tiene menos precisión que la cartesiana, pero más flexibilidad.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

La configuración esférica (figura 2.2(c)), con dos grados de rotación y uno de desplazamiento está especialmente indicada (y es usada) para levantar y colocar grandes pesos, tales como motores de vehículos.

Finalmente, la configuración rotatoria (figura 2.2 (d)) es la más flexible y adaptable y se usa extensivamente cuando no se requiere un alto grado de precisión y el movimiento de piezas pesadas.

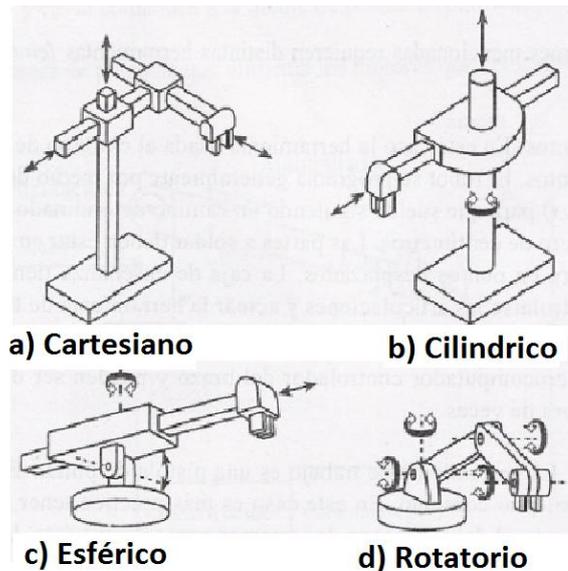


Figura 2.2 Principales configuraciones de los robots manipuladores.

### 2.3 SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron relacionados por primera vez en 1948, por Norbert Wiener en su obra Cibernética y Sociedad con aplicación en la teoría de los mecanismos de control. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo.

## CAPÍTULO 2

# BRAZOS MANIPULADORES

---

Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla una determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

1. Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

Necesidades de la supervisión de procesos

Limitaciones de la visualización de los sistemas de adquisición y control.

Control vs Monitorización

Control software. Cierre de lazo de control.

Recoger, almacenar y visualizar información.

Clasificación de los Sistemas de Control según su comportamiento.

Definiciones

Supervisión: acto de observar el trabajo Y tareas de otro (individuo o máquina) que puede no conocer el tema en profundidad.

1. Sistema de control de lazo abierto: Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador. Ejemplo 1: el llenado de un tanque usando una manguera de jardín. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en el tanque no puede hacer que la llave se cierre y por tanto no nos sirve para un proceso que necesite de un control de contenido o concentración. Ejemplo 2: Al hacer una tostada, lo que hacemos es controlar el tiempo de tostado de ella misma entrando una variable (en este caso el grado de tostado que queremos). En definitiva, el que nosotros introducimos como parámetro es el tiempo.

Estos sistemas se caracterizan por:

Ser sencillos y de fácil concepto.

Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.

La salida no se compara con la entrada.

Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles.

La precisión depende de la previa calibración del sistema.

2. Sistema de control de lazo cerrado: Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia. El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.

- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o despiste, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.

La salida se compara con la entrada y le afecta para el control del sistema.

Su propiedad de retroalimentación.

Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.

Un ejemplo de un sistema de control de lazo cerrado sería el termostato de agua que utilizamos para bañarnos. Otro ejemplo sería un regulador de nivel de gran sensibilidad de un depósito. El movimiento de la boya produce más o menos obstrucción en un chorro de aire o gas a baja presión. Esto se traduce en cambios de presión que afectan a la membrana de la válvula de paso, haciendo que se abra más cuanto más cerca se encuentre del nivel máximo.

Tipos de Sistemas de Control. Los sistemas de control son agrupados en tres tipos básicos:

1. Hechos por el hombre. Como los sistemas eléctricos o electrónicos que están permanentemente capturando señales de estado del sistema bajo su control y que al detectar una desviación de los parámetros pre-establecidos del funcionamiento normal del sistema, actúan mediante sensores y actuadores, para llevar al sistema de vuelta a sus condiciones operacionales normales de funcionamiento. Un claro ejemplo de este será un termostato, el cual capta consecutivamente señales de temperatura. En el momento en que la temperatura desciende o aumenta y sale del rango, este actúa encendiendo un sistema de refrigeración o de calefacción.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Por su causalidad pueden ser: causales y no causales. Un sistema es causal si existe una relación de causalidad entre las salidas y las entradas del sistema, más explícitamente, entre la salida y los valores futuros de la entrada.
- Según el número de entradas y salidas del sistema, se denominan:
  - De una entrada y una salida o SISO (single input, single output).
  - De una entrada y múltiples salidas o SIMO (single input, múltiple output).
  - De múltiples entradas y una salida o MISO (múltiple input, single output).
  - De múltiples entradas y múltiples salidas o MIMO (múltiple input, múltiple output).
- Según la ecuación que define el sistema, se denomina:
  - Lineal, si la ecuación diferencial que lo define es lineal.
  - No lineal, si la ecuación diferencial que lo define es no lineal.
- Las señales o variables de los sistemas dinámicos son función del tiempo. Y de acuerdo con ello estos sistemas son:
- De tiempo continuo, si el modelo del sistema es una ecuación diferencial, y por tanto el tiempo se considera infinitamente divisible. Las variables de tiempo continuo se denominan también analógicas.
  - De tiempo discreto, si el sistema está definido por una ecuación por diferencias. El tiempo se considera dividido en períodos de valor constante. Los valores de las variables son digitales (sistemas binario, hexadecimal, etc.), y su valor solo se conoce en cada período.
  - De eventos discretos, si el sistema evoluciona de acuerdo con variables cuyo valor se conoce al producirse un determinado evento.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Según la relación entre las variables de los sistemas, diremos que:
  - Dos sistemas están acoplados, cuando las variables de uno de ellos están relacionadas con las del otro sistema.
  - Dos sistemas están desacoplados, si las variables de ambos sistemas no tienen ninguna relación.
- En función de la evolución de las variables de un sistema en el tiempo y el espacio, pueden ser:
  - Estacionarios, cuando sus variables son constantes en el tiempo y en el espacio.
  - No estacionarios, cuando sus variables no son constantes en el tiempo o en el espacio.
- Según sea la respuesta del sistema (valor de la salida) respecto a la variación de la entrada del sistema:
  - El sistema se considera estable cuando ante una variación muy rápida de la entrada se produce una respuesta acotada de la salida.
  - El sistema se considera inestable cuando ante una entrada igual a la anteriormente se produce una respuesta no acotada de la salida.
- Si se comparan o no, la entrada y la salida de un sistema, para controlar esta última, el sistema se denomina:
  - Sistema en lazo abierto, cuando la salida para ser controlada, no se compara con el valor de la señal de entrada o señal de referencia.
  - Sistema en lazo cerrado, cuando la salida para ser controlada, se compara con la señal de referencia. La señal de salida que es llevada junto a la señal de entrada, para ser comparada, se denomina señal de feedback o de retroalimentación.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Según la posibilidad de predecir el comportamiento de un sistema, es decir su respuesta, se clasifican en:
  - Sistema determinista, cuando su comportamiento futuro es predecible dentro de unos límites de tolerancia.
  - Sistema estocástico, si es imposible predecir el comportamiento futuro. Las variables del sistema se denominan aleatorias.
- Naturales, incluyendo sistemas biológicos. Por ejemplo, los movimientos corporales humanos como el acto de indicar un objeto que incluye como componentes del sistema de control biológico los ojos, el brazo, la mano, el dedo y el cerebro del hombre.

En la entrada se procesa el movimiento y la salida es la dirección hacia la cual se hace referencia.

- Cuyos componentes están unos hechos por el hombre y los otros son naturales. Se encuentra el sistema de control de un hombre que conduce su vehículo. Éste sistema está compuesto por los ojos, las manos, el cerebro y el vehículo. La entrada se manifiesta en el rumbo que el conductor debe seguir sobre la vía y la salida es la dirección actual del automóvil.

Otro ejemplo puede ser las decisiones que toma un político antes de unas elecciones. Éste sistema está compuesto por ojos, cerebro, oídos, boca. La entrada se manifiesta en las promesas que anuncia el político y la salida es el grado de aceptación de la propuesta por parte de la población.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Un sistema de control puede ser neumático, eléctrico, mecánico o de cualquier tipo, su función es recibir entradas y coordinar una o varias respuestas según su lazo de control (para lo que está programado).
- Control Predictivo, son los sistemas de control que trabajan con un sistema predictivo, y no activó como el tradicional (ejecutan la solución al problema antes de que empiece a afectar al proceso). De esta manera, mejora la eficiencia del proceso contrarrestando rápidamente los efectos.

#### Características de un Sistema de Control

- Señal de Corriente de Entrada: Considerada como estímulo aplicado a un sistema desde una fuente de energía externa con el propósito de que el sistema produzca una respuesta específica.
- Señal de Corriente de Salida: Respuesta obtenida por el sistema que puede o no relacionarse con la respuesta que implicaba la entrada.
- Variable Manipulada: Es el elemento al cual se le modifica su magnitud, para lograr la respuesta deseada. Es decir, se manipula la entrada del proceso.
- Variable Controlada: Es el elemento que se desea controlar. Se puede decir que es la salida del proceso.
- Conversión: Mediante receptores se generan las variaciones o cambios que se producen en la variable.
- Variaciones Externas: Son los factores que influyen en la acción de producir un cambio de orden correctivo.
- Fuente de Energía: Es la que entrega la energía necesaria para generar cualquier tipo de actividad dentro del sistema.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Retroalimentación: La retroalimentación es una característica importante de los sistemas de control de lazo cerrado. Es una relación secuencial de causas y efectos entre las variables de estado.

Dependiendo de la acción correctiva que tome el sistema, este puede apoyar o no una decisión, cuando en el sistema se produce un retorno se dice que hay una retroalimentación negativa; si el sistema apoya la decisión inicial se dice que hay una retroalimentación positiva.

La Ingeniería en los Sistemas de Control. Los problemas considerados en la ingeniería de los sistemas de control, básicamente se tratan mediante dos pasos fundamentales como son:

- El análisis.
- El diseño.

En el análisis se investiga las características de un sistema existente. Mientras que en el diseño se escogen los componentes para crear un sistema de control que posteriormente ejecute una tarea particular. Existen dos métodos de diseño:

- Diseño por análisis.
- Diseño por síntesis.

El diseño por análisis modifica las características de un sistema existente o de un modelo estándar del sistema y el diseño por síntesis en el cual se define la forma del sistema a partir de sus especificaciones. La representación de los problemas en los sistemas de control se lleva a cabo mediante tres representaciones básicas o modelos:

- Ecuaciones diferenciales, integrales, derivadas y otras relaciones matemáticas.
- Diagramas en bloque.
- Gráficas en flujo de análisis.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Los diagramas en bloque y las gráficas de flujo son representaciones gráficas que pretenden el acortamiento del proceso correctivo del sistema, sin importar si está caracterizado de manera esquemática o mediante ecuaciones matemáticas. Las ecuaciones diferenciales y otras relaciones matemáticas, se emplean cuando se requieren relaciones detalladas del sistema.

Cada sistema de control se puede representar teóricamente por sus ecuaciones matemáticas. El uso de operaciones matemáticas es patente en todos los controladores de tipo P, PI y PID, que debido a la combinación y superposición de cálculos matemáticos ayuda a controlar circuitos, montajes y sistemas industriales para así ayudar en el perfeccionamiento de los mismos.

#### 2.3.1 MANUAL

El control manual (ver figura 2.3) abarca conmutar y regular individualmente los circuitos eléctricos; el número de las combinaciones conmutables aumenta considerablemente, de acuerdo con el número de circuitos. Teniéndose circuitos eléctricos regulables, son muchas las situaciones de iluminación posibles.

Dónde está la diferencia con respecto al control de luz programable: Si la conmutación y la regulación se efectúan a mano, las combinaciones y los estados prácticamente dejan de ser reproducibles.

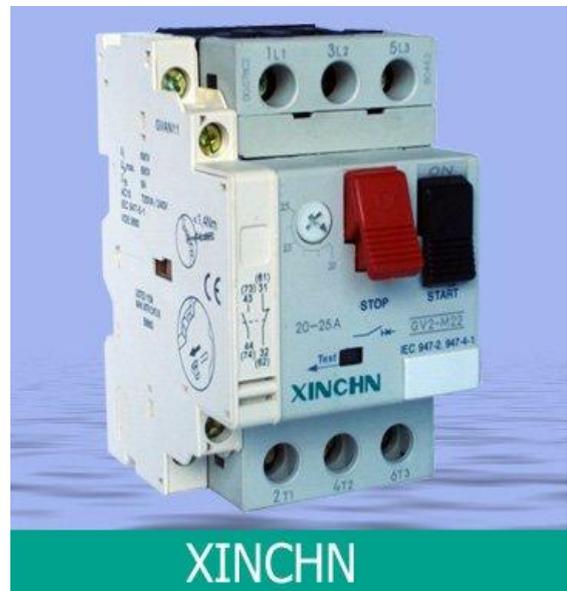


Figura 2.3 Control manual.

## CAPÍTULO 2

# BRAZOS MANIPULADORES

---

### 2.3.2 AUTOMÁTICO

Los sistemas de control automático son objetos o sistemas que, al recibir una señal de entrada, realizan alguna función de forma automática sin la intervención de las personas. (Ver figura 2.6).

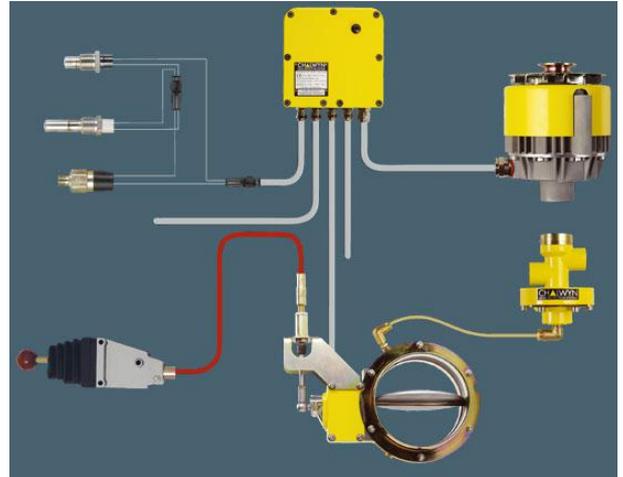


Figura 2.6 Sistemas de control automáticos.

El desarrollo de los sistemas de control automáticos ha supuesto que los objetos de consumo posean una autonomía tal que funcionan prácticamente sin intervención de las personas, no solo en la industria, sino también, y de forma más acusada, en el hogar.

Así, aparatos como microondas, frigoríficos, sistemas de calefacción y aire acondicionado, alarmas antirrobo, ordenadores, etc., son aparatos que usamos habitualmente, mejorando la calidad de vida de las personas y realizando funciones de forma automática.

### 2.3.3 LAZO ABIERTO

Son aquellos en que la acción del controlador no se relaciona con el resultado final. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Un ejemplo simple es el llenado de un tanque usando una manguera de jardín. Mientras que la llave siga abierta, el agua fluirá. La altura del agua en el tanque no puede hacer que la llave se cierre.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Estos sistemas se caracterizan por:

- Sencillos y de fácil conceptos.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Es Afectado por las perturbaciones.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

Robots Play-back (repetición), los cuales regeneran una secuencia de instrucciones grabadas, como un robot utilizado en recubrimiento por spray o soldadura por arco (Ver figura 2.4). Estos robots comúnmente tienen un control de lazo abierto (no realimentados).



Figura 2.4 Brazo aplicando soldadura.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.3.4 LAZO CERRADO

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida.

La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada.

Las perturbaciones, aunque desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado (Ver figura 2.5).

**Sus características son:**

- Complejos, pero amplios de parámetros
- La salida se compara con la entrada y la afecta para el control del sistema.
- Estos sistemas se caracterizan por su propiedad de retroalimentación.

Más estable a perturbaciones y variaciones internas

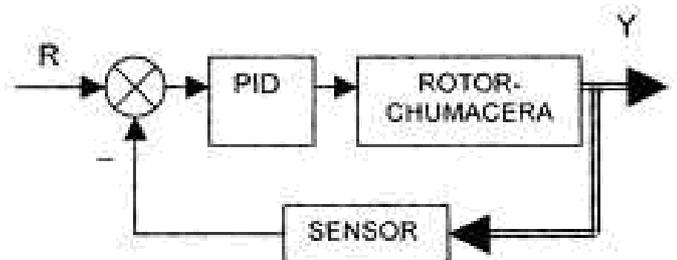


Figura 2.5 Lazo cerrado.

## CAPÍTULO 2 BRAZOS MANIPULADORES

---

### 2.4 TRASMISIONES

Las transmisiones son los elementos encargados de transmitir el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones. Se incluirán junto con las transmisiones a los reductores, encargados de adaptar el par y la velocidad de la salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento de los elementos del robot.

Dado que un robot mueve su extremo con aceleraciones elevadas, es de gran importancia reducir al máximo su momento de inercia. Del mismo modo, los pares estáticos que deben vencer los actuadores dependen directamente de la distancia de las masas al actuador.

Por estos motivos se procura que los actuadores, por lo general pesados, estén lo más cerca posible de la base del robot.

Entrada-Salida	Denominación	Ventajas	Inconvenientes
Circular-Circular	Engranaje Correa dentada Cadena Paralelogramo  Cable	Pares altos  Distancia grande Distancia grande - -	Holguras  - Ruido  Giro limitado Deformabilidad
Circular - Lineal	Tornillo sin fin Cremallera	Poca holgura Holgura media	Rozamiento  Rozamiento
Lineal - Circular	Para el articulado Cremallera	- Holgura media	Control difícil Rozamiento

Tabla 2.1. Sistemas de transmisión para robots

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Esta circunstancia obliga a utilizar sistema, de transmisión que traslade el movimiento hasta las articulaciones, especialmente a las situadas en el extremo del robot. Asimismo, las transmisiones pueden ser utilizadas para convertir movimiento circular en lineal o viceversa, lo que en ocasiones puede ser necesario.

Existen actualmente en el mercado robots industriales, con acoplamiento directo entre accionamiento y articulación. Ventajosos, tal y como se detalla más adelante, en numerosas ocasiones. Se trata, sin embargo, de casos particulares dentro de la generalidad que en los robots industriales actuales supone la existencia de sistemas de transmisión junto con reductores para el acoplamiento entre actuadores y articulaciones.

Es de esperar que un buen sistema de transmisión cumpla una serie de características básicas: debe tener un tamaño y peso reducido, se ha de evitar que presente juegos u holguras considerables y se deben buscar transmisiones con gran rendimiento.

Aunque no existe un sistema de transmisión específico para robots, sí existen algunos usados con mayor frecuencia y que se recogen clasificados en la Tabla 2.1. La clasificación se ha realizado en base al tipo de movimiento posible en la entrada y la salida: lineal o circular. En la citada tabla también quedan reflejadas algunas ventajas e inconvenientes propios de algunos sistemas de transmisión. Entre ellas cabe destacar la holgura o juego.

Es muy importante que el sistema de transmisión a utilizar no afecte al movimiento que transmite, ya sea por el rozamiento inherente a su funcionamiento o por las holguras que su desgaste pueda introducir.

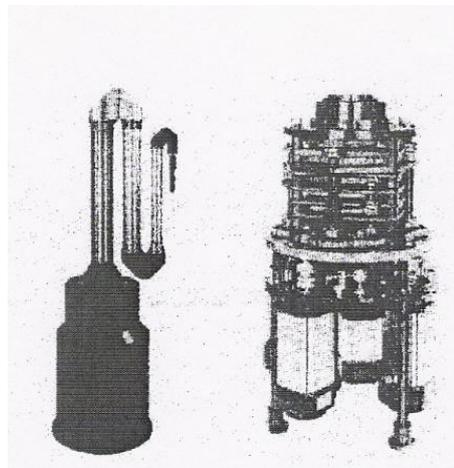
También hay que tener en cuenta que el sistema de transmisión sea capaz de soportar un funcionamiento continuo a un par elevado, y a ser posible entre grandes distancias.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Las transmisiones más habituales son aquellas que cuentan con movimiento circular tanto a la entrada como a la salida. Incluidas en estas se hallan los engranes, las correas dentadas y las cadenas (ver figura 2.7) muestra el brazo articulado de un telemanipulador junto con los engranajes de transmisión que transmiten el par de los motores situados en su base a los eslabones.



*Figura 2.7 Telemanipulador TELBOT junto con la caja de transmisión por engranajes situada en su base.*

#### **2.4.1 REDUCTORES**

En cuanto a los reductores, al contrario que con las transmisiones, sí que existen determinados sistemas usados de manera preferente en los robots industriales. Esto se debe a que a los reductores utilizados en robótica se les exige unas condiciones de funcionamiento muy restrictivas. La exigencia de estas características viene motivada por las altas prestaciones que se le piden al robot en cuanto a precisión y velocidad de posicionamiento. La Tabla 2.2 muestra valores típicos de los reductores para robótica actualmente empleados.

Se buscan reductores de bajo peso, reducido tamaño, bajo rozamiento y que al mismo tiempo sean capaces de realizar una reducción elevada de velocidad en un único paso.

Se tiende también a minimizar su momento de inercia, de negativa influencia en el funcionamiento del motor, especialmente crítico en el caso de motores de baja inercia.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Los reductores, por motivos de diseño, tienen una velocidad máxima de entrada admisible. Que como regla general aumenta a medida que disminuye el tamaño del motor. También existe una limitación en cuanto al par de salida nominal permisible ( $T_2$ ) que depende del par de entrada ( $T_1$ ) y de la relación de transmisión a través de la relación:

$$T_2 = \eta T_1 \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Donde el rendimiento ( $\eta$ ) puede llegar a ser cerca del 100 % y la relación de reducción de velocidades ( $\omega_1$ = velocidad de entrada;  $\omega_2$  = velocidad de salida) varía entre 50 y 300.

CARACTERÍSTICAS	VALORES TÍPICOS
Relación de reducción	50 - 300
Peso y tamaño	0.1 - 30 kg
Momento de inercia	$10^{-4}$ kg m <sup>2</sup>
Velocidad de entrada máxima	6000 - 7000 rpm
Par de salida nominal	5700 Nm
Par de salida máximo	7900 Nm
Juego angular	0.2"
Rigidez torsional	100 2000 Nm/rad
Rendimiento	85% - 98%

*Tabla 2.2. Características de reductores para robótica*

Puesto que los robots trabajan en ciclos cortos que implican continuos arranques y paradas, es de gran importancia que el reductor sea capaz de soportar pares elevados puntuales. También se busca que el juego angular backlash sea lo menor posible.

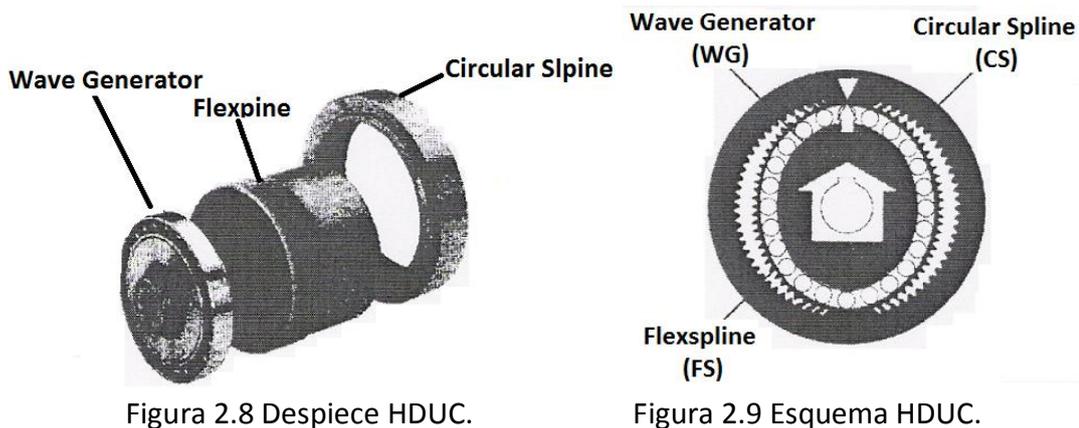
Éste se define como el ángulo que gira el eje de salida cuando se cambia su sentido de giro sin que llegue a girar el eje de entrada. Por último, es importante que los reductores para robótica posean una alta rigidez torsional, definida como el par que hay que aplicar sobre el eje de salida para que, manteniendo bloqueado el de entrada, aquél gire un ángulo unitario.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Los reductores para robots más comúnmente usados son los de las empresas Harmonic Drive. Los primeros, denominados HDUC (ver figura 2.8), se basan en una corona exterior rígida (ver figura 2.9) con dentado interior circular (spline) y un vaso flexible (flexspline) con dentado exterior que engrana en el primero.



El número de dientes de ambos difiere en 1 o 2. Interiormente al vaso gira un rodamiento elipsoidal (generador) que deforma el vaso, poniendo en contacto la corona exterior con la zona del vaso correspondiente al máximo diámetro de la elipse.

Al girar el generador (al que se fija el eje de entrada), se obliga a que los dientes del flexspline (fijado al eje de salida) engranen uno a uno con los del circular spline, de modo que al haber una diferencia de dientes  $Z = N_c - N_f$ , tras una vuelta completa del generador, el flexspline solo habrá avanzado  $Z$  dientes.

La relación de reducción conseguida será, por tanto, de  $Z/N_f$ . En concreto, se consiguen reducciones de hasta 320, con una holgura cercana a cero y capacidad de transmisión de par de 5,720 N-m. (símbolo: **N** es la unidad de fuerza en el Sistema Internacional de Unidades, nombrada así en reconocimiento a Isaac Newton; símbolo: **m** metro es la unidad principal de longitud del Sistema Internacional de Unidades. )

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Por otra parte el sistema de reducción de los reductores CYCLO se basa en el movimiento cicloidal de un disco de curvas (ver figura 2.10) movido por una excéntrica solidaria al árbol de entrada. Por cada revolución de la excéntrica el disco de curvas avanza un saliente rodando sobre los rodillos exteriores. Este avance arrastra a su vez a los pernos del árbol de salida que describirán una cicloide dentro de los huecos del disco de curvas.

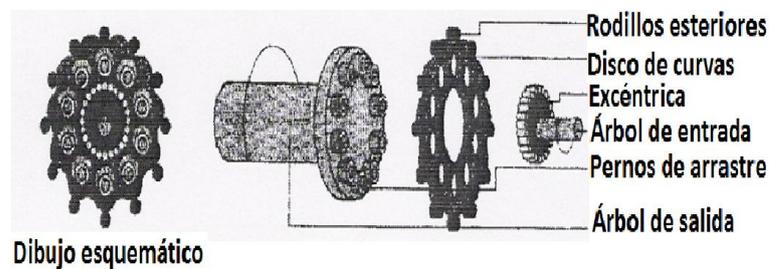


Figura 2.10 Reductor Cyclo.

La componente de traslación angular  $dc$  (DC/CD) este movimiento se corresponde con la rotación del árbol de salida. La relación de reducción viene, por tanto, determinada por el número de salientes. Para compensar los momentos de conexión y de las masas de cada disco en movimiento excéntrico, generalmente se utilizan dos discos desfasados entre sí  $180^\circ$ .

Existe también un tercer tipo de reductor denominado REDEX-ACBAR, de funcionamiento similar al CYCLO, pero que presenta la posibilidad de poder reducir el juego angular desde el exterior a teóricamente un valor nulo.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.4.2 ACCIONAMIENTO DIRECTO

Como se ha indicado anteriormente, desde hace unos años existen en el mercado robots que poseen lo que se ha dado en llamar accionamiento directo (Direct Drive DO), en el que el eje del actuador se conecta directamente a la carga o articulación, sin la utilización de un reductor intermedio. Este término suele utilizarse exclusivamente para robots con accionamiento eléctrico.

Este tipo de accionamiento aparece a raíz de la necesidad de utilizar robots en aplicaciones que exigen combinar gran precisión con alta velocidad. Los reductores introducen una serie de efectos negativos, como son juego angular, rozamiento o disminución de la rigidez del accionador, que pueden impedir alcanzar los valores de precisión y velocidad requeridos.

Las principales ventajas que se derivan de la utilización de accionamientos directos son las siguientes:

- Posicionamiento rápido y preciso, pues se evitan los rozamientos y juegos de las transmisiones y reductores.
- Aumento de las posibilidades de controlabilidad del sistema a costa de una mayor complejidad.
- Simplificación del sistema mecánico al eliminarse el reductor.

El principal problema que existe para la aplicación práctica de un accionamiento directo radica en el motor a emplear. Debe tratarse de motores que proporcionen un par elevado (unas 50-100 veces mayor que con reductor) a bajas revoluciones (las de movimiento de la articulación) manteniendo la máxima rigidez posible.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Entre los motores empleados para accionamiento directo y que cumplan estas características. Se encuentran los motores síncronos y de continua sin escobillas (brushless), ambos con imanes permanentes fabricados con materiales especiales (samario-cobalto). También se utilizan motores de inducción de reluctancia variable.

La necesaria utilización de este tipo de motores encarece notablemente el sistema de accionamiento.

Otra cuestión importante a tener en cuenta en el empleo de accionamientos directos es la propia cinemática del robot. Colocar motores, generalmente pesados y voluminosos, junto a las articulaciones, no es factible para todas las configuraciones del robot debido a las inercias que se generan.

El estudio de la cinemática con la que se diseña el robot ha de tener en cuenta estos parámetros, estando la estructura final elegida altamente condicionada por ellos. Por este motivo, los robots de accionamiento directo son generalmente de tipo SCARA, cuyo diseño se corresponde bien con las necesidades que el accionamiento directo implica.

Al eliminar el reductor también se disminuye de forma considerable la resolución real del codificador de posición acoplado al eje, tal y como se detalla en el epígrafe dedicado a sensores internos. Esto lleva a la utilización en los 00 de codificadores de posición de muy alta resolución.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

El primer robot comercial con accionamiento directo se presentó en 1984. Se trataba de un robot SCARA denominado AdeptOne de la compañía norteamericana Adept Technology, Inc. A partir de entonces este tipo de robots se ha hecho popular para aplicaciones que requieran robots con altas prestaciones en velocidad y posicionamiento (montaje microelectrónico, corte de metal por láser, etc.). La figura 2.11 muestra una fotografía del robot AdeptThree, de la misma compañía y también de accionamiento directo. En la actualidad un robot con accionamiento directo puede llegar a aumentar tanto la velocidad como la precisión de manera significativa con respecto a aquellos robots de accionamiento tradicional.



Figura 2.11 Robot AdeptThree de accionamiento directo.

#### 2.4.3 ACTUADORES

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

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

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

#### 2.4.3.1 NEUMÁTICOS

En ellos la fuente de energía es aire a presión entre 5 y 10 bar (**bar** unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera 1 Atm; su símbolo es "bar". La palabra bar tiene su origen en *báros*, que en griego significa peso.).

Existen dos tipos de actuadores neumáticos:

- Cilindros neumáticos
- Motores neumáticos (de aletas rotativas o pistones axiales)

En los primeros se consigue el desplazamiento de un embolo encerrado en un cilindro, como consecuencia de la diferencia de presión a ambos lados de aquel (Fig. 2.23). Los cilindros neumáticos pueden ser de simple o doble efecto.

En los primeros, el embolo se desplaza como consecuencia del efecto de un muelle (ver figura 2.12 que recupera al émbolo a su posición de reposo). En los cilindros de doble efecto el aire a presión es el encargado de empujar al émbolo en las dos direcciones, al poder ser introducido de forma arbitraria en cualquiera de las dos cámaras.

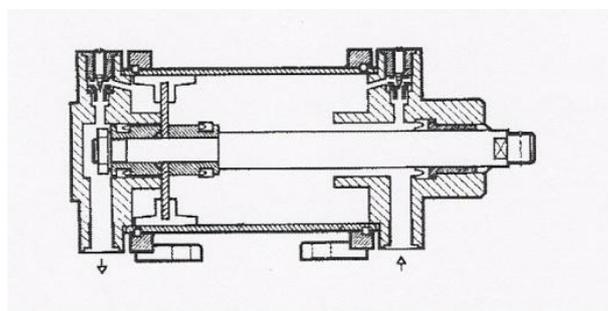


Figura 2.12 Esquema de cilindro neumático de doble efecto.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Normalmente, con los cilindros neumáticos sólo se persigue un posicionamiento en los extremos del mismo y no un posicionamiento continuo. Esto último se puede conseguir con una válvula de distribución (generalmente de accionamiento eléctrico) que canaliza el aire a presión hacia una de las dos caras del émbolo alternativamente. Existen no obstante sistemas de posicionamiento continuo de accionamiento neumático, aunque debido a su coste y calidad todavía no resultan competitivos.

En los motores neumáticos se consigue el movimiento de rotación de un eje mediante aire a presión. Los dos tipos más usados son los motores de aletas rotativas y los motores de pistones axiales. En los primeros (figura 2.13), sobre el rotor excéntrico están dispuestas las aletas de longitud variable.

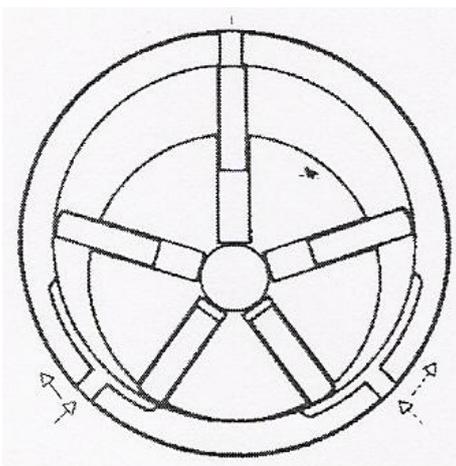


Figura 2.13 Motor de paletas.

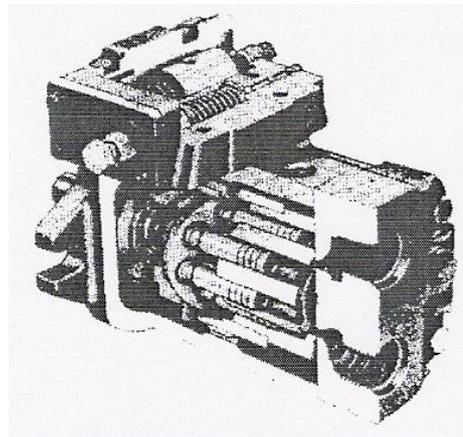


Figura 2.13 Motor de pistones axiales.

Los motores de pistones axiales tienen un eje de giro solidario a un tambor que se ve obligado a girar por las fuerzas que ejercen varios cilindros, que se apoyan sobre un plano inclinado (Ver figura 2.13). Al entrar aire a presión en uno de los compartimentos formados por dos aletas y la carcasa, éstas tienden a girar hacia una situación en la que el compartimento tenga mayor volumen.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Otro método común más sencillo de obtener movimientos de rotación a partir de actuadores neumáticos, se basa en el empleo de cilindros cuyo émbolo se encuentra acoplado a un sistema de piñón-cremallera. El conjunto forma una unidad compacta que puede adquirirse en el mercado como tal (Ver figura 2.14).

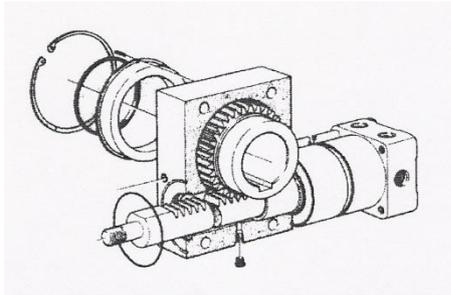


Figura 2.14 Actuador rotativo tipo piñón-cremallera.

En general y debido a la compresibilidad del aire, los actuadores neumáticos no consiguen una buena precisión de posicionamiento. Sin embargo, su sencillez y robustez hacen adecuado su uso en aquellos casos en los que sea suficiente un posicionamiento en dos situaciones diferentes (todo o nada).

Por ejemplo, son utilizados en manipuladores sencillos, en apertura y cierre de pinzas o en determinadas articulaciones de algún robot (como el movimiento vertical del tercer grado de libertad de algunos robots tipo SCARA).

Siempre debe tenerse en cuenta que el empleo de un robot con algún tipo de accionamiento neumático deberá disponer de una instalación de aire comprimido, incluyendo: compresor, sistema de distribución (tuberías, electroválvulas), filtros, secadores, etc. No obstante, estas instalaciones neumáticas son frecuentes y existen en muchas de las fábricas donde se da cierto grado de automatización.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Este tipo de actuadores no se diferencian funcionalmente en mucho de los neumáticos. En ellos, en vez de aire se utilizan aceites minerales a una presión comprendida normalmente entre los 50 y 100 bar, llegándose en ocasiones a superar los 300 bar. Existen, como en el caso de los neumáticos, actuadores del tipo cilindro y del tipo motores de aletas y pistones .

Sin embargo, las características del fluido utilizado en los actuadores hidráulicos marcan ciertas diferencias con los neumáticos. En primer lugar, el grado de compresibilidad de los aceites usados es considerablemente inferior al del aire, por lo que la precisión obtenida en este caso es mayor. Por motivos similares.

Es más fácil en ellos realizar un control continuo, pudiendo posicionar su eje en todo un rango de (DC/CD) valores (haciendo uso de servocontrol) con notable precisión. Además, las elevadas presiones de trabajo, diez veces superiores a las de los actuadores neumáticos, permiten desarrollar elevadas fuerzas y pares.

Por otra parte, este tipo de actuadores presenta estabilidad frente a cargas estáticas. Esto indica que el actuador es capaz de soportar cargas, como el peso o una presión ejercida sobre una superficie, sin aporte de energía (para mover el émbolo de un cilindro sería preciso vaciar éste de aceite). También es destacable su elevada capacidad de carga y relación potencia-peso, así como sus características de autolubricación y robustez.

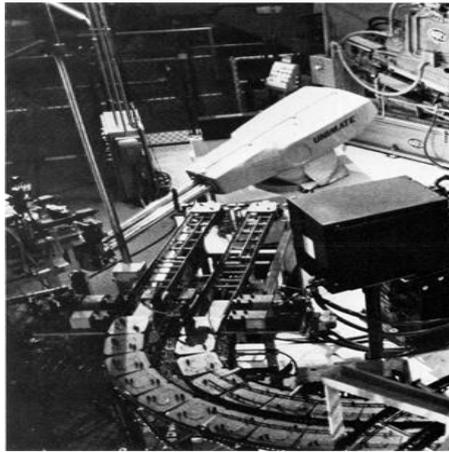
Frente a estas ventajas existen también ciertos inconvenientes, Por ejemplo, las elevadas presiones a las que se trabaja propician la existencia de fugas de aceite a lo largo de la instalación, Asimismo, esta instalación es más complicada que la necesaria para los actuadores neumáticos y mucho más que para los eléctricos, necesitando de equipos de filtrado de partículas, eliminación que aire, sistemas de refrigeración y unidades de control de distribución.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Los accionamientos hidráulicos se usan con frecuencia en aquellos robots que deben manejar grandes cargas. Así, este tipo de accionamiento ha sido usado por robots como el UNIMATE 2000 (ver figura 2.15a) y UNIMATE 4000 (ver figura 2.15b) con capacidades de carga de 70 y 205 kg, respectivamente.



a) UNIMATE 2000



b) UNIMATE 4000

#### 2.4.3.2 ELÉCTRICOS

Las características de control, sencillez y precisión de los accionamientos eléctricos ah hecho que sean los más usados en los robots industriales actuales.

Dentro de los actuadores eléctricos pueden distinguirse tres tipos diferentes:

- Motores de corriente continua (DC):
  - Controlados por inducido.
  - Controlados por excitación.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Motores de corriente alterna (AC):
  - Síncronos.
  - Asíncronos.
  
- Motores pasó a paso.

#### Motores de corriente continua (DC)

Son los más usados en la actualidad debido a su facilidad de control. En la Figura 2.18 se muestra un esquema de un motor DC seccionado, en el que se pueden apreciar sus distintos elementos. En este caso, el propio motor incluye un codificador de posición (encoder) para poder realizar su control.

Los motores DC están constituidos por dos devanados internos, inductor e inducido, que se alimentan con corriente continua:

- El inductor, también denominado devanado de excitación, está situado en el estator y crea un campo magnético de dirección fija, denominado de excitación.
- El inducido, situado en el rotor, hace girar al mismo debido a la fuerza de Lorentz que aparece como combinación de la corriente circulante por él y del campo magnético
- de excitación. Recibe la corriente del exterior a través del colector de delgas, en el que se apoyan unas escobillas de grafito.

Para que se pueda realizar la conversión de energía eléctrica en energía mecánica de forma continua es necesario que los campos magnéticos del estator y del rotor permanezcan estáticos entre sí. Esta transformación es máxima cuando ambos campos se encuentran en cuadratura.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

El colector de delgas es un conmutador sincronizado con el rotor encargado de que se mantenga el ángulo relativo entre el campo del estator y el creado por las corrientes rotóricas.

De esta forma se consigue transformar automáticamente, en función de la velocidad de la máquina, la corriente continua que alimenta al motor en corriente alterna de frecuencia variable en el inducido. Este tipo de funcionamiento se conoce con el nombre de autopilotado.

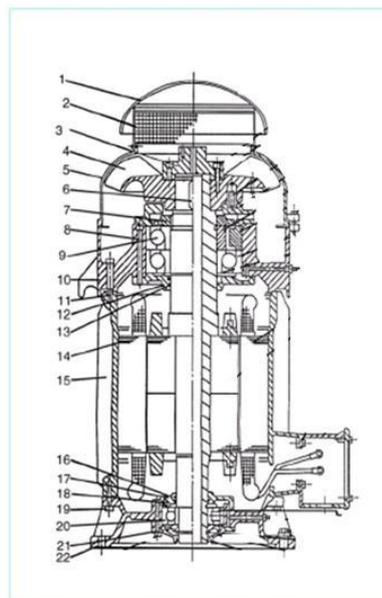


Figura 2.18 Esquema de motor DC seccionado con indicación de sus distintos componentes.

Al aumentar la tensión del inducido aumenta la velocidad de la máquina. Si el motor está alimentado a tensión constante, se puede aumentar la velocidad disminuyendo el flujo de excitación. Pero cuanto más débil sea el flujo, menor será el par motor que se puede desarrollar para una intensidad de inducido constante.

En el caso de control por inducido, la intensidad del inductor se mantiene constante, mientras que la tensión del inducido se utiliza para controlar la velocidad de giro. En los controlados por excitación se actúa al contrario.

## CAPÍTULO 2 BRAZOS MANIPULADORES

---

Del estudio de ambos tipos de motores, y realizándose las simplificaciones correspondientes, se obtiene que la relación entre tensión de control y velocidad de giro (función de transferencia), responde a un sistema de primer orden en los controlados por inducido, mientras que en el caso de los motores controlados por excitación, esta relación es la de un segundo orden (Figura 2.19).

Además, en los motores controlados por inducido se produce un efecto estabilizador de la velocidad de giro originado por la realimentación intrínseca que posee a través de la fuerza contraelectromotriz. Por estos motivos, de los dos tipos de motores De es el controlado por inducido el que se usa en el accionamiento de robots.

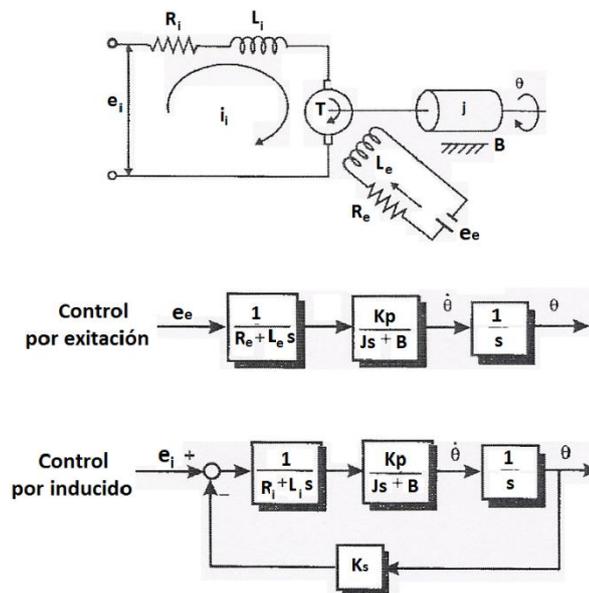


Figura 2.19 Motor DC. Esquema y funciones de transferencia.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Para mejorar el comportamiento de este tipo de motores, el campo de excitación se genera mediante imanes permanentes, con lo que se evitan fluctuaciones del mismo. Estos imanes son de aleaciones especiales como samario-cobalto. Además, para disminuir la inercia que poseería un rotor bobinado, que es el inducido, se construye éste mediante una serie de espiras serigrafiadas en un disco plano (Ver figura 2.20). En contrapartida, este tipo de rotor no posee apenas masa térmica lo que aumenta los problemas de calentamiento por sobrecarga.

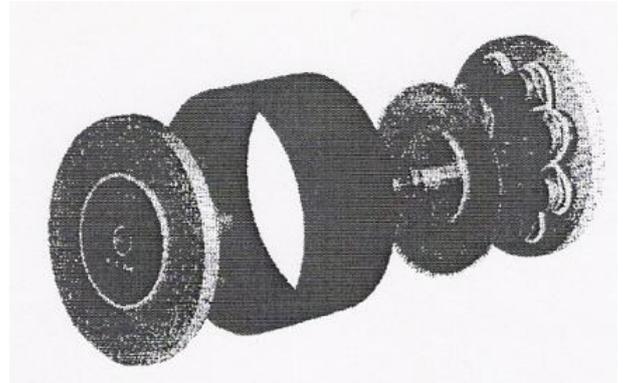


Figura 2.20 Motor DC de imanes permanentes controlado por inducido.

Las velocidades de rotación que se consiguen con estos motores son del orden de 1,000 a 3,000 r.p.m., con un comportamiento muy lineal y bajas constantes de tiempo. Las potencias que pueden manejar pueden llegar a los 10 Kw.

Como se ha indicado, los motores De son controlados mediante referencias de velocidad. Éstas normalmente son seguidas mediante un bucle de realimentación de velocidad analógico que se cierra mediante una electrónica específica (accionador del motor). Sobre este bucle de velocidad se coloca otro de posición, en el que las referencias son generadas por la unidad de control (microprocesador) en base al error entre la posición deseada y la real.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

El motor de corriente continua presenta el inconveniente del obligado mantenimiento de las escobillas. Por otra parte, no es posible mantener el par con el rotor parado más de unos segundos, debido a los calentamientos que se producen en el colector.

Para evitar estos problemas, se han desarrollado en los últimos años motores sin escobillas (brushless). En éstos, los imanes de excitación se sitúan en el rotor y el devanado de inducido en el estator, con lo que es posible convertir la corriente mediante interruptores estáticos. que reciben la señal de conmutación a través de un detector de posición del rotor.

#### **2.4.3.3 MOTORES PASO A PASO**

Los motores paso a paso generalmente no han sido considerados dentro de los accionamientos industriales, debido principalmente a que los pares para los que estaban disponibles eran muy pequeños y los pasos entre posiciones consecutivas eran grandes.

Esto limitaba su aplicación a controles de posición simples. En los últimos años se han mejorado notablemente sus características técnicas, especialmente en lo relativo a su control, lo que ha permitido fabricar motores paso a paso capaces de desarrollar pares suficientes en pequeños pasos para su uso como accionamientos industriales.

- De imanes permanentes.
- De reluctancia variable.
- Híbridos.

En los primeros, de imanes permanentes (Figura 2.30), el rotor, que posee una polarización magnética constante, gira para orientar sus polos de acuerdo al campo magnético creado por las fases del estator. En los motores dc (DC/CD) reluctancia variable, el rotor está formado por un material ferromagnético que tiende a orientarse de modo que facilite el camino de las líneas de fuerza del campo magnético generado por la bobinas de estator.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Los motores híbridos combinan el modo de funcionamiento de los dos tipos anteriores.

En los motores paso a paso la señal de control son trenes de pulsos que van actuando rotativamente sobre una serie de electroimanes dispuestos en el estator. Por cada pulso recibido, el rotor del motor gira un determinado número discreto de grados.

Para conseguir el giro del rotor en un determinado número de grados, las bobinas del estator deben ser excitadas secuencialmente a una frecuencia que determina la velocidad de giro. Las inercias propias del arranque y parada (aumentadas por las fuerzas magnéticas en equilibrio que se dan cuando está parado) impiden que el rotor alcance la velocidad nominal instantáneamente, por lo que ésta, y por tanto la frecuencia de los pulsos que la fija, debe ser aumentada progresivamente.

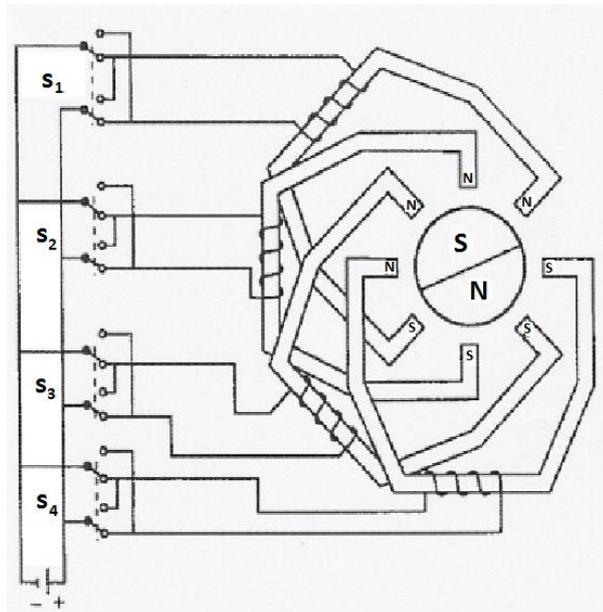


Figura 2. 21 Esquema de un motor pasó a paso de imanes permanentes con cuatro fases.

Para simplificar el control de estos motores existen circuitos especializados que a partir de tres señales (tren de pulsos, sentido de giro e inhibición) generan, a través de una etapa lógica, las secuencias de pulsos que un circuito de conmutación distribuye a cada fase.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Su principal ventaja con respecto a los servomotores tradicionales es su capacidad para asegurar un posicionamiento simple y exacto. Pueden girar además de forma continua, con velocidad variable, como motores síncronos, ser sincronizados entre sí, obedecer a secuencias complejas de funcionamiento, etc.

Se trata al mismo tiempo de motores muy ligeros, fiables y fáciles de controlar, pues al ser cada estado de excitación del estator estable el control se realiza en bucle abierto, sin la necesidad de sensores de realimentación.

Entre los inconvenientes se puede citar que su funcionamiento a bajas velocidades no es suave, y que existe el peligro de pérdida de una posición por trabajar en bucle abierto. Tienden a sobrecalentarse trabajando a velocidades elevadas y presentan un límite en el tamaño que pueden alcanzar.

Su potencia nominal es baja y su precisión (mínimo ángulo girado) llega típicamente hasta 1.8°. Se emplean para el posicionado de ejes que no precisan grandes potencias (giro de pinza) o para robots pequeños (educacionales); también son muy utilizados en dispositivos periféricos del robot, como mesas de coordenadas.

#### **Motores de corriente alterna (AC)**

Este tipo de motores no ha tenido aplicación en el campo de la robótica hasta hace unos años, debido fundamentalmente a la dificultad de su control. Sin embargo, las mejoras que se han introducido en las máquinas síncronas hacen que se presenten como un claro competidor de los motores de corriente continua.

Esto se debe principalmente a tres factores:

- La construcción de rotores síncronos sin escobillas.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

- Uso de convertidores estáticos que permiten variar la frecuencia (y así la velocidad de giro) con facilidad y precisión.
- Empleo de la microelectrónica que permite una gran capacidad de control.

El inductor se sitúa en el rotor y está constituido por imanes permanentes, mientras que el inducido, situado en el estator, está formado por tres devanados iguales decalados  $120^\circ$  eléctricos y se alimenta con un sistema trifásico de tensiones. Es preciso resaltar la similitud que existe entre este esquema de funcionamiento y el del motor sin escobillas (Ver figura 2.22).



Figura 2.22 Gama de motores brushless con su etapa de control.

En los motores síncronos la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido. Para poder variar ésta con precisión, el control de velocidad se realiza mediante un convertidor de frecuencia.

Para evitar el riesgo de pérdida de sincronismo se utiliza un sensor de posición continuo que detecta la posición del rotor y permite mantener en todo momento el ángulo que forman los campos del estator y del rotor. Este método de control se conoce como autosíncrono o autopilotado.

El motor síncrono autopilotado excitado con imán permanente, también llamado motor senoidal, no presenta problemas de mantenimiento debido a que no posee escobillas y tiene una gran capacidad de evacuación de calor, ya que los devanados están en contacto directo con la carcasa.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

El control de posición se puede realizar sin la utilización de un sensor externo adicional, aprovechando el detector de posición del rotor que posee el propio motor. Además permite desarrollar, a igualdad de peso, una potencia mayor que el motor de corriente continua.

En la actualidad diversos robots industriales emplean este tipo de accionamientos con notables ventajas frente a los motores de corriente continua. En el caso de los motores asíncronos, no se ha conseguido resolver satisfactoriamente los problemas de control que presentan. Esto ha hecho que hasta el momento no tengan aplicación en robótica.

Como resumen de los tipos de actuadores empleados en robótica, en la tabla 2.3 se presenta un cuadro comparativo de éstos.

	<b>Neumático</b>	<b>Hidráulico</b>	<b>Eléctrico</b>
<b>Energía</b>	* Aire a presión (5-10 bar)	* Aceite mineral (50 - 100 bar)	* Corriente eléctrica
<b>Opciones</b>	* Cilindros * Motor de paletas * Motor de pistón	* Cilindros * Motor de paletas * Motor de pistones axiales	* Corriente continua * Corriente alterna * Motor paso a paso
<b>Ventajas</b>	* Baratos * Rápidos * Sencillos * Robustos	* Rápidos * Alta relación potencial - peso * Autolubricantes * Alta capacidad de carga * Estabilidad frente a cargas estáticas	* Precisos * Fiables * Fácil control * Sencilla instalación * Silenciosos
<b>Desventajas</b>	* Dificultad de control continuo * Instalación especial (compresor, filtros) * Ruidoso	* Difícil mantenimiento * Instalación especial (filtros, eliminación aire) * Frecuentes fugas * Caros	* Potencia limitada

Tabla 2.3. Características de distintos tipos de actuadores para robots.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.4.4 SENSORES

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

En este epígrafe se tratará únicamente de los sensores internos. Información sobre sensores externos puede verse en textos y bibliografía especializada en visión artificial, sensores de fuerza, tacto, distancia o telemetría. La información que la unidad de control del robot puede obtener sobre el estado de su estructura mecánica es fundamentalmente la relativa a su posición y velocidad.

En la tabla 2.4 se resumen los sensores más comúnmente empleados para obtener información de presencia, posición y velocidad en robots industriales. Se comentan a continuación los más significativos.

<b>Presencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Inductivo</li> <li>*Capacitivo</li> <li>*Efecto hall</li> <li>*Óptico</li> <li>*Ultrasónico</li> <li>*Contacto</li> </ul>	
<b>Posición</b>	Analógicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Potenciómetros</li> <li>*Resolver</li> <li>*Inductosyn</li> <li>*LVDT</li> </ul>
	Digitales	<ul style="list-style-type: none"> <li>*Encoders absolutos</li> <li>*Encoders incrementales</li> <li>*Regla óptica</li> </ul>
<b>Velocidad</b>	*Tacogeneratriz	

Tabla 2.4 Tipos de sensores internos de robots

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.4.4.1 DE POSICIÓN

Para el control de posición angular se emplean fundamentalmente los denominados encoders y resolvers. Los potenciómetros dan bajas prestaciones por lo que no se emplean salvo en contadas ocasiones (robots educacionales, ejes de poca importancia).

Codificadores angulares de posición (encoders).

Los codificadores ópticos o encoders incrementales constan, en su forma más simple, de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí: de un sistema de iluminación en el que la luz es colimada de forma correcta, y de un elemento fotorreceptor (ver figura 2.23).

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco transparente. Con esta disposición, a medida que el eje gire se irán generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca, y llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje.

Existe, sin embargo, el problema de no saber si en un momento dado se está realizando un giro en un sentido o en otro, con el peligro que supone no estar contando adecuadamente. Una solución a este problema consiste en disponer de otra franja de marcas, desplazada de la anterior de manera que el tren de pulsos que con ella se genere esté desplazado 90° eléctricos con respecto al generado por la primera franja. De esta manera, con un circuito relativamente sencillo es posible obtener una señal adicional que

indique cuál es el sentido de giro, y que actúe sobre el contador correspondiente indicando que incremente o decremente la cuenta que se esté realizando.

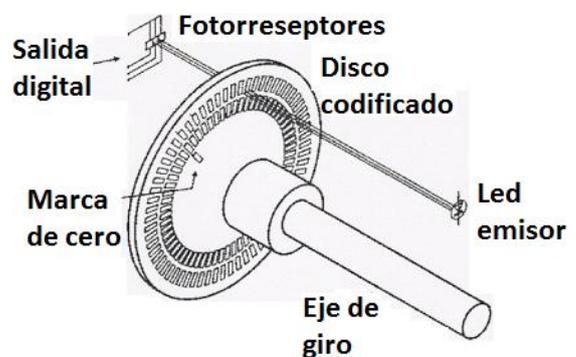


Figura 2.23 Disposición de un codificador óptico (encoder) incremental.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Es necesario además disponer de una marca de referencia sobre el disco que indique que se ha dado una vuelta completa y que, por tanto, se ha de empezar la cuenta de nuevo. Esta marca sirve también para poder comenzar a contar tras recuperarse de una caída de tensión.

La resolución de este tipo de sensores depende directamente del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco. Un método relativamente sencillo para aumentar esta resolución es, no solamente contabilizar los flancos de subida de los trenes de pulsos, sino contabilizar también los de bajada, incrementando así por cuatro la resolución de captador, pudiéndose llegar, con ayuda de circuitos adicionales, hasta 100.000 pulsos por vuelta.

El funcionamiento básico de los codificadores o encoders absolutos es similar al de los incrementales.

Se tiene una fuente de luz con las lentes de adaptación correspondientes, un disco graduado y unos fotorreceptores. En este caso, el disco transparente se divide en un número determinado de sectores (potencia de 2), codificándose cada uno de ellos según un código binario cíclico (normalmente código Gray) que queda representado por zonas transparentes y opacas dispuestas radialmente.

No es necesario ahora ningún contador o electrónica adicional para detectar el sentido de giro, pues cada posición (sector) es codificado de forma absoluta. Su resolución es fija, y vendrá dada por el número de anillos que posea el disco graduado. Resoluciones habituales van desde 28 a 19 bits (desde 256 a 524.288 posiciones distintas).

Normalmente los sensores de posición se acoplan al eje del motor. Considerando que en la mayor parte de los casos entre el eje del motor y el de la articulación se sitúa un reductor de relación “n”, cada movimiento de la articulación se verá multiplicado por “n” al ser medido por el sensor. Éste aumentará así su resolución multiplicándola por “n”.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Este problema se soluciona en los encoders absolutos con la utilización de otro encoder absoluto más pequeño conectado por un engranaje reductor al principal, de manera que cuando éste gire una vuelta completa, el codificado adicional avanzará una posición. Son los denominados encoders absolutos multivuelta.

Esta misma circunstancia originará que en el caso de los codificadores incrementales la señal de referencia o marca de cero, sea insuficiente para detectar el punto origen para la cuenta de pulsos, pues habrá “n” posibles puntos de referencia para un giro completo de la articulación. Para distinguir cuál de ellos es el correcto se suele utilizar un detector de presencia denominado de sincronismo, acoplado directamente al eslabón del robot que se considere. Cuando se conecta el robot desde una situación de apagado, es preciso ejecutar un procedimiento de búsqueda de referencias para los sensores (sincronizado).

Durante su ejecución se leen los detectores de sincronismo que detectan la presencia o ausencia del eslabón del robot. Cuando se detecta la conmutación de presencia a ausencia de pieza, o viceversa, se atiende al encoder incremental, tomándose como posición de origen la correspondiente al primer pulso de marca de cero que aquel genere.

Los encoders pueden presentar problemas mecánicos debido a la gran precisión que se debe tener en su fabricación. La contaminación ambiental puede ser una fuente de interferencias en la transmisión óptica.

## CAPÍTULO 2 BRAZOS MANIPULADORES

---

Son dispositivos particularmente sensibles a golpes y vibraciones, estando su margen de temperatura de trabajo limitado por la presencia de componentes electrónicos.

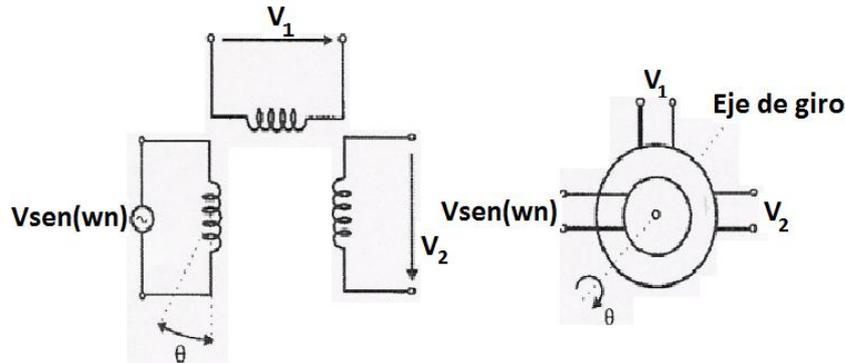


Figura 2. 24 Esquema de funcionamiento de un resolver.

### Captadores angulares de posición (sincro-resolvers)

La otra alternativa en sensores de posición para robots la representan los resolver y los sincroresolvers, también llamados sincros. Se trata de captadores analógicos con resolución teóricamente infinita. El funcionamiento de los resolvers se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje excitada por una portadora, generalmente con 400Hz, y por dos bobinas fijas situadas a su alrededor (Figura 2.32).

El giro de la bobina móvil hace que el acoplamiento con las bobinas fijas varíe, consiguiendo que la señal resultante en éstas dependa del seno del ángulo de giro. La bobina móvil excitada con tensión  $V \text{ sen } (\omega t)$  y girada un ángulo  $\theta$  induce en las bobinas fijas situadas en cuadratura las siguientes tensiones:

$$V_1 = V \text{ sen } (\omega t) \text{ sen } \theta$$

$$V_2 = V \text{ sen } (\omega t) \text{ cos } \theta$$

Que la llamada representación del ángulo  $\theta$  en formato resolver.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

El funcionamiento de los sincros es análogo al de los resolvers, excepto que las bobinas fijas forman un sistema trifásico en estrella. Para un giro  $\theta$  de la bobina móvil excitada con tensión  $V \sin(\omega t)$ , admitiendo que los acoplamientos y los des fases son los mismos para todos los devanados, se obtienen las siguientes tensiones entre fases del estator:

$$V_{13} = \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin \theta / 3$$

$$V_{32} = \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin(\theta + 120^\circ) / 3$$

$$V_{21} = \sqrt{3} V \cos(\omega t) \sin(\theta + 240^\circ) / 3$$

Que es la llamada representación del ángulo  $\theta$  en formato sincro.

El cambio de formato sincro a formato resolver o viceversa es inmediato, ya que se puede pasar de uno a otro a través de la llamada red de Scott o transformador de Scott, de funcionamiento bidireccional.

Para poder tratar en el sistema de control la información generada por los resolvers y los sincros es necesario convertir las señales analógicas en digitales. Para ello se utilizan los llamados convertidores resolver/digital (RID), que tradicionalmente se basan en dos tipos de estructuras distintas: seguimiento (tracking) y muestreo (sampling).

Ambos captadores son de tipo absoluto en cada vuelta del eje acoplado a ellos. Entre sus ventajas destacan su buena robustez mecánica durante el funcionamiento y su inmunidad a contaminación, humedad, altas temperaturas y vibraciones. Debido a su reducido momento de inercia, imponen poca carga mecánica al funcionamiento del eje.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

La tabla 2.5 presenta una comparación entre distintos tipos de sensores de posición angular atendiendo a diversos parámetros de funcionamiento.

Se comentan brevemente a continuación algunos de ellos.

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

Tabla 2.5. Comparación entre distintos sensores de posición angular.

Dado el carácter continuo de la señal, la resolución de los resolvers es teóricamente infinita. Bien es verdad que depende en la mayoría de las ocasiones de una electrónica asociada. Lo que limita la precisión de forma práctica. En el caso de los codificadores ópticos la resolución viene limitada por el número de secciones opaco/transparentes que se utilicen.

La exactitud estática, definida como la diferencia entre la posición física del eje y la señal eléctrica de salida, es relativamente alta tanto en resolvers como en codificadores ópticos. El rango dinámico se encuentra más limitado en el caso de los codificadores ópticos o digitales, no así en los resolvers donde con conversiones R/D adecuadas se puede trabajar con velocidades superiores a las 6,000 rpm.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.4.4.2 LINEALES

Entre los sensores de posición lineales destaca el transformador diferencial de variación lineal (LVDT) debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetibilidad. Su funcionamiento se basa en la utilización de un núcleo de material ferromagnético unido al eje cuyo movimiento se quiere medir.

Este núcleo se mueve linealmente entre un devanado primario y dos secundarios, haciendo con su movimiento que varíe la inductancia entre ellos.

La Figura 2.25 presenta un breve esquema de su funcionamiento. los dos devanados secundarios conectados en oposición serie ven cómo la inducción de la tensión alterna del primario, al variar la posición del núcleo, hace crecer la tensión en un devanado y disminuirla en el otro.

Del estudio de la tensión  $e_0$  se deduce que ésta es proporcional a la diferencia de inductancias mutuas entre el devanado primario con cada uno de los secundarios, y que por tanto depende linealmente del desplazamiento del vástago solidario al núcleo.

Además de las ventajas señaladas, el LVDT presenta una alta linealidad, gran sensibilidad y una respuesta dinámica elevada. Su uso está ampliamente extendido, a pesar del inconveniente de poder ser aplicado únicamente en la medición de pequeños desplazamientos.

## CAPÍTULO 2 BRAZOS MANIPULADORES

---

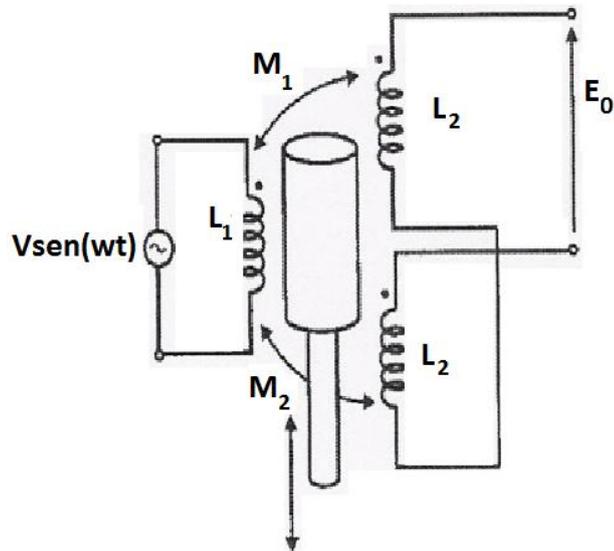


Fig. 2.25 Esquema de funcionamiento de un LVDT.

Otros sensores lineales que también se emplean con relativa frecuencia son las denominadas reglas ópticas (equivalentes a los codificadores ópticos angulares) y las reglas magnéticas o Inductosyn (marca registrada de Farrand Industries Inc.).

El funcionamiento del Inductosyn es similar al del resolver con la diferencia de que el rotor desliza linealmente sobre el estator, siendo la forma de los devanados la representada en la Figura 2.26. El estator se encuentra excitado por una tensión conocida que induce en el rotor dependiendo de su posición relativa una tensión  $V_s$ :  $V = kV \cos[2\pi_x/P]$

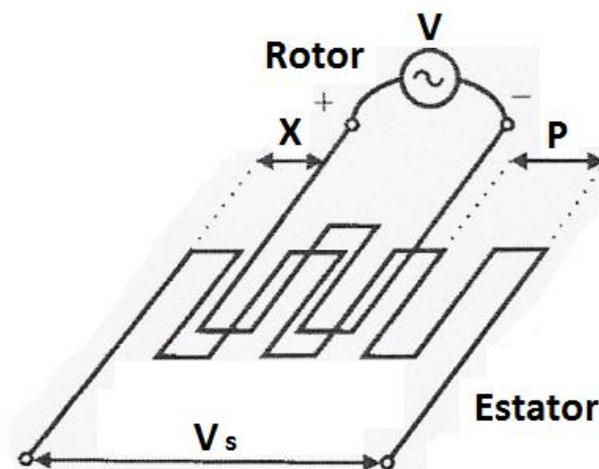


Fig. 2.26 Esquema de funcionamiento de un Inductosyn.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

#### 2.4.4.3 DE VELOCIDAD

La captación de la velocidad se hace necesaria para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores del robot. La información de la velocidad de movimiento de cada actuador (que tras el reductor es la de giro de la articulación) se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor. No obstante, en ocasiones en las que el sistema de control del robot lo exija, la velocidad de giro de cada actuador es llevada hasta la unidad de control del robot.

Normalmente, y puesto que el bucle de control de velocidad es analógico, el captador usado es una tacogeneratriz que proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje (valores típicos pueden ser 10 milivoltios por rpm).

Otra posibilidad, usada para el caso de que la unidad de control del robot precise valorar la velocidad de giro de las articulaciones, consiste en derivar la información de posición que ésta posee.

#### 2.4.4.4 DE PRESENCIA

Este tipo de sensor es capaz de detectar la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado. Esta detección puede hacerse con o sin contacto con el objeto. En el segundo caso se utilizan diferentes principios físicos para detectar la presencia, dando lugar a los diferentes tipos de captadores (ver tabla 2.4).

En el caso de detección con contacto, se trata siempre de un interruptor, normalmente abierto o normalmente cerrado según interese, actuado mecánicamente a través de un vástago u otro dispositivo.

Los detectores de presencia se utilizan en robótica principalmente como auxiliares de los detectores de posición, para indicar los límites de movimiento de las articulaciones y permitir localizar la posición de referencia de cero de éstos en el caso de que sean incrementales.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Además de esta aplicación, los sensores de presencia se usan como sensores externos, siendo muy sencillos de incorporar al robot por su carácter binario y su costo reducido. Los detectores inductivos permiten detectar la presencia o contar el número de objetos metálicos sin necesidad de contacto. Presentan el inconveniente de distinto comportamiento según del tipo de metal del que se trate.

El mismo tipo de aplicación tiene los detectores capacitivos, más voluminosos, aunque en este caso los objetos a detectar no precisan ser metálicos. En cambio presentan problemas de trabajo en condiciones húmedas y con puestas a tierra defectuosas.

Los sensores basados en el efecto Hall detectan la presencia de objetos ferromagnéticos por la deformación que estos provocan sobre un campo magnético. Los captadores ópticos, sin embargo, pueden detectar la reflexión del rayo de luz procedente del emisor sobre el objeto.

#### **2.4.4.5 TERMINALES**

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

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

Se puede establecer una clasificación de los elementos terminales atendiendo a si se trata de un elemento de sujeción o de una herramienta. Los primeros se pueden clasificar según el sistema de sujeción empleado.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

En la Tabla 2.6 se representan estas opciones, así como los usos más frecuentes.

Tipos de sujeción	Accionamiento	Uso
Pinza de presión	Neumático o eléctrico	Transporte y manipulación de piezas sobre las que no importe presionar.
-Desplazamiento angular -Desplazamiento lineal		
Pinza de enganche	Neumático o eléctrico	Piezas de grandes dimensiones o sobre las que no se puede ejercer presión.
Ventosa de vacío	Neumático	Cuerpos con superficie lisa poco porosa (cristal, plástico, etc.).
Electroimán	Eléctrico	Piezas ferromagnéticas.

Tabla 2.6 Sistemas de sujeción para robots.

Los elementos de sujeción se utilizan para agarrar y sostener los objetos y se suelen denominar pinzas. Se distingue entre las que utilizan dispositivos de agarre mecánico (ver figura 2.27), y las que utilizan algún otro tipo de dispositivo (ventosas, pinzas magnéticas, adhesivas, ganchos, etc.).



Figura 2.27 Pinza neumática de dos dedos paralelos.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

En la elección o diseño de la pinza se han de tener en cuenta diversos factores. Entre los que afectan al tipo de objeto y de manipulación a realizar destacan el peso, la forma, el tamaño del objeto y la fuerza que es necesario ejercer y mantener para sujetarlo.

Entre los parámetros de la pinza cabe destacar su peso (que afecta a las inercias del robot), el equipo de accionamiento y la capacidad de control.

El accionamiento neumático (ver figura 2.28), es el más utilizado por ofrecer mayores ventajas en simplicidad, precio y fiabilidad, aunque presenta dificultades de control de posiciones intermedias. En ocasiones se utilizan accionamientos de tipo eléctrico.

En la pinza se suelen situar sensores para detectar el estado de la misma (abierto o cerrado) (Ver figura 2.29). Se pueden incorporar a la pinza otro tipo de sensores para controlar el estado de la pieza. Sistemas de visión que proporcionen datos geométricos de los objetos, detectores de proximidad, sensores fuerza-par, etc.



Figura 2.28. Pistolas neumáticas de pulverización de pintura.



Figura 2.29 Pinzas de soldadura con transformador incorporado. De accionamiento por tijera y rectilíneo.

## CAPÍTULO 2

### BRAZOS MANIPULADORES

---

Tipo de Herramienta	Comentarios
Pinza soldadura por puntos	Dos electrodos que se cierran sobre la pieza a soldar.
Soplete soldadura al arco	Aportan el flujo de electrodo que se funde.
Cucharón para colada	Para trabajos de fundición.
Atornillador	Suelen incluir la alimentación de tornillos.
Fresa-lijas	Para perfilar, eliminar rebabas, pulir, etc.
Pistola de pintura	Por pulverización de la pintura.
Cañón láser	Para corte de materiales, soldadura o inspección.
Cañón de agua a presión	Para corte de materiales.

Tabla 2.7. Herramientas terminales para robots.

Como se ha indicado, el elemento terminal de aprehensión debe ser diseñado con frecuencia a medida para la aplicación. Existen ciertos elementos comerciales que sirven de base para la pinza, siendo posible a partir de ellos diseñar efectores válidos para cada aplicación concreta.

Sin embargo, en otras ocasiones el efector debe ser desarrollado íntegramente, constituyendo su coste un porcentaje importante dentro del total de la aplicación.

En muchas aplicaciones el robot ha de realizar operaciones que no consisten en manipular objetos, sino que implican el uso de una herramienta. El tipo de herramientas con que puede dotarse a un robot es muy amplio. La figura 2.28 y la figura 2.29 muestran, respectivamente, dos pistolas de pulverización de pintura y dos pinzas de soldadura por puntos.

## CAPÍTULO 2

# BRAZOS MANIPULADORES

---

Normalmente, la herramienta está fijada rígidamente al extremo del robot aunque en ocasiones se dota a éste de un dispositivo de cambio automático, que permita al robot usar diferentes herramientas durante su tarea.

Aparte de estos elementos de sujeción y herramientas más o menos convencionales, existen interesantes desarrollos e investigaciones, muchos de ellos orientados a la manipulación de objetos complicados y delicados. Por ejemplo, existen diversas realizaciones de pinzas dotadas de tacto o de dedos con falanges. (Ver figura 2.30).

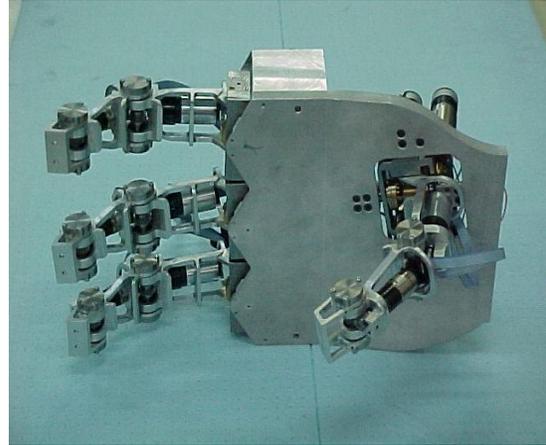


Figura 2.30 Mano robótica.

# CAPÍTULO 3

## ELECTRÓNICA

---

### 3.1 GENERALIDADES

La electrónica es el campo de la ingeniería y de la física aplicada relativo al diseño y aplicación de dispositivos, por lo general circuitos electrónicos, cuyo funcionamiento depende del flujo de electrones para la generación, transmisión, recepción, almacenamiento de información, entre otros. Esta información puede consistir en voz o música como en un receptor de radio, en una imagen en una pantalla de televisión, o en números u otros datos en un ordenador o computadora.

Los circuitos electrónicos ofrecen diferentes funciones para procesar esta información, incluyendo la amplificación de señales débiles hasta un nivel que se pueda utilizar; el generar ondas de radio; la extracción de información, como por ejemplo la recuperación de la señal de sonido de una onda de radio (demodulación); el control, como en el caso de introducir una señal de sonido a ondas de radio (modulación), y operaciones lógicas, como los procesos electrónicos que tienen lugar en las computadoras.

#### 3.1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La introducción de los tubos de vacío a comienzos del siglo XX propició el rápido crecimiento de la electrónica moderna. Con estos dispositivos se hizo posible la manipulación de señales, algo que no podía realizarse en los antiguos circuitos telegráficos y telefónicos, ni con los primeros transmisores que utilizaban chispas de alta tensión para generar ondas de radio. Por ejemplo, con los tubos de vacío pudieron amplificarse las señales de radio y de sonido débiles, y además podían superponerse señales de sonido a las ondas de radio. El desarrollo de una amplia variedad de tubos, diseñados para funciones especializadas, posibilitó el rápido avance de la tecnología de comunicación radial antes de la II Guerra Mundial, y el desarrollo de las primeras computadoras, durante la guerra y poco después de ella.

## CAPÍTULO 3

### ELECTRÓNICA

---

Hoy día, el transistor, inventado en 1948, ha reemplazado casi completamente al tubo de vacío en la mayoría de sus aplicaciones. Al incorporar un conjunto de materiales semiconductores y contactos eléctricos, el transistor permite las mismas funciones que el tubo de vacío, pero con un coste, peso y potencia más bajos, y una mayor fiabilidad. Los progresos subsiguientes en la tecnología de semiconductores, atribuible en parte a la intensidad de las investigaciones asociadas con la iniciativa de exploración del espacio, llevó al desarrollo, en la década de 1970, del circuito integrado. Estos dispositivos pueden contener centenares de miles de transistores en un pequeño trozo de material, permitiendo la construcción de circuitos electrónicos complejos, como los de los microordenadores o microcomputadoras, equipos de sonido y vídeo, y satélites de comunicaciones.

#### **3.1.3 AVANCES RECIENTES**

El desarrollo de los circuitos integrados ha revolucionado los campos de las comunicaciones, la gestión de la información y la informática. Los circuitos integrados han permitido reducir el tamaño de los dispositivos con el consiguiente descenso de los costes de fabricación y de mantenimiento de los sistemas. Al mismo tiempo, ofrecen mayor velocidad y fiabilidad. Los relojes digitales, las computadoras portátiles y los juegos electrónicos son sistemas basados en microprocesadores.

Otro avance importante es la digitalización de las señales de sonido, proceso en el cual la frecuencia y la amplitud de una señal de sonido se codifica digitalmente mediante técnicas de muestreo adecuadas, es decir, técnicas para medir la amplitud de la señal a intervalos muy cortos. La música grabada de forma digital, como la de los discos compactos, se caracteriza por una fidelidad que no era posible alcanzar con los métodos de grabación directa.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

La electrónica médica ha llegado hasta a sistemas que pueden diferenciar aún más los órganos del cuerpo humano. Se han desarrollado asimismo dispositivos que permiten ver los vasos sanguíneos y el sistema respiratorio. También la alta definición promete sustituir a numerosos procesos fotográficos al eliminar la necesidad de utilizar plata.

La investigación actual dirigida a aumentar la velocidad y capacidad de las computadoras se centra sobre todo en la mejora de la tecnología de los circuitos integrados y en el desarrollo de componentes de conmutación aún más rápidos. Se han construido circuitos integrados a gran escala que contienen varios centenares de miles de componentes en un solo chip. Han llegado a fabricarse computadoras que alcanzan altísimas velocidades en las cuales los semiconductores son reemplazados por circuitos superconductores y que funcionan a temperaturas cercanas al cero absoluto.

### 3.1.4 CIRCUITOS

Los circuitos electrónicos (ver figura 3.1), constan de componentes electrónicos interconectados. Estos ponentes se clasifican en dos categorías: activos o pasivos. Entre los pasivos se incluyen las resistencias, los condensadores y las bobinas. Los considerados activos incluyen las baterías (o pilas), los generadores, los tubos de vacío y los transistores.

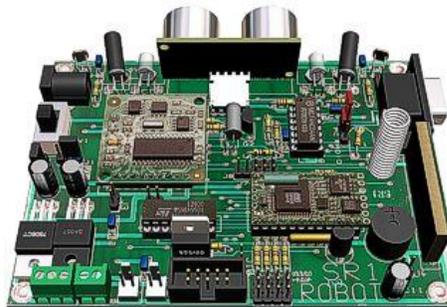


Figura 3.1 Circuitos electrónicos.

# CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

## 3.1.5 RESISTENCIAS

Al conectar una batería a un material conductor, una determinada cantidad de corriente fluirá a través de dicho material. Esta corriente depende de la tensión de la batería, de las dimensiones de la muestra y de la conductividad del propio material. Las resistencias (ver figura 3.2 a), se emplean para controlar la corriente en los circuitos electrónicos. Se elaboran con mezclas de carbono, láminas metálicas o hilo de resistencia, y disponen de dos cables de conexión.

A las resistencias variables(ver figura 3.2 b), se le llaman reóstatos o potenciómetros, con un brazo de contacto deslizante y ajustable, suelen utilizarse para controlar el volumen de radios y televisiones.

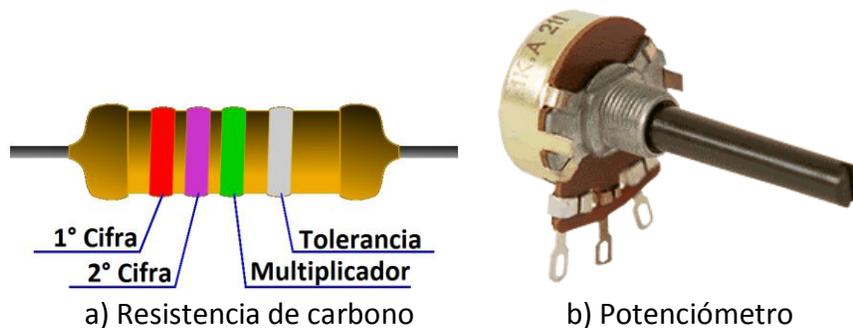


Figura 3.2 Tipos de resistencias.

## 3.1.6 CONDENSADORES

Los condensadores (ver figura 3.3), están formados por dos placas metálicas separadas por un material aislante.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

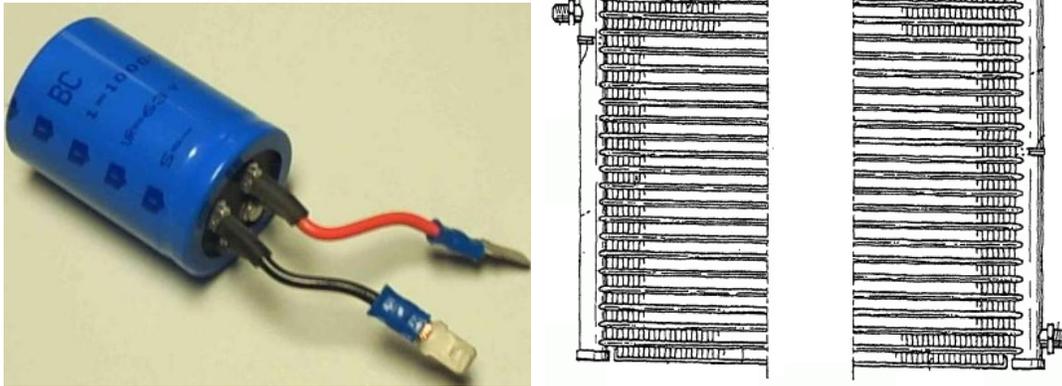


Figura 3.3 Condensador

Si se conecta una batería a ambas placas, durante un breve tiempo fluirá una corriente eléctrica que se acumulará en cada una de ellas. Si se desconecta la batería, el condensador conserva la carga y la tensión asociada a la misma.

Las tensiones rápidamente cambiantes, como las provocadas por una señal de sonido o de radio, generan mayores flujos de corriente hacia y desde las placas; entonces, el condensador actúa como conductor de la corriente alterna. Este efecto puede utilizarse, por ejemplo, para separar una señal de sonido o de radio de una corriente continua, a fin de conectar la salida de una fase de amplificación a la entrada de la siguiente.

### 3.1.7 BOBINAS

Las bobinas (también llamadas inductores) consisten en un hilo conductor enrollado (Ver figura 3.4). Al pasar una corriente a través de la bobina, alrededor de la misma se crea un campo magnético que tiende a oponerse a los cambios bruscos de la intensidad de la corriente. Al igual que un condensador, una bobina puede utilizarse para diferenciar entre señales rápida y lentamente cambiantes (altas y bajas frecuencias).

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

Al utilizar una bobina conjuntamente con un condensador, la tensión de la bobina alcanza un valor máximo a una frecuencia específica que depende de la capacitancia y de la inductancia. Este principio se emplea en los receptores de radio al seleccionar una frecuencia específica mediante un condensador variable.

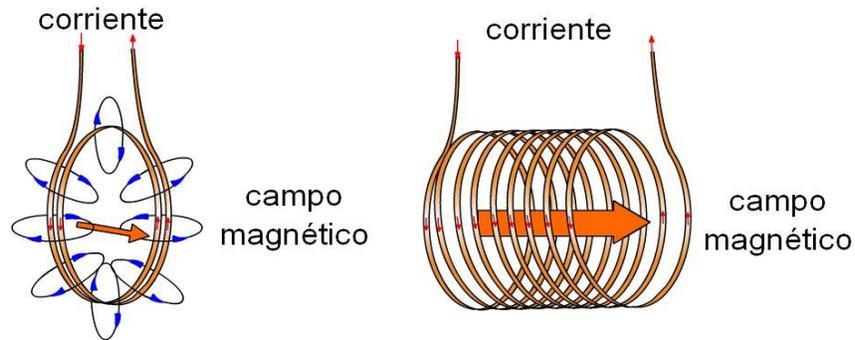


Figura 3.4 Bobina o inductor.

### 3.1.8 TUBOS DE VACÍO

Un tubo de vacío consiste en una cápsula de vidrio de la que se ha extraído el aire, y que lleva en su interior varios electrodos metálicos (Ver figura 3.5). Un tubo sencillo de dos elementos (diodo) está formado por un cátodo y un ánodo, este último conectado al terminal positivo de una fuente de alimentación. El cátodo (un pequeño tubo metálico que se calienta mediante un filamento) libera electrones que migran hacia él (un cilindro metálico en torno al cátodo, también llamado placa).



Figura 3.5 Tubos de vacío.

## CAPÍTULO 3

### ELECTRÓNICA

---

Si se aplica una tensión alterna al ánodo, los electrones sólo fluirán hacia el ánodo durante el semiciclo positivo; durante el ciclo negativo de la tensión alterna, el ánodo repele los electrones, impidiendo que cualquier corriente pase a través del tubo. Los diodos conectados de tal manera que sólo permiten los semiciclos positivos de una corriente alterna (CA) se denominan tubos rectificadores y se emplean en la conversión de corriente alterna a corriente continua (CC) .Al insertar una rejilla, formada por un hilo metálico en espiral, entre el cátodo y el ánodo, y aplicando una tensión negativa a dicha rejilla, es posible controlar el flujo de electrones.

Si la rejilla es negativa, los repele y sólo una pequeña fracción de los electrones emitidos por el cátodo pueden llegar al ánodo. Este tipo de tubo, denominado triodo, puede utilizarse como amplificador. Las pequeñas variaciones de la tensión que se producen en la rejilla, como las generadas por una señal de radio o de sonido, pueden provocar grandes variaciones en el flujo de electrones desde el cátodo hacia el ánodo y, en consecuencia, en el sistema de circuitos conectado al ánodo.

#### **3.1.9 TRANSISTORES**

Los transistores (ver figura 3.6), se componen de semiconductores. Se trata de materiales, como el silicio o el germanio, dopados (s decir, se les han incrustado pequeñas cantidades de materias extrañas con reacciones químicas), de manera que se produce una abundancia o una carencia de electrones libres. En el primer caso, se dice que el semiconductor es del tipo n, y en el segundo que es del tipo p. Combinando materiales del tipo n y del tipo p puede producirse un diodo. Cuando éste se conecta a una batería de manera tal que el material tipo p es positivo y el material tipo n es negativo, los electrones son repelidos desde el terminal negativo de la batería y pasan, sin ningún obstáculo, a la región p, que carece de electrones.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

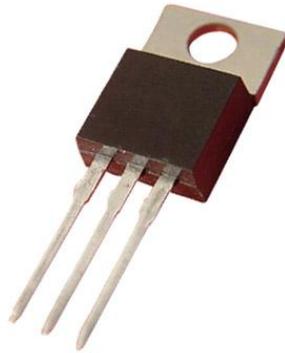


Figura 3.6 Transistor o semiconductor.

Con la batería invertida, los electrones que llegan al material p pueden pasar sólo con muchas dificultades hacia el material n, que ya está lleno de electrones libres, en cuyo caso la corriente es casi cero.

El transistor bipolar (ver figura 3.7), fue inventado en 1948 para sustituir al tubo de vacío triodo. Está formado por tres capas de material dopado, que forman dos uniones pn bipolares (**Se denomina unión P-N a la estructura fundamental de los componentes electrónicos comúnmente denominados semiconductores, principalmente diodos y transistores BJT. Está formada por la unión metalúrgica de dos cristales, generalmente de Silicio (Si), aunque también se fabrican de Germanio (Ge), de naturalezas P y N según su composición a nivel atómico**) con configuraciones pnp (Es Positivo, Negativo, Positivo) o npn (Es Negativo, Positivo, Negativo). Una unión está conectada a la batería para permitir el flujo de corriente (polarización negativa frontal, o polarización directa), y la otra está conectada a una batería en sentido contrario (polarización inversa).

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

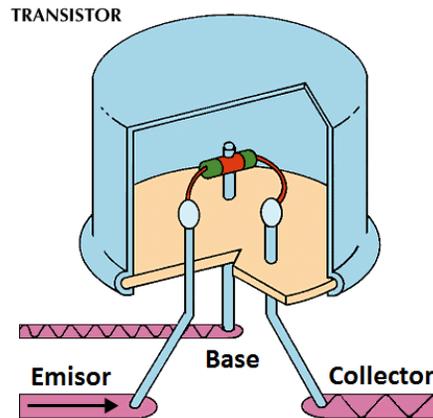


Figura 3.7 Transistor bipolar.

Si se varía la corriente en la unión de polarización directa mediante la adición de una señal, la corriente de la unión de polarización inversa del transistor variará en consecuencia. El principio puede utilizarse para construir amplificadores en los que una pequeña señal aplicada a la unión de polarización directa provocará un gran cambio en la corriente de la unión de polarización inversa.

Otro tipo de transistor es el de efecto de campo (FET, acrónimo de inglés Field-Effect Transistor del español: Transistor de Efecto de campo), que funciona sobre la base del principio de repulsión o de atracción de cargas debido a la superposición de un campo eléctrico. La amplificación de la corriente se consigue de manera similar al empleado en el control de rejilla de un tubo de vacío.

Los transistores de efecto de campo funcionan de forma más eficaz que los bipolares, ya que es posible controlar una señal grande con una cantidad de energía muy pequeña.

## CAPÍTULO 3

### ELECTRÓNICA

---

#### 3.1.10 CIRCUITOS INTEGRADOS

La mayoría de los circuitos integrados son pequeños trozos, o chips, de silicio, de entre 2 y 4 mm<sup>2</sup>, sobre los que se fabrican los transistores. La fotolitografía permite al diseñador crear centenares de miles de transistores en un solo chip situando de forma adecuada las numerosas regiones tipo n y p. Durante la fabricación, estas regiones son interconectadas mediante conductores minúsculos, a fin de producir circuitos especializados complejos cristal de silicio. Los chips requieren mucho menos espacio y potencia, y su fabricación es más barata que la de un circuito equivalente compuesto por transistores individuales.

#### 3.1.11 CIRCUITOS ELECTRÓNICOS DE USO FRECUENTE

Circuitos de alimentación eléctrica (Fuentes)

La mayoría de los equipos electrónicos requieren tensiones de CC para su funcionamiento. Estas tensiones pueden ser suministradas por baterías o por fuentes de alimentación internas que convierten la corriente alterna, que puede obtenerse de la red eléctrica que llega a cada vivienda, en tensiones reguladas de CC.

El primer elemento de una fuente de alimentación de CC interna es el transformador, que eleva o disminuye la tensión de entrada a un nivel adecuado para el funcionamiento del equipo. La función secundaria del transformador es servir como aislamiento de masa (conexión a tierra) eléctrica del dispositivo a fin de reducir posibles peligros de electrocución. A continuación del transformador se sitúa un rectificador, que suele ser un diodo. En el pasado se utilizaban diodos de vacío y una amplia variedad de diferentes materiales (cristales de germanio o sulfato de cadmio) en los rectificadores de baja potencia empleados en los equipos electrónicos. En la actualidad se emplean casi exclusivamente rectificadores de silicio debido a su bajo coste y alta fiabilidad.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

Las fluctuaciones y ondulaciones superpuestas a la tensión de CC rectificada (percibidas como un zumbido en los amplificadores de sonido defectuosos) pueden filtrarse mediante un condensador. Cuanto más grande sea el condensador, menor será el nivel de fluctuación de la tensión. Es posible alcanzar un control más exacto sobre los niveles y fluctuaciones de tensión mediante un regulador de tensión, que también consigue que las tensiones internas sean independientes de las fluctuaciones que puedan encontrarse en un artefacto eléctrico.

Un sencillo regulador de tensión que se utiliza a menudo es el diodo de Zener, formado por un diodo de unión pn de estado sólido que actúa como aislante hasta una tensión predeterminada. Por encima de dicha tensión, se convierte en un conductor que deriva los excesos de tensión. Por lo general, los reguladores de tensión más sofisticados se construyen como circuitos integrados.

### **3.1.12 CIRCUITOS AMPLIFICADORES**

Los amplificadores electrónicos se utilizan sobre todo para aumentar la tensión, la corriente o la potencia de una señal. Los amplificadores lineales incrementan la señal sin distorsionarla (o distorsionándola mínimamente), de manera que la salida es proporcional a la entrada. Los amplificadores no lineales permiten generar un cambio considerable en la forma de onda de la señal. Los amplificadores lineales se utilizan para señales de sonido y vídeo, mientras que los no lineales se emplean en osciladores, dispositivos electrónicos de alimentación, moduladores, mezcladores, circuitos lógicos y demás aplicaciones en las que se requiere una reducción de la amplitud.

Aunque los tubos de vacío tuvieron gran importancia en los amplificadores, hoy día suelen utilizarse circuitos de transistores discretos o circuitos integrados.

# CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

## 3.1.13 CIRCUITOS LÓGICOS

Los circuitos de conmutación y temporización, o circuitos lógicos (ver figura 3.8), forman la base de cualquier dispositivo en el que se tengan que seleccionar o combinar señales de manera controlada. Entre los campos de aplicación de estos tipos de circuitos pueden mencionarse la conmutación telefónica, las transmisiones por satélite y el funcionamiento de las computadoras digitales.

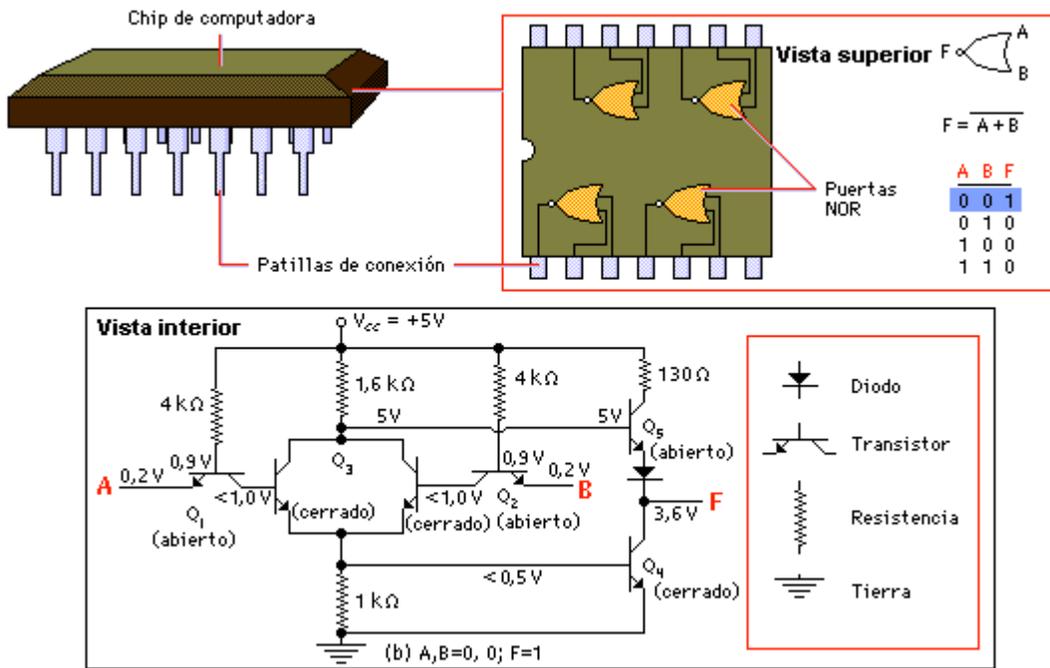


Figura 3.8 Circuito de conmutación.

La lógica digital es un proceso racional para adoptar sencillas decisiones de 'verdadero' o 'falso' basadas en las reglas del álgebra de Boole. El estado verdadero se representado por un 1, y falso por un 0, y en los circuitos lógicos estos numerales aparecen como señales de dos tensiones diferentes.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

Los circuitos lógicos se utilizan para adoptar decisiones específicas de 'verdadero-falso' sobre la base de la presencia de múltiples señales 'verdadero-falso' en las entradas.

Las señales se pueden generar por conmutadores mecánicos o por transductores de estado sólido. La señal de entrada, una vez aceptada y acondicionada (para eliminar las señales eléctricas indeseadas, o ruidos), es procesada por los circuitos lógicos digitales.

Las diversas familias de dispositivos lógicos digitales, por lo general circuitos integrados, ejecutan una variedad de funciones lógicas a través de las llamadas puertas lógicas, como las puertas OR, AND y NOT y combinaciones de las mismas (como 'NOR', que incluye a OR y a NOT, ver tabla 3.1). Otra familia lógica muy utilizada es la lógica transistor-transistor.

También se emplea la lógica de semiconductor complementario de óxido metálico, que ejecuta funciones similares a niveles de potencia muy bajos pero a velocidades de funcionamiento ligeramente inferiores. Existen también muchas otras variedades de circuitos lógicos, incluyendo la hoy obsoleta lógica reóstato-transistor y la lógica de acoplamiento por emisor, utilizada para sistemas de muy altas velocidades.

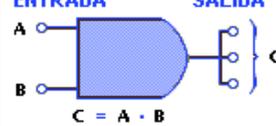
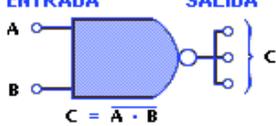
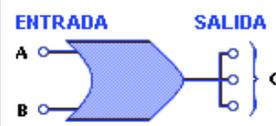
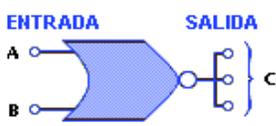
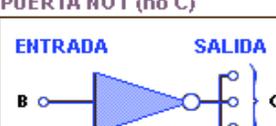
<p><b>PUERTA AND (A y B)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = A \cdot B</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="3">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA			A	B	C	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<p><b>PUERTA NAND (no A y B)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = \overline{A \cdot B}</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="3">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA			A	B	C	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
ENTRADA SALIDA																																					
A	B	C																																			
0	0	0																																			
0	1	0																																			
1	0	0																																			
1	1	1																																			
ENTRADA SALIDA																																					
A	B	C																																			
0	0	1																																			
0	1	1																																			
1	0	1																																			
1	1	0																																			
<p><b>PUERTA OR (A o B, o ambos)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = A + B</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="3">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA			A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<p><b>PUERTA NOR (ni A ni B, ni ambos)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = \overline{A + B}</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="3">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA			A	B	C	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
ENTRADA SALIDA																																					
A	B	C																																			
0	0	0																																			
0	1	1																																			
1	0	1																																			
1	1	1																																			
ENTRADA SALIDA																																					
A	B	C																																			
0	0	1																																			
0	1	0																																			
1	0	0																																			
1	1	0																																			
<p><b>PUERTA NOT (no C)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = \overline{B}</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="2">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA		B	C	0	1	1	0	<p><b>PUERTA XOR (A o B, pero no ambos)</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p>ENTRADA</p>  <p>SALIDA</p> <p><math>C = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B</math></p> </div> <table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr><th colspan="3">ENTRADA SALIDA</th></tr> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </div>	ENTRADA SALIDA			A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0										
ENTRADA SALIDA																																					
B	C																																				
0	1																																				
1	0																																				
ENTRADA SALIDA																																					
A	B	C																																			
0	0	0																																			
0	1	1																																			
1	0	1																																			
1	1	0																																			

Tabla 3.1 Compuertas lógicas

## CAPÍTULO 3

### ELECTRÓNICA

---

Los bloques elementales de un dispositivo lógico se denominan puertas lógicas digitales. Una puerta Y (AND) tiene dos o más entradas y una única salida. La salida de una puerta Y es verdadera sólo si todas las entradas son verdaderas. Una puerta O (OR) tiene dos o más entradas y una sola salida.

La salida de una puerta O es verdadera si cualquiera de las entradas es verdadera, y es falsa si todas las entradas son falsas. Una puerta INVERSORA (INVERTIR) tiene una única entrada y una única salida, y puede convertir una señal verdadera en falsa, efectuando de esta manera la función negación (NOT).

A partir de las puertas elementales pueden construirse circuitos lógicos más complicados, entre los que pueden mencionarse los circuitos biestables (también llamados flip-flops, que son interruptores binarios), contadores, comparadores, sumadores y combinaciones más complejas.

En general, para ejecutar una determinada función es necesario conectar grandes cantidades de elementos lógicos en circuitos complejos. En algunos casos se utilizan microprocesadores para efectuar muchas de las funciones de conmutación y temporización de los elementos lógicos individuales. Los procesadores están específicamente programados con instrucciones individuales para ejecutar una determinada tarea o tareas. Una de las ventajas de los microprocesadores es que permiten realizar diferentes funciones lógicas, dependiendo de las instrucciones de programación almacenadas. La desventaja de los microprocesadores es que normalmente funcionan de manera secuencial, lo que podría resultar demasiado lento para algunas aplicaciones.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

### 3.1.14 DISPOSITIVOS DE DETECCIÓN Y TRANSDUCTORES

La medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una posición o una concentración química.

El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas.

Los sensores y transductores pueden funcionar en ubicaciones alejadas del observador, así como en entornos inadecuados o impracticables para los seres humanos.

Algunos dispositivos actúan de forma simultánea como sensor y transductor. Un termopar consta de dos uniones de diferentes metales que generan una pequeña tensión que depende del diferencial término entre las uniones. El termistor es una resistencia especial, cuyo valor de resistencia varía según la temperatura. Un reóstato variable puede convertir el movimiento mecánico en señal eléctrica. Para medir distancias se emplean condensadores de diseño especial, y para detectar la luz se utilizan fotocélulas. Para medir velocidades, aceleración o flujos de líquidos se recurre a otro tipo de dispositivos. En la mayoría de los casos, la señal eléctrica es débil y debe ser amplificada por un circuito electrónico.

### 3.1.15 COMPONENTES ELECTRÓNICOS

El presente capítulo se encuentra en la intersección existente entre la robótica y la ingeniería eléctrica-electrónica y más específicamente con el área de control automático; formando esta intersección uno de los principales pilares de la ingeniería mecatrónica.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

A pesar de la existencia de robots comerciales, el diseño de controladores para robots sigue siendo un área de intensos estudios por parte de los constructores de robots así como los centros de investigación. Podría argumentarse que los robots existentes son capaces de realizar correctamente gran variedad de actividades, por lo que parecería innecesario, a primera vista, el desarrollo de investigaciones sobre el tema de control de robots.

Sin embargo este último tema no solo es interesante por si mismo, sino que también ofrece grandes retos teóricos, y más importante aún, su estudio es indispensable en aplicaciones específicas que no pueden ser llevadas a cabo mediante los robots comerciales actuales.

Un sistema de control puede considerarse como una caja negra que sirve para controlar la salida de un valor o secuencia de valores determinados.

Existen dos tipos básicos de sistemas de control: el de lazo abierto y el lazo cerrado (Vea figura 3.9).

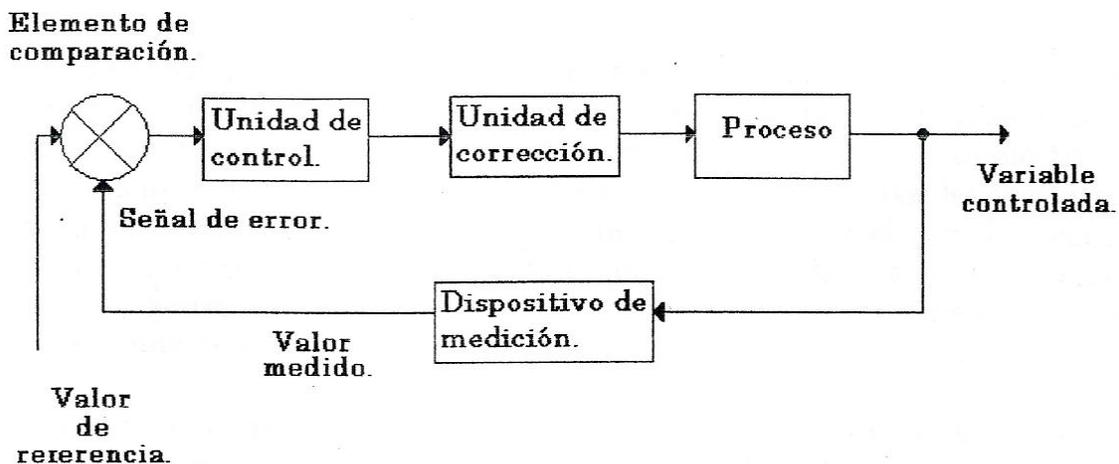


Figura 3.9 Control de lazo cerrado (retroalimentación).

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

Los sistemas de lazo abierto tienen la ventaja de ser relativamente sencillos, por lo que su costo es bajo y en general su confiabilidad es buena. Sin embargo, con frecuencia son imprecisos ya que no hay corrección de errores. Los sistemas en lazo cerrado tienen la ventaja de ser bastante precisos para igualar el valor real y el deseado. Por eso son más complejos, costosos y con más probabilidad de descomposturas debido a la mayor cantidad de componentes.

En esencia el control en lazo abierto es sólo un control de encendido-apagado, mientras que en los sistemas de control de lazo cerrado el controlador se usa para comparar la salida de un sistema con la condición requerida y convertir el error que de esa comparación resulte en una acción de control diseñada para reducir dicho error.

Como puede apreciarse en la figura 3.10 el sistema de control, a su vez esta formado por varios “subsistemas” o elementos:

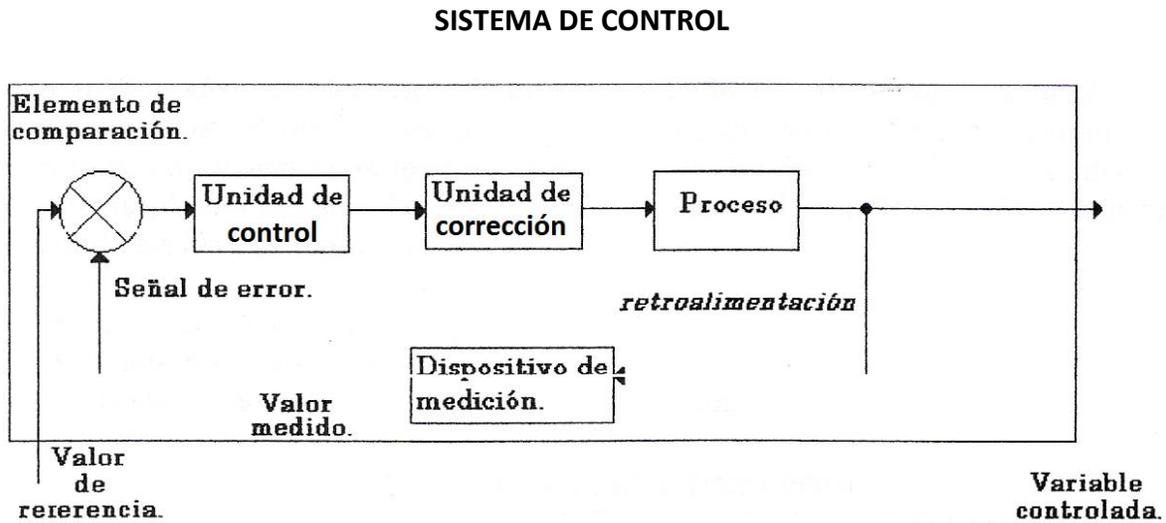


Figura 3.10 Sistema de control.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

- Elemento de comparación.
- Elemento de control.
- Elemento de corrección.
- Elemento de proceso.
- Elemento de medición.

El termino control secuencial se usa cuando las acciones están ordenadas estrictamente de acuerdo con una secuencia definida por el tiempo o por los eventos.

Un control como el anterior se obtiene mediante un circuito eléctrico que cuenta con grupos de relevadores o de interruptores operados por levas o circuitos combinacionales, que se conectan de manera que se produzca la secuencia deseada.

En la actualidad es muy frecuente que este tipo de circuitos se remplace por sistemas controlados por un microprocesador y una secuencia controlada por un programa de software.

La secuencia de la operación se conoce con el nombre de programa. La secuencia de instrucciones de cada programa esta predefinida e “integrada” al controlador.

Actualmente, los microprocesadores reemplazan rápidamente a la mayoría de los controladores tradicionales (PI, PD, PID, Etc.). Ofrecen la ventaja de que mediante su uso es factible emplear una gran variedad de programas. Muchos sistemas sencillos cuentan con un solo microcontrolador integrado, el cual es un microprocesador con memoria y todo integrado en un solo chip específicamente programado para llevar a cabo la tarea en cuestión. Los sistemas basados en microprocesador no solo han sido capaces de llevar a cabo tareas que antes eran “mecánicas”, sino que también pueden realizar tareas que no eran fáciles de automatizar.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

El término control digital directo se usa cuando el controlador digital, básicamente un microcontrolador, controla el sistema de control en lazo cerrado.

Para el caso del uso de un sistema de control digital directo, y haciendo uso de la técnica de diseño conocido como “up/down” o jerárquica, la cual consiste en subdividir el sistema en su totalidad (ver figura 3.11) en subsistemas más pequeños y sencillos facilitando tanto su diseño como su implementación.

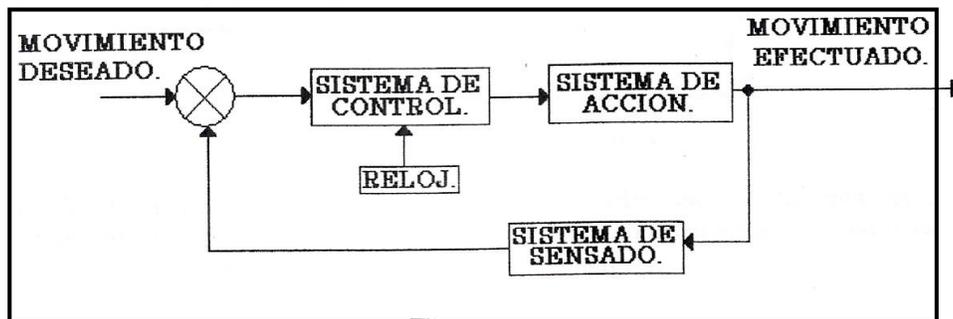


Figura 3.11 Sistema de control del Brazo Manipulador.

Por ejemplo el sistema de control de “Brazo Manipulador” quedaría subdividido en los siguientes subsistemas; considerando la figura 3.12.

- Sistema de decisión o control.
- Sistema de percepción o sensado.
- Sistema de acción o electrónica de potencia.

Cabe mencionar que los microcontroladores trabajan en código binario y a las instrucciones escritas en código binario se les conoce como código de máquina y debido a su dificultad es necesario utilizar el lenguaje ensamblador que facilite su programación y

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

por lo tanto su compilación (“traducción” a lenguaje máquina), los cuales varían de acuerdo al microcontrolador utilizado.

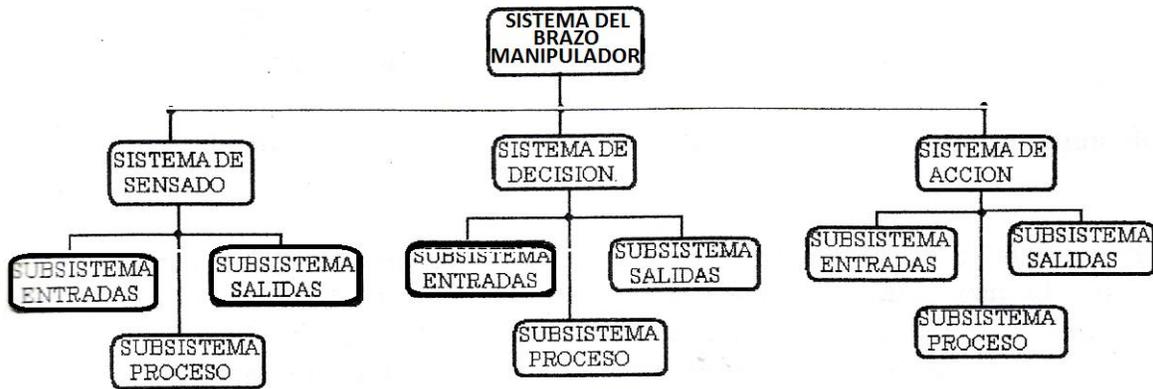


Figura 3.12. Esquema de la estructura de diseño del Brazo Manipulador.

### 3.4 ELECTRÓNICA DE POTENCIA

En este circuito es donde se logra, en base a la palabra de control enviada por el microcontrolador también llamada vector de movimiento, los desplazamientos necesarios para lograr la marcha estable del robot.

Este sistema se vuelve totalmente necesario debido a la demanda de corriente provocada por nuestros actuadores; que como se ha mencionado a lo largo del proyecto son motores de CD; de ser conectados directamente a nuestro microcontrolador, este último sufrirá un daño irreparable haciendo totalmente necesaria a su situación y esto sucedería cada que alguno de los motores comenzara a funcionar, elevando significativamente el costo del proyecto.

Comúnmente en estos sistemas de potencia se encuentra un Ci (circuito integrado) conocido como drive de motores; los cuales se basan en el principio del puente H (Ver figura 3.13).

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

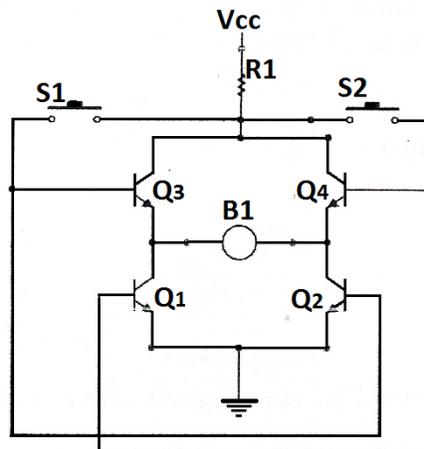


Figura 3.13 Diagrama en puente H

Como es conocido para cambiar el sentido de giro de un motor de CD (corriente directa) basta con intercambiar la polaridad en sus bornes lo cual provoca que el motor gire en sentido contrario; esto es lo que busca en un circuito de puente H ocupando 4 transistores. Suponiendo S1 cerrado y S2 abierto

S1	S2	Q1	Q2	Q3	Q4	FUNCION
0	0	CORTE	CORTE	CORTE	CORTE	NO AVANCE
0	1	CORTE	SATURACION	CORTE	SATURACION	GIRO EN 1er. SENTIDO
1	0	SATURACION	CORTE	SATURACION	CORTE	GIRO SENTIDO CONTRARIO
1	1	SATURACION	SATURACION	SATURACION	SATURACION	CORTO CIRCUITO

Tabla 3.2 Esta tabla de verdad del circuito puente H indica la optimización de los motores.

En la tabla 3.2 se puede apreciar que Q1 y Q4 se van a saturación mientras que Q2 y Q3 quedan en corte, con lo cual el borne izquierdo del motor queda a Vcc y el borne derecho del motor queda a tierra ocasionando el giro del mismo en un sentido; ahora, suponiendo S2 cerrado y S1 abierto Q2 y Q3 se van a saturación mientras que Q1 y Q4 quedan en corte, haciendo que el borne izquierdo del motor queda a tierra y el borne derecho quede a Vcc ocasionando el giro del motor en sentido contrario al caso anterior, la tabla de verdad de este circuito.

# CAPÍTULO 3

## ELECTRÓNICA

---

### 3.5 FUENTE DE PODER

En electrónica, una **fuentes de alimentación** es un dispositivo que convierte la tensión alterna de la red de suministro, en una o varias tensiones, prácticamente continuas, que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta (ordenador, televisor, impresora, router, etc.).

#### 3.5.1 CLASIFICACIÓN

Las fuentes de alimentación, para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineales y conmutadas. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, pero sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más complejo y por tanto más susceptible a averías.

#### 3.5.2 FUENTES DE ALIMENTACIÓN LINEALES

Las fuentes lineales siguen el esquema: transformador, rectificador, filtro, regulación y salida.

En primer lugar el transformador adapta los niveles de tensión y proporciona aislamiento galvánico. El circuito que convierte la corriente alterna en continua se llama rectificador, después suelen llevar un circuito que disminuye el rizado como un filtro de condensador. La regulación, o estabilización de la tensión a un valor establecido, se consigue con un componente denominado regulador de tensión. La salida puede ser simplemente un condensador.

## CAPÍTULO 3

### ELECTRÓNICA

---

#### 3.5.3 FUENTES DE ALIMENTACIÓN CONMUTADAS

Una fuente conmutada es un dispositivo electrónico que transforma energía eléctrica mediante transistores en conmutación. Mientras que un regulador de tensión utiliza transistores polarizados en su región activa de amplificación, las fuentes conmutadas utilizan los mismos conmutándolos activamente a altas frecuencias (20-100 Kilociclos típicamente) entre corte (abiertos) y saturación (cerrados). La forma de onda cuadrada resultante es aplicada a transformadores con núcleo de ferrita (Los núcleos de hierro no son adecuados para estas altas frecuencias) para obtener uno o varios voltajes de salida de corriente alterna (CA) que luego son rectificadas (Con diodos rápidos) y filtradas (Inductores y capacitores) para obtener los voltajes de salida de corriente continua (CC). Las ventajas de este método incluyen menor tamaño y peso del núcleo, mayor eficiencia y por lo tanto menor calentamiento.

Las desventajas comparándolas con fuentes lineales es que son más complejas y generan ruido eléctrico de alta frecuencia que debe ser cuidadosamente minimizado para no causar interferencias a equipos próximos a estas fuentes.

Las fuentes conmutadas tienen por esquema: rectificador, conmutador, transformador, otro rectificador y salida. La regulación se obtiene con el conmutador, normalmente un circuito PWM (del inglés: *Pulse Width Modulation*, al español: *Modulación de Anchura de Pulso*) que cambia el ciclo de trabajo. Aquí las funciones del transformador son las mismas que para fuentes lineales pero su posición es diferente. El segundo rectificador convierte la señal alterna pulsante que llega del transformador en un valor continuo. La salida puede ser también un filtro de condensador o uno del tipo LC.

Las ventajas de las fuentes lineales son una mejor regulación, velocidad y mejores características EMC. Por otra parte las conmutadas obtienen un mejor rendimiento, menor coste y tamaño.

## CAPÍTULO 3 ELECTRÓNICA

---

### 3.5.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN ESPECIALES

Entre las fuentes de alimentación alternas, tenemos aquellas en donde la potencia que se entrega a la carga está siendo controlada por transistores, los cuales son controlados en fase para poder entregar la potencia requerida a la carga.

Otro tipo de alimentación de fuentes alternas, catalogadas como especiales son aquellas en donde la frecuencia es variada, manteniendo la amplitud de la tensión logrando un efecto de fuente variable en casos como motores y transformadores de tensión.

### 3.5.6 ESPECIFICACIONES

Una especificación fundamental de las fuentes de alimentación es el rendimiento, que se define como la potencia total de salida entre la potencia activa de entrada. Como se ha dicho antes, las fuentes conmutadas son mejores en este aspecto.

El factor de potencia es la potencia activa entre la potencia aparente de entrada. Es una medida de la calidad de la corriente.

Aparte de disminuir lo más posible el rizado, la fuente debe mantener la tensión de salida al voltaje solicitado independientemente de las oscilaciones de la línea, regulación de línea o de la carga requerida por el circuito, regulación de carga.

# CAPÍTULO 4

## ELECTRÓNICA DEL ROBOT

### 4.1 ELECTRÓNICA DEL ROBOT

La etapa electrónica se divide en 2 partes, la de comunicación con la computadora y la de control de los servomotores.

Para la comunicación se implementó una interfaz serial entre la PC y 1 microcontrolador

En la norma R232 se establecen voltajes de -3V a -25V como "1" lógico y de 3V a 25V para el "0" lógico, por lo tanto se tuvo que utilizar el circuito integrado MAX232, que es un convertidor de señales R232 a niveles TTL. La figura 4.1 muestra el diagrama de conexiones para una comunicación serial asíncrona entre una PC y un microcontrolador.

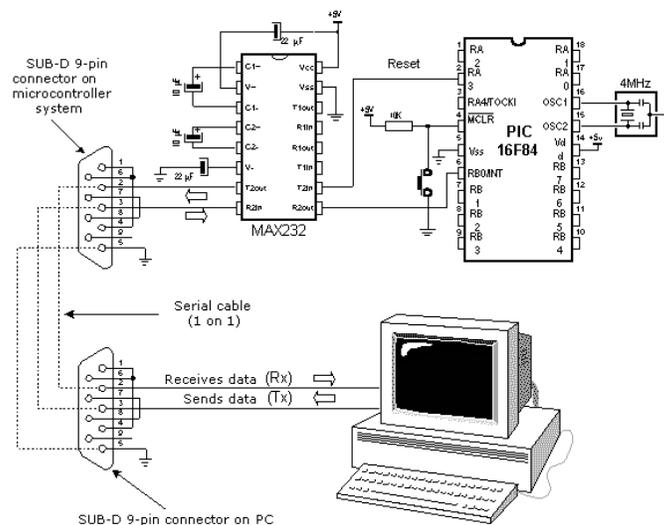


Fig. 4.1 Comunicación serial asíncrona.

Se eligió este microcontrolador por ser compatible con el PIC16F84, sin embargo el PIC16F628 tiene el doble de memoria de programa, USART y reloj interno de 4 Mhz, lo cual simplifica el circuito y reduce el costo del mismo.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Un servomotor es un actuador eléctrico que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control (ver figura 4.2), los servomotores tienen 3 terminales:

- Terminal positivo: Alimentación del motor.
- Terminal negativo: Tierra del motor.
- Entrada de señal: Señal de control PWM.



Fig. 4.2 Servomotor desarmado

La figura 4.3 ilustra la relación entre el ancho de pulso y la posición de los servomotores HITEC.

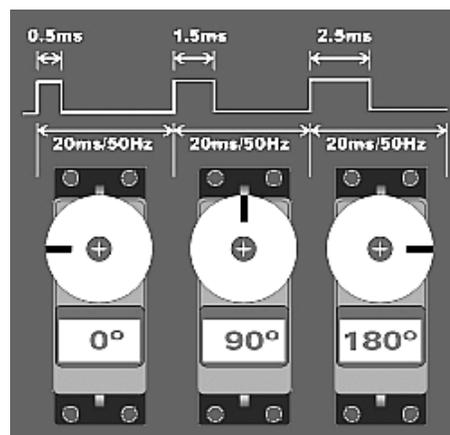


Figura 4.3 Relación PWM – ángulo en Servomotores HITEC.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

El microcontrolador es el encargado de recibir serialmente 3 datos, correspondientes a los ángulos de las articulaciones del robot, posteriormente envía el ancho de pulso correspondiente a cada servomotor, esto se repite dentro de un bucle infinito, de esta forma se garantiza que el robot siempre este manteniendo su posición.

A continuación se muestra un ejemplo en lenguaje PicBasic para generar el ancho de pulso, en este ejemplo el envío de la señal se encuentra dentro de un bucle que hace moverse al servomotor, desde  $-90^\circ$  a  $90^\circ$ , considerando el rango de la señal desde 1 a 2 ms,

La fuente de alimentación del sistema se implementó con un cargador de una Laptop, sin embargo se tuvo que modificar pues a la salida entregaba únicamente 12 y 5V, para aprovechar ambas salidas se le soldó un MC7805CT, que es un regulador de voltaje a la salida de 12V para obtener 5V a 1A, suficiente para alimentar los servomotores, y la salida de 5V se utilizó para el circuito con el microcontrolador, ver figura 4.4.

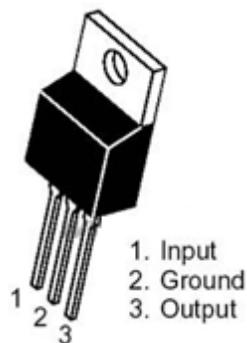


Fig. 4.4 Regulador de voltaje MC7805CT

# CAPÍTULO 4

## ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

### 4.2 SISTEMA DE SENSADO

El sistema de sensado o percepción de proveer información hacia el sistema de decisión, en otras palabras; es quien interrelaciona el medio físico o medio ambiente en conjunto con el estado o posición actual del cuerpo, con el “cerebro” del robot.

En este caso al igual que el sistema anterior, se hace uso de la técnica de diseño “up/down” el sistema de sensado se subdivide en tres sistemas más pequeños; que son subsistema de entradas, subsistema de procesamiento y subsistema de salidas.

El subsistema de entradas está conformado por los sensores, y a su vez se divide en dos grupos: **Sensores internos y Sensores externos.**

#### 4.2.1 SENSORES INTERNOS

Este grupo de sensores es quien le “informa” al sistema de decisión la posición relativa actual que tiene algunos puntos de referencia, como son las articulaciones del brazo manipulador.

Los sensores propuestos para esta parte del sistema son los que se describen a continuación:

- **MICROSWITCH O PUSH-BUTTON.**-Estos dispositivos (ver figura 4.5), son de fácil obtención en cualquier electrónica, su funcionamiento es muy simple, funcionan como laminillas de contacto que se encuentran normalmente abiertas.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---



Figura 4.5 Microswitch.

- INTERRUPTOR DE RODILLO.- Su funcionamiento y alambrado es exactamente igual al de los microswitch (ver figura 4.6), pero su activación requiere de mucho menos esfuerzo gracias a la palanca que ocupa.

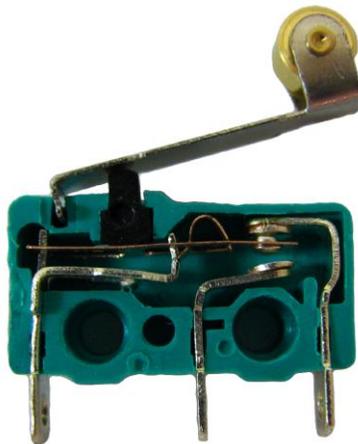


Figura 4.6 Microswitch de rodillo.

### 4.2.2 SENSORES EXTERNOS

Este grupo de sensores es el encargado de “informar” al sistema de decisión si en su camino se localiza algún objeto que impida su movimiento; es decir, le notifica si es

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

necesario o no hacer una trayectoria y además en qué momento. Los sensores propuestos para esta parte del sistema son los siguientes que se explican:

- Emisor infrarrojo.- Su adquisición es de baja dificultad y muy bajo costo, sus presentaciones son muy variadas, pueden ser en forma de LED, diodo emisor de luz, (acrónimo del inglés de *light-emitting diode*) o estar encapsulado en micas con filtros de luz.
- La única dificultad que presentan es la relación directamente proporcional entre distancia de emisión y complejidad de alambrado, lo cual eleva un poco el costo.
- Receptor infrarrojo.- Es igual al dispositivo anterior en facilidad de adquisición, costo y complejidad del alambrado; pero su función es la contraria, realizar la detección de la incidencia de haz infrarrojo. (Ver figura4.7).



Figura 4.7 Sensores infrarrojos.

Funcionamiento: La finalidad de estos circuitos es la de dotar al brazo manipulador de visión para que pueda ser capaz de realizar la acción a realizar.

Su funcionamiento electrónico es muy sencillo; se basa en el principio de refracción de la luz; es decir, el circuito emisor de infrarrojos IR, como su nombre lo indica emite o envía un haz infrarrojo hacia el frente del brazo manipulador el cual al ser detectado un objeto

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

será reflejado o rebotado en dicho objeto, este haz de retorno es el captado por el receptor infrarrojo RIR, causando un sensado del tipo si/no; es decir no podrá detectar que es lo que se encuentra frente al cuerpo del robot, sino sólo sabrá que hay algo enfrente del robot sin poder distinguir forma.

Tal como se muestra en la figura 4.8, con el sensor IS1U60 visto de frente, las patas de izquierda a derecha corresponden con Vout, GND y Vcc.



Figura 4.8 Pinout del receptor infrarrojo.

Como puede verse, este dispositivo unifica en el mismo encapsulado el receptor de luz infrarroja, una lente y toda la lógica necesaria para distinguir señales moduladas a una determinada frecuencia, 38Khz. (Kilo (símbolo k) es un prefijo del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor de  $10^3$  (1000).El hertzio, hercio o hertz (Símbolo Hz), es la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de Unidades. Un hercio representa un ciclo por cada segundo, entendiendo *ciclo* como la repetición de un suceso.)

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Cabe mencionar que el pin de Vout será leído en forma digital y no en forma analógica, quedando sus valores de la siguiente forma; valor alto cuando no hay objeto frente al cuerpo del robot y valor bajo para cuando si existe un objeto frente al cuerpo del robot.

Por último cabe mencionar que el hecho de montar un emisor con modulación y un receptor con capacidad de recibir dicha modulación; es con el fin de evitar alguna lectura errónea en dicho sensado causada por el espectro de luz emitido en nuestra atmósfera.

### 4.3 SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, Medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- *Offset* o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de la circuitería.

### 4.3.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Un robot es, por definición, una máquina capaz de interactuar con su entorno. Si es móvil, a menos que se mueva en un espacio absolutamente acotado y preparado para él, deberá ser capaz de adaptar sus movimientos y sus acciones de interacción en base a las características físicas de los ambientes con los que se encuentre y los objetos que hay en ellos.

Para lograr esta capacidad de adaptación, lo primero que necesitan los robots es **tener conocimiento** del entorno. Esto es absolutamente clave. Para conocer el entorno, los seres vivos disponemos de un sistema sensorial. Los robots no pueden ser menos: deben poseer sensores que les permitan saber dónde están, cómo es el lugar en el que están, a qué condiciones físicas se enfrentan, dónde están los objetos con los que deben interactuar, sus parámetros físicos, etc.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Para esto se utilizan diversos tipos de sensores (o captadores), con un rango de complejidad y sofisticación que varía desde algunos bastante simples a otros con altos niveles de sofisticación de hardware y más aún de complejidad de programación.

### 4.3.2 DETALLES SOBRE LOS SENSORES PARA ROBOTS

Existe una amplia variedad de dispositivos diseñados para percibir la información externa de una magnitud física y transformarla en un valor electrónico que sea posible introducir al circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia.

Un sensor consta de algún elemento sensible a una magnitud física —como por ejemplo la intensidad o color de la luz, temperatura, presión, magnetismo, humedad— y debe ser capaz, por su propias características, o por medio de dispositivos intermedios, de transformar esa magnitud física en un cambio eléctrico que se pueda alimentar en un circuito que la utilice directamente, o sino en una etapa previa que la condicione (amplificando, filtrando, etc.), para que finalmente se la pueda utilizar para el control del robot.

Magnitudes físicas que es necesario medir para que un robot tenga algún conocimiento del entorno:

## CAPÍTULO 4

### ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

En la siguiente tabla se indican algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos.

<b>Magnitud</b>	<b>Transductor</b>	<b>Característica</b>
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica

## CAPÍTULO 4 ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Magnitud	Transductor	Característica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico (presión sonora)	Micrófono	
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	Fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
	Célula fotoeléctrica	
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Algunas magnitudes pueden calcularse mediante la medición y cálculo de otras, por ejemplo, la aceleración de un móvil puede calcularse a partir de la integración numérica de su velocidad. La masa de un objeto puede conocerse mediante la fuerza gravitatoria que se ejerce sobre él en comparación con la fuerza gravitatoria ejercida sobre un objeto de masa conocida (patrón).

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

### 4.3.3 SENSORES REFLECTIVOS Y POR INTERCEPCIÓN (DE RANURA)

Los sensores de objetos por reflexión (ver figura 4.9) están basados en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser, etc.) y una célula receptora del reflejo de esta señal, que puede ser un fotodiodo, un fototransistor, LDR, incluso chips especializados, como los receptores de control remoto.

Con elementos ópticos similares, es decir emisor-receptor, existen los sensores "de ranura", donde se establece un haz directo entre el emisor y el receptor, con un espacio entre ellos que puede ser ocupado por un objeto.



Figura 4.9 Sensores por reflexion.

### 4.3.4 LDR LIGHT-DEPENDENT RESISTOR (RESISTOR DEPENDIENTE DE LA LUZ)

Un LDR es un resistor que varía su valor de resistencia eléctrica dependiendo de la cantidad de luz que incide sobre él (Ver figura 4.10). Se le llama, también, fotorresistor o fotorresistencia. El valor de resistencia eléctrica de un LDR es bajo cuando hay luz incidiendo en él (en algunos casos puede descender a tan bajo como 50 ohms) y muy alto cuando está a oscuras (puede ser de varios megaohms).

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Los LDR se fabrican con un cristal semiconductor fotosensible como el sulfuro de cadmio (CdS). Estas celdas son sensibles a un rango amplio de frecuencias lumínicas, desde la luz infrarroja, pasando por la luz visible, y hasta la ultravioleta. La variación de valor resistivo de un LDR tiene cierto retardo, que es diferente si se pasa de oscuro a iluminado o de iluminado a oscuro.

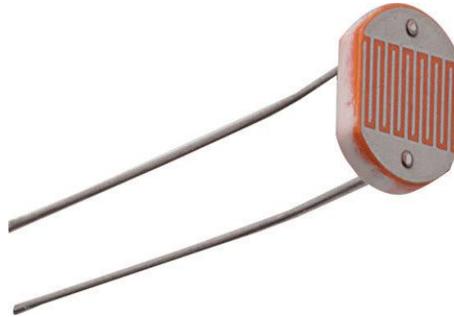


Figura 4.10 Resistencia dependiente de la luz.

Por esta razón un LDR no se puede utilizar algunas aplicaciones, en especial en aquellas en que la señal luminosa varía con rapidez. El tiempo de respuesta típico de un LDR está en el orden de una décima de segundo.

La lentitud relativa del cambio es una ventaja en algunos casos, porque así se filtran variaciones rápidas de iluminación que podrían hacer inestable un sensor (por ejemplo cuando está iluminado por un tubo fluorescente alimentado por corriente alterna).

### 4.3.5 FOTODIODOS

El fotodiodo es un diodo semiconductor (ver figura 4.11), construido con una unión PN, como muchos otros diodos que se utilizan en diversas aplicaciones, pero en este caso el semiconductor está expuesto a la luz a través de una cobertura cristalina y a veces en forma de lente, y por su diseño y construcción será especialmente sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---



Figura4.11 Fotodiodo

Todos los semiconductores tienen esta sensibilidad a la luz, aunque en el caso de los fotodiodos, diseñados específicamente para esto, la construcción está orientada a lograr que esta sensibilidad sea máxima.

Los diodos tienen un sentido normal de circulación de corriente, que se llama polarización directa. En ese sentido el diodo deja pasar la corriente eléctrica y prácticamente no lo permite en el inverso: es la base del funcionamiento de un diodo. Pero en el fotodiodo la corriente que está en juego (y que varía con los cambios de la luz) es la que circula en sentido inverso al permitido por la juntura del diodo. Es decir, para su funcionamiento el fotodiodo es polarizado de manera inversa. Se producirá un aumento de la circulación de corriente cuando el diodo es excitado por la luz.

Lo que define las propiedades de sensibilidad al espectro de un fotodiodo es el material semiconductor que se emplea en la construcción. Los fotodiodos están contruidos de silicio, sensible a la luz visible (longitud de onda de hasta  $1,1 \mu\text{m}$ ), de germanio para luz infrarroja (longitud de onda hasta aproximadamente  $1,8 \mu\text{m}$ ), y los hay de otros materiales semiconductores.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

El rango de espectro es:

Silicio:	190-1100 nm
Germanio:	800-1700 nm
Indio, Galio, Arsénico (InGaAs):	800-2600 nm
Sulfuro de plomo:	1000-3500 nm

### 4.3.6 FOTOTRANSISTORES

Los fototransistores no son muy diferentes de un transistor normal (ver figura 4.12), es decir, están compuestos por el mismo material semiconductor, tienen dos junturas y las mismas tres conexiones externas: colector, base y emisor.



Figura 4.12 Fototransistores.

Por supuesto, siendo un elemento sensible a la luz, la primera diferencia evidente es en su cápsula, que posee una ventana o es totalmente transparente, para dejar que la luz ingrese hasta las junturas de la pastilla semiconductor y produzca el efecto fotoeléctrico. Los dos modos de regulación de la corriente de colector se pueden utilizar en forma simultánea.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Los fototransistores, al igual que los fotodiodos, tienen un tiempo de respuesta muy corto, es decir que pueden responder a variaciones muy rápidas en la luz. Debido a que existe un factor de amplificación de por medio, el fototransistor entrega variaciones mucho mayores de corriente eléctrica en respuesta a las variaciones en la intensidad de la luz.

### 4.3.7 MICROINTERRUPTORES

No es necesario extenderse mucho sobre estos componentes (llamados "microswitch" en inglés, en español micro interruptores), muy comunes en la industria y muy utilizados en equipos electrónicos y en automatización.

Con seguridad con la recopilación de imágenes que presentamos (ver figura 4.13) será suficiente.



Figura 4.13 Microinterruptores.

## CAPÍTULO 4

### ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

#### 4.3.8 SENSORES DE CONTACTO (CHOQUE)

Para detectar contacto físico del robot con un obstáculo se suelen utilizar interruptores que se accionan por medio de actuadores físicos (Ver figura 4.14). Un ejemplo muy clásico serían unos alambres elásticos que cumplen una función similar a la de las antenas de los insectos.

En inglés les llaman "whiskers" (bigotes), relacionándolos con los bigotes sensibles de los animales como —por ejemplo— los perros y gatos. También se usan bandas metálicas que rodean al robot, o su frente y/o parte trasera, como paragolpes de autos.



Figura 4.14 Sensor de contacto.

#### 4.3.9 PIEL ROBÓTICA

El mercado ha producido, en los últimos tiempos, sensores planos, flexibles y extendidos a los que han bautizado como "robotic skin", o **piel robótica** (ver figura 4.15). Uno de estos productos es el creado por investigadores de la universidad de Tokio. Se trata de un conjunto de sensores de presión montados sobre una superficie flexible, diseñados con la intención de aportar a los robots una de las capacidades de nuestra piel: la sensibilidad a la presión.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

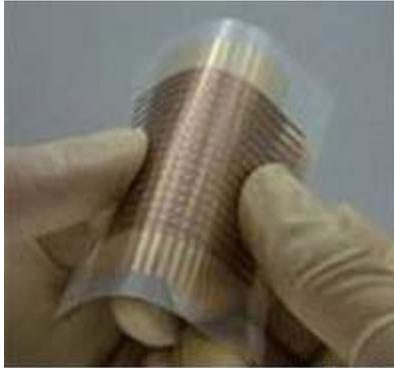


Figura 4.15 Piel robótica.

Los sensores consisten en baratos transistores de tipo orgánico o plástico puestos sobre un material flexible de base. De esta manera se pueden construir densos conjuntos de sensores que se pueden extender sobre áreas amplias.

Esta piel robótica funciona aún enrollada en un cilindro de sólo 4 milímetros de diámetro. El prototipo realizado por los investigadores japoneses es una hoja de ocho centímetros cuadrados que contiene un conjunto de 32 por 32 sensores orgánicos, lo que significa una densidad de 16 sensores por centímetro cuadrado. En comparación, la piel humana tiene, en la punta de los dedos, 1.500 sensores de presión por centímetro cuadrado. Y hay otras zonas del cuerpo en las que tiene aún más.

El diseño de matriz activa de esta piel permite lograr, si se lo desea, que sólo se activen sensores específicos en ciertos puntos elegidos del conjunto.

### **4.3.10 MICRÓFONOS Y SENSORES DE SONIDO**

El uso de micrófonos en un robot se puede hallar en dos aplicaciones: primero, dentro de un sistema de medición de distancia, en el que el micrófono recibe sonidos emitidos desde el mismo robot luego de que éstos rebotan en los obstáculos que tiene enfrente, es decir, un sistema de sonar; y segundo, un micrófono (ver figura 4.16), para captar el

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

sonido ambiente y utilizarlo en algún sentido, como recibir órdenes a través de palabras o tonos, y un poco más avanzado, determinar la dirección de estos sonidos. Como es robots para espionaje, también se incluyen micrófonos para tomar el sonido ambiente y transmitirlo a un sitio remoto.



Figura 4.16 Sensor de sonido.

### 4.3.11 RANGERS (MEDIDORES DE DISTANCIA) ULTRASÓNICOS

Los medidores ultrasónicos de distancia que se utilizan en los robots (ver figura 4.17) son, básicamente, un sistema de sonar. En el módulo de medición, un emisor lanza un tren de pulsos ultrasónicos y espera el rebote, midiendo el tiempo entre la emisión y el retorno, lo que da como resultado la distancia entre el emisor y el objeto donde se produjo el rebote.



Figura 4.17 Sensor de distancia.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

Se pueden señalar dos estrategias en estos medidores:

Los que tienen un emisor y un receptor separados y los que alternan la función (por medio del circuito) sobre un mismo emisor/receptor piezoeléctrico.

Este último es el caso de los medidores de distancia incluidos en las cámaras Polaroid con autorango, que se obtienen de desarme y se usan en la robótica de experimentación personal. Hay dos sensores característicos que se utilizan en robots:

1. Los módulos de ultrasonido contenidos en las viejas cámaras **Polaroid** con autorango, que se pueden conseguir en el mercado de usados por relativamente poco dinero.
2. Los módulos **SRF** de Devantech, que son capaces de detectar objetos a una distancia de hasta 6 metros, además de conectarse al microcontrolador mediante un bus **I2C**.

### 4.3.12 MEDIDORES DE DISTANCIA POR HAZ INFRARROJO

La empresa Sharp produce una línea de medidores de distancia (ver figura 4.18) basados en un haz infrarrojo, que forman la familia GP2DXXX. Estos sensores de infrarrojos detectan objetos a distintos rangos de distancia, y en algunos casos ofrecen información de la distancia en algunos modelos, como los GP2D02 y GP2D12.



Figura 4.18 Sensores de distancia por infrarrojos.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

El método de detección de estos sensores es por triangulación. El haz es reflejado por el objeto e incide en un pequeño array CCD, con lo cual se puede determinar la distancia y/o presencia de objetos en el campo de visión.

En los sensores que entregan un nivel de salida analógico para indicar la distancia, el valor no es lineal con respecto a la distancia medida, y se debe utilizar una tabla de conversión.

### 4.3.13 GIRÓSCOPOS

El giróscopo o giroscopio está basado en un fenómeno físico conocido hace mucho, mucho tiempo: una rueda girando se resiste a que se le cambie el plano de giro (o lo que es lo mismo, la dirección del eje de rotación. Ver figura 4.19). Esto se debe a lo que en física se llama "principio de conservación del momento angular".



Figura 4.19 Sensor de posición de giro.

En robots experimentales no se suelen ver volantes giratorios. Lo que es de uso común son unos sensores de pequeño tamaño, como los que se utilizan en modelos de

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

helicópteros y robots, basados en integrados cuya "alma" son pequeñísimas lengüetas vibratorias, construidas directamente sobre el chip de silicio.

Su detección se basa en que las piezas cerámicas en vibración son sujetas a una distorsión que se produce por el efecto Coriolis. (Es el efecto que se observa en un sistema de referencia en rotación (y por tanto no inercial) cuando un cuerpo se encuentra en movimiento respecto de dicho sistema de referencia. Este efecto consiste en la existencia de una aceleración *relativa* del cuerpo en dicho el sistema en rotación. Esta aceleración es siempre perpendicular al eje de rotación del sistema y a la velocidad del cuerpo. El efecto Coriolis hace que un objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste.)

### 4.3.14 TERMISTORES

Un termistor es un resistor cuyo valor varía en función de la temperatura (Ver figura 4.20). Existen dos clases de termistores: NTC (Del ingles: Negative Temperature Coefficient, al español: Coeficiente de Temperatura Negativo), que es una resistencia variable cuyo valor se decrementa a medida que aumenta la temperatura; y PTC (Positive Temperature Coefficient, Coeficiente de Temperatura Positivo), cuyo valor de resistencia eléctrica aumenta cuando aumenta la temperatura.



Figura 4.20 Sensor de temperatura.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

La lectura de temperaturas en un robot, tanto en su interior como en el exterior, puede ser algo extremadamente importante para proteger los circuitos, motores y estructura de la posibilidad de que, por fricción, esfuerzo, trabas o excesos mecánicos de cualquier tipo se alcancen niveles peligrosos de calentamiento.

### 4.3.15 DIODOS PARA MEDIR TEMPERATURA

Se puede usar un diodo semiconductor ordinario (ver figura 4.21), como sensor de temperatura. Un diodo es el sensor de temperatura de menor costo que se puede hallar, y a pesar de ser tan barato es capaz de producir resultados más que satisfactorios. Sólo es necesario hacer una buena calibración y mantener una corriente de excitación bien estable.

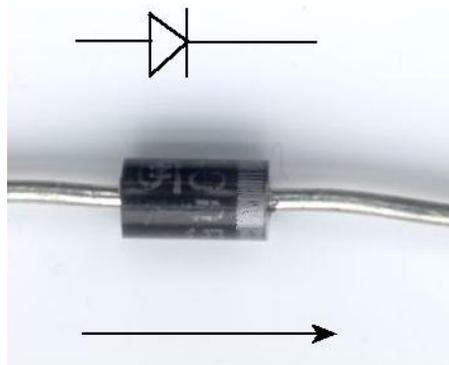


Figura 4.21 Diodo semiconductor.

El voltaje sobre un diodo conduciendo corriente en directo tiene un coeficiente de temperatura de alrededor de  $2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  y la variación, dentro de un rango, es razonablemente lineal.

Se debe establecer una corriente básica de excitación, y lo mejor es utilizar una fuente de corriente constante, o sino un resistor conectado a una fuente estable de voltaje.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

### 4.3.16 CIRCUITOS INTEGRADOS PARA MEDIR TEMPERATURA

Existe una amplia variedad de circuitos integrados sensores de temperatura (Ver figura 4.22). Estos sensores se agrupan en cuatro categorías principales: salida de voltaje, salida de corriente, salida de resistencia y salida digital. Con salida de voltaje podemos encontrar los muy comunes **LM35** ( $^{\circ}\text{C}$ ), El **grado Celsius**, (símbolo  $^{\circ}\text{C}$ ), es la unidad creada por Anders Celsius en 1742 para su escala de temperatura. El grado Celsius pertenece al Sistema Internacional de Unidades, con carácter de unidad accesoria.



Figura 4.22 Sensores de temperatura (CI)

Y el **LM34** ( $^{\circ}\text{K}$ ) simbolizado como **K**, es la unidad de temperatura de la escala creada por William Thomson en el año 1848, sobre la base del grado Celsius, estableciendo el punto cero en el cero absoluto ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) y conservando la misma dimensión) de National Semiconductor. Con salida de corriente uno de los más conocidos es el **AD590**, de Analog Devices. Con salida digital son conocidos el **LM56** y **LM75** (también de National Semiconductor).

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

### 4.3.17 SENSORES DE PROXIMIDAD

Los sensores de proximidad que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición (Ver figura 4.23), en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector.



Figura 4.23 Sensor de posicionamiento.

Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos.

Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías.

## CAPÍTULO 4

# ELECTRÓNICA DEL ROBOT

---

El material debe ser metálico. Los capacitivos funcionan detectando las variaciones de la capacidad parásita que se origina entre el detector propiamente dicho y el objeto cuya distancia se desea medir. Se emplean para medir distancias a objetos metálicos y no metálicos, como la madera, los líquidos y los materiales plásticos.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Por ejemplo, si al medir una distancia la resolución es de 0,01 mm, pero la precisión es de 1 mm, entonces pueden apreciarse variaciones en la distancia medida de 0,01 mm, pero no puede asegurarse que haya un error de medición menor a 1 mm.

Triangulación: es una mezcla de la trigonometría y de los sistemas optoelectrónicos, así podremos medir la proximidad. Se usan haces reflectantes o refractantes. (Ver figura 4.24).



Figura 4.24 Tipos de sensores de proximidad.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.1 DISEÑO DEL ROBOT

En todo proceso de diseño (ver figura 5.1), se requiere seguir una metodología predeterminada para poder llegar al objetivo deseado. Cuando uno de los pasos a seguir dentro de dicha metodología se le conoce con el nombre de fases, las cuales se interrelacionan con todas y cada una de las fases subsecuentes o anteriores; lo cual quiere decir que esta metodología no es de tipo secuencial, sino que cada metodología debe seguir los lineamientos marcados por sus predecesoras y con miras a satisfacer las fases futuras.

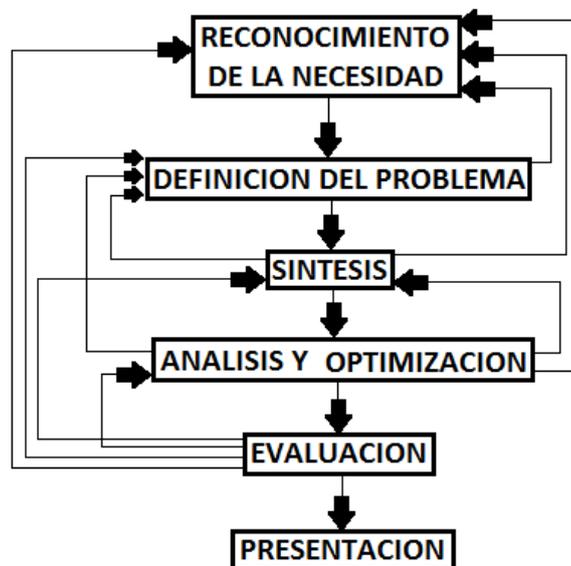


Figura 5.1 Proceso del diseño

Como puede verse cada una de las fases dentro del proceso de diseño interactúa con las demás, lo cual establece una lógica de proyecto; es decir, que dentro del avance del proyecto y cumplimiento de cada fase es requerido verificar si realmente se está o no cumpliendo con el objetivo establecido en un principio y de ser afirmativo poder continuar, de caso contrario se tendrá que redefinir la fase actual o en su defecto redefinir la fase anterior.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

En este sentido, al adentrarse en cada una de las fases, se presentan puntos críticos o de alto interés, los cuales integran lo que se denominan las consideraciones del diseño, como por ejemplo, las propiedades que requerimos de nuestro producto final (resistencia, confiabilidad, utilidad, costo, flexibilidad, rigidez, mantenimiento, utilidad, etc.).

Tales consideraciones dan la pauta para modificar, analizar y delimitar los elementos del sistema o producto final, disminuyendo la cantidad de cambios alternos para resolver el mismo problema.

El diseño que se presenta en este trabajo constituye una primera solución en el desarrollo de un robot brazo manipulador, a partir de una investigación bibliográfica y en este sentido es susceptible de posteriores mejoras a partir de la operación.

#### **5.2 APLICACIÓN Y RIESGOS EN EL LABORATORIO**

El Laboratorio clínico es el lugar donde los profesionales de laboratorio de diagnóstico clínico realizan análisis clínicos que contribuyen al estudio, prevención, diagnóstico y tratamiento de los problemas de salud de los pacientes. También se le conoce como Laboratorio de Patología Clínica. Los laboratorios de análisis clínicos, de acuerdo con sus funciones, se pueden dividir en:

1. Laboratorios de Rutina. Los laboratorios de rutina tienen cuatro departamentos básicos: Hematología, Inmunología, Microbiología y Química Clínica (o Bioquímica).
2. Laboratorios de Especialidad. En los laboratorios de pruebas especiales se realizan estudios más sofisticados, utilizando metodologías como amplificación de ácidos nucleicos, estudios cromosómicos, citometría de flujo y cromatografía de alta resolución, entre otros. Estas pruebas requieren instalaciones y adiestramiento especial del personal que las realiza. Con frecuencia, estos laboratorios forman parte de programas de investigación.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Es importante también considerar, dentro del proceso de análisis, la obtención de las muestras biológicas. Este proceso conocido como toma de muestras, abarca la flebotomía, proceso por el cual se extrae una muestra de sangre; la obtención de otro tipo de muestras, como orina y heces; y la extracción de otros líquidos corporales, como líquido cefalorraquídeo o líquido articular.

Los robots están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios. Llevan a cabo con efectividad tareas repetitivas como la colocación de tubos de pruebas dentro de los instrumentos de medición (Ver figura 5.2).

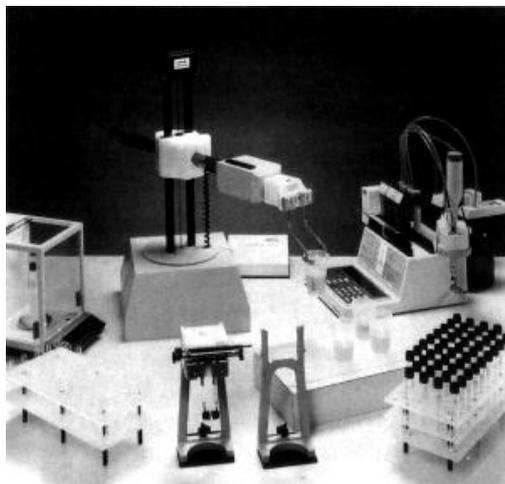


Figura 5.2 Colocación de tubos de pruebas

En ésta etapa de su desarrollo los robots son utilizados para realizar procedimientos manuales automatizados. Un típico sistema de preparación de muestras consiste de un robot y una estación de laboratorio, la cual contiene balanzas, dispensarios, centrifugados, racks de tubos de pruebas, etc.

Las muestras son movidas desde la estación de laboratorios por el robot bajo el control de procedimientos de un programa.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Los fabricantes de estos sistemas mencionan tener tres ventajas sobre la operación manual: incrementan la productividad, mejoran el control de calidad y reducen la exposición del ser humano a sustancias químicas nocivas.

Las aplicaciones subsecuentes incluyen la medición del pH, viscosidad, y el porcentaje de sólidos en polímeros, preparación de plasma humano para muestras para ser examinadas, calor, flujo, peso y disolución de muestras para presentaciones espectromáticas.

Varios robots y vehículos controlados remotamente han sido utilizados para tal fin en los lugares donde ha ocurrido una catástrofe de este tipo. Ésta clase de robots son equipados en su mayoría con sofisticados equipos para detectar niveles de radiación, cámaras, e incluso llegan a traer a bordo un minilaboratorio para hacer pruebas.

### **5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El principal objetivo al desarrollar el presente proyecto es dotar de un equipo que pueda ayudar a la prevención de riesgos, a los que puede estar expuesto durante el manejo de materiales o sustancias peligrosas en el laboratorio; saber resolver los posibles inconvenientes y accidentes; crear en el operario una actitud mental lógica, trabajo en conjunto con el equipo, ante cualquier accidente y por sobre todas las cosas, PREVENIR en lo posible todos los accidentes. Esto se logra con conciencia, conocimiento y manejo del la herramienta de trabajo, en este caso el “Brazo Robótico”.

El manejo sin riesgos de un laboratorio es responsabilidad del supervisor. Esta responsabilidad puede delegarse, reasignarse, abandonarse o ignorarse, pero cuando se produce un accidente vuelve siempre sin excepción a recaer en el responsable del laboratorio.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Este último debe desarrollar y aplicar un programa de seguridad operativa que minimice con eficacia los riesgos francos inherentes al laboratorio para todos los que están expuestos directa o indirectamente a ellos. Los riesgos potenciales del laboratorio pueden referirse a materiales infecciosos, químicos o radioactivos y a las instalaciones físicas de la institución. Un buen programa de seguridad así como equipo de alta tecnología como un “Brazo Robot” para un laboratorio debe abarcar consideraciones para el almacenamiento, uso y eliminación de materiales riesgosos químicos y radiactivos, operación y mantenimiento de las instalaciones, capacitación del personal.

Debemos destacar que los riesgos de exposición a los agentes infecciosos no se limitan al personal del laboratorio.

#### **5.3.1 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS**

Es difícil cuantificar el riesgo que supone trabajar con agentes infecciosos en un laboratorio. El riesgo individual aumenta previsiblemente junto con la frecuencia y el nivel de contacto con el agente, por esto nos dimos a la tarea de realizar un proyecto para disminuir los riesgos en el laboratorio y manejo de materiales y sustancias que pongan en riesgo a las personas que estén dentro y fuera de dicho lugar.

Una preocupación fundamental en el laboratorio que trabaja con muestras y agentes de diversos orígenes (microorganismos, animales, virus, etc.) es el riesgo de exposición e infección que corre el personal especializado y auxiliar que trabaja o entra en el laboratorio.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

#### 5.3.2 ACCESO RESTRINGIDO

El acceso a los laboratorios que manejan materiales peligrosos (infecciosos, tóxicos, radiactivos, inflamables) debe ser restringido, excepto para el personal que trabaja o que desempeña con regularidad servicios auxiliares en ellos y tenga la capacitación adecuada así mismo sepa el funcionamiento del equipo instalado en el interior de este, con el fin de evitar posibles intervenciones que entorpezcan o dificulten la operación del equipo instalado.

#### 5.3.3 INFECCIONES DE LABORATORIO

La inmensa mayoría de los casos de infecciones (según las estadísticas) tuvo en común antecedentes de "trabajo con el agente" en el laboratorio. En los casos resultantes de accidentes conocidos, las causas principales fueron aspiración oral por pipeta, autoinoculación con agujas y jeringa, exposición a los aerosoles creados por vaporización de aguja y jeringa, o separación entre estas últimas, accidentes de centrifugación y mordedura de animales.

Casi todos los accidentes conocidos pudieron haberse evitado con equipos de seguridad apropiados y conocimiento por parte del interesado. Por ejemplo, los accidentes con pipeta por boca se evitan usando sistemas automáticos para manipular todos los líquidos infecciosos o tóxicos. El uso de agujas y jeringas debe evitarse excepto para la inyección parenteral de líquidos o la aspiración de líquidos, de hombres o animales.

La seguridad centrifuga incluye una combinación de uso bien informado y correcto de los equipos (selección de tubos y tazas de centrifugación compatibles, buenos procedimientos de balance de aceleración y desaceleración) y selección y uso de dispositivos apropiados de contención física. Una alternativa del uso de tazas de seguridad es la colocación de equipos modernos como cámaras de escape de gases, gabinetes biológicos de seguridad que operan bajo presión negativa y exhalan sus gases por los filtros, así como brazos mecánicos que realicen las tareas asignadas para evitar el contacto directo con el operador o personal que realice dichas pruebas.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

#### 5.3.4 RECEPCIÓN, MANEJO DE MUESTRAS Y MATERIALES

Es lógico suponer que todas las muestras son infecciosas, y es prudente manejar estos materiales en forma tal que permita impedir razonablemente la exposición franca del personal a los materiales cuya presencia es más probable.

En consecuencia, y como precaución mínima, los laboratorios deben utilizar equipos especiales para la recepción y el manejo de todas las muestras. Por ejemplo, es necesario capacitar personal y reservar un área para recibir, abrir, registrar y distribuir dentro del laboratorio las muestras que ingresan a él.

Esta área de recepción debe estar bien iluminada y provista de superficies de trabajo impermeables al agua y de fácil limpieza. El personal debe usar equipo y uniformes apropiados para proteger la piel y la ropa de calle de la exposición a agentes infecciosos. Los guantes de goma representan un nivel adicional de protección para el personal que trabaja en esta área.

Por último la seguridad en el laboratorio es mucho más que una serie de advertencias; es una forma de trabajo, es un respeto por los reactivos y materiales peligrosos, es un conocimiento sobre reactividades explosivas y es la responsabilidad con que cada individuo encara su tarea.

El principal objetivo al desarrollar el presente proyecto es ayudar a prevenir los riesgos a los que se puede estar expuesto durante su manejo en el laboratorio; asiendo uso de nuevas herramientas o aplicaciones que nos ayudarían no solo a facilitar el trabajo sino a tener un manejo más seguro sobre productos que pueden afectar nuestra salud e integridad física, saber resolver los posibles inconvenientes y accidentes; crear en el personal una actitud mental lógica y de control ante cualquier accidente y por sobre todas las cosas, ayudar en la **PREVENCIÓN** de posible accidentes. Esto se logra con conciencia y conocimiento del equipo mencionado.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Este proyecto será de gran ayuda en el campo de trabajo, es este caso en un laboratorio por el manejo de materiales y recipientes que nos pueden dañar por el mal manejo de los mismos.

Dicho lo anterior e investigando como podría ser de ayuda la tecnología en nuestros días vimos que sería de gran utilidad, ya que este equipo fue pensado, diseñado y desarrollado para contribuir en el plano experimental, educacional y laboral, se pensó para ayudar a laboratoristas que manejan tubos de ensaye, matraces, probetas , pipetas etc. Y que esto conlleva a que tengan que usar equipo adecuado, mascarillas, guantes, botas, trajes etc.

Para el manejo de estos instrumentos ya que contienen materiales dañino, tóxicos, radioactivos o de alto riesgo para el operario y que resulta difícil el manejo adecuado ya que el equipo de seguridad muchas veces es más inseguro por lo voluminoso y que hace que sea más difícil el manejo de dichos instrumentos, por eso mismo sugerimos el implemento de equipos mecánicos o automatizados ( en este caso un” Brazo Robótico”), en los lugares de trabajo (laboratorio) para así ayudar y evitar riesgos y accidentes en el manejo de sustancias o materiales dañinos a la salud.

#### **5.3.5 MATERIALES**

Los materiales que llegan, pueden ser sólidos, líquidos, gases; explosivos, oxidantes, venenosos, radioactivos, corrosivos etc.; en recipientes cerrados y el operador debe manejarlos con extremo cuidado para no ocasionar algún accidente en el manejo de estos mismos.

Es aquí donde entra el “Brazo Robótico”, que trabaja de la siguiente forma:

El brazo toma con sus pinzas sujetadoras el material riesgoso (ver figura 5.3), en este caso en un tubo de ensayo, para trasladarlo al lugar donde se le realizaran las pruebas correspondientes, esto con el fin de evitar que el personal tenga contacto directamente y siendo el “Brazo Rotico” el intermediario entre el materia y

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

el operador, para que se haga la tarea correspondientes sin poner en riesgo al personal encargado.

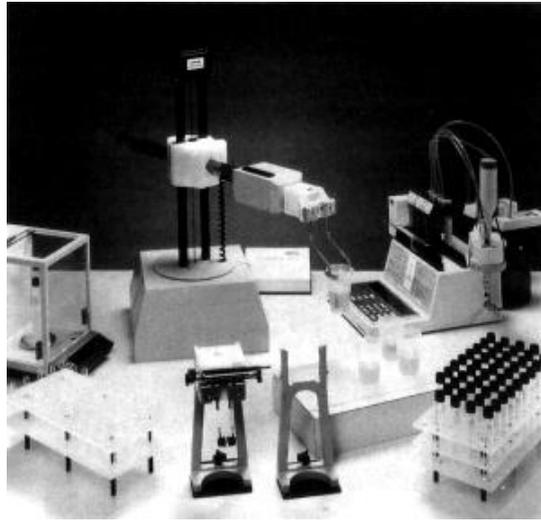


Figura 5.3 Manejo de material peligroso

La descripción más precisa de los movimientos que realiza el proyecto se describen más adelante en forma esquemática, donde se explica cómo es que funciona cada parte del robot y que acciones puede y debe realizar bajo la operación del técnico encargado.

Se eligió un Brazo Robótico con 3 GDL por convención por la realización de movimientos requeridos para este caso, ya que solo se necesita que realice ciertos movimientos específicos; digamos que al tomar el tubo de ensayo solo se necesita que gire “x” grados a la izquierda o derecha, y tenga cierta inclinación, esto para poder verter la solución a otro tubo o matraz, dicho esto si se tuvieran más GDL y el operario no tuviese control absoluto o destreza en el manejo del “Brazo Robot” podría inclina o girar de mas el tubo de ensayo y verter la sustancia haciendo esto peligroso, por eso es necesario que el personal que controle u opere el dispositivo tenga total control y manejo absoluto del “Brazo Robot”.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.4 DISEÑO CONCEPTUAL Y ESQUEMATICO

#### 5.4.1 DISEÑO

Utilizado habitualmente en el contexto de la, ingeniería y otras disciplinas creativas, diseño se define como el proceso previo de configuración mental, "pre-figuración", en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

Etimológicamente derivado del término italiano disegno dibujo, designio, signare, signado "lo por venir", el porvenir es la visión representada gráficamente del futuro, lo hecho es la obra, lo por hacer es el proyecto, el acto de diseñar como prefiguración es el proceso previo en la búsqueda de una solución o conjunto de las mismas. Plasmear el pensamiento de la solución mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquiera de los soportes, durante o posteriores a un proceso de observación de alternativas o investigación.

El acto intuitivo de diseñar podría llamarse creatividad como acto de creación o innovación si el objeto no existe, o es una modificación de lo existente inspiración abstracción, síntesis, ordenación y transformación.

Referente al signo, significación, designar es diseñar el hecho estético de la solución encontrada. Es el resultado de la economía de recursos materiales, la forma y el significado implícito en la obra dada su ambigua apreciación no puede determinarse si un diseño es un proceso estético cuando lo accesorio o superfluo se antepone a la función o solución.

El acto humano de diseñar no es un hecho artístico en sí mismo aunque puede valerse de los mismos procesos y los mismos medios de expresión, al diseñar un objeto, o signo de comunicación visual en función de la búsqueda de una aplicación práctica.

El verbo "diseñar" se refiere al proceso de creación y desarrollo para producir un nuevo objeto o medio de comunicación (objeto, proceso, servicio, conocimiento o entorno) para uso humano.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

El sustantivo "diseño" se refiere al plan final o proposición determinada fruto del proceso de diseñar (dibujo, proyecto, maqueta, plano o descripción técnica) o, más popularmente, al resultado de poner ese plan final en práctica (la imagen o el objeto producido).

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales y estéticas. Esto necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto. Además comprende multitud de disciplinas y oficios dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas.

Diseñar es una tarea compleja, dinámica e intrincada. Es la integración de requisitos técnicos, sociales y económicos, necesidades biológicas, con efectos psicológicos y materiales, forma, color, volumen y espacio, todo ello pensado e interrelacionado con el medio ambiente que rodea a la humanidad. De esto último se puede desprender la alta responsabilidad ética del diseño y los diseñadores a nivel mundial. Un buen punto de partida para entender éste fenómeno es revisar la Gestalt y como la teoría de sistemas aporta una visión amplia del tema.

#### **5.4.2 FASES DEL PROCESO DEL DISEÑO**

El proceso de diseñar, suele implicar las siguientes fases:

1. Observar y analizar el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
2. Planear y proyectar proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
3. Construir y ejecutar llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

4. Estos tres actos, se van haciendo uno tras otro, y a veces continuamente. Hoy por hoy, y debido al mejoramiento del trabajo del diseñador (gracias a mejores procesos de producción y recursos informáticos), podemos destacar otro acto fundamental en el proceso:
5. Evaluar, ya que es necesario saber cuando el diseño está finalizado.

Diseñar como acto cultural implica conocer criterios de diseño como presentación, producción, significación, socialización, costos, mercadeo, entre otros. Estos criterios son innumerables, pero son contables a medida que el encargo aparece y se define.

**Un filósofo contemporáneo, Vilém Flusser, propone, en su libro Filosofía del diseño, que el futuro (el destino de la humanidad) depende del diseño.**

#### 5.4.3 CONCEPTUAL

La palabra concepto viene del latín conceptum y este del verbo concipere, que significa concebir. Concipere deriva de capere o sea agarrar o capturar algo. Concebir es unir dos (ó más) entidades para formar una tercera distinta de las anteriores. Al decir que “la madre concibió un hijo”, se hace alusión de la unión del ovulo con el esperma, “concibiendo” el cigoto posterior, que ya es único.

Otro ejemplo, es decir “esto es inconcebible” por comportamiento que ha tenido. De concipere también de la palabra concepción.

Un concepto es una unidad, cognitiva de significado, una idea abstracta o mental que a veces se define como una "unidad de conocimiento".

Los conceptos son construcciones o imágenes mentales, por medio de las cuales comprendemos las experiencias que emergen de la interacción con nuestro entorno, a través de su integración en clases o categorías relacionadas con nuestros conocimientos previos.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

En su máxima abstracción, cuando carecen de contenido material algunos son conceptos formales. También se les llama ideas cuando se pretende señalar ese carácter universal como algo objetivo y no meramente subjetivo.

El concepto como universal

Lo universal: lo general vs lo particular.

Lo universal: lo abstracto vs lo concreto.

#### **5.4.4 ESQUEMÁTICO:**

El esquema es una síntesis que resume, de forma estructurada y lógica, el texto previamente subrayado y establece lazos de dependencia entre las ideas principales, las secundarias, los detalles, los matices y las puntualizaciones.

El esquema es la aplicación gráfica del subrayado, con el que ya se había destacado las ideas principales y se habían diferenciado de las secundarias. Con se ordenan esos mismos datos de forma gráfica, haciendo más visibles esos lazos lógicos de dependencia.

#### **5.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO**

Dentro de los capítulos anteriores del presente trabajo de tesis se mencionaron las características principales de los diversos tipos de robots, y muy especialmente se trataron los robots manipuladores.

Dichas investigaciones realizadas para dichos capítulos se ha llegado a la conclusión de proponer un sistema robótico de brazo manipulador discreto (de determinados grados de movimiento, ver figura 5.4), perteneciente a la tercera generación (sensado interno y externo), incluyendo grados de libertad GL en sus articulaciones.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---



Figura 5.4 Diseño conceptual

Tomando en cuenta el análisis hecho hasta aquí; los puntos críticos en el desarrollo de este proyecto se concluyen a continuación.

- Llevar a cabo el diseño de un sistema de brazo manipulador (ver figura 5.5), siendo esta la configuración propuesta debido a su mayor estabilidad tanto dinámica como estática; y presentar una complejidad intermedia en su algoritmo de control; al mismo tiempo poder dotar al sistema de infraestructura y flexibilidad futura; ya que como será expuesto a mejoras debe poseer cuerpo capaz de ser expandido cuando sea requerido.
- Dotar al sistema de mas grados de liberta en cada una de sus extremidades, ya que bajo esta propuesta se reduce significativamente el número de actuadores a ocupar y por tanto el costo, aunque indudablemente se reduce la flexibilidad de cada cantidad de actuadores por extremidad se aumenta la capacidad de adaptación a todo tipo de movimiento, pero por razones económicas se ha decidido llevar este diseño bajo esta decisión.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

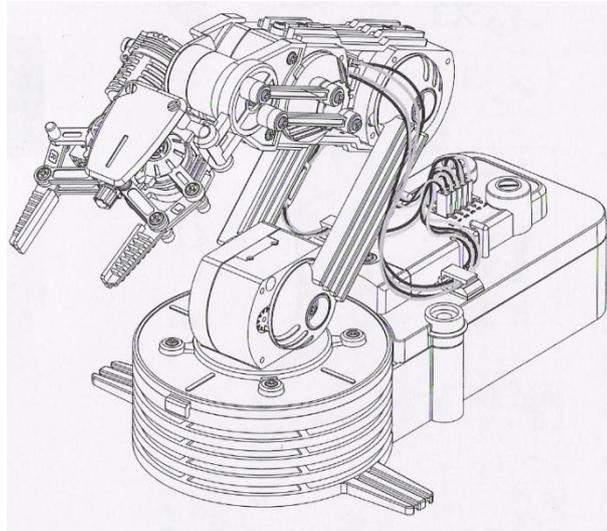


Figura 5.5 Brazo manipulador

- En los materiales para su construcción se recomiendan el uso de nylamid, debido a su bajo peso, poseer una resistencia similar a la del aluminio pero de menor densidad, su uso también facilita la manufactura del sistema debido a su maleabilidad y además es de relativa fácil obtención. Una recomendación en la estructura corporal del sistema es; que si se piensa que el sistema puede ser ampliado o expandido posteriormente se realizo su diseño de tipo endosqueletico.
- Los actuadores elegidos para el presente diseño se proponen de tipo eléctrico (motores de c.d., a pasos o servomotores), nuevamente influyendo en la elección de ellos la limitante económica y disponibilidad del material, pero nada impide que los medios de impulsión sean de tipo neumático o hidráulico. Por otra parte y como lo veremos la lógica de control se facilita al hacer uso de actuadores eléctricos.
- Otro de los lineamientos del proyecto es lo relacionado a la trasmisión de potencia y movimiento, en la cual se decidió hacer uso de los conocimientos básicos de herramientas para la facilitación de cálculos y simplicidad del sistema de trasmisión de movimiento.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Teniendo en cuenta las anteriores delimitaciones y propuestas en los párrafos anteriores se llegó a la conclusión y determinación de presentar la propuesta emitida en este trabajo como se muestra en la figura 5.6.

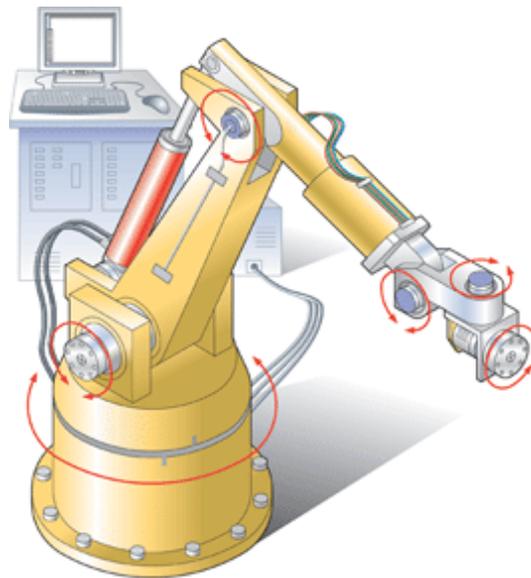


Figura 5.6 Diseño conceptual

## 5.6 DISEÑO DEL BRAZO ROBOT

### 5.6.1 GENERALIDADES

Es el tejido óseo el que forma la mayor parte del esqueleto. El armazón que soporta nuestro cuerpo y protege a nuestros órganos (ver figura 5.7); y el cual permite nuestros movimientos. De gran robustez y ligereza, el sistema óseo es un tejido dinámico, continuamente en fase de remodelización.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

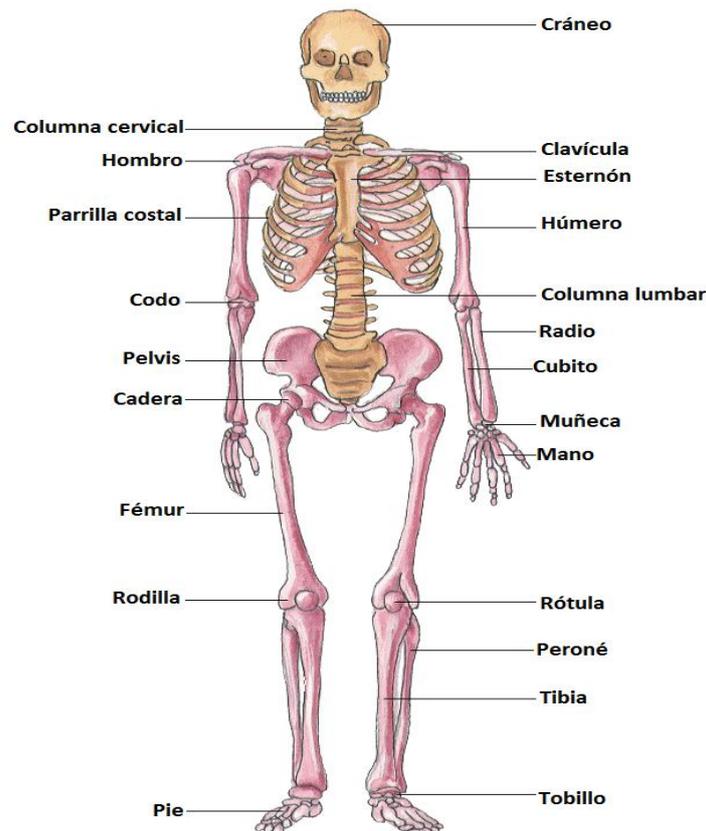


Figura 5.7 Esqueleto humano

Las funciones básicas de los huesos y el esqueleto son:

**Soporte:** los huesos proveen un cuadro rígido de soporte para los músculos y tejidos blandos.

Los huesos desempeñan funciones importantes entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

**Articulaciones.-** Se denomina articulación a la unión de dos o más huesos entre sí. La función de las articulaciones es brindar movilidad y estabilidad a los segmentos óseos que se relacionan en ellas.

**Función de sostén.-** El esqueleto constituye un armazón donde se apoyan y fijan las demás partes del cuerpo, pero especialmente los ligamentos, tendones y músculos, que a su vez mantienen en posición los demás músculos del cuerpo.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Locomoción.- Los huesos son elementos pasivos del movimiento, pero en combinación con los músculos permiten el desplazamiento, ya que les sirven de punto de apoyo y fijación.

Protección.- los huesos forman varias cavidades que protegen los órganos internos de posibles traumatismos. Por ejemplo, el cráneo protege el cerebro frente a los golpes, y la caja torácica, formada por costillas y esternón protege los pulmones y el corazón.

Movimiento: gracias a los músculos que se insertan en los huesos a través de los tendones y su contracción sincronizada, se produce el movimiento.

#### 5.6.1.1. EL SISTEMA OSEO

El sistema óseo del esqueleto humano está integrado por tres regiones, que son: cabeza, tronco y extremidades. Donde:

- a) Huesos de la cabeza.- que son 22, clasificados en dos partes (el cráneo y la cara).
- b) Huesos del tronco.- que son 58 huesos y conforman la columna vertebral, las costillas y el esternón.
- c) La columna vertebral: que constituye el eje del cuerpo y está situada en la línea media posterior del cuerpo. Se extiende desde la base del cráneo hasta la región coxígea. Está constituida por 33 vertebras que se unen por discos cartilagosos intervertebrales. la columna vertebral está constituida por las vertebras cervicales, dorsales, lumbares, sacras y coxígeas.

Además el sistema óseo está integrado por subsistemas, llamados:

- a) cabeza.
- b) Tronco.
- c) Extremidades superiores.
- d) Extremidades inferiores.
- e) Columna vertebral

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

#### Donde:

Las extremidades superiores (ver figura 5.8), tienen como función tomar los objetos y servir como defensa. Para estudiar los huesos de las extremidades superiores se pueden distinguir: el hombro, el brazo, el antebrazo y la mano.

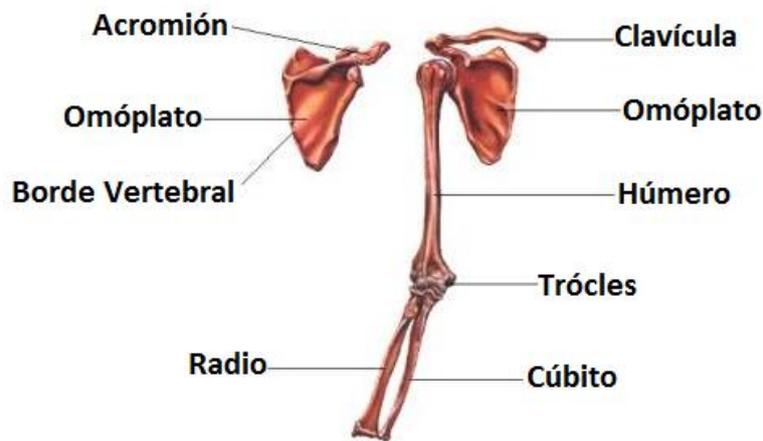


Figura 5.8 Extremidad superior.

A continuación se describe los huesos que integran a este subsistema:

**Huesos del hombro.-** El hombro está formado por la clavícula y el omóplato. Al conjunto de huesos que forman los hombros se le conoce con el nombre de cintura escapular.

La clavícula es un hueso en forma de “S” que está situado en la región antero superior del tórax se articula con el esternón y el omóplato.

El omóplato es un hueso aplanado situado por detrás de la caja torácica.

**Hueso del brazo.-** Esta formado por un solo hueso, el húmero, que es un hueso largo que se articula con el omóplato y con la cabeza del radio.

**Huesos del antebrazo.-** Consta de dos huesos: el cúbito situado hacia adentro y el radio hacia afuera. El cúbito es más largo que el radio y forma al soko, el radio es más corto que el cúbito y algo curvado. El radio puede girar sobre el cúbito, lo cual permite los movimientos de la mano, es decir, voltearla hacia abajo y adentro y hacia arriba y afuera.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

**Huesos de la mano.-** La mano consta de 27 huesos (ver figura 5. 9), y está dotada de gran movilidad y agilidad. En la mano podemos diferenciar 3 regiones:

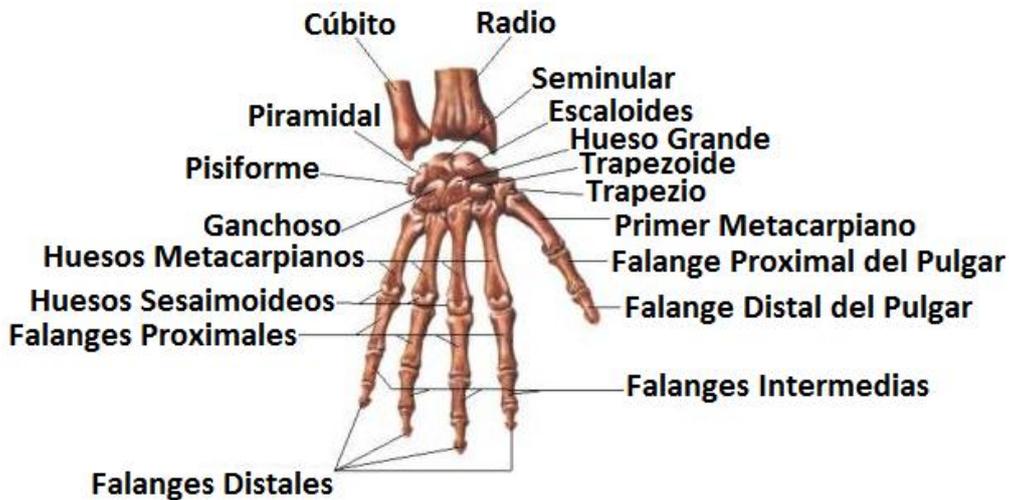


Figura 5.9 Huesos de la mano.

- 1) El carpo: está formado por ocho huesos pequeños dispuestos en dos filas. La primera se articula con el antebrazo y está formada por: escafoides, semilunar, piramidal, pisiforme. La segunda se articula con los huesos de la palma y está formado por: trapezio, trapezoide, mayor y ganchudo.
- 2) El metacarpo corresponde a la palma de la mano y está formado por cinco huesos metacarpianos, uno para cada dedo.
- 3) Los dedos que están formados por tres huesos cada uno: falange, falangina y falangeta, excepto el pulgar que solo tiene falange y falangeta.

**Huesos de la mano.-** El carpo, formado por 8 huesecillos de la muñeca (Ver **figura 5.10**), los metacarpianos en la mano y las falanges en los dedos.

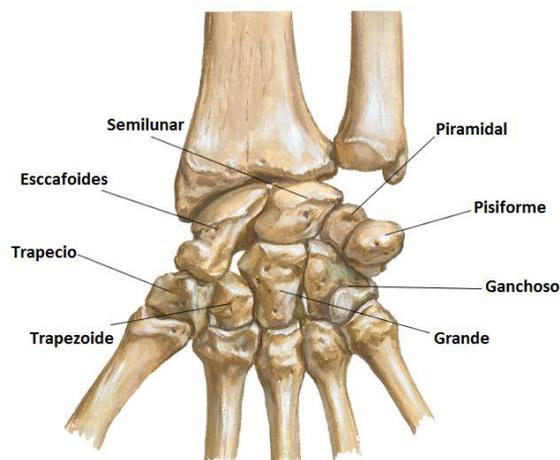


Figura 5.10 Huesos de la muñeca.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.2 ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO

Haciendo la comparación del brazo humano al brazo robot, (ver figuras 5.11 y 5.12), podemos darnos cuenta que fue hecho a similitud, esto para poder realizar o imitar las funciones y movimientos que es capaz de realizar; con la finalidad de ayudar al ser humano a las tareas y a realizar los trabajos en un menor tiempo además de hacerlo más seguro y confiable; evitando involucrar al operario a que realice dichas tareas o acciones peligrosas, ya que estas pueden poner en peligro la integridad física de él o de las personas que estén encargadas a realizar dicha operación.



Figura 5.11 Brazo humano físico.



Figura 5.12 Brazo robot.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Las características más importantes de este brazo robot son los cinco elementos principales que lo integran (ver figura 5.13), los cuales se describen a continuación.

- a) Base.
- b) Hombro (“Shoulder”).
- c) Antebrazo (“lower arm”).
- d) Brazo (“upper arm”).
- e) El elemento terminal (“wrist”), que en nuestro caso será una pinza.

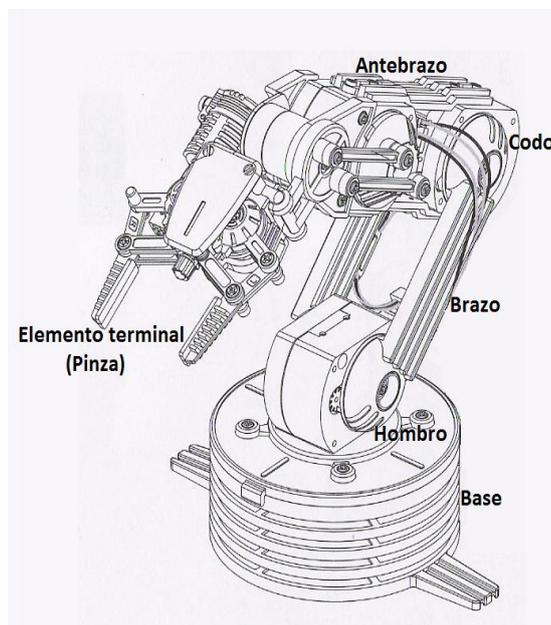


Figura 5.13 Elementos del brazo robot

Donde:

Describiendo los movimientos que realizará el brazo se observa que se moverá tanto en el sistema coordinado de segunda dimensión (X, Y) ver Figura 5.14, así con el sistema coordinado de tercera dimensión (X, Y, Z), ver Figura 5.15, cuyas restricciones de trabajo serán las siguientes;

En el eje  $X' - X$  con amplitud de trabajo desde los  $0^\circ$  hasta los  $270^\circ$ .

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

En el eje  $Y' - Y$  solo existirá su extensión horizontal hacia delante ( $0^\circ$ ) y hacia atrás ( $180^\circ$ ).

Y en el eje  $Z' - Z$  este se abatirá desde los  $0^\circ$  hasta los  $180^\circ$  sobre su horizontal.

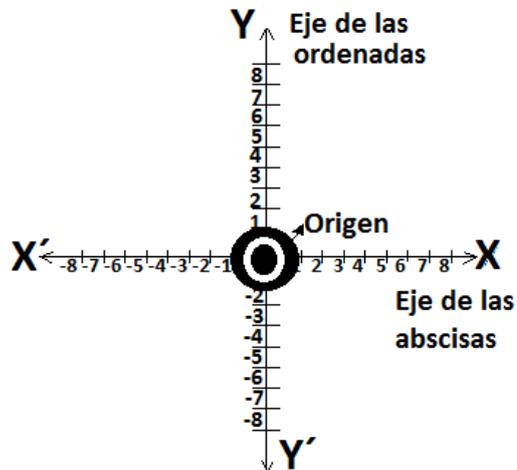


Figura 5.14 Plano cartesiano de segunda dimensión

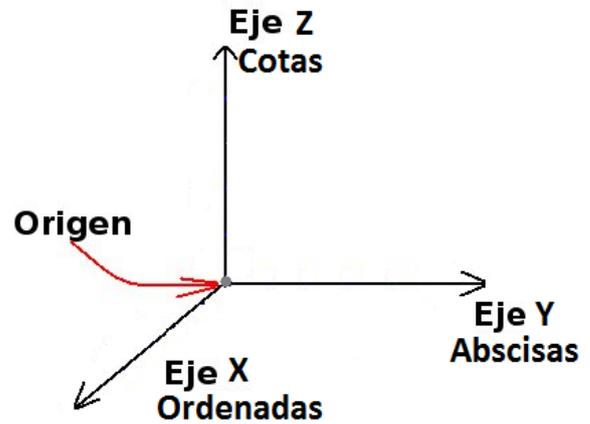


Figura 5.15 Plano artesiano de tercera dimensión.

### 5.6.2.1 PERSPECTIVA DE LOS CINCO ELEMENTOS INTEGRADOS

En la figura 5.16 se muestra el sistema cartesiano tanto en dos como en tres dimensiones, de los cinco elementos del brazo robot.

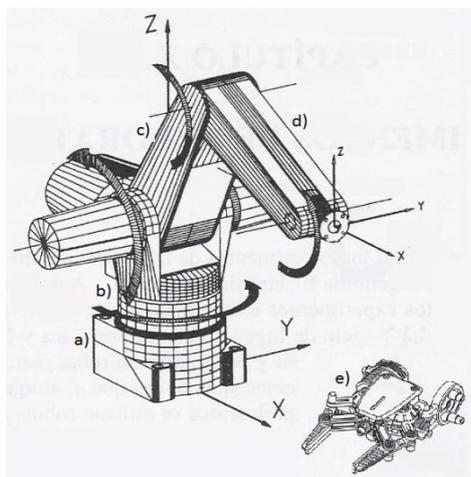


Figura 5.16 Elementos del brazo robot.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.2.2 BASE

La base es el elemento primordial para el brazo robot, ya que este es su cuerpo el cual gira desde  $-45^\circ$  hasta  $225^\circ$  sobre la horizontal (eje  $X' - X$ ). o en su caso en forma viceversa (a favor de las manecillas del reloj (de  $225^\circ$  a  $-45^\circ$ ). (Ver Figuras 5.17)

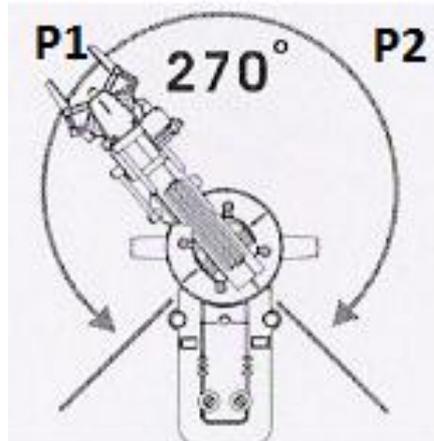


Figura 5.17 Rango de giro del brazo robot de  $-45^\circ$  a  $225^\circ$

En la figura (5.18) se ve la base del brazo robot que será el encargado de soportarlo así como a sus demás articulaciones, en esta parte el movimiento será de izquierda a derecha y viceversa, también realizará el movimiento de atrás hacia adelante dando como resultado 2 GDL, realizando giros hasta  $270^\circ$  en contra de las manecillas del reloj y en sentido horario.

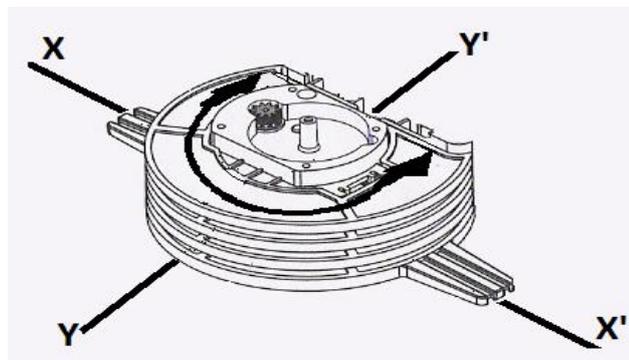


Figura 5.18 Base del brazo robot.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.2.3 HOMBRO

En esta parte del brazo robótico, el hombro es el encargado de realizar el movimiento de adelante hacia atrás, en el eje de la “Y” (ver figura 5.19). Esto en el plano cartesiano vertical (Y, X).

Dicho movimiento es el que hará la función de subir o bajar el antebrazo  $180^\circ$  de adelante hacia atrás e inversamente, el brazo y el elemento terminal, y que en este caso el elemento terminal es una pinza o tenaza.

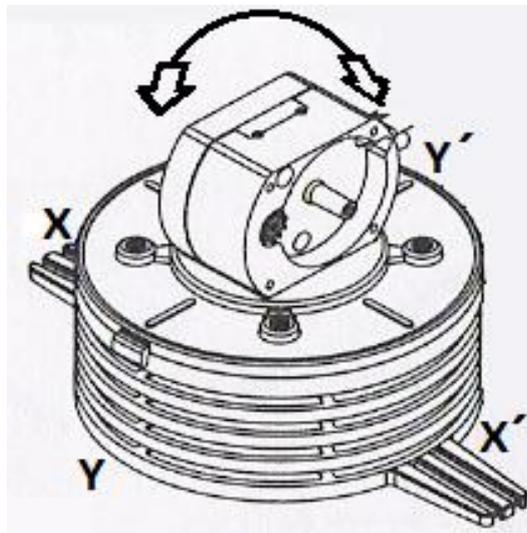


Figura 5.19 Acoplamiento de la base con el hombro.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.2.4 BRAZO

En este punto se puede observar la unión de la base con el hombro, el brazo y a su vez con el codo (ver figura 5.20) para que posteriormente se ensamble la siguiente parte.

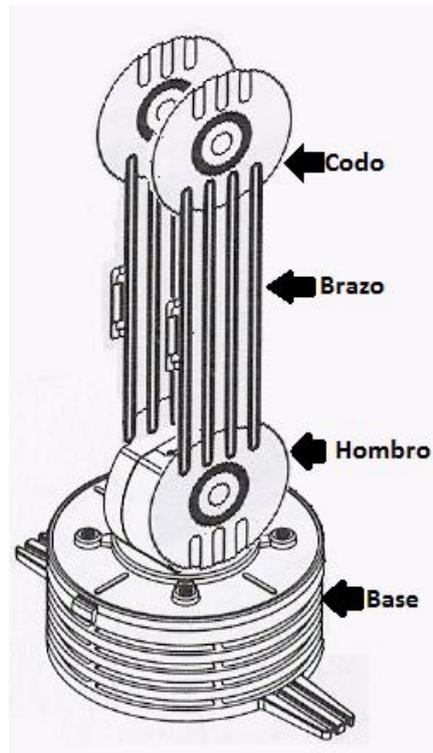


Figura 5.20 Unión del hombro con el brazo y codo.

### 5.6.2.5 ANTEBRAZO

El antebrazo (ver figura 5.21), se conoce como la región de la extremidad superior comprendida entre el codo y el elemento terminal al igual que las otras partes del cuerpo superior que cumplen una función determinada para así poder realizar una acción en conjunto

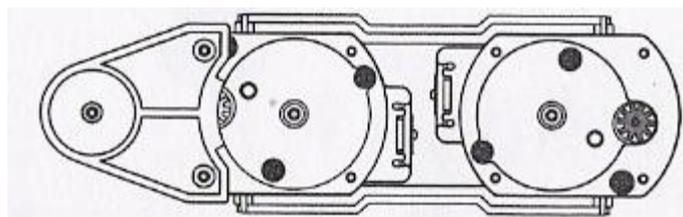


Figura 5.21 Antebrazo.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

En la figura 5.22 se observa el acoplamiento entre el brazo y el antebrazo, estos dos unidos por una articulación denominada codo, que es la que permite realizar un movimiento más, que será de  $300^\circ$  sobre el eje "Y" ( $-120^\circ, 180^\circ$ )

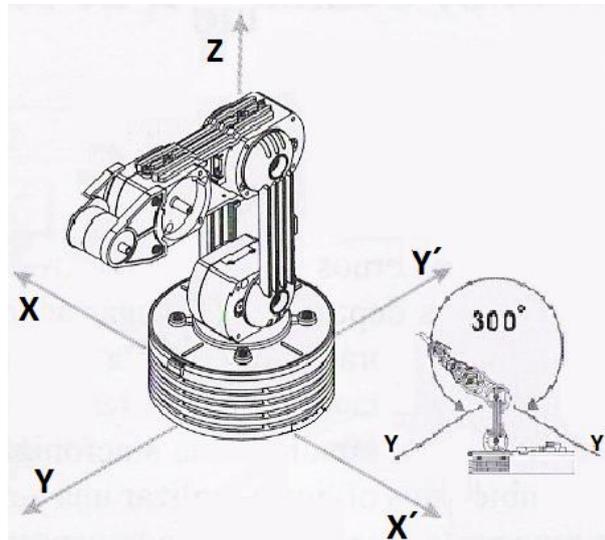


Figura 5.22 Acoplamiento entre brazo y antebrazo del robot.

### 5.6.2.6 PINZA

Por último pero no por eso menos importante se trata del elemento terminal, que en nuestro caso es una pinza de sujeción (ver figura 5.23), este elemento se acopla al antebrazo.

Unidos estos elementos podrán realizar acciones diversas ya que sin este elemento no sería funcional por no sujetar los elementos o materiales para realizar dicha acción.

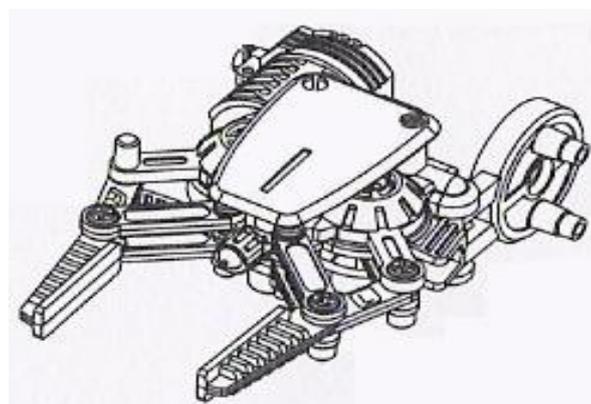


Figura 5.23 Elemento terminal (Pinza).

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

#### 5.6.2.7 MONTAJE DE ELEMENTO TERMINAL (PINZA)

En la figura 5.24 se puede observar el ensamble final de todos los elementos, haciendo esto el brazo robot.

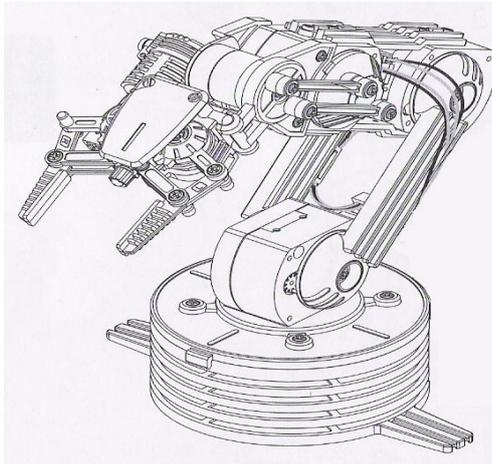


Figura 5.24 Brazo robot.

Ahora ya que se ha completado el ensamble de todas las partes que componen a este brazo robot, se pueden realizar dichas pruebas para su funcionamiento y la aplicación de tareas encomendadas, que será el encargado de realizar y llevar a cabo el trabajo de mediano o alto riesgo para el operario o personal técnico.

#### 5.6.3. CONCEPTUALIZACIÓN

En esta parte del trabajo se describe la forma de trabajo que realizará el brazo robot en lo referente a sujetar, alzar, mover y deposita en lo referente al manejo de materiales líquidos en recipientes varios (cristal, plástico, metal), todos estos de alto riesgo.

Para ello contara con una mesa en donde se ubicara en el lado derecho los materiales a mezclar, en el lado izquierdo el contenedor donde será depositado el recipiente mezclado y, al centro es donde se realizará la mezcla de dos o más líquidos.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

El área de trabajo será por medio de un semicírculo cuyo radio máximo será de 32 cm, a  $0^\circ$  sobre la horizontal (X, Y), y radio mínimo de considerando al antebrazo y el brazo retractiles y la tenaza horizontal.

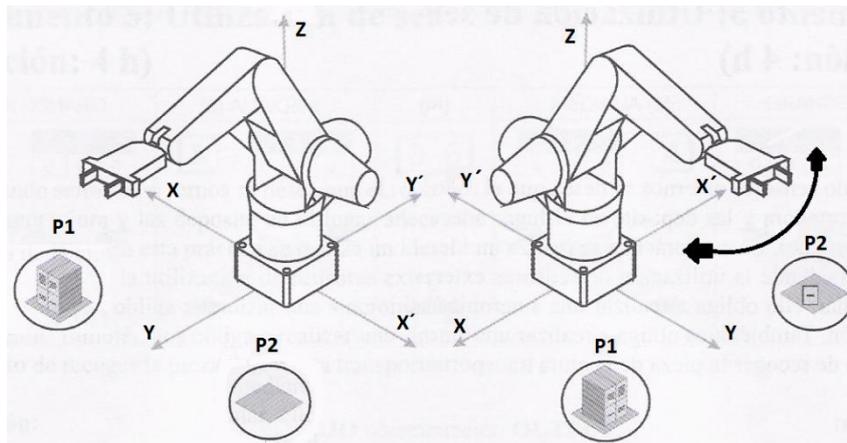


Figura 5.25 Traslado de un objeto de un punto 1 hacia un punto.

Este movimiento permite la realización de movimientos que solo impliquen 1 GDL, por ejemplo: que solo se tenga que trasladar algún material de un punto “A” hacia un punto “B” sobre el plano cartesiano “X, -X” como se puede ver en la figura 5.25.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las características más importantes de brazo robot son:

- Carga máxima: 100 g.
- Carga máxima a velocidad/aceleración máxima: 50 g.
- Alcance 300 mm
- Velocidad máxima 2.9 m/s
- Recorrido máximo de las articulaciones:
  - Rotación de base (punto 1)  $\pm 270^\circ$
  - Hombro (punto 2)  $\pm 180^\circ$
  - Codo (punto 3)  $\pm 300$
  - Muñeca (punto 4)  $\pm 120^\circ$
  - Elemento Terminal (punto 5)  $\pm 1.77''$
- Resolución de las articulaciones:
  - Rotación de base (Punto 1) 0.005°
  - Hombro (Punto 2) 0.005°
  - Codo (Punto3) 0.005°
  - Muñeca (Punto 4) 0.015°
  - Elemento Terminal (Punto 5) 0.025°

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.6.5 DIMENSIONAMIENTO

Acción y efecto de determinar el tamaño, o importancia de algo; Proceso para determinar la dimensión (ver figura 5.26) o característica correcta o esperada de algo. La dimensión (del latín *dimensio*, "medida") es, esencialmente, el número de grados de libertad para realizar un movimiento en el espacio.

Comúnmente, las dimensiones de un objeto son las medidas que definen su forma y tamaño.

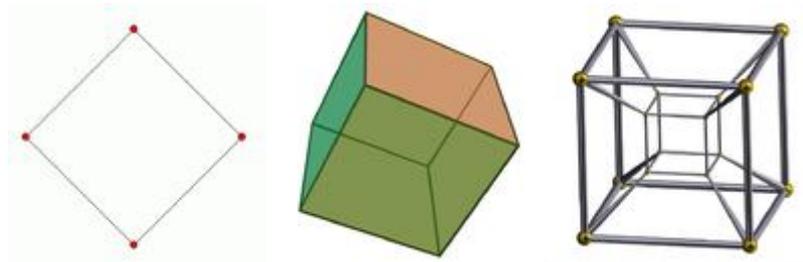


Figura 5.26 Dimensión o característica.

Un cuadrado posee dos dimensiones. Ampliándolo con una nueva dimensión genera un cubo, que es tridimensional. Añadiendo al cubo una nueva (que no se ve) genera un hipercubo, que es de cuatro dimensiones. Figura en proyección, ya que tal objeto no existe en nuestro espacio.

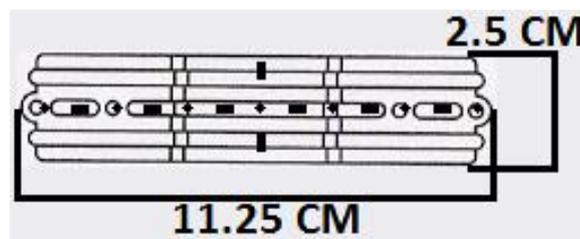


Figura 5.27 Antebrazo.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

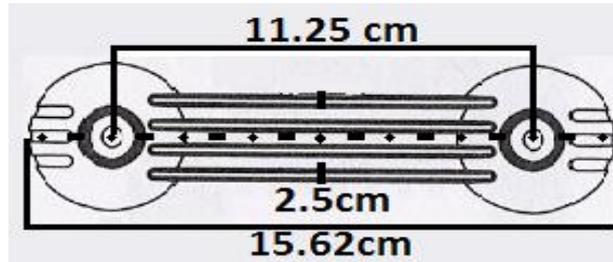


Figura 5.28 Brazo.

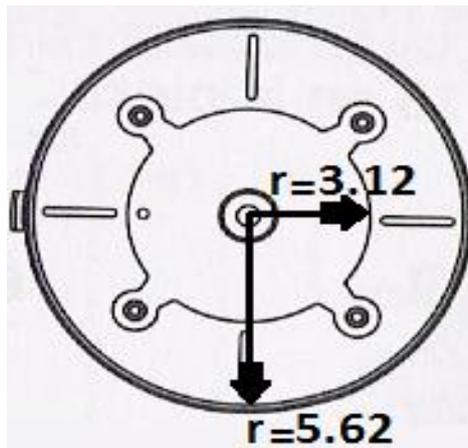


Figura 5.29 Base vista superior.

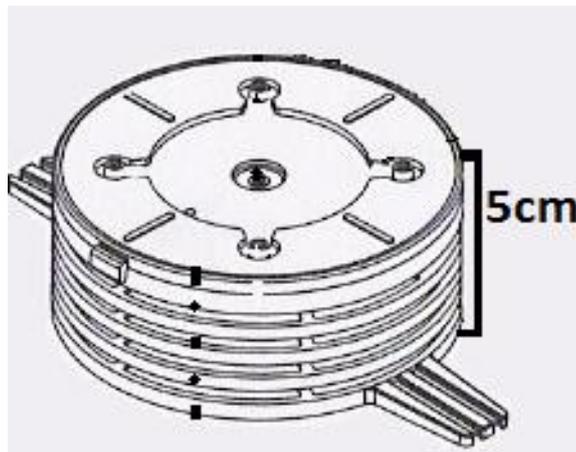


Figura 5.30 Base vista frontal.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

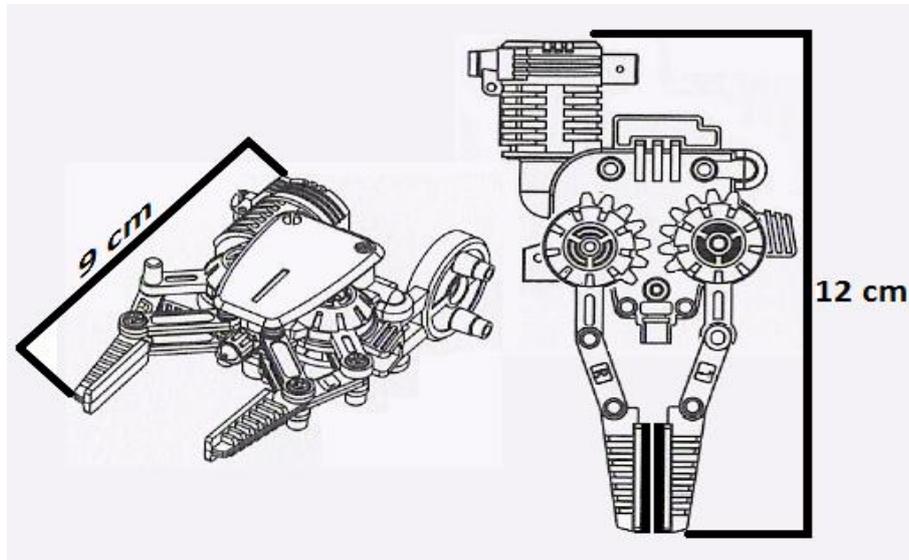


Figura 5. 31 a) Pinza encogida. b) Pinza extendida.

PINZA	MEDIDA
ABIERTA	4.5 cm
CERRADA	7 cm

Tabla 5.1 Distancia de apertura y cierre de pinzas.

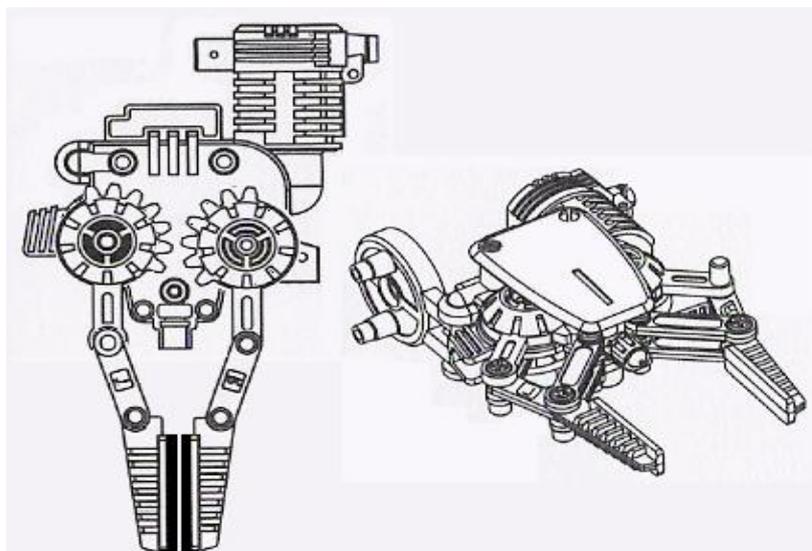
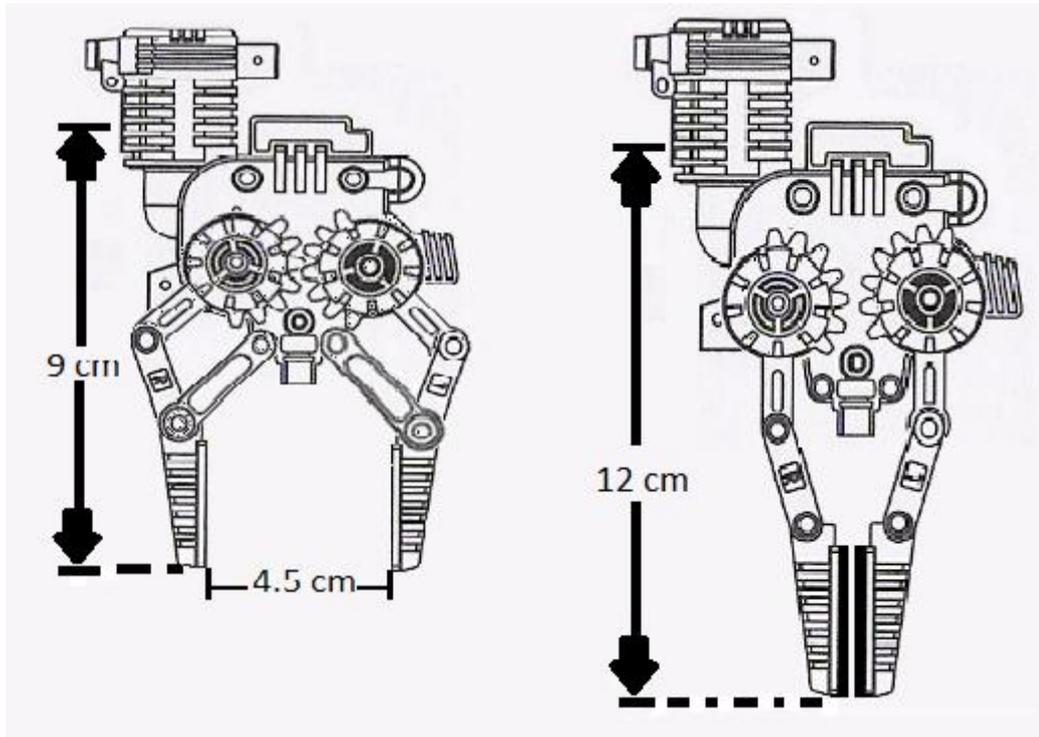


Figura 5.32 Pinza cerrada y abierta.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT



a) Abierta.

b) Cerrada.

Figura 5.32 Pinza.

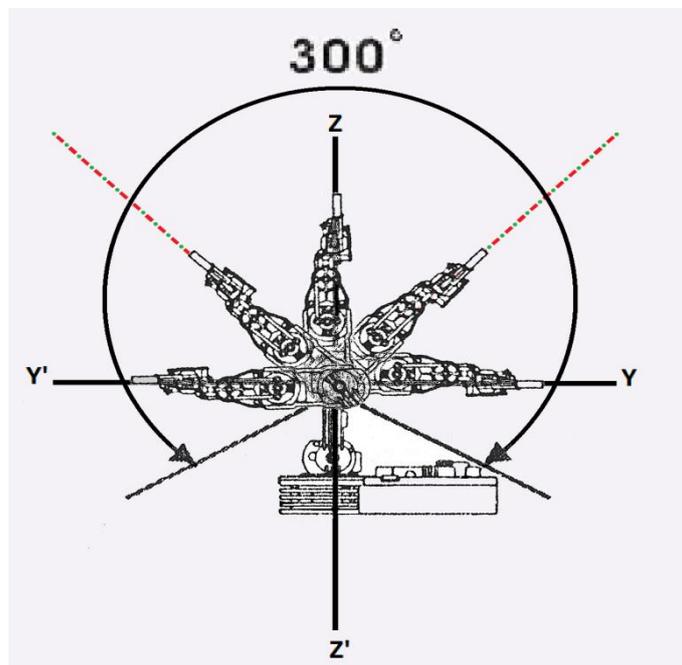


Figura 5.33 Movimientos del antebrazo.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

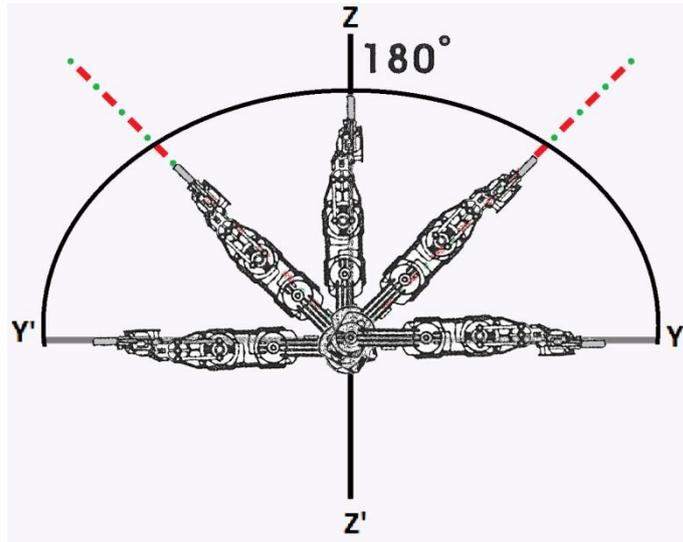


Figura 5.34 Movimiento del brazo.

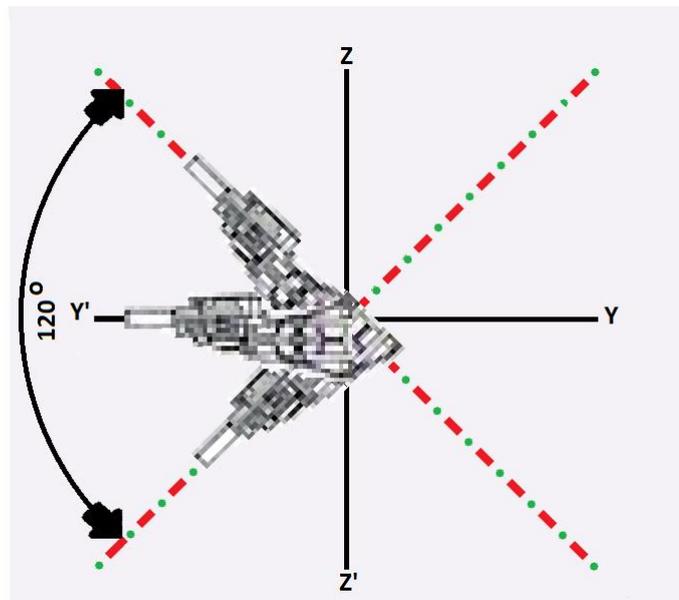


Figura 5.35 Movimientos de la pinza.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

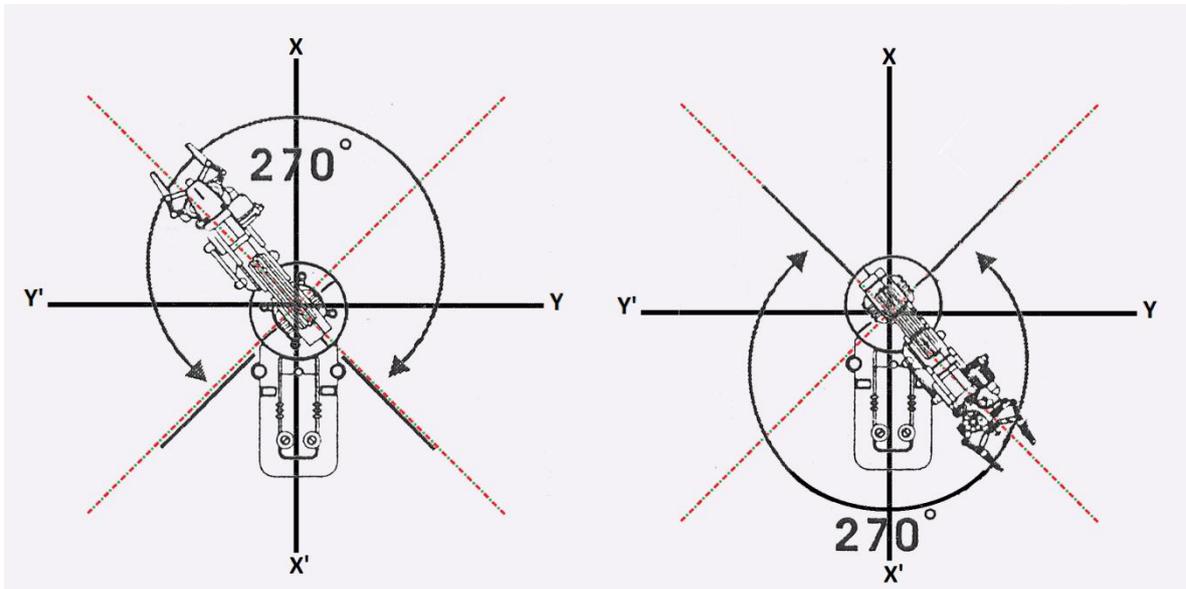


Figura 5.36 Movimientos en grados de izquierda a derecha y viceversa.

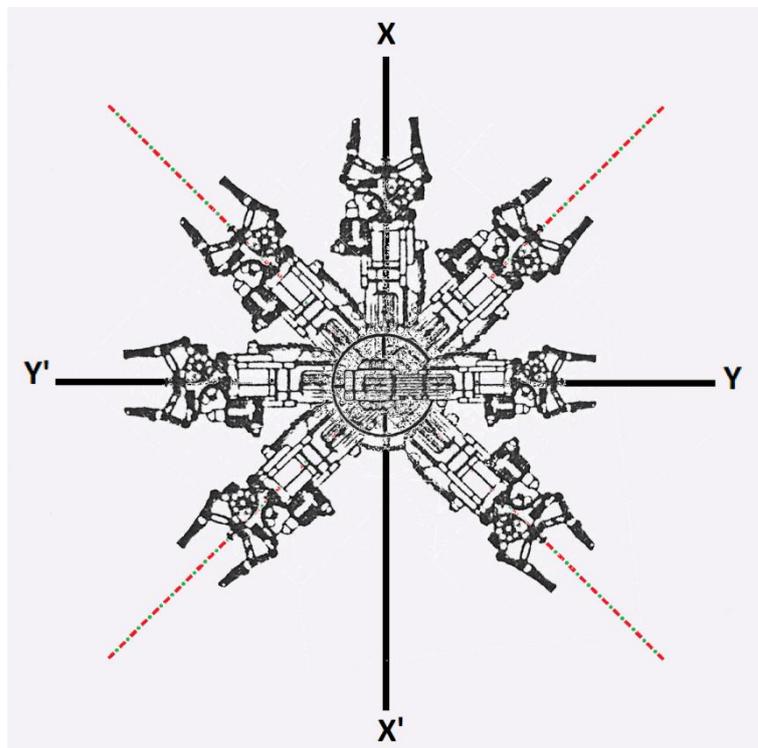


Figura 5.37 Movimiento del brazo robot de 270° en semicírculo.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.7 MANUAL DE OPERACIÓN

En esta parte del trabajo se indica la forma para operar el brazo robot, por medio de la computadora digital (personal o laptop, principalmente). El lenguaje de programación que se ha empleado para el desarrollo del software de aplicación está basado en VisualBasic v.6, y la operatividad para que se muevan los cinco elementos según las necesidades del operador son controlados por diez botones.

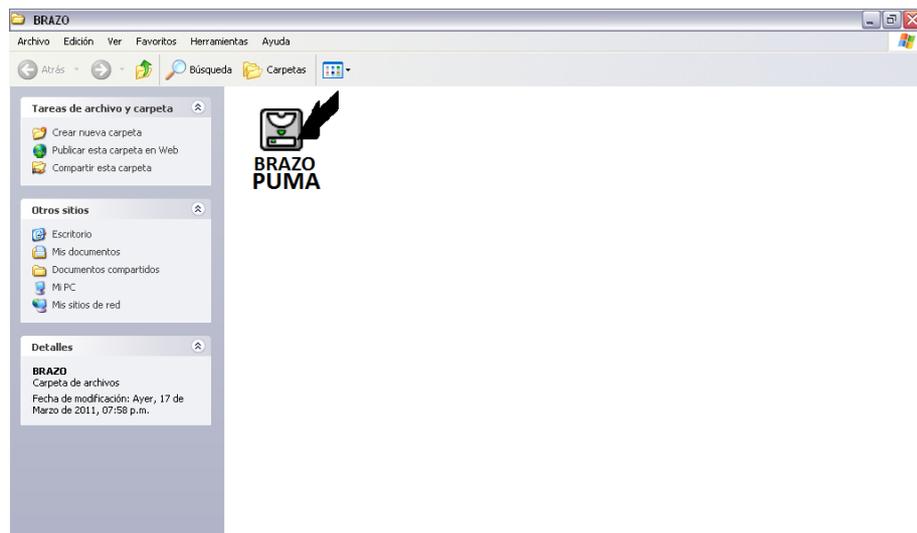
Para ello a continuación se indica la forma de operar al brazo robot.

1.- Para comenzar a trabajar con el programa lo primero que se debe hacer es ir al icono o carpeta llamada “BRAZO”, localizado en la parte del escritorio de la PC, haciendo doble clic.



## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

2.- Seguidamente se abre la ventana donde se muestra otro icono denominado “BRAZO PUMA”. Seguidamente se posiciona el cursor sobre el icono, para darle doble clic.

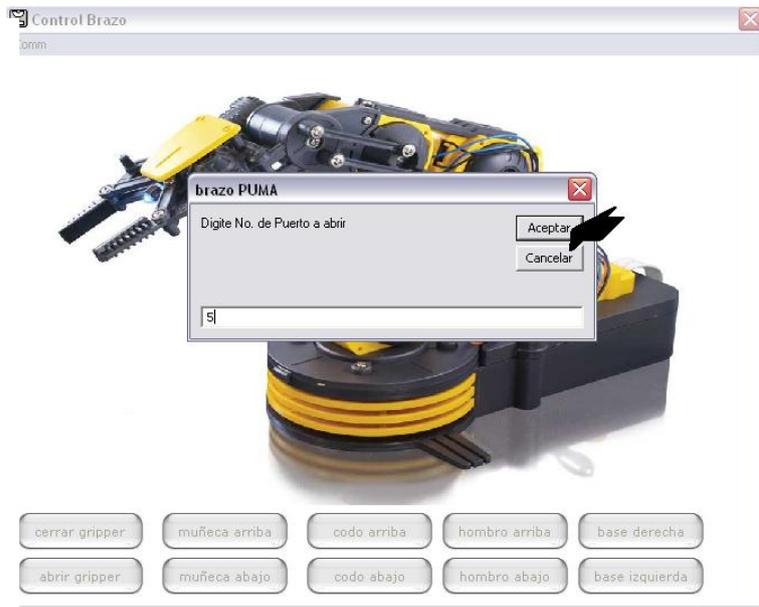


3.- Después aparecerá otra ventana llamada “CONTROL BRAZO” y se mostrará la imagen del brazo robot, dirigiendo el cursor a la parte superior izquierda donde hay una leyenda que dice: “COMM” (que al español significa “comunicación”), se posiciona el cursor sobre él, y se abre una caja de diálogo con las instrucciones “abrir-cerrar”.



## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

4.- Al dar clic a **“abrir”**, se genera y aparece la siguiente caja de dialogo, la cual pedirá que se presione la tecla de el número del puerto de la computadora con el que se intercomunicará con el brazo robot, el cual es el **“5”**. Posteriormente el curso se posicionará sobre la caja de dialogo dando clic en el icono **“ACEPTAR”**.



5.- Seguidamente se abrirá otra ventana mostrando una decena de botones los cuales resaltan en color azul, cuando se posicionan en cada uno de ellos el cursor, según sea la actividad que realizará o está llevando a cabo; estos botones son los encargados de realizar las acciones correspondientes dadas al **“Brazo robot”**, por medio de cada botón.



## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

Estos botones son:

- abrir gripper (pinza)
- cerrar gripper (pinza)
  
- muñeca arriba
- muñeca abajo
  
- codo arriba
- codo abajo
  
- hombro arriba
- hombro abajo
  
- base izquierda
- base derecha

A continuación se describe el funcionamiento de cada uno de los botones antes mencionados:

#### **5.7.1 DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN DE LOS BOTONES**

En esta parte del trabajo se indica la forma para operar el brazo robot, por medio de la computadora digital (personal o laptop, principalmente), su operatividad es controlar la posición de los botones, que mueven los cinco elementos según las necesidades del operador.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

A continuación se describe la actividad de cada botón:

Botón: **Abrir gripper (pinza).**- El funcionamiento de este botón al accionarlo es el de abrir las pinzas para así poder soltar el instrumental que había sido sujeto por ellas (matraz, probeta, bazo precipitado, tubo de ensayo, etc.); en forma visual en la pantalla se observan dos flechas indicando que se está abriendo la pinza.



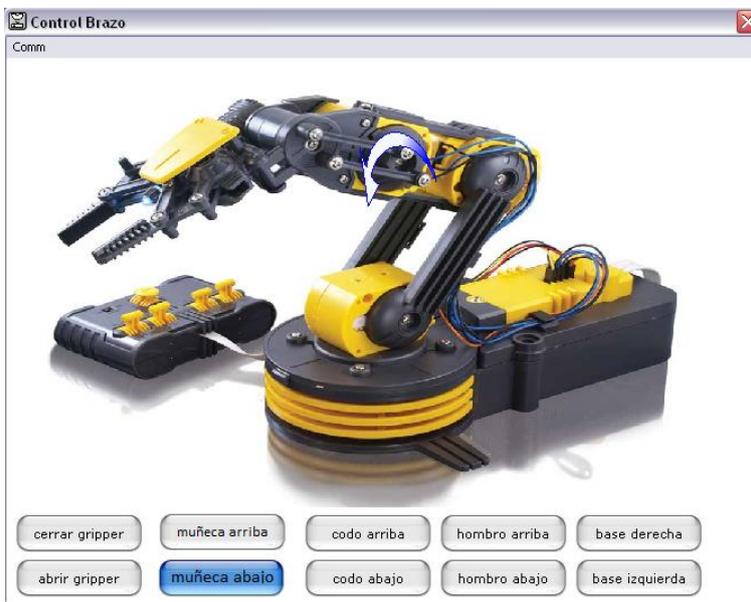
Botón: **Cerrar gripper (pinza).**- Este caso como el anterior el botón servirá para la acción contraria que es la de abrir las pinzas y poder soltar el instrumento tomado con anterioridad; de igual manera en la pantalla se observan las flechas pero esta vez en sentido contrario indicando que se está cerrando la pinza.



## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

### Botón: **Muñeca arriba.-**

Este botón su función es el de mover la muñeca de arriba hacia abajo en un movimiento de dirección de  $0^\circ$  a  $60^\circ$  o de  $-60^\circ$  a  $60^\circ$  hacia arriba; puede verse dicho movimiento en la pantalla con un una flecha simulando el movimiento, así mismo se observa físicamente.



### Botón: **Muñeca abajo.-**

El empleo de este botón es para mover hacia abajo la muñeca con un movimiento contrario de dirección que es de  $0^\circ$  a  $-60^\circ$  o de  $60^\circ$  a  $-60^\circ$ , hacia abajo; en la pantalla puede observarse una flecha que indica la dirección del movimiento, que en este caso es hacia abajo.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

Botón: **Codo arriba.**- Al accionar este botón se moverá el codo o la parte del antebrazo para deslizarlo hacia arriba; en la pantalla puede verse una flecha en la panta que indica que el movimiento lo está realizando hacia arriba; también lo puede observar físicamente.



Botón: **Codo abajo.**- Posteriormente si se acciona este botón codo o antebrazo bajara de la posición en la que se encontraba anteriormente; igual que en el anterior botón en la pantalla se muestra una flecha indicando que ahora el movimiento es contrario, es decir hacia abajo.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

Botón: **Hombro arriba.**

Este botón es el encargado de realizar el movimiento de hombro, el cual mueve el hombro con una libertad de 180° sobre los eje Y'-Y, Z'-Z; si se observa la pantalla puede notar una flecha indicando la dirección del movimiento que en este caso es hacia la arriba.

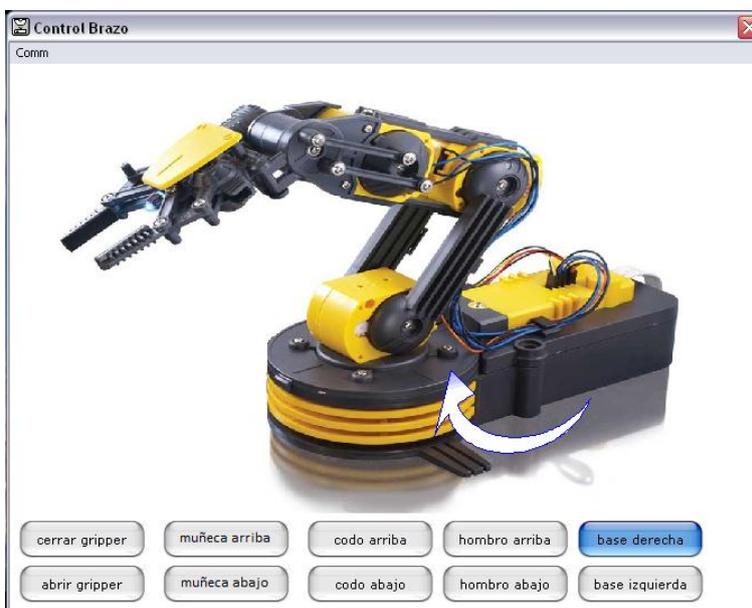


Botón: **Hombro abajo.**  
Igualmente que el anterior botón, este servirá para regresar o bajar el brazo a una posición inferior; si se observa la pantalla de igual manera aparece una flecha indicando la dirección del movimiento.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

### Botón: **Base izquierda.**

Este último botón y no por eso menos importante es que le da la libertad al brazo de moverse o girar de un punto hacia un punto a la izquierda; en la pantalla se puede observar una flecha indicando la dirección de este movimiento, en este caso es hacia la izquierda.



### Botón: **Base derecha.**

Accionando este botón se puede dar retorno en sentido contrario, de la izquierda a la derecha; en la pantalla se ve una flecha indicando el sentido en que está girando, que es a la derecha.

# CAPÍTULO 5

## EL BRAZO ROBOT

---

### 5.7.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ

La interfaz es la conexión entre la computadora y el equipo mecatrónico, dando una comunicación entre distintos niveles de acciones.

Interfaz como instrumento: desde esta perspectiva la interfaz es una "prótesis" o "extensión". Así, por ejemplo, la pantalla de una computadora es una interfaz entre el usuario y el disco duro de la misma, algunos consideran que la interfaz nos trasmite instrucciones que nos informan sobre su uso.

Es este caso la interfaz es la encargada de hacer la comunicación entre la PC y el "brazo robot"; en la PC se da las instrucciones en el programa Visual Basic v.6; estas instrucciones las recibe la interfaz en una señal digital, procesando esta información y la convierte en una señal analógica o en un pulso eléctrico que es el encargado de mover los motores.

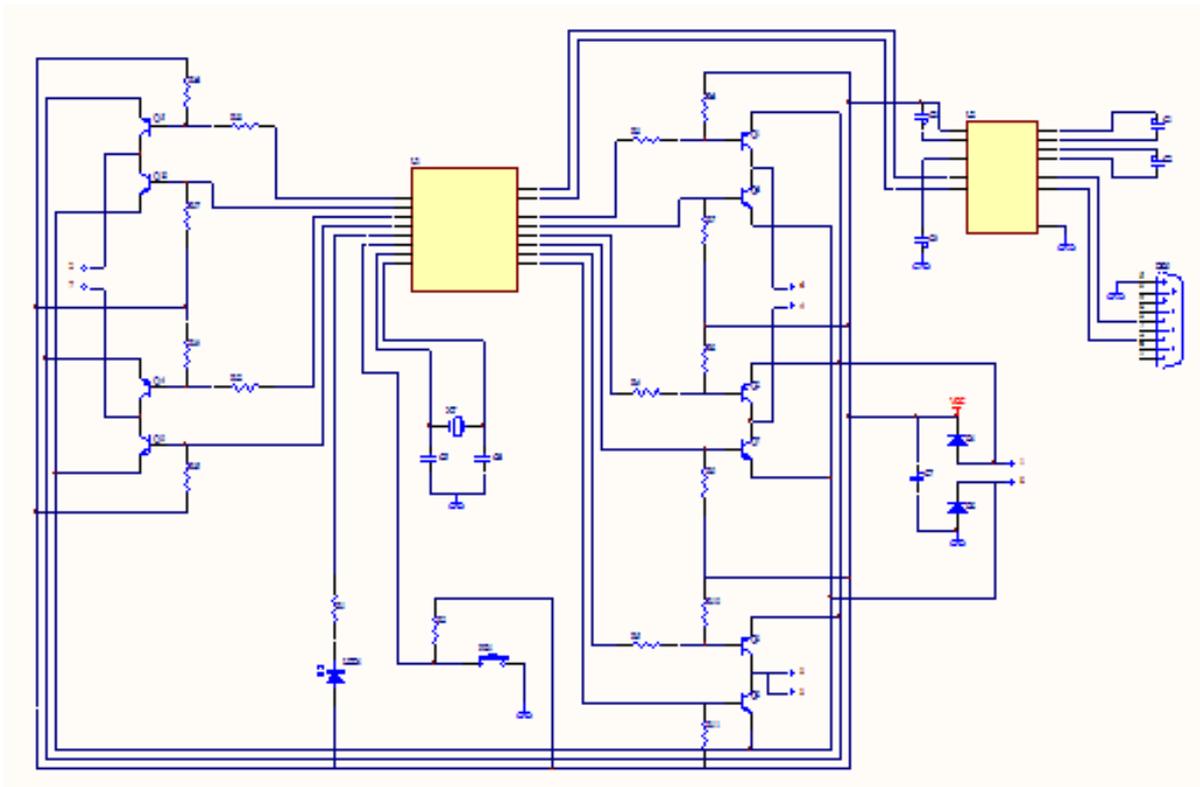


Figura 5.39 Diagrama esquemático del interface.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

---

### 5.7.1.2 LISTA DE MATERIALES DE LA INTERFACE “BRAZO ROBOT” (ver tabla 5.2)

En la siguiente tabla se describen los elementos utilizados en el diseño de la interface.

Componentes	Clave
Capacitor electrolítico de 22Uf a 50V	C1,C2,C3 y C4
Capacitor cerámico de 22pf	C5 y C6
Capacitor electrolítico de 100 Uf a 50V	C7
Diodo Rectificador 1N4001	D1,D2,D3 y D4
Conector DB9 para Circuito Impreso Hembra	DB9
Bornera Duplex	JP1,JP2,JP3 Y JP4
LED	L
Push Button	PB
Transistor Darlington PNP TIP125	Q1,Q2,Q3,Q4 y Q5
Transistor Darlington NPN TIP120	Q6,Q7,Q8,Q9 y Q10
Resistor 470 Ohms 1/4W	R1
Resistor 10 Kohms 1/4W	R2
Resistor 330 Ohms 1/4W	R3,R4,R5,R12 y R13
Resistor 22KOhms 1/4W	R6,R7,R8,R9,R10,R11,R14,R15,R16 y R17
Circuito Integrado, microcontrolador PICF627A	U1
Circuito Integrado, Interface MAX232N	U2
Cristal de cuarzo de 4MHz	XT

Tabla 5.2 Descripción de elementos utilizados.

## CAPÍTULO 5

### EL BRAZO ROBOT

---

La descripción del conector o pines que lleva el cableado es de la siguiente forma:

1. El cable número 1 va conectado a V+ a una corriente positiva de 3 volts, que es el encargado de dar una dirección a los motores.
2. En seguida va el cable número 2, este es que manda la señal de abrir o cerrar la pinza.
3. Siguiendo con el orden de cables pasamos al número 3 que es el encargado de mover el codo de brazo robot.
4. El cable número 4 tiene la función de mandar el pulso a la base para que este gire de izquierda a derecha o viceversa.
5. Este cable número 5 queda sin conectarse, pero en un futuro se le puede dar otra aplicación como la de encender un indicador de luz.
6. Siguiendo con el orden le toca al cable número 6, que es el encargado de proporcionar energía al motor del hombro.
7. El cable 7 tiene la función de hacer mover la muñeca del brazo robot.

Por último pero no por eso menos importante, va conectado el cable 8 a un voltaje negativo, que será de -3volts, este es el encargado de invertir la polaridad de los motores haciendo que giren en sentido contrario de las manecillas del reloj, haciendo la función contraria del cable número 1 que es positivo.

## CAPÍTULO 5 EL BRAZO ROBOT

Numeración y descripción de pines (ver figura 5.40), de cable plano:

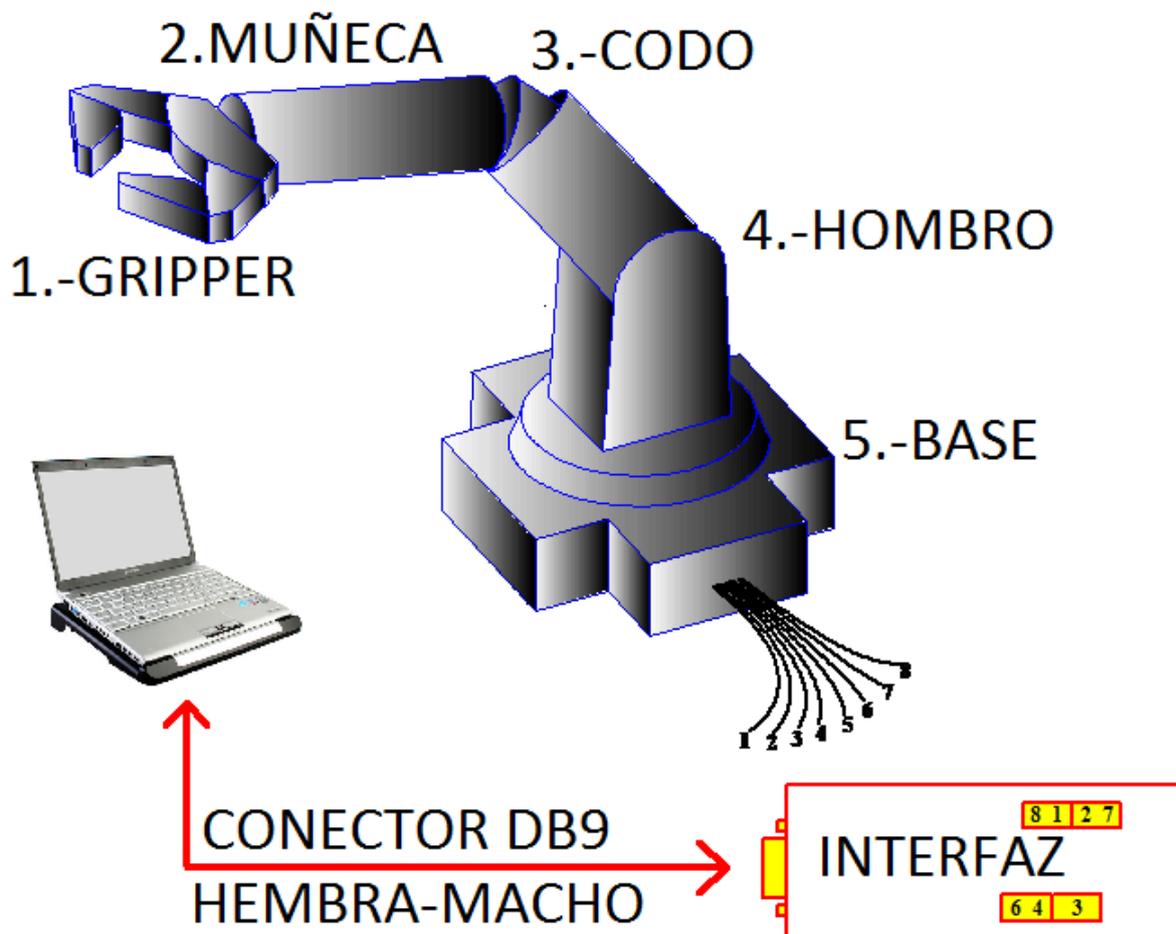


Figura 5.40 Diagrama pictórico.

## CONCLUSIONES

---

El prototipo de “Brazo robot” que se ha diseñado en este trabajo de tesis es muy apropiado para ser aplicado en cualquier industria en donde exista un laboratorio en donde se lleven a cabo repetitivamente pasos sucesivos de una operación determinada (de acuerdo con secuencia predeterminada, condición y posición), ya que los riesgos que se corren en el manejo de materiales peligrosos y delicados son elevados, poniendo en peligro a los operarios, estos riesgos van desde lesiones leves, quemaduras, inhalación de gases tóxicos, intoxicaciones, explosiones, exposición a radiación y hasta la pérdida de miembros, por mencionar algunos ejemplos.

Este robot giratorio o “Brazo robot” también conocido como manipulador es semiautomático, controlado por medio de botones los cuales se encuentran en la pantalla de una computadora personal (laptop).

Así mismo, la aportación de este trabajo consiste en el diseño e implementación del sistema para minimizar los riesgos laborales, en la práctica se puso como ejemplo el proceso de tomar un matraz con un líquido corrosivo, el cual tomarlo con la mano humana es de alto riesgo ya que podría derramarse y causarle quemaduras serias, por consiguiente este proceso es realizado por el “Brazo manipulador”, el cual con las pinzas toma el recipiente con el líquido peligroso, lo levanta llevándolo a la zona de mezcla vertiéndolo con otro ingrediente o producto, paso siguiente lo agita el tiempo necesario para incorporación de ambos materiales y ya finalizado el acto de mezcla deposita el matraz en la zona de proceso terminado; así evitando que las personas tengan contacto directo con las sustancias que pueden dañar a las personas aún usando equipo de protección.

## CONCLUSIONES

---

Esta aportación a la industria es de gran ayuda ya que evita los riesgos, permite eficientar los procesos de manipulación de materiales peligrosos, debido a su tamaño requiere de menor espacio y facilita su manejo.

El proyecto de “Brazo robot” fue realizado a la semejanza del brazo y cerebro humano, controlándolo por medio de una PC y una interfaz, que son los encargados de transferir la información al brazo robot el cual realiza las acciones de alto riesgo; la persona encargada estará manejando desde la PC evitando estar expuesta a los peligros en la zona de trabajo.

Cada uno de los movimientos independientes (giros y desplazamientos) que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los GDL de las articulaciones que lo componen. Puesto que las articulaciones empleadas suelen ser únicamente de rotación y prismáticas, con un solo grado de libertad cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones que lo componen.

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

## CONCLUSIONES

---

Un mayor número de grados de libertad conlleva un aumento de la flexibilidad en el posicionamiento del elemento terminal. Aunque la mayoría de las aplicaciones industriales requieren 6 GDL, como las de la soldadura, mecanizado y paletización, otras más complejas requieren un número mayor, tal es el caso en las labores de montaje. Si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot de grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubieran llegado con seis grados de libertad.

Otra situación frecuente es dotar al robot de un grado de libertad adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril aumentando así el volumen del espacio al que puede acceder. Tareas más sencillas y con movimientos más limitados, como las de la pintura y paletización, suelen exigir 4 o 5 GDL.

Observando los movimientos del brazo y de la muñeca, podemos determinar el número de grados de libertad que presenta un robot. Generalmente, tanto en el brazo como en la muñeca, se encuentra un abanico que va desde uno hasta los tres GDL. Los grados de libertad del brazo de un manipulador están directamente relacionados con su anatomía o configuración.

Así mismo dicho trabajo deja como experiencia personal el humanismo, preocuparse por la integridad física del personal, apoyándose en las nuevas y diferentes tecnologías que se desarrolla con el fin de ayudar a la evolución del ser humano sin dejar de lado los valores que se nos han inculcado en el hogar, en la escuela; sin interponer otros asuntos, ya sea capital, producción, ventas, ahorro de materia prima, etc., siempre y ante todo el humanismo, la persona por que ningún robot, computadora, máquina, equipo eléctrico electrónico podría funcionar sin el humano.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Baturone Ollero, Aníbal  
ROBOTICA MANIPULADORES Y ROBOTS MOVILES  
Alfa Omega Marcombo, 2001
2. Iñigo Madrigal Rafael / Enric Vidal Indiarte  
ROBOTS INDUSTRIALES MANIPULADORES  
Alfaomega, 2008
3. Nelly Rafael / Víctor Santibáñez  
CONTROL DE MOVIMIENTO DE ROBOTS MANIPULADORES  
Person, Prentice Hall,
4. Pel,z Georg  
SISTEMAS MECATRÓNICOS  
Limusa Wiley, 2006
5. Revista "SABER ELECTRONICA" No. De colección 120, Editorial Quark.

MESOGRAGÍA

<http://www.robotic.freeservers.com/index1.htm>