



# Manipulador neumático



# Serie: Recursos didácticos

Tapa:  
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada  
por el telescopio Hubble - NASA.



# a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**



# Manipulador neumático

Carlos Colombini,  
Ernesto Forgan,  
Enrique Martín,  
Graciela Pellegrino,  
Pablo Pilotto.

Colección Serie "Recursos didácticos".  
Director del Programa: Juan Manuel Kirschenbaum.  
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0538-7

Colombini, Carlos  
Manipulador neumático / Carlos Colombini; Ernesto Forgan; Enrique Martín;  
coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.  
- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la  
Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2006.  
124 p.; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 29)

ISBN 950-00-0538-7

I. Manipulador Neumático. I. Forgan, Ernesto II. Martín, Enrique  
III. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. IV. Título

CDD 621.51

Fecha de catalogación: 3/01/2006

Impreso en MDC MACHINE S. A., Marcelo T. de Alvear 4346 (B1702CFZ), Ciudadela,  
en marzo 2006

Tirada de esta edición: 2.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y de motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA –características físicas de los materiales de construcción–
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible
- 21 Generador eólico
- 22 Auto solar
- 23 Simuladores interconectables basados en lógica digital
- 24 Banco de trabajo
- 25 Matricería. Matrices y moldes
- 26 Máquina de vapor
- 27 Sismógrafo
- 28 Tren de aterrizaje
- 29 Manipulador neumático
- 30 Planta de tratamiento de aguas residuales



---

# LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
  - Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T- y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
  - Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
  - Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
  - Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.
- Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

**Programa 1.** Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

**Programa 2.** Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

**Programa 3.** Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

**Programa 4.** Educación para el trabajo y la integración social.

**Programa 5.** Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

**Programa 6.** Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

**Programa 7.** Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

**Programa 8.** Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

**María Rosa Almandoz**

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

# LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativas ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica –CeRET– y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearón la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

**Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

# LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

**1 Problemas tecnológicos en el aula.** En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.

**2 Encuadre teórico para los problemas.** En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

tecnológicos y conceptos científicos asociados.

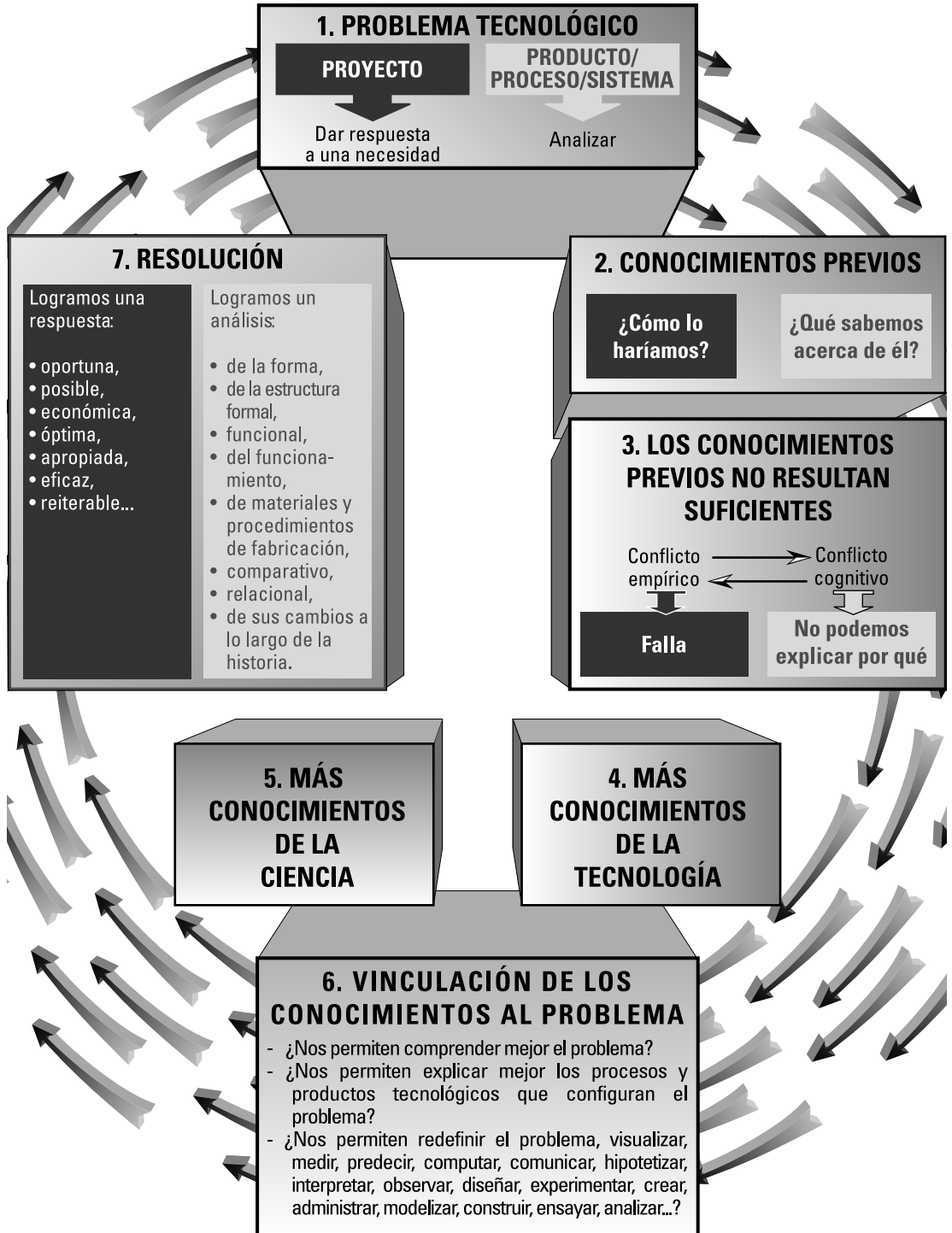
**3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.**

Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.

**4 El equipo en el aula.** En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.

**5 La puesta en práctica.** Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

nentes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

*Haydeé Noceti*

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".  
Centro Nacional de Educación Tecnológica







# 29. Manipulador neumático

Este material de capacitación fue desarrollado por:

Carlos Colombini,  
Ernesto Forgan,  
Enrique Martín,  
Graciela Pellegrino,  
Pablo Pilotto,

coordinadores de acciones de capacitación del Centro Nacional de Educación Tecnológica.

**Dirección del Programa:**  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Coordinación general:**  
Haydeé Noceti

**Diseño didáctico:**  
Ana Rúa

**Administración:**  
Adriana Perrone

**Monitoreo y evaluación:**  
Laura Irurzun

**Diseño gráfico:**  
Tomás Ahumada  
Karina Lacava  
Alejandro Carlos Mertel

**Diseño de tapa:**  
Laura Lopresti  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Retoques fotográficos:**  
Roberto Sobrado

Con la colaboración  
del equipo de profesionales  
del Centro Nacional  
de Educación Tecnológica



## Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	IV
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	VI
La serie “Recursos didácticos”.....	VII

<b>1 Problemas tecnológicos en el aula</b> .....	4
• El recurso didáctico que proponemos	
<b>2 Encuadre teórico para los problemas</b> .....	9
• Introducción a la automatización	
• Robots y manipuladores	
• Análisis de los componentes	
• Características de los robots y de los manipuladores	
• Programas de interfase	
• Criterios de almacenamiento	
• Gestión y planificación	
<b>3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo</b> .....	55
• El producto y los componentes	
• Los materiales, herramientas e instrumentos	
• El armado	
• El ensayo y el control	
<b>4 El equipo en el aula</b> .....	71
<b>5 La puesta en práctica</b> .....	84

# 1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

En nuestro país, la educación tecnológica es un área integrante del currículum escolar y se ha trabajado intensamente para que sus contenidos se enseñen y se aprendan en la escuela.

Y una de las maneras más eficaces de que los alumnos integren, consoliden y amplíen las capacidades del perfil profesional en el que se están formando, es a través de la realización de actividades de análisis de productos y de proyecto tecnológico, contando con los recursos didácticos apropiados.

José, el primo mayor de Jorge, desde hace algunos años se dedica a la venta de tornillos y tuercas en una bulonera en Bahía Blanca.

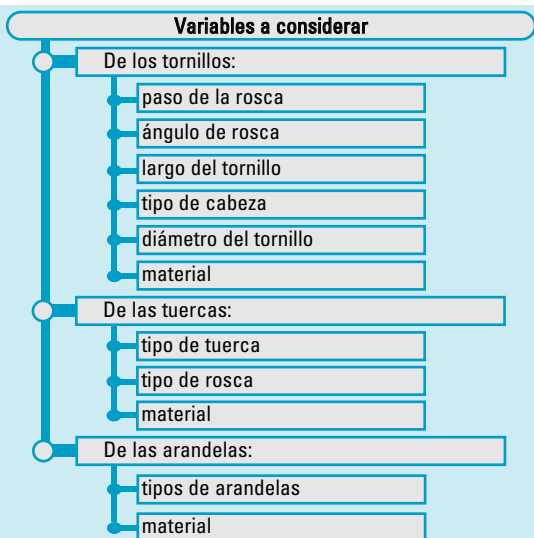
Jorge -quien fuera un excelente alumno de una escuela técnica-, tras un año de infructuosa búsqueda de trabajo, decide ofrecerle sus servicios a su primo, con la siguiente propuesta: Hagamos de la bulonera un lugar de excelencia, que sirva de referente a las demás casas del ramo; un espacio donde se pueda conseguir aquel tornillo difícil, que haga que los demás digan: "Si José no lo tiene, entonces no existe."

Para satisfacer este anhelo, Jorge y José ponen manos a la obra y comienzan a analizar la variedad de elementos que deben considerar.

Se les presentan, entre otras, las siguientes variables:

En este caso, el recurso didáctico que presentamos es un manipulador, utilizado muy frecuentemente en las técnicas de automatización -sobre todo, en la rama de la automatización industrial-, para la realización de diversas tareas, casi todas ellas referidas al transporte y al almacenamiento de piezas.

Consideremos algunos ejemplos de situaciones problemáticas que un profesor de la educación técnico-profesional podría plantear a sus alumnos, para resolver las cuales podría resultar de utilidad integrar el manipulador:



Una vez efectuado este análisis, José concluye:

- Es imposible hacerlo en este local; deberíamos triplicar la cantidad de estanterías y ya no queda espacio. La inversión sería demasiado costosa para mí.

La mesa de entradas de una gran empresa recibe la correspondencia y tiene casilleros, en el que cada casilla corresponde a una dependencia.

Actualmente, la distribución en los casilleros se hace en forma manual, tarea que, a veces demora demasiado tiempo. Por esto, se desea automatizar la distribución y el almacenamiento de la correspondencia.

¿Cómo podría direccionarse el casillero destino? Si alguna dependencia no retira su correspondencia y ésta se llena, ¿cómo detectar esta situación y qué sería conveniente hacer?

El sector de distribución de medicamentos del *Laboratorio Farma*, arma el pedido de sus clientes (farmacias y centros de salud) en forma manual, tarea que es encarada por dos operarios.

Como, a veces, hay errores en el medicamento solicitado o en la cantidad pedida, las quejas se han ido sumando, ocasionando pérdida de tiempo, esfuerzo y dinero; a veces, incluso, el envío es rechazado por completo -esto es, las farmacias devuelven el pedido sin la mención de qué fue enviado equivocadamente-; y, entonces, es necesario revisar nuevamente lo solicitado, realizar las correcciones pertinentes y volverlo a remitir.

El laboratorio elabora 10 productos diferentes y, a su vez, cada producto tiene más de una presentación (por ejemplo: cajas con 10 o 20 comprimidos, comprimidos de 5, 10 o 20 mg. de la droga base, jarabes de 50 y 100 ml, etc.) y cada una de éstas está envasada en una caja de diferente tamaño.

En *Farma* están estudiando la factibilidad de automatizar el pedido de cada cliente.

¿Cómo podría automatizarse esta tarea? A los efectos de evitar errores, ¿se podría hacer algún tipo de control adicional?

Mediante un dispositivo adecuado, el motor eléctrico de un ascensor de seis niveles, transforma su movimiento de rotación en desplazamiento lineal.

A lo largo de ese desplazamiento lineal hay 6 fines de carrera que conmutan sus contactos en 6 lugares diferentes; a cada uno de ellos se lo denomina: lugar A, lugar B, lugar C, lugar D, lugar E, lugar F.

Al dispositivo de control llegan las 6 señales de los fines de carrera; pero, sólo una está informando eléctricamente de la posición actual. También llega a él la señal de mando de dónde ir.



Modo de trabajo	Política
Estibador	Direccionamiento único. Modo de seguimiento.
Asignación de ubicaciones de almacenamiento	Asignación aleatoria. Tiempo de procesamiento más breve.  Pauta de búsqueda: columna más cercana, primero.  Pauta de búsqueda: fila más cercana, primero.  Asignación de zona basada en la relación entrada-salida.
Secuenciado de pedidos y retiros	Atender primero al primer pedido llegado. Tiempo más breve de terminación. Tiempo más breve de terminación con prioridad de salida.

## El recurso didáctico que proponemos

El equipo que le proponemos integrar en sus clases consiste en una serie de actuadores neumáticos y eléctricos, cuyos movimientos combinados permiten al conjunto (manipulador) posicionarse en un lugar determinado. Presenta, también, un sector de almacenaje -storage- con 18 casilleros: 2 de ellos sirven como zonas de carga/descarga, y los 16 restantes como depósito conformado por 4 filas y 4 columnas.

La "tarea" de nuestro manipulador neumático consiste en:

- tomar una pieza desde un lugar de carga y depositarla en una determinada ubicación en el sector de almacenamiento; o bien

- recoger una pieza desde algún sitio en el sector de almacenaje y depositarla en la zona de descarga.

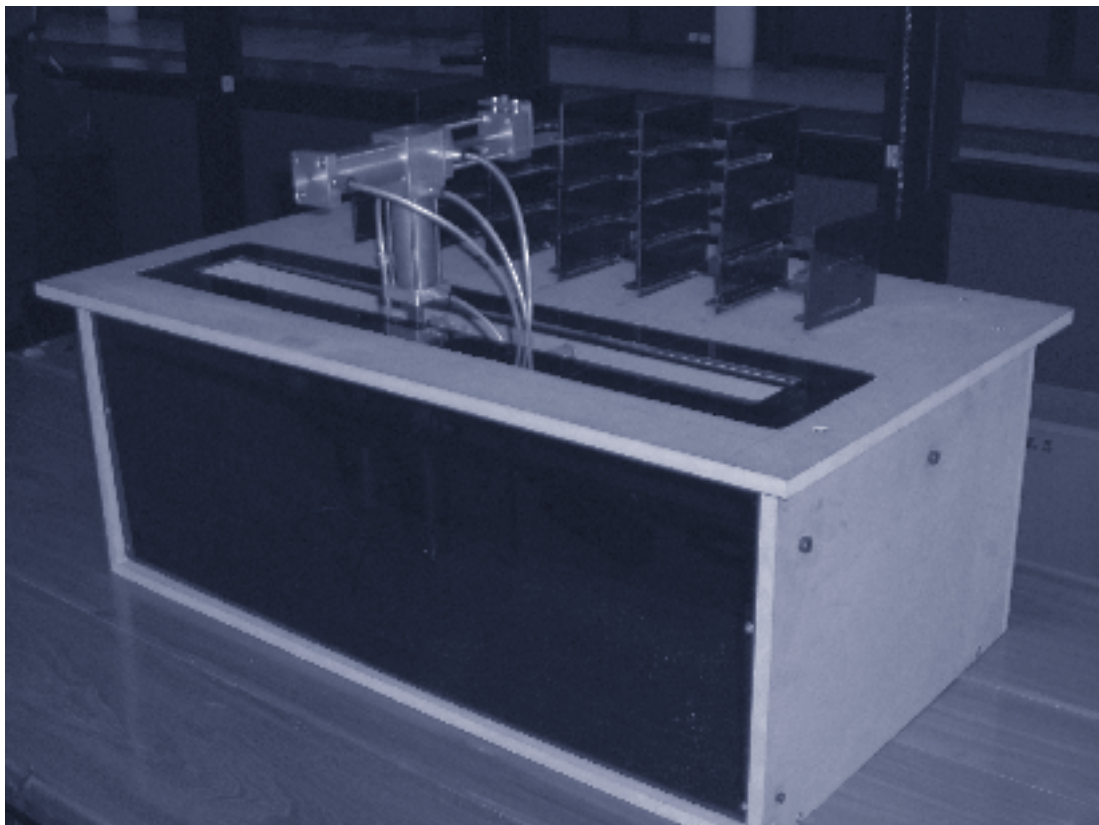
Para su operación, es necesario determinar ciertos criterios respecto de cuál es el orden adoptado para guardar los elementos o piezas; por ejemplo, si, en el modo de espera, se debe mantener la última posición alcanzada por el manipulador, si se lo hace volver a una de las zonas de carga/descarga o si se lo ubica en una posición intermedia...

Para provocar el desplazamiento -en sentido longitudinal, en altura, en profundidad- y los movimientos de soltar y recoger las piezas, necesitamos controlar a nuestros dispositivos actuadores, manteniendo, en algunos casos,



una determinada secuencia de movimientos. Por ejemplo, no podremos dar la orden de recoger una pieza si previamente no hemos llegado al lugar donde dicha pieza se encuentra depositada.

La realización de este modelo puede servir para la integración de diferentes áreas, ya que, en torno a él se integran conceptos referidos, por ejemplo, a mecánica, electricidad, electrónica, mecanizado, diseño, gestión, etc.



## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

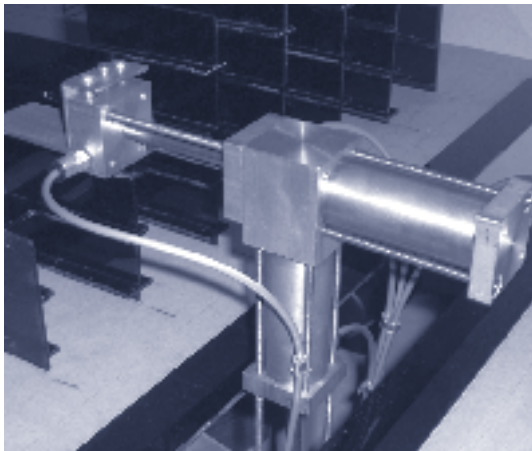
En este capítulo vamos a plantear los conceptos que sirven de sustento teórico a la hora de encarar una solución a las situaciones problemáticas planteadas, a través del diseño y de la construcción de un manipulador neumático.



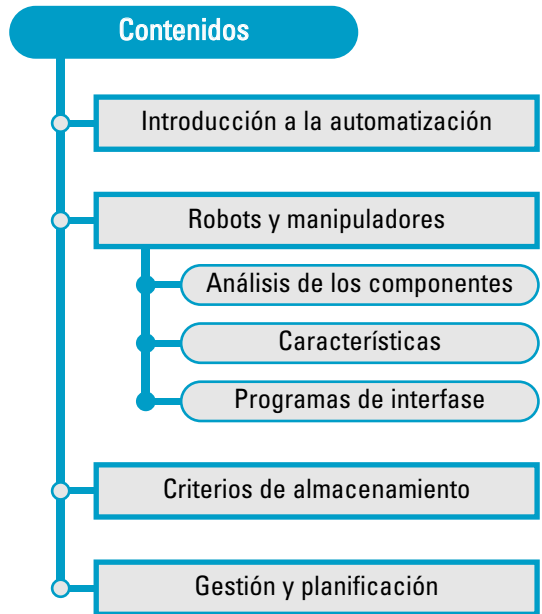
El **manipulador** que proponemos, utiliza la eléctrica y la neumática como fuente de energía para la ejecución de los movimientos necesarios.

Como elementos accionados por aire comprimido, integra actuadores, con sus correspondientes válvulas de control, las que realizan los posicionamientos -en altura y profundidad- de los objetos.

En cuanto a los dispositivos eléctricamente comandados, el equipo cuenta con un motor eléctrico que se encarga del movimiento transversal del conjunto.



Los contenidos que nos permiten comprender la función, el funcionamiento y la aplicación, tanto de los componentes individuales como del equipo manipulador neumático en su conjunto, son:



### Introducción a la automatización

La **automatización industrial** implica el conjunto de procesos o procedimientos que se lleva a cabo en una fábrica o industria determinada sin la intervención humana -sea ésta específica o permanente- sino, únicamente, con la acción directa de dispositivos eléctricos, neumáticos, mecánicos e hidráulicos.

Esta acción se implementa utilizando un programa de instrucciones combinado con un sistema de control -que ejecuta las instrucciones- y un sistema de monitoreo que, permanentemente, hace el seguimiento de los procesos involucrados.

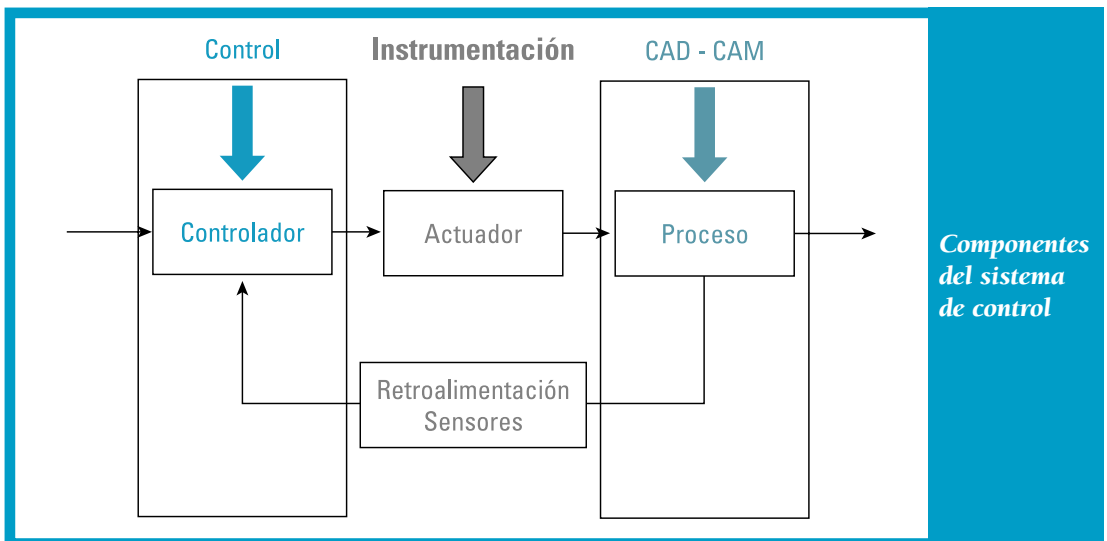
Frente a aquellos que no lo son, los procesos automatizados presentan: uniformidad en la calidad del producto, alta productividad, reducción de costos de fabricación, velocidades de trabajo constantes y elevadas, además de la disminución de riesgos laborales en los operarios -debido a la integración de máquinas o dispositivos para la realización de tareas tediosas, repetitivas, peligrosas, contaminantes, sucias, de manipulación de cargas pesadas-.

En general, en un proceso de producción automatizado, podemos distinguir diferentes estadios o ciclos, desde la llegada de la o de

las materias primas -piezas, materiales-, su transporte, provisión a las diferentes etapas del proceso, mecanizado o elaboración, montaje, retiro de las piezas producidas, etc., hasta el almacenamiento, y posterior distribución o expedición.

En cada uno de estos ciclos se involucra un proceso de manipulación, ya sea de objetos, piezas, materiales y/o herramientas. Todo proceso automatizado requiere, también, de las funciones de supervisión, control y regulación.

Para el desarrollo de cada uno de estos ciclos, el sistema automatizado requiere una potencia determinada que permita la ejecución de los diferentes procesos; y, para la alimentación y operación del conjunto, le resulta imprescindible contar con un adecuado programa de instrucciones para el control y el seguimiento de los diferentes procesos, y de un sistema que interprete estas instrucciones y dé las órdenes correspondientes a los sistemas técnicos gobernados.



**Controlar un proceso** no sólo significa tener la decisión para arrancarlo y detenerlo, sino, también, la de regular y mantener una variable dentro de parámetros determinados, en función de las señales recibidas, de modo tal de lograr la respuesta esperada del dispositivo controlado; y que esta respuesta sobre los dispositivos actuadores (válvulas, motores, bombas, calefactores, etc.) sea instantánea, ante la menor alteración de las variables o parámetros prefijados de entrada.

## Un poco de historia

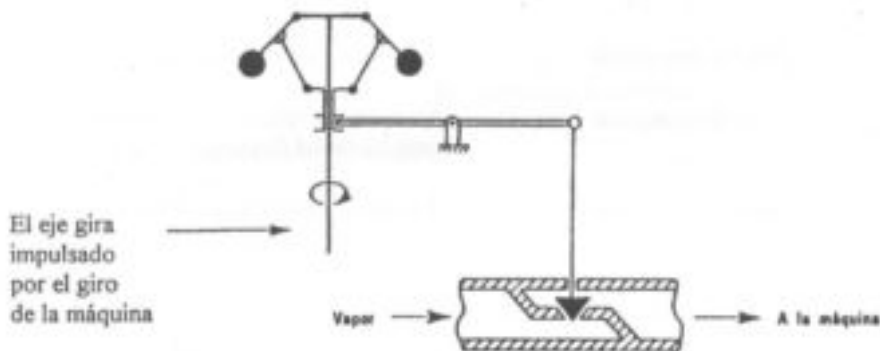
Para encontrar los orígenes de un sistema automático de aplicación industrial, debemos retrotraernos hacia fines del siglo XVIII. En ese entonces, hace su aparición el "Regulador de Watt" (1778), utilizado para controlar la velocidad de rotación de máquinas accionadas por vapor, que, luego, da origen a una enorme cantidad de aplicaciones prácticas. Recién casi un siglo después, se esbozan los primeros desarrollos teóricos a partir del "Regulador centrífugo de Maxwell" (1868).

El siglo XX trae importantes avances en los procesos automatizados. Como los procesos continuos requieren mantener las variables del sistema dentro de ciertos rangos para obtener un producto adecuado al diseño, el control de estas variables -en principio- es realizado por el operario, en forma manual. Este operario

conoce el valor deseado de la variable a controlar y toma decisiones para hacer mínimo el error (generalmente, a través del control sobre válvulas), efectuando "a mano" lo que hoy conocemos como sistema realimentado o de lazo de control cerrado. Luego, al complejizarse los procesos y al aumentar la produc-

Un **sistema realimentado** o de lazo de control cerrado es aquel en el que la información que da la salida del sistema tiene influencia sobre la entrada; si existe desviación entre la salida real y la deseada, el sistema de control efectúa los ajustes necesarios para que la salida real se aproxime lo más posible a la salida deseada.

### Regulador de Watt



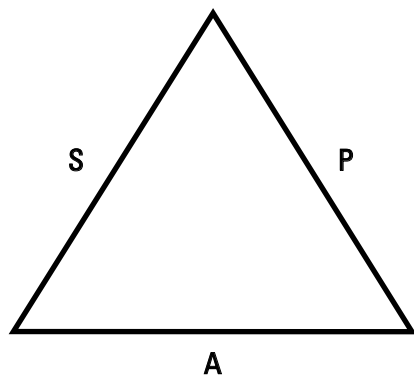
ción, este tipo de "tareas humanas o manuales" pasa a realizarse con elementos y dispositivos mecánicos. La introducción, en principio, de instrumentación neumática y, posteriormente, las transformaciones de la electrónica impactan fuertemente en el desarrollo de la medición y el control automáticos.

El mando automático, se presenta, entonces, como un control lógico aplicado a variables discretas (ON/OFF, 0/1, Encendido/Apagado) o bien como un control secuencial que reacciona ante el cumplimiento de etapas o fases previas del proceso. Estos modos de control -también llamados de **control discontinuo**- son, aún hoy, comunes en la mayoría de las industrias, puesto que muchas máquinas y procesos están constituidos con unidades que sólo pueden estar en una de dos condiciones, controladas por un gran número de operaciones simples y pasos de una secuencia. El diseño de este tipo de controles se basa en la combinación de relés, sistemas electromecánicos, sistemas lógicos neumáticos o hidráulicos, controladores lógicos programables, etc.

A diferencia de éste, el **control continuo o análogo** usa, directamente, señales tomadas de sensores y maneja salidas asociadas (actuadores) tales como válvulas, bombas, calefactores, etc. Estos actuadores pueden ser de variación continua o, simplemente, elementos de encendido/apagado en tiempo proporcional. El procesamiento realizado por este tipo de control sobre la señal de entrada depende del proceso involucrado; pero, típicamente, utiliza amplificación y alguna forma de funciones matemáticas, tales como integración, para efectuar el cambio deseado

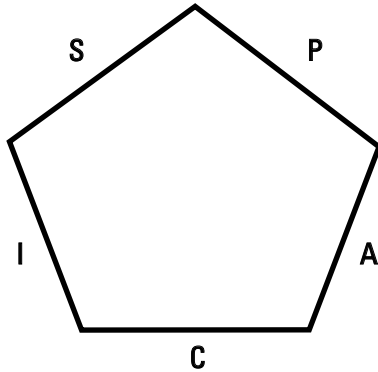
sobre los elementos de salida. Los controladores continuos pueden incluir sistemas electrónicos analógicos, computadoras y microprocesadores.

El desarrollo tecnológico sigue incorporando cambios en los procesos. Ya no alcanza con, por ejemplo, tener el control sobre un determinado dispositivo o máquina, sino que se hace necesario almacenar datos, intercambiar información entre las diferentes máquinas componentes del proceso productivo, enviar o recibir órdenes, etc.; y esto requiere algo más que el *triángulo de la automatización SPA*.



- S.** Técnica de sensores: emisores de señal: pulsadores, interruptores, detectores, sensores, etc.
- P.** Técnica de procesadores: relés, temporizadores, memorias, PLC, etc.
- A.** Técnica de actuadores: actuadores hidráulicos y/o neumáticos, motores, bombas, etc.

Se hace imprescindible tener en cuenta la comunicación entre el hombre y la máquina, y, además, la comunicación entre sistemas de control de las diferentes máquinas, dando lugar a lo que se conoce como *pentágono de la automatización SPACI*.



- S. Sensores
- P. Procesadores
- A. Actuadores
- C. Comunicación
- I. Información

En este avance, la informatización -tecnología informática- tiene un rol fundamental, permitiendo que, en un solo sistema, estén incluidos los distintos modos de control: analógico, lógico y secuencial, posibilitando la comunicación entre ellos y, además, integrando a los sistemas administrativos y gerenciales de las empresas.

Cada uno de estos avances tecnológicos, concretados a lo largo del tiempo, permite que los automatismos reemplacen la tarea realizada por el hombre; principalmente -como decíamos- aquellas acciones tediosas, repetitivas, perjudiciales o de

Su incidencia no sólo se registró en los procesos productivos industriales sino también en tareas domésticas -pensemos, por ejemplo, en un lavavropas automático o en tareas sociales -como el ordenamiento del tránsito con semáforos-.

alto riesgo para la salud, etc.

Estos grandes cambios son impulsados por el deseo del hombre de hacer los procesos cada vez más automáticos, propiciando una participación humana cada vez menor desde lo manual pero mayor desde lo intelectual. Además de la diversificación de los productos para adaptarse a las necesidades de los clientes, de la exigencia de calidad superior y de la cantidad de productos necesarios, con el auge de nuevas industrias el mercado se hace competitivo.

En este momento de las transformaciones, la introducción de la robótica en los procesos del mundo del trabajo modifica profundamente el concepto de automatización industrial, al permitir la integración de robots y demás elementos componentes del sistema, a tareas variadas, dando lugar a lo que se conoce como **sistemas de manufactura flexible** -FMS; *Flexible Manufacturing Systems*-. En ellos, un grupo de máquinas es controlado por computadoras y/o sistemas automáticos, y puede realizar movimientos, carga, descarga de materiales, mecanizados, etc., controlados por una computadora "maestra". En un sistema flexible existe la posibilidad de distinguir entre diferentes productos, poder cambiar los procesos realizados sobre éstos -las secuencias de fabricación establecidas o la cantidad requerida-, procesar diferentes tipos de piezas en un modo de producción que no sea por lotes, etc.

Sin embargo, y por ahora, el hombre sigue siendo quien comanda la máquina.

Un sistema de fabricación flexible -FMS- se puede concebir como una celda de maquinaria del tipo *tecnología de grupo* -GT; *Group Technology*- altamente automatizada, conectada por un sistema de transporte y almacenamiento de material y controlada por un sistema distribuido de computadoras.

Un FMS es llamado flexible debido a que es capaz de realizar distintas piezas o productos diferentes de forma simultánea, en sus estaciones de trabajo<sup>1</sup>.

## Robots y manipuladores

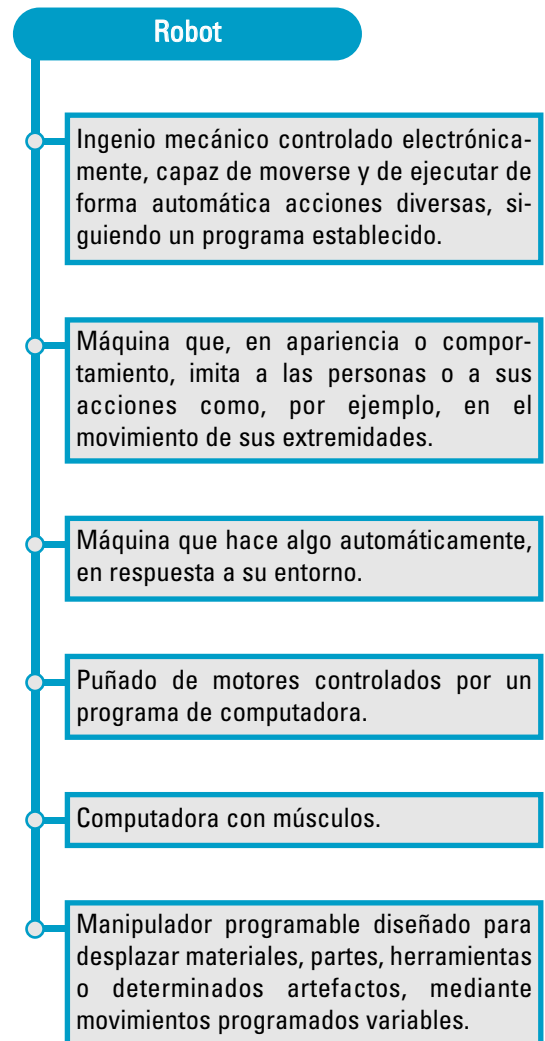
La palabra **robot** es utilizada por primera vez en una obra de teatro escrita por el checo Karen Capek y estrenada en el año 1921 en el Teatro Nacional de Praga. La obra se llamaba *Rossum's Universal Robot -Los robots universales de Rossum-* y presenta la historia de un hombre que fabrica robots; en una parte de la trama, éstos toman el poder, matan a casi todos los seres humanos y destruyen el secreto de su construcción (¿Serían los albores de la ciencia-ficción?). *Robot* proviene, así, de la palabra eslava *robota*, que significa trabajo

<sup>1</sup> García Jiménez, Raúl; Grillo Perelló, Joan. "Sistemas de fabricación flexible; FMS. *Flexible Manufacturing Systems*". Universidad de las Islas Baleares. Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática.  
[http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms\\_grillo\\_garcia.pdf](http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms_grillo_garcia.pdf)

forzado o duro.

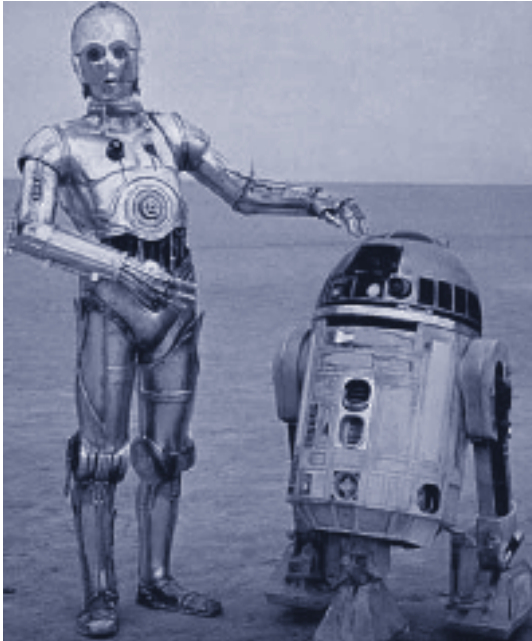
No existe una definición exacta de robot; o, mejor dicho, podemos encontrar varias y todas aceptables. Ante una consulta al respecto, Joseph Engelberg, especialista en robótica industrial dijo: "Puede que no sea capaz de definirlo, pero sé cuándo veo uno".

Le acercamos algunas de las definiciones:





Solemos asociar la palabra *robot* a una máquina con semejanza humana; este tipo de robot es el que se denomina **androide**. Sin embargo, con excepción de las exposiciones, ferias o películas de ciencia-ficción, difícilmente encontremos algo similar.



Porque, el **robot industrial** que podemos observar hoy en día, está diseñado y producido sobre la base de las necesidades del sistema y del producto a elaborar o manipular, y difícilmente reproduzca a un ser humano. Se emplea directamente en los procesos de fabricación o manipulación, funciona de manera automática y es controlados por computadoras. Este tipo de robot es muy utilizado en las industrias de diferentes países; y es en el Japón y en los Estados Unidos donde la cantidad de robots empleada es mayor. Considerando todos los tipos de robots, Japón consume y fabrica más del 40 % del total a nivel mundial -en la actua-

lidad, más de 35.000-, EEUU supera los 11.000, y le siguen Alemania e Italia con cifras cercanas a los 10.000 y 50.000, respectivamente.



Existen ciertas dificultades a la hora de ajustar una definición acerca de qué es un robot industrial. La primera de ellas surge entre el mercado japonés y el euroamericano en los que no siempre se diferencia claramente qué es un robot y qué es un manipulador: mientras para los japoneses un robot industrial es todo dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles destinado a la manipulación, el mercado occidental es más restrictivo y plantea una mayor complejidad, sobre todo en lo relativo al control.

Las transformaciones en la robótica, por su parte, han ido obligando a diferentes actualizaciones de su definición.



## Definiciones de robot industrial

Para la Asociación Japonesa de Robótica Industrial -JIRA; *Japanese Industrial Robot Association*-:

- Los robots son "dispositivos capaces de moverse de un modo flexible, análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo operaciones en respuesta a las órdenes humanas".

La definición más comúnmente aceptada, posiblemente es la de la Asociación de Industrias Robóticas de EEUU -RIA; *Robotic Industries Association*<sup>2</sup>-, según la cual:

- Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

La definición japonesa es muy amplia, mientras que la definición norteamericana es más concreta. Por ejemplo, un robot manipulador que requiere un operador "mecánicamente enlazado" a él se considera como un robot en Japón, pero no encuadra en la definición de la RIA; por su parte, una máquina automática que no es programable se ajusta a la definición japonesa y no a la norteamericana. Una ventaja de la amplia definición japonesa es que muchos dispositivos automáticos cotidianos son llamados robots en Japón; y, como resultado, los japoneses han aceptado al robot en su cultura mucho más fácilmente que los países occidentales.

Frente a esta discrepancia, la definición de la Asociación de Industrias Robóticas es la aceptada internacionalmente. Esta definición, ligeramente modificada, ha sido adoptada por la Organización Internacional de Estándares -ISO, que define al robot industrial como:

- Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas.

En esta definición se incluye la necesidad de que el robot tenga varios grados de libertad.

Una definición más completa es la establecida por la Asociación Francesa de Normalización -AFNOR- que, inicialmente, define al manipulador y, basándose en esta conceptualización, caracteriza al robot:

- **Manipulador:** Mecanismo formado, generalmente, por elementos en serie articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante un dispositivo lógico.
- **Robot:** Manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente, tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y, ocasionalmente, de percepción del entorno.

<sup>2</sup> [www.roboticsonline.com](http://www.roboticsonline.com)

Por lo general, su uso es para realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

Por último, la Federación Internacional de Robótica -IFR; *International Federation of Robotics*<sup>3</sup>- distingue entre robot industrial de manipulación y otros robots:

- Por robot industrial de manipulación se entiende una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes eta-

pas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento.

En esta definición se debe entender que la reprogramabilidad y la multifunción se consiguen sin modificaciones físicas del robot.

Común a todas las definiciones anteriores es la aceptación del **robot industrial** como un "brazo mecánico" con capacidad de manipulación y que incorpora un control más o menos complejo. Un **sistema robotizado**, en cambio, es un concepto más amplio; engloba todos aquellos dispositivos que realizan tareas de forma automática en sustitución de un ser humano, y que pueden incorporar o no a uno o varios robots -siendo, esto último, lo más frecuente-.

Existen otros robots que pueden desplazarse siguiendo órdenes de un programa. Son los llamados robots móviles que se emplean para el transporte de piezas, entre las diferentes estaciones de producción o bien para el acceso, investigación en lugares de acceso difícil o peligroso, en tareas de salvataje (por ejemplo, rescates en minas o submarinos), etc.



**Robot móvil con patas**



**Robot móvil con ruedas**

También podemos clasificar dentro de los robots a aquellos mecanismos o dispositivos mecánicos y electrónicos destinados a suplantar alguna parte u órgano del cuerpo humano. Son los denominados **robots de uso médico**; éstos posibilitan la realización, con cierta precisión, de los movimientos o funciones de las partes que sustituyen. Entre ellos podemos encontrar una amplia gama, desde los controlados con motores o dispo-

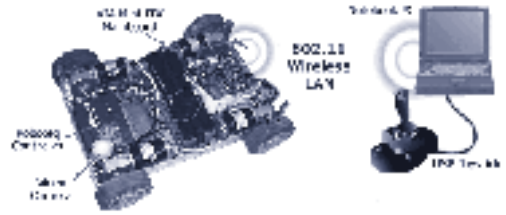
<sup>3</sup> [www.ifr.org](http://www.ifr.org)

sitivos electrónicos hasta aquellos comandados por impulsos nerviosos del propio ser humano.



**Robot de uso médico**

Hay muchos "parientes de los robots" que no encajan exactamente en una definición precisa. Un ejemplo son los **teleoperadores** que, dependiendo de cómo se defina un robot, pueden o no clasificarse como tales; cuando son considerados robots, suelen denominarse telerobots. Los teleoperadores se controlan remotamente por un operador humano; cualquiera que sea su clase, son muy sofisticados y extremadamente útiles, y actúan en entornos peligrosos tales como con residuos químicos y en la desactivación de bombas.



**Robot teleoperado RoboteQ. [www.roboteq.com](http://www.roboteq.com)**

Entre los **robots industriales** -en especial, considerando aquellos empleados como maquinaria para la automatización-, es posible reconocer:

### Robots industriales

Manipuladores

Robots propiamente dichos

**Manipuladores.** Cuando movemos (trasladamos, giramos, distribuimos, sujetamos, posicionamos, etc.) piezas, materiales o herramientas, estamos hablando de manipulación. Un elemento mecánico de manipulación puede realizar cierta cantidad "limitada" de movimientos o funciones; por eso, a veces, se hace necesario recurrir a varios elementos de manipulación, para llevar a cabo un determinado procedimiento.

El manipulador más complejo y veloz que existe es la mano del ser humano -a pesar de tener sus limitaciones en cuanto a operar con determinados pesos y tamaños-.

**Manipulador** es, en general, un dispositivo mecánico capaz de reproducir los movimientos humanos para el manejo de objetos. En particular, esta denominación suele referirse a los elementos mecánicos de un robot que producen su adecuado posicionamiento y operación. La energía de movimiento puede provenir de un fluido -en estado líquido o gaseoso- que presiona sobre émbolos (manipuladores hidráulicos o neumáticos) o bien por energía eléctrica que mueve motores (manipulador eléctrico).

Los manipuladores son sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control que permite gobernar el movimiento de sus elementos. El sistema de control se realiza de los siguientes modos:

- **Manual.** El operario controla directamente la tarea del manipulador; se trata, generalmente, de unidades de desplazamiento, utilizadas en tareas de manipulación -por ejemplo, de sustancias peligrosas, elementos pesados, etc-.
- **Teleoperado.** El manipulador es controlado a distancia (telemando); por ejemplo, para el manejo de materiales radioactivos que se encuentran en el interior de algún recinto, como el reactor de una usina nucleoelectrica o laboratorio.
- **Por secuencia fija.** En ellos se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente. Las secuencias y/o los desplazamientos son fijos y dependen de un programa que solamente puede modificarse mediante intervención mecánica.
- **Libremente programable.** En ellos, se

pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Las tendencias actuales de los manipuladores son:

- Racionalización de la composición mecánica, para reducir el peso cuando está inactivo.
- Fabricación de manipuladores más flexibles, para satisfacer una amplia variedad de soluciones y el cumplimiento de las demandas de los clientes, para lograr cronogramas de entregas más rápidos.
- Alcance de altas prestaciones respecto del radio de acción y de la carga máxima soportada, sin aumentar los esfuerzos de manipulación o maniobrabilidad.
- Utilización de componentes de máxima calidad, los mejores materiales disponibles y soluciones con tecnologías de avanzada.

**Robots propiamente dichos.** Se trata de dispositivos manipuladores que, generalmente, poseen más grados de libertad que los manipuladores y que suelen ser reprogramables sin la necesidad de efectuar modificaciones físicas en el robot.

Pueden ser:

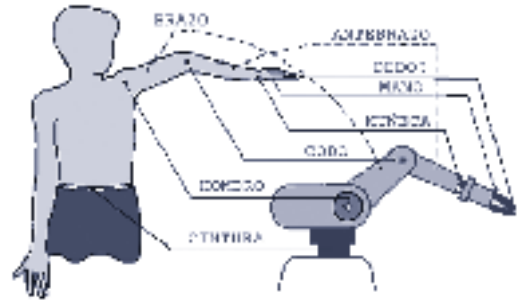
- **De repetición.** Aquellos en los cuales el operario ejecuta una determinada secuencia de movimientos, ya sea utilizando un joystick, la propia mano del robot, un maniquí, etc. Estos movimientos son "aprendidos" por el manipulador

y, luego, repetidos.

- **Controlados por controlador.** En este caso, no es necesario mover ningún elemento de la máquina. Los movimientos se programan desde una PC, mediante instrucciones adecuadas a cada tipo de aplicación.
- **Inteligentes.** Son aquellos que tienen en cuenta su entorno a través de sensores y que, además, son capaces de tomar decisiones en tiempo real. Estas decisiones pueden hacer que varíe el programa que se les ha establecido; resultan, así, auto-programables. Dentro de este grupo también podemos mencionar a aquellos controlados por técnicas de inteligencia artificial, con un grado de movilidad superior, y que en la actualidad tienen un uso que está limitado a las industrias militares y aeroespaciales.

## a. Estructura

Si observamos físicamente a un robot o a un manipulador, podemos llegar a la conclusión que, en la mayoría de los casos, se puede establecer con él una analogía a alguna de las partes del cuerpo humano; por esto, al mencionar sus partes constitutivas, se las nombra como mano, muñeca, brazo, codo, hombro, cintura, etc.



## Análisis de los componentes

### Componentes de robots y manipuladores

a. Estructura

b. Transmisiones

c. Actuadores

d. Sensores y detectores

e. Elementos terminales: Pinzas

En el caso del recurso didáctico **Manipulador neumático** que proponemos, se trata de un manipulador que tiene la posibilidad de movimientos lineales en los tres ejes ortogonales (X, Y y Z).

La posibilidad de realizar movimientos y la complejidad que éstos logren está dada por lo que llamamos dispositivos actuadores, articulaciones y mecanismos de transmisión.

Sin embargo, para que estas partes puedan moverse, necesitamos la asistencia de algún elemento que ordene los movimientos. Esto es lo que denominamos *mando o controlador*. Este componente del sistema robótico puede tener la capacidad de procesar datos, almace-

nar programas y comunicarse con otras máquinas-herramientas.

Dependiendo de la cantidad de parámetros que el controlador pueda comandar, encontramos diferentes tipos:

- **de posición**, que sólo pueden intervenir en la posición del elemento final o *gripper*,
- **cinemáticos** que, además, controlan su velocidad de desplazamiento,
- **dinámicos**, que suman a las características de los anteriores la posibilidad de controlar propiedades dinámicas del manipulador, y
- **adaptativos**, que no sólo permiten un control dinámico del manipulador sino que, además, tienen en cuenta cómo cambian las características del manipulador al variar éste su posición.

La forma de comunicación y transmisión de información entre el controlador y el manipulador o robot, es a través de señales. Para ello necesitamos de un dispositivo que maneje la entrada y la salida de datos. Entre estos dispositivos podemos mencionar: el teclado, monitor y la caja de comandos remota -*Teach Pendant*-. Esta última sirve para "enseñarle" al manipulador del robot las diferentes posiciones que se desea alcanzar.

A su vez, la mayoría de las veces, se hace necesario contar con una PC adicional para cargar datos, programas o instrucciones al controlador. Estas señales que llegan a unas tarjetas electrónicas instaladas en el controlador le permiten, además, comunicarse con

otros periféricos -por ejemplo, con máquinas-herramientas-.



### **Componentes del sistema**

También es de suma importancia conocer la posición en la cual está el manipulador. Esta acción es realizada por los finales de carrera, detectores o sensores; éstos pueden ser externos al dispositivo, internos o bien de ambos tipos.

En un sistema manipulador o sistema robótico también nos encontramos con algunos dispositivos o elementos especiales para asistir a los diferentes movimientos, por ejemplo: los ejes que facilitan el movimiento transversal del manipulador, las estaciones de ensamblaje, las estaciones de carga y descarga de piezas, etc.

Si nos referimos al manipulador en sí mismo, observamos que está formado por diversos componentes o estructuras sólidas, unidas entre sí por articulaciones que son las que le permiten realizar movimientos. Cada una de estas articulaciones otorga al manipulador al menos un grado de libertad.

Gracias a las articulaciones, un manipulador

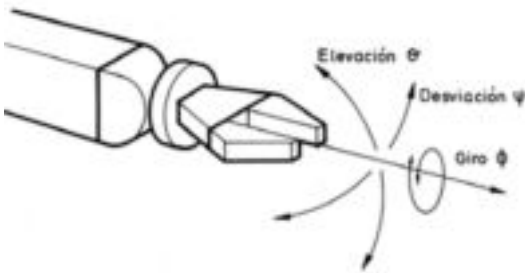
puede efectuar dos tipos de movimiento:

- lineal,
- circular.

El primero de ellos, como su nombre lo indica, consiste en un desplazamiento entre dos puntos determinados, siguiendo una trayectoria en línea recta; este camino puede ser realizado en forma horizontal o vertical. En el caso del movimiento circular del manipulador, la trayectoria del recorrido corresponde a una curva o a un arco de círculo.

Las articulaciones que nos permiten conseguir estos tipos de movimientos pueden estar conformadas por tornillos sin fin accionados por motores, cilindros (neumáticos, hidráulicos), motores eléctricos, etc.

Generalmente, el componente más complejo de un robot o manipulador de tipo industrial es la "muñeca". En ocasiones, ésta puede ejecutar tres tipos de movimientos o grados de libertad: giro *-hand rotate-*, elevación *-wrist flex-* y desviación *-wrist rotate-*.



### **Movimientos de la muñeca**

El elemento actuador final del manipulador se denomina *gripper* y puede ser una pinza, una garra, un aprehensor o bien una he-

rramienta, acorde con la acción que deba realizar.

## **b. Transmisiones**

Si bien existen manipuladores en los que el acoplamiento entre el dispositivo actuador y la articulación es directo, en la mayoría de los casos existe un sistema de transmisión que -conjuntamente con reductores- efectúa este ensamble.

En general, se puede observar que los actuadores se encuentran ubicados en la base de los robots; en parte, esto es para reducir el momento de inercia y los pares estáticos que deben vencer los actuadores.

Los sistemas de transmisión nos brindan la posibilidad de trasladar los movimientos de los actuadores hasta las articulaciones. Estos sistemas deben ser de bajo peso, tener poco juego y, además, brindar un elevado rendimiento.

Con las transmisiones podemos convertir el movimiento del actuador de circular a lineal, de lineal a circular o bien, directamente, transmitir el mismo tipo de movimiento. Por ejemplo, si queremos convertir un movimiento circular

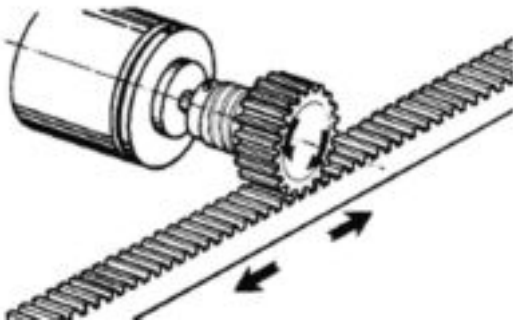
Sin embargo hay que prestar especial atención al desgaste de este tipo de sistemas, ya que puede introducirse un juego elevado que se traduce en errores de desplazamiento, además del inconveniente propio del rozamiento entre las piezas móviles.



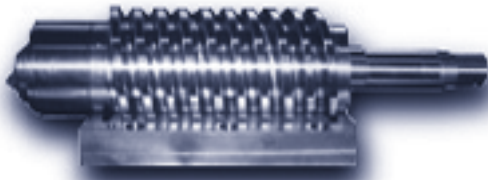
en lineal, los sistemas de transmisión más utilizados en la actualidad son el tornillo sin fin y la cremallera.



**Tornillo de bolas recirculantes**



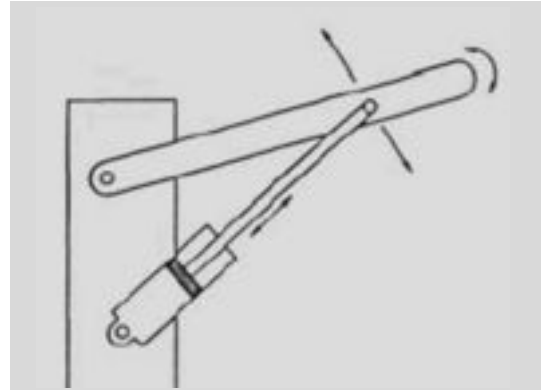
**Piñón-cremallera**



**Tornillo sin fin-cremallera**

Para pasar de un movimiento lineal a uno circular, los sistemas de transmisión más utilizados son el paralelogramo articulado o bien la cremallera. Este tipo de transmisión, además de resultar muy difícil de ser contro-

lado, posee un rozamiento elevado, si bien el juego es aceptable.



**Paralelogramo articulado**

Desde una entrada circular hacia una salida circular, la tecnología nos brinda varias posibilidades: engranajes, correa dentada, cadena, cable, paralelogramo. Entre las ventajas de algunos de estos sistemas encontramos que son capaces de soportar un funcionamiento continuo a un par elevado y, además, entre grandes distancias. Sin embargo, como desventaja encontramos el ruido, el juego y los desgastes por rozamiento en los materiales, entre otros.



**Engranajes**





**Correa dentada-rueda dentada**



**Poleas**

Generalmente, los sistemas de transmisión vienen acompañados de reductores -si bien, en este caso, no encontramos tantas variantes-. Entre las exigencias requeridas a los reductores se encuentran las siguientes:

- bajo peso,
- tamaño reducido,
- bajo rozamiento,

- reducción elevada de velocidad en un solo paso; la relación entre velocidades de entrada y salida se encuentra en el orden de 50:1 y 300:1.
- momento de inercia reducido, de negativa influencia en el funcionamiento del motor,
- capacidad de soportar pares elevados puntuales, requeridos como consecuencia de los continuos arranques y paradas producidos por los cortos ciclos de funcionamiento del robot,
- rigidez torsional; ésta se define como el par que hay que aplicar sobre el eje de salida para que, manteniendo bloqueado el de entrada, aquél gire un ángulo igual a una unidad,
- reducido juego angular; es el ángulo que gira el eje de salida cuando se cambia su sentido de giro, sin que llegue a girar el eje de entrada.

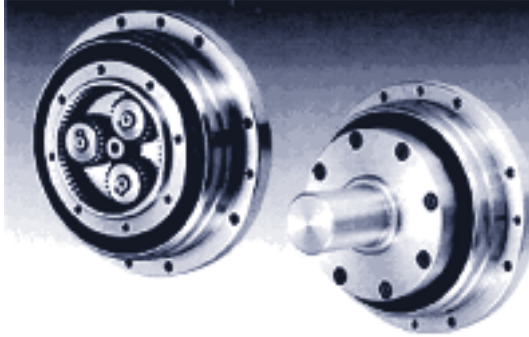
La siguiente tabla muestra valores típicos de reductores, actualmente empleados en robótica:

#### Características de los reductores para robótica

Características	Valores típicos
Relación de reducción	50: 1/300:1
Peso y tamaño	0.1 30 kg
Momento de inercia	0.0001 kg m <sup>2</sup>
Velocidades de entrada máxima	6000 / 7000 rpm
Par de salida nominal	5700 Nm
Par de salida máximo	7900 Nm
Juego angular	0-2"
Rigidez torsional	100/2000 Nm/rad
Rendimiento	85 %/98 %

Los tipos de reductores más comúnmente utilizados en robótica son: planetario, *Cyclo* y *Harmonic Drive*.

El **reductor planetario** tiene bajo costo, gran variedad, alto par de transmisión, alta inercia, gran peso y grandes juegos.



### **Reductor planetario**

Los **reductores cyclo** tienen media inercia, pequeño peso, juegos moderados, costo medio y bajo par de transmisión.

El **reductor Harmonic Drive** (HD) tiene baja inercia, pequeño peso, juego reducido, alto costo y escaso par de transmisión.

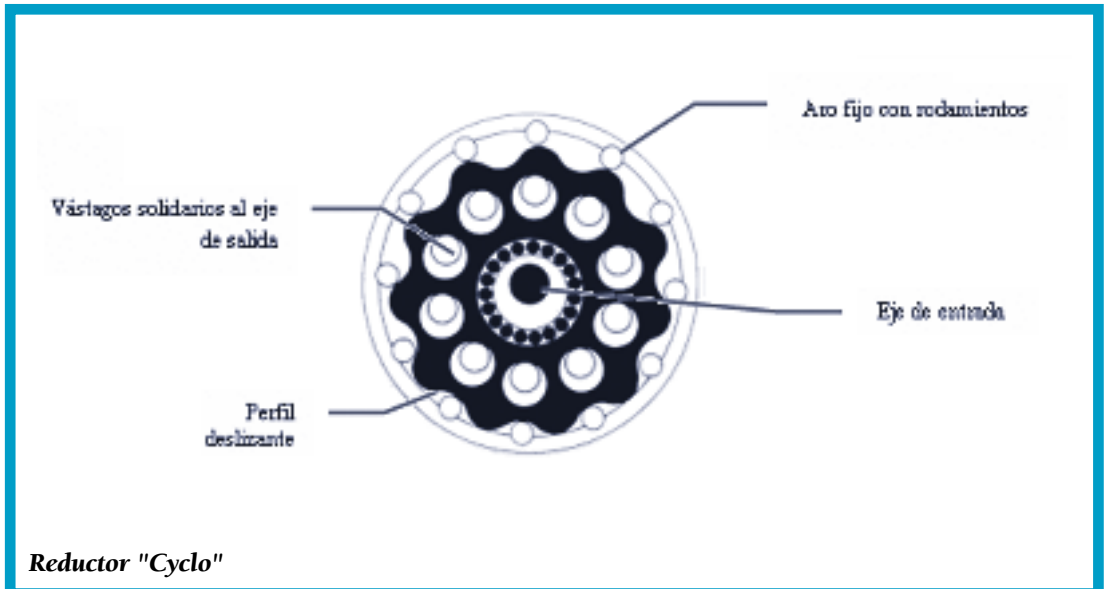


### **Reductor "Harmonic Drive"**

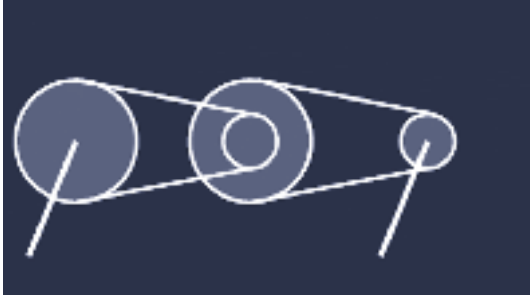
Como componentes del sistema de reducción, también podemos encontrar: piñones, cadenas, correas.




### **Reducción 1 (por ejemplo, mediante engranajes)**





### **Reductor "Cyclo"**




**Reducción 2** (por ejemplo, utilizando poleas y correas)



Nos detenemos con mayor profundidad en los actuadores neumáticos, ya que son los que hemos utilizado en nuestro modelo. No obstante, también mencionamos las características fundamentales de los otros dos grupos de actuadores.

En nuestro **manipulador neumático**, para implementar el movimiento en el eje X de desplazamiento entre columnas integramos un motor eléctrico, **transformando** su movimiento giratorio en un deslizamiento lineal, utilizando una polea y un cable.



- Los **actuadores neumáticos** utilizan el aire comprimido como fuente de energía; son muy indicados en el control de movimientos rápidos, pero de precisión limitada. Esto se debe, principalmente, a las características de compresibilidad del fluido encargado de efectuar el movimiento.
- Los **actuadores hidráulicos** son recomendables en los manipuladores que tienen una gran capacidad de carga junto a una precisa regulación de velocidad.
- Los **motores eléctricos** son los más utilizados, por su fácil y preciso control, así como por otras propiedades ventajosas que establece su empleo de energía eléctrica.

### c. Actuadores

Ante las órdenes impartidas por el controlador, son los encargados de generar el movimiento.

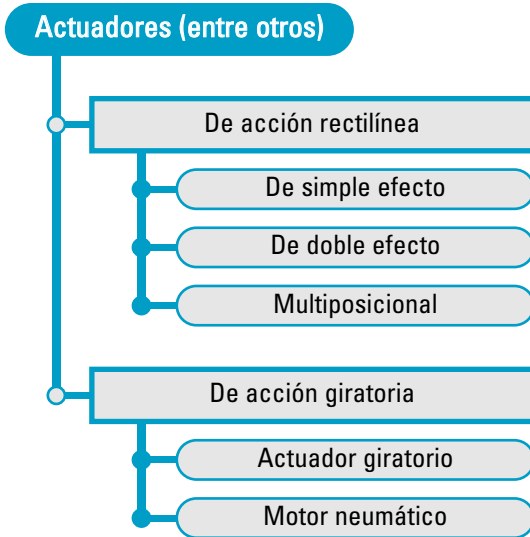
Según el tipo de energía utilizada, los principales grupos de actuadores encontrados en robótica son: neumáticos, hidráulicos y eléctricos. Cada uno de ellos presenta, frente a los otros dos, ciertas ventajas y ciertas desventajas que es preciso evaluar, a la hora de seleccionar el más conveniente; entre los aspectos a analizar, es importante considerar: la potencia, la facilidad de ser controlados, la velocidad, la precisión, el mantenimiento, el costo, etc.

En unas páginas más, proporcionamos una comparación detallada entre los diferentes tipos de actuadores utilizados en robótica.

**Actuadores neumáticos.** Los cilindros neumáticos son utilizados con frecuencia como elementos de accionamiento lineal; porque, entre otras razones, se trata de unidades de precio relativamente bajo, de fácil instalación, simples y robustas y, además, están disponibles en los tamaños más diversos. Como hemos expresado en

párrafos anteriores, los actuadores neumáticos utilizan aire comprimido para su funcionamiento, lo que implica contar no sólo con un compresor sino también con un sistema de filtrado, limpieza y distribución del aire comprimido -aunque esto puede, generalmente, encontrarse en la mayoría de las industrias-.

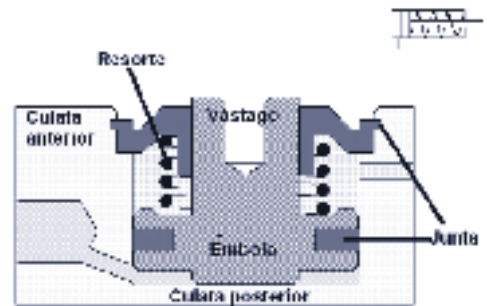
Los actuadores neumáticos trabajan en un rango de presión de 4 a 8 bar; aunque, en algunos casos, se soportan hasta 12 bar de presión máxima.



Se utilizan generalmente, para efectuar trabajos en dos posiciones determinadas: totalmente extendido y totalmente retraído, para el caso de actuadores de acción lineal; o bien, giro completo hacia uno y otro lado, en el caso de los giratorios. Esto se debe a la limitada precisión que puede obtenerse con este tipo de actuadores; porque, si bien se han desarrollado elementos para mejorar la precisión, su operatoria es aún demasiado cara como para justificar su empleo.

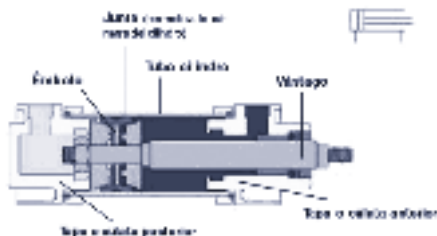
Dentro de los actuadores de acción lineal, los más comunes son: el actuador de simple efecto y el actuador de doble efecto.

**Actuador de simple efecto.** Como su nombre lo indica, puede realizar esfuerzos en un solo sentido. Uno de los movimientos de este actuador -comúnmente, el de avance- se efectúa por la fuerza que genera el aire a presión, que ingresa en la cámara del cilindro, sobre la superficie del émbolo, siempre que esta fuerza supere a la acción, en oposición, del resorte y las fuerzas de rozamiento. El otro movimiento -el de retroceso del vástago- es realizado por un resorte o muelle de recuperación, cuando ha sido evacuada la cámara de aire comprimido. La fuerza del muelle hace retroceder el vástago del cilindro a una determinada velocidad, pero sin que el cilindro pueda soportar una carga. Existen, también, cilindros de simple efecto que, en lugar de resorte, tienen por ejemplo, una membrana elástica, o bien una combinación de resorte con la membrana, o aquellos en los cuales el movimiento de retorno se efectúa por acción de una fuerza exterior.



**Actuador de simple efecto**

**Actuador de doble efecto.** Su diseño es similar al de los de simple efecto. No obstante, los cilindros de doble efecto no llevan muelle de reposición y, además, las dos conexiones son utilizadas para la alimentación y la evacuación del aire a presión, respectivamente. Los cilindros de doble efecto ofrecen la ventaja de poder ejecutar trabajos en ambos sentidos; se trata, por lo tanto, de cilindros sumamente versátiles. La fuerza ejercida sobre el vástago es algo mayor en el movimiento de avance que en el de retroceso, porque la superficie en el lado del émbolo es más grande que en el lado del vástago.



### Actuador de doble efecto

**Cilindro multiposicional.** Se trata de un actuador compacto, con uno de sus extremos firmemente sujeto; está constituido, básicamente, por dos actuadores de doble efecto unidos, ya sea por su culata posterior o por el vástago. Permite obtener hasta cuatro posiciones diferentes de trabajo, en tanto los actuadores componentes tengan carreras de diferente longitud.

En el caso de nuestro equipo didáctico, uno de los cilindros tiene una longitud de carrera de 35 mm y el otro de 70 mm, con el vástago en común. Ambos actuadores son de doble efecto.

- Si están retraídos, el conjunto adopta la primera de las posiciones de trabajo -en nuestro caso, la base del sector de almacenamiento o *storage*.
- Al extender el cilindro de menor carrera, manteniendo al otro retraído, tenemos la segunda posición o segunda altura.
- Si, en lugar de producir la salida de este actuador, lo hacemos extender con una mayor longitud de carrera, obtenemos la tercera posición.
- Y, finalmente, si provocamos la extensión de ambos, alimentando las cámaras correspondientes, obtenemos la cuarta posición.

**Actuador giratorio.** Es aquel en el cual, el movimiento obtenido es un giro -en lugar de un desplazamiento lineal, como en los explicitados anteriormente-. Este giro puede superar los 360° y ser continuo -en este caso, estamos en presencia de un motor neumático- o bien puede no llegar a alcanzar una vuelta completa -actuador giratorio propiamente dicho-.

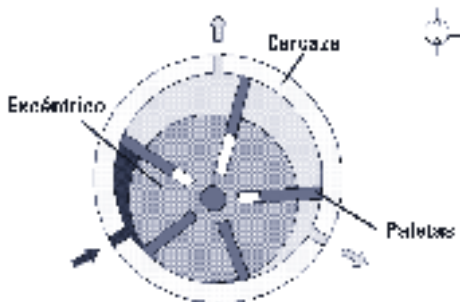
En el caso de estos últimos, los **actuadores giratorios propiamente dichos**, el giro se puede obtener de varios modos: por ejemplo, mediante una paleta que gira hacia uno y otro sentido, según el lado en el que se suministre alimentación de aire comprimido; otro

tipo de ejecución es aquella donde el vástago del cilindro está diseñado como cremallera que engrana con una rueda dentada, por lo que el movimiento rectilíneo se convierte en giratorio.

El ángulo de giro depende de la carrera del émbolo y del momento de giro disponible en el eje de salida, de la superficie del émbolo, de la presión y del radio de la rueda dentada.

En cuanto a los **motores neumáticos**, encontramos a *los de láminas o delgas*, que están compuestos, esencialmente, de un rotor, cilindro y dos tapas con cojinetes. En el rotor existen ranuras en las cuales se deslizan las láminas. El rotor está apoyado excéntricamente con respecto al eje del cilindro. Las láminas son apretadas contra la pared interior del cilindro, formando cámaras de trabajo de diferentes tamaños. Al introducir aire comprimido en la cámara menor, se produce el momento de giro por la fuerza superficial y el radio activo.

Por el movimiento giratorio, la cámara se amplía, el aire se expande y sale. Los motores de láminas trabajan a velocidades relativamente elevadas, son reversibles y cubren una amplia gama de potencias; además, tienen bajo peso, se regulan de manera continua y presentan seguridad frente a sobrecargas.



**Motor neumático**

Otro tipo de motor es el de *émbolos radiales*, que posee cilindros dispuestos radialmente, bielas, cigüeñal, cojinetes y una válvula distribuidora de funcionamiento síncrono, que impulsa aire en un orden prefijado hacia los cilindros.

Existen, además, otras variantes de actuadores, ya sea de acción lineal como giratoria.

**Actuadores hidráulicos.** A diferencia de los actuadores neumáticos, para provocar los movimientos aquí se utilizan aceites, en lugar de agua. En general, el fluido hidráulico transmite perfectamente fuerzas y movimientos, tiene características lubricantes, proporciona protección contra el desgaste, es resistente a cargas térmicas, posee baja compresibilidad, etc. Las presiones de trabajo para actuadores oleohidráulicos utilizados en manipu-

Si desea ahondar sobre este tema, le sugerimos consultar:

•Pellegrino, Graciela (2001) *Tecnología neumática*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Buenos Aires.

Está disponible en [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar), en *Materiales de Capacitación, Serie: Desarrollo de contenidos, Colección: Fluidica y PLC.*

Es más apropiado hablar de oleohidráulica, ya que hidráulica se refiere al agua. Y, en la actualidad difícilmente encontremos algún elemento de trabajo que se mueva utilizando agua; principalmente, por la alta corrosión que ésta produce sobre los cuerpos metálicos.

ladores están comprendidas entre los 50 y 100 bar llegando, en casos especiales, a superar los 300 bar.

Tal como lo expresáramos respecto de los actuadores neumáticos, los tipos de actuadores, ya sea de acción lineal o giratoria, son prácticamente similares a los que utilizan aire comprimido. Sin embargo, las características del fluido utilizado en los actuadores oleohidráulicos marcan ciertas diferencias con los neumáticos. En primer lugar, el grado de compresibilidad de los aceites usados es considerablemente menor 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 intervalo de valores (haciendo uso del servocontrol) con notable precisión. Por otra parte, con la ayuda de válvulas proporcionales -de uso cada vez más generalizado en el campo de la automatización industrial- se pueden obtener las que se denominan rampas de aceleración y frenado durante el recorrido del actuador. Es posible lograr, por ejemplo, que un actuador se desplace inicialmente -esto es, desde su posición cero o de vástago retraído- con una determinada aceleración, hasta alcanzar una cierta velocidad de movimiento-; luego, que se mantenga un cierto tiempo a velocidad constante y, cuando se aproxima su punto final, que se desacelere. Esto puede hacerlo en ambos recorridos (de avance y de retroceso), y manteniendo diferentes valores de aceleración y velocidad para ambas carreras.

Además, las altas presiones de trabajo -diez veces superiores a las de los actuadores neumáticos- permiten desarrollar elevadas

fuerzas y pares.

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. También es destacable su elevada capacidad de carga y su relación potencia-peso, así como sus características de autolubricación y robustez.

Frente a estas ventajas, existen 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-, ya que exige equipos de filtrado de partículas, de eliminación de aire, sistemas de refrigeración y unidades de control de distribución.

Los accionamientos hidráulicos se usan, con frecuencia, en aquellos robots que deben manejar grandes cargas (de 70 a 200 kg, aproximadamente).

**Válvulas de mando:** El control de estos actuadores -ya sean neumáticos o hidráulicos- se realiza mediante válvulas denominadas *distribuidoras*. Éstas son las encargadas de mandar el paso o no del aire comprimido, o bien su sentido de circulación.

Se identifican por su cantidad de vías y de posiciones. Las **vías**, son los conductos internos de la válvula que pueden controlarse: el conducto de alimentación de aire comprimido, el o los conductos de trabajo -que son los que se dirigen, generalmente, al actuador o



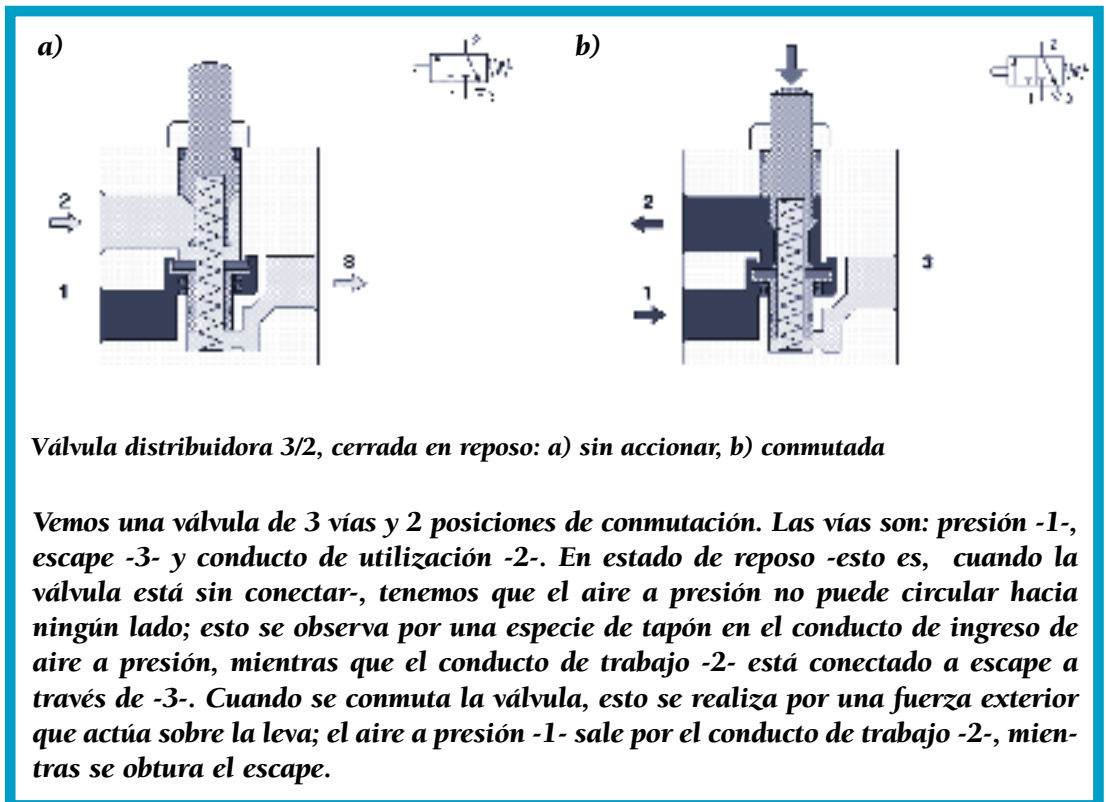
consumidor-, y orificios de purga o escape. Las posiciones de maniobra posibles son las que adopta la válvula internamente al ser conmutada y refieren a las conexiones que realiza la válvula entre alguno de los diferentes conductos o vías.

En general, en aplicaciones neumáticas, difícilmente se encuentren válvulas de más de 5 o 6 vías; por otra parte, las de más de 3 posiciones de conmutación sólo se emplean en casos especiales.

Una de las características importantes de toda válvula es su forma de accionamiento, que no depende de la cantidad de vías ni de sus posiciones ni de su forma constructiva.

Entre estas formas tenemos:

- las de mando manual, son todas aquellas que realiza el ser humano utilizando, por ejemplo, la mano (pulsador, palanca, etc.) o el pie (pedal);
- las de accionamiento mecánico rodillo, resorte, leva, etc.;
- las de accionamiento neumático (puede ser por presión o por depresión);
- las de accionamiento eléctrico, también denominadas electroválvulas; y
- las que presentan la posibilidad de conmutarse por una combinación de dos o más de los accionamientos citados previamente.



**Válvula distribuidora 3/2, cerrada en reposo: a) sin accionar, b) conmutada**

**Vemos una válvula de 3 vías y 2 posiciones de conmutación. Las vías son: presión -1-, escape -3- y conducto de utilización -2-. En estado de reposo -esto es, cuando la válvula está sin conectar-, tenemos que el aire a presión no puede circular hacia ningún lado; esto se observa por una especie de tapón en el conducto de ingreso de aire a presión, mientras que el conducto de trabajo -2- está conectado a escape a través de -3-. Cuando se conmuta la válvula, esto se realiza por una fuerza exterior que actúa sobre la leva; el aire a presión -1- sale por el conducto de trabajo -2-, mientras se obtura el escape.**



Cualquiera de éstos puede, a su vez, ser ayudado o asistido por aire comprimido, conformando las que se denominan *válvulas servopilotadas*. Este tipo de válvulas está integra-

do por dos válvulas que forman una unidad; la primera de ellas sirve, exclusivamente, para la inversión de la segunda, que es la válvula principal.



Las que utilizamos para el comando de los actuadores neumáticos de nuestro manipulador son electroválvulas servopilotadas. Éstas son las encargadas de convertir una señal eléctrica proveniente del control de manipulador, en una respuesta neumática para la alimentación de los dispositivos neumáticos. El cabezal electromagnético de la válvula o unidad de conmutación eléctrica es el encargado de producir el cambio de posiciones en ella.

Enrollando un hilo conductor en forma de espiral, se obtiene una bobina con una cantidad determinada de espiras -también llamado solenoide-. Si aplicamos una diferencia de potencial a los extremos de la bobina, circula una corriente que recorre a cada espira. La circulación de corriente convierte a cada una de las espiras en un imán elemental, ya que cada una de ellas crea un campo magnético concéntrico a su alrededor; las líneas de campo salen por una de las caras frontales de la espira y entran por la otra. En consecuencia, el conjunto de espiras (bobina) crea líneas de campo que tienen un sentido por el interior de la bobina y otro sentido por el exterior.

Las líneas de fuerza de todas las espiras se suman y salen por un extremo de la bobina -manifestándose un polo norte- y regresan por el exterior de la bobina al otro extremo -se manifiesta el polo sur-. Se tiene, así, un imán de una bobina recorrida por una corriente.

No sólo los imanes generan campos magnéticos.

La dirección de la corriente en el conductor define la dirección de las líneas de fuerza. El campo magnético de una bobina depende, fundamentalmente, del número de espiras que contiene la bobina y de la corriente que la atraviesa; si la corriente aumenta, el campo magnético será mayor; si a una bobina se le introduce un núcleo de hierro, el campo magnético será muchas veces más fuerte, aún cuando la corriente sea la misma. Este tipo de bobina, recorrida por una corriente, se llama *electroimán*.

Este campo magnético da como resultado una fuerza de atracción (para una pieza de material ferromagnético que se encuentre en la cercanía del electroimán) hacia el núcleo de la bobina y permite la conmutación de la válvula principal, al dejar pasar aire *comprimido* hacia la cámara de conmutación.

Para mayor información acerca de campos magnéticos y de electromagnetismo, le sugerimos dirigirse a:

- Adam, Rosa; Rela, Agustín; Sztrajman, Jorge (1994) *Física. El campo magnético*. Programa de Perfeccionamiento Docente Prociencia-CONICET. Ministerio de Educación y Cultura de la Nación Argentina. Buenos Aires,

Su versión digital está disponible en [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)



**Actuadores eléctricos.** Los motores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica. Son los actuadores más utilizados en los robots industriales actuales, dadas sus características de control, sencillez y precisión.

Los más comunes son:

- los servomotores,
- los motores paso a paso,
- los motores de corriente alterna,
- los de corriente continua.

**Servomotores.** Los servos son un tipo especial de motor que se caracteriza por su capacidad para ubicarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su rango de operación. Para ello, el servo espera un tren de pulsos que se corresponden con el movimiento a realizar.

Generalmente, están formados por un amplificador, un motor, la reducción del reductor a engranaje y la realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180°, aproximadamente.

El control de un servo se limita a indicar en qué posición se debe situar. Estas "órdenes" consisten en una serie de pulsos. La duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que es interpretado por el servo. Los valores más generales son entre 1 ms (1 milisegundo) y 2 ms, que dejan al

motor en ambos extremos. El valor 1,5 ms indica la posición central, mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. El período entre pulso y pulso no es crítico; incluso, puede ser distinto entre uno y otro pulso; se suelen emplear valores entre 10 ms y 30 ms. Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido y la vibración del brazo de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasa a estado dormido, entre pulsos, lo que provoca que se mueva con intervalos pequeños.

Es importante destacar que, para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que lo obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se dejan de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor del máximo), entonces el servo pierde fuerza y deja de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo.

**Motores paso a paso.** Así como los servomotores, éstos permiten posicionamientos con un elevado grado de exactitud y/o una muy buena regulación de la velocidad. Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético, creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina -generalmente, circular y denominada *estator*- se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina -llamada

rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje-. Esta última tiende a buscar la posición de equilibrio magnético; es decir, orienta sus polos norte-sur hacia los polos sur-norte del estator, respectivamente. Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos y aquel tratará de buscar la nueva posición de equilibrio; manteniendo esta situación de manera continuada, se consigue un movimiento giratorio y continuo del rotor, y, a la vez, la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica, en forma de movimiento circular.

Por lo tanto, podemos decir que un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte impulsos eléctricos en un movimiento rotacional constante y finito, dependiendo de las características propias del motor.



### Motor paso a paso

**Motores de corriente alterna.** Existen dos tipos fundamentales de motores de corriente alterna: los motores de inducción (asíncrónicos) y los sincrónicos; éstos, a su vez, pueden ser monofásicos o trifásicos.

Los **motores asíncrónicos** o **motores de**

**inducción** son, probablemente, los más sencillos y robustos de los motores eléctricos. El campo magnético en el rotor está generado por bobinas en cortocircuito; las bobinas están constituidas por varias barras conductoras, dispuestas paralelamente al eje del motor, y por dos anillos conductores en los extremos; es por esta razón que se los denomina de *rotor en cortocircuito*; y, como este conjunto es similar a una jaula de ardilla, también recibe el nombre de *motor de jaula de ardilla*. El estator consta de un conjunto de bobinas simétricamente distribuidas; si tiene una bobina por línea, éstas están desplazadas  $120^\circ$  una de otras, de modo que, cuando la corriente alterna trifásica las atraviesa, cada bobina crea un campo magnético alterno. La suma vectorial del campo magnético de cada bobina da como resultado un campo magnético giratorio en el bobinado estatórico. El campo giratorio es un campo magnético que gira alrededor de su eje con velocidad de giro constante. El sentido de giro del campo se invierte, cuando se modifica el orden de secuencia de las fases.

Esto induce corriente en el rotor, que crea su propio campo magnético. La interacción entre ambos campos produce un par en el rotor. No existe conexión eléctrica directa entre estator y rotor.

La frecuencia de la corriente alterna de la alimentación determina la velocidad a la cual rota el campo magnético del estator. El rotor sigue a este campo, girando con una frecuencia de giro menor que la del campo del estator -o sea, asíncrónicamente-. La diferencia de velocidades entre el campo giratorio en el estator y la velocidad de giro del rotor se

denomina *velocidad de deslizamiento*.

Los **motores sincrónicos** operan girando el rotor exactamente a la misma velocidad

Se denomina **deslizamiento** al cociente entre la velocidad de deslizamiento y la velocidad de giro del campo giratorio en el estator.

que el campo del estator, sin deslizamiento. El inducido se sitúa en el rotor, que tiene polaridad constante (imanes permanentes o bobinas), mientras que el inductor, 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 existente entre este esquema de funcionamiento y el del motor sin escobillas. En los motores sincrónicos, la velocidad de giro depende únicamente de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido y de la cantidad de bobinas por fase con que fue construido. Para poder variar la velocidad con precisión, el control de velocidad se realiza mediante un convertidor de frecuencia, que es un generador electrónico de tensión trifásica de amplitud y frecuencia variable. Para evitar el riesgo de pérdida de sincronismo, se utiliza un sensor de posición continuo que detecta la posición del rotor y que permite mantener, en todo momento, el ángulo que forman los campos del estator y rotor. Este método de control se conoce como *autosíncrono o autopilotado*.

El motor sincrónico autopilotado excitado con un imán permanente -también llamado motor senoidal- no presenta problemas de mantenimiento, debido a que no posee escobillas y a que tiene una gran capacidad de

evacuación de calor, ya que los devanados están en contacto directo con la carcasa. El control de posición se puede realizar sin la utilización de un sensor adicional, aprovechando el detector de posición del rotor que posee el propio motor. Además, a igualdad de peso, permite desarrollar 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 han conseguido resolver satisfactoriamente los problemas de control que presentan. Esto ha hecho que, hasta el momento, no tengan aplicación en robótica.

**Motores de corriente continua.** El principio de funcionamiento del motor de corriente continua está basado en el aprovechamiento de las fuerzas de atracción o repulsión que aparecen entre campos magnéticos.

El principio del electromagnetismo señala que: "Sobre un conductor que está recorrido por una corriente y que se encuentra situado dentro de un campo magnético, actúa una fuerza que, si éste es libre de moverse, producirá su desplazamiento."

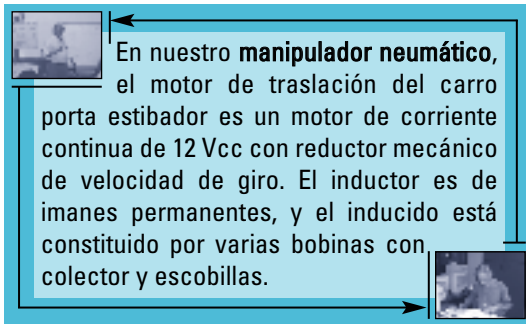
El sentido de la fuerza mencionada es función del sentido de la corriente en el conductor y del sentido del campo magnético. Asimismo, la fuerza es directamente proporcional a la intensidad de la corriente  $I$ , a la inducción magnética  $B$  y a la longitud del conductor  $L$ .

Constructivamente, el motor está formado por dos partes: el estator y el rotor. El estator es la parte fija, también denominada *inductor*; el rotor o parte móvil se llama *inducido*.

El inductor es el que crea el campo magnético en el estator, a través de imanes permanentes o de electroimanes; estos últimos, alimentados a través de una fuente de tensión de corriente continua (cc).

El inducido contiene las bobinas rotóricas que, al ser recorridas por una corriente, crean el campo magnético del rotor. Constructivamente, ambos campos magnéticos, el del estator y del rotor, están dispuestos perpendiculares entre sí, lo que da origen a una fuerza que tiende a alinearlos; si el rotor es libre de girar, se produce el giro. Es función del colector desconectar esta bobina en cuanto gire y conectar otra perpendicular al campo del estator. Sucesivamente, las bobinas rotóricas son recorridas por la intensidad de corriente que es suministrada por una fuente de tensión de corriente continua; mediante las escobillas (carbones) y a través del colector, la intensidad llega a las bobinas.

En los motores de corriente continua de pequeña potencia, el campo magnético del estator suele estar generado por imanes permanentes. Como principal característica, estos motores tienen el rasgo de que, con sólo invertir la polaridad de la alimentación continua del rotor, se invierte el sentido de giro.



En nuestro **manipulador neumático**, el motor de traslación del carro porta estibador es un motor de corriente continua de 12 Vcc con reductor mecánico de velocidad de giro. El inductor es de imanes permanentes, y el inducido está constituido por varias bobinas con colector y escobillas.

Los motores de corriente continua de imanes permanentes se fabrican con potencias que van desde pocos watt -como los utilizados para el ajuste del zoom o del foco de cámaras fotográficas y de video- hasta varios miles de watt -como los utilizados en los subterráneos o trenes eléctricos-. Su principal característica es la facilidad para el control de la velocidad de giro y la inversión de marcha. La gama de potencia de estos motores va desde 60 watt (1/12 HP) hasta los 180 watt (1/4 HP), con tensiones desde 1 Vcc a 2 kVcc; son de construcción robusta y económica, utilizados en un amplio campo de aplicaciones: ventilación, calefacción, refrigeración de vehículos, bombas, tracción, máquinas-herramientas, automatización y control, etc.

En los motores de potencia más alta, el inductor está conformado por electroimanes (bobinados con núcleo ferromagnético) que forman los polos del inductor. Como existen diferentes formas de conexionado del inductor, en relación con el inducido, esto da lugar a distintos comportamientos del motor, que son utilizados para diferentes prestaciones y reciben denominaciones particulares; las más usuales son:

- Motor de excitación independiente; se

usa en equipos que requieren regulación de la velocidad rotórica.

- Motor de excitación en derivación o paralelo; se encuentra en máquinas-herramientas, instalaciones de transporte.
- Motor de excitación en serie, forman parte de vehículos eléctricos, elevadores, motores de arranque de vehículos.
- Motor de excitación *compound*, para máquinas-herramientas, prensas, cizallas, punzonadoras, laminadores.



**Motor de corriente continua**

## d. Sensores y detectores

Cuando trabajamos con robots o manipuladores, necesitamos tener información no sólo de dónde se encuentra ubicado éste respecto de su entorno, sino de la posición relativa de cada uno de los componentes del sistema robótico. Por ello es necesario que contemos tanto con sensores externos como con aquellos internos del robot. Estos últimos son los que nos darán la información, por ejemplo, de la posición de cada una de las articulaciones internas.

Los **sensores** son aquellos dispositivos que nos dan información, a través de señales eléctricas, de las variables físicas que deseamos medir o controlar.

Es decir, un sensor es un transductor que transforma la magnitud que se desea medir, en otra, que facilita su medida. Existe, a su vez, un intérprete de estas señales eléctricas -que, generalmente, son los microprocesadores- que, trabajando conjuntamente con un software, traduce las señales que envían los sensores.

Algunos criterios a tener en cuenta en la aplicación de sensores son:

- precisión,
- fiabilidad y robustez,
- velocidad de reacción,
- sensibilidad,
- número de maniobras por unidad de tiempo,
- resolución.

En cuanto a su **estado interno**, en un robot puede ser necesario tener información acerca de su:

- posición angular,
- posición respecto de sus límites de recorrido -para detectar, por ejemplo, la posición de referencia de cero-,
- velocidad de desplazamiento, etc.

Para la información de posición angular se utilizan, generalmente, los denominados *encoders*, los *resolvers*, los potenciómetros. En unos párrafos más, describimos cada tipo.

Para contar con información de recorrido se utilizan, comúnmente, los denominados detectores de presencia. Éstos pueden trabajar con y sin contacto con el objeto a recono-

cer -detectando objetos de diferente material, por ejemplo, lo que da lugar a la existencia de diferentes tipos de sensores. Entre éstos podemos mencionar: los detectores de proximidad inductivos, capacitivos, conmutadores Reed, detectores ópticos, sensores basados en el efecto Hall, etc.

Por último, para el sensado de la velocidad de desplazamiento se utiliza una taco generatriz que es un dispositivo que proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje (10 mV por rpm).

Para la verificación del **estado externo**, utilizamos sensores que nos permiten actuar sobre el guiado del robot, la identificación y la manipulación de objetos. En este caso, las variables a detectar son:

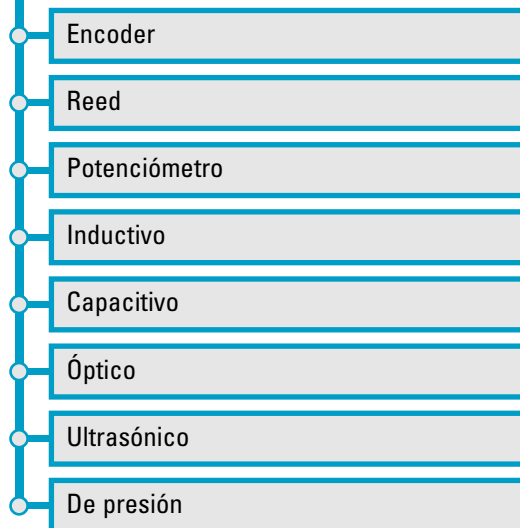
- *Alcance*. Se utiliza para medir la distancia desde el propio sensor hasta diferentes objetos dentro de su campo de operación, para la navegación de robots, para evitar obstáculos, así como para la detección de las formas de un objeto.
- *Proximidad*. A diferencia de la anterior -que se utiliza para proporcionar una información de guiado aproximado-, tanto la proximidad como el contacto están asociados con un trabajo en campo cercano, en relación con agarrar o evitar un objeto. Para efectuar estas tareas, los más utilizados son los sensores inductivos, los de efecto Hall, los capacitivos, los ultrasónicos, los ópticos, etc. Estos elementos están compuestos por una parte sensora y por otra que procesa las señales. Si la parte procesadora de señales produce señales binarias, entonces se trata de detectores de proximidad o iniciadores. También están muy difundidos los sensores

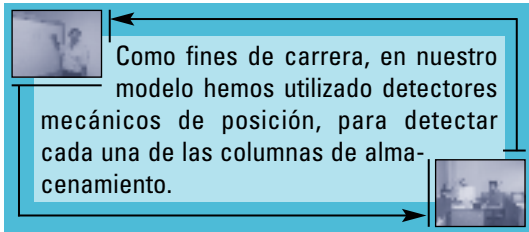
que generan señales analógicas, para la determinación analógica de valores de medición.

- *Contacto*. Se utiliza para obtener información asociada con el contacto entre una mano manipuladora y los objetos en el espacio de trabajo. En general, se usan microinterruptores para saber si se ha producido el agarre o no del objeto, y sensores de presión para controlar la fuerza de agarre.
- *De fuerza y de torsión*. Mide las fuerzas exteriores de reacción desarrolladas en la superficie de separación entre conjuntos mecánicos; por ejemplo, el que mide las deformaciones o desviaciones de la muñeca del robot y, a la vez, evita que estas deformaciones afecten la exactitud de posicionamiento del manipulador.

A continuación, describimos brevemente algunos de los sensores y detectores mencionados en los párrafos precedentes.

### Sensores y detectores





**Encoder.** También denominado codificador, un *encoder* es un sensor que, unido a un eje, proporciona información de la posición angular. Dependiendo del tipo de medición, el código se emite por una serie de pulsos o por una combinación de señales que indican la posición. Estas señales se generan por inducción o por medios fotoeléctricos.

En los **inductivos**, un disco metálico ranurado gira frente a un campo magnético; las fluctuaciones del campo magnético se detectan y se convierten en pulsos eléctricos.

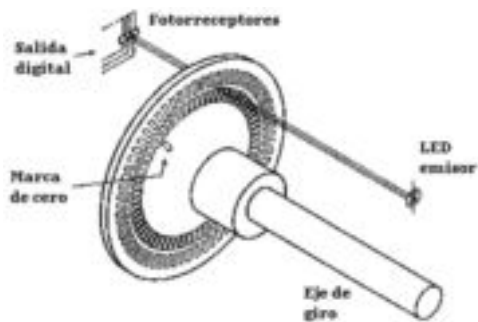
Los **fotoeléctricos**, también denominados ópticos, tienen un disco transparente en el cual se han grabado marcas; la combinación de las marcas representa el código de la posición. Para detectar las marcas sobre los círculos, existen sensores o barreras fotoeléctricas.

Los encoders se dividen, también, en incrementales y absolutos, dependiendo del tipo de codificación empleado.

El encoder **incremental** se caracteriza porque determina su posición, contando el número de impulsos que se generan cuando un rayo de luz es atravesado por marcas opacas, equidistantes entre sí, en la superficie de un disco unido al eje. Entonces, suministra un número específico de impulsos por cada revolución completa del eje. El disco del

encoder incremental posee tres pistas de señales: una pista es para la detección del movimiento, otra permite obtener información sobre el sentido de este movimiento y la tercera posibilita la sincronización entre el encoder y el controlador, brindando la referencia a "cero" (informa que se ha dado una vuelta completa). La resolución del encoder depende, directamente, del número de marcas que se pueden poner físicamente en el disco.

A partir de la secuencia de señales dadas por la primera pista (número de marcas contadas), al control no le es posible detectar en qué sentido está girando el eje, con lo cual no tiene información sobre si debe aumentar o descontar sobre el contador que indica la posición actual. Esta información se obtiene en la segunda pista, que tiene el mismo número de marcas que la primera, pero desplazadas con relación a éstas. Entonces, dependiendo del orden de aparición de las señales de ambas pistas, el controlador puede identificar el sentido de giro.



**Encoder**



En el encoder **absoluto**, el disco contiene varias bandas dispuestas en forma de coronas circulares concéntricas, dispuestas de tal forma que, en sentido radial, el rotor queda dividido en sectores, con marcas opacas y transparentes codificadas en código Gray. El estator tiene un fotorreceptor por cada bit representado en el disco. El valor binario obtenido de los fotorreceptores es único para cada posición del rotor y representa su posición absoluta.

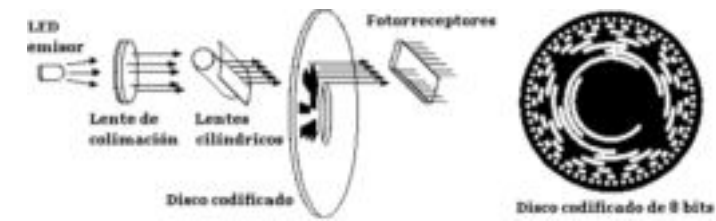
Se utiliza el código Gray en lugar de un binario clásico porque, en cada cambio de sector, sólo cambia el estado de una de las bandas, evitando errores por falta de alineación de los captadores.

Para un encoder con n bandas en el disco, el rotor permite  $2^n$  combinaciones, por lo cual la resolución será  $360^\circ$  divididos entre los  $2^n$  sectores; Por ejemplo, para encoders de 12 y 16 bits, se obtiene una resolución angular de  $0.0879^\circ$  y  $0.00549^\circ$ , respectivamente.

$$\text{Resolución angular} = 360^\circ / 2^n$$

Generalmente, los encoders incrementales proporcionan mayor resolución a un costo más bajo que los encoders absolutos. Además, su electrónica es más simple, ya que tienen menos líneas de salida.

Típicamente, un encoder incremental sólo tiene cuatro líneas: 2 de cuadratura, una de poder y una tierra. Un encoder absoluto tiene una línea de salida por cada bit, una línea de poder y la tierra.



**Encoder**

**Reed.** Está compuesto de un contacto Reed fundido en un bloque de resina sintética; este contacto cierra cuando se aproxima a un campo magnético y, al cerrarse, emite una señal eléctrica. Suele utilizarse en aquellos ambientes en los cuales no hay suficiente espacio para el montaje de otro tipo de sensores o bien en ambientes con exceso de polvo, arena o humedad, ya que estos factores no influyen sobre la respuesta del detector.



**Reed switch**

No se recomienda su uso en aquellos lugares próximos a campos magnéticos elevados.

**Potenciómetro.** También llamado *encoder analógico de desplazamiento*, se trata de un potenciómetro lineal o rotativo, en el que un cambio en la posición del cursor genera un cambio en su resistencia óhmica. Este cambio es leído y convertido en una señal digital por el controlador del robot.

Los de resolución lineal raramente se utilizan en robots de tipo industrial; pero, sí se aplican en máquinas-herramientas.

**Inductivo.** Basa su funcionamiento en la perturbación de una magnitud física. En este caso, se trata de un campo electromagnético alterno en la superficie activa del iniciador. Este campo alterno de alta frecuencia es producido por un generador de oscilaciones (oscilador). Al introducir objetos metálicos en el campo de acción del iniciador, se resta energía al campo, lo que repercute en una disminución de la amplitud de las oscilaciones. Cuando esta atenuación alcanza un determinado valor, se activa la etapa de conexión, emitiéndose una señal. Este tipo de detectores permite una elevada frecuencia de conmutación y un conmutado muy rápido -en algunos microsegundos-.

Este inductivo no tiene desgaste como los interruptores, ya que no posee partes mecánicas móviles y, además, no necesita tomar contacto con el material a detectar, sino sólo con su presencia. Ésta es la razón por la cual tiene una gran vida útil.



**Sensor  
inductivo**

A la vez, es insensible a la suciedad, a la humedad y a las vibraciones.

Los detectores de proximidad inductivos sólo reaccionan frente a objetos metálicos, y pueden estar concebidos para corriente continua o alterna, según la aplicación respectiva.

El alcance del detector de distancia de conmutación efectiva depende del material a detectar; éste es mayor para aquellos materiales magnéticos (por ejemplo, acero dulce). Para aquellos no magnéticos (por ejemplo, cobre o aluminio) la distancia de conmutación puede ser hasta un 70 o 75 % más corta.

**Capacitivo.** Al igual que un detector inductivo, éste funciona con un oscilador. Sin embargo, en los detectores de proximidad capacitivos, este detector no suele permanecer activo constantemente. Al aplicar tensión al detector se forma un campo eléctrico en la cara frontal del iniciador. Si se acerca un objeto metálico o no metálico a la superficie activa del sensor, aumenta la capacidad eléctrica entre la conexión con tierra y dicha superficie. Cuando se sobrepasa un determinado valor, comienza a excitarse el oscilador, que suele tener una sensibilidad regulable. Las oscilaciones son evaluadas por un amplificador, que emite una señal.

Este tipo de detector no necesita del contacto con el material que debe detectar; es suficiente con su proximidad. La distancia de detección depende de la constante dieléctrica del objeto y debe acercarse tanto más al detector cuanto menor sea esta constante.

Es necesario, tener en cuenta el denominado *factor de reducción*, ya que la distancia de conmutación es una función resultante del tipo, de la longitud lateral y del espesor del material a detectar. Por ejemplo, si tenemos que detectar metales con un detector capacitivo, el factor de reducción es igual a 1; esto quiere decir que la distancia de conmutación es la brindada por el fabricante. En cambio, si el material a detectar es madera -para la cual este factor, dependiendo del tipo de madera, tiene un valor de 0.2 a 0.7-, la distancia de conmutación se ve reducida desde un 70 a un 20 % del valor nominal.



**Sensor capacitivo**

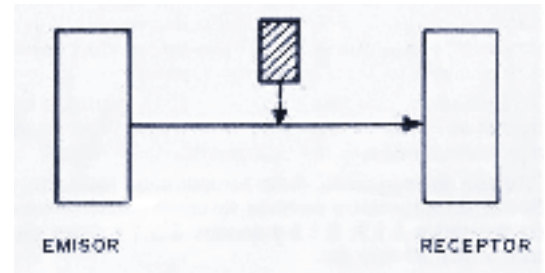
A diferencia de los iniciadores inductivos que sólo detectan metales u objetos de muy buena conducción eléctrica, los capacitivos detectan cualquier tipo de objetos cuya constante dieléctrica es superior a 1 (si no fuera así, detectarían también el aire y no cumplirían con su función). Es por esta razón que son muy sensibles a la humedad (el agua tiene una constante dieléctrica elevada: 81), y al polvo o suciedad ambiente; por lo tanto, para utilizar este tipo de detectores debe tenerse especial cuidado en estos aspectos.

**Óptico.** Los elementos optoelectrónicos son semiconductores sensibles a señales de luz o que emiten luz. La luz puede ser de la zona

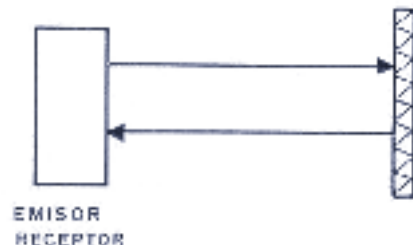
infrarroja visible o invisible. Pueden emitir señales luminosas (por ejemplo, mediante diodos luminosos), recibir señales luminosas (por ejemplo, fotodiodos o fototransistores) o bien transformar señales luminosas en señales eléctricas (fotocélulas o fotoelementos). Reaccionan sin contacto directo frente a todo tipo de materiales (vidrio, madera, metales, papel, líquidos, etc.).

Entre los detectores optoelectrónicos, encontramos diferentes tipos; los más comunes son:

**Barrera de luz con emisor y receptor separados.** Consta de dos partes: el emisor y el receptor, que pueden separarse a distancias relativamente grandes.



**Barrera de reflexión,** compuesta de receptor y emisor incorporados en un solo cuerpo, y de un elemento reflector; también se denomina retroreflectiva.



**Detector de luz de reflexión.** Al igual que los anteriores, contiene en un mismo cuerpo al emisor (por ejemplo, un diodo luminoso) y al receptor (por ejemplo, un fototransistor o fotodiodos); pero, éste no necesita de un órgano reflector, ya que utiliza como reflector al propio objeto que debe detectar. Funciona a distancias más cortas que los anteriores.

El diodo luminoso emite centelleos de luz infrarroja; si se interpone un objeto, la luz es reflejada y captada por el fototransistor. Un elemento de sincronización procesa la señal recibida y actúa sobre la salida a través de un amplificador. Este amplificador actúa solamente para luz infrarroja; de este modo no se ve afectado por la luz ambiente ni por otro tipo de emisiones luminosas.



**Sensores de fibra óptica:** En este caso, el emisor y el receptor están contruidos internamente en una caja, que puede estar a varios metros del objeto a sensar. Para la detección se emplean los cables de fibra óptica por donde circulan los haces de luz emitido y recibido. La mayor ventaja de estos sensores es el poco espacio que ocupan en el área de detección.

**Ultrasónico.** Generalmente, contiene un único convertidor ultrasónico que funciona, alternativamente, como emisor y como

receptor. Cuando se le aplica corriente alterna, el convertidor comienza a oscilar y emite ondas de ultrasonido. Cuando se desconecta la corriente, las oscilaciones caen en forma exponencial; la señal tiene que haber desaparecido para que el receptor reciba la señal de regreso. El tiempo que esta señal tarda en "desaparecer" depende de la medida del convertidor y del ajuste de la frecuencia. Este ajuste de la frecuencia permite detectar objetos ubicados a diferente distancia.

De forma similar a lo que sucede con la luz, los ultrasonidos se desvían en las superficies planas e inclinadas. En este caso, el sensor ultrasónico no recibe el eco de la señal. Los objetos con superficies lisas y regulares no pueden detectarse si están inclinadas un ángulo superior a los 3° o 5° respecto de la perpendicular al sensor. Con objetos de superficie rugosa o irregular, es posible un margen más amplio, con lo cual la longitud de onda ultrasónica, el acabado de la superficie y la distancia también son importantes.

**De presión.** La medición de la presión puede realizarse por diferentes métodos:

- Por medio de **crisales piezoeléctricos**, aprovechando una propiedad específica de los crisales. En las superficies opuestas de algunos crisales se producen cargas eléctricas, si están sometidos a cargas mecánicas de flexión, presión o tracción. La carga eléctrica que, entonces, se produce es proporcional a la fuerza activa. Dado que esta modificación de la carga es muy pequeña, es necesario utilizar amplificadores electrónicos para el procesamiento de estas señales.

- Por medio de **galgas extensiométricas**. El principio de funcionamiento radica en la relación existente entre la resistencia eléctrica de un conductor en forma de alambre con la superficie de su sección. Cuanto más delgado sea el alambre (más pequeña sea su sección), más grande es la resistencia que opone al paso de la corriente eléctrica.

Una **galga extensiométrica** es un alambre conductor de electricidad que se extiende por influencias mecánicas (tracción, presión, torsión) y, por consiguiente, modifica su resistencia en forma comprobable y reproducible.

## e. Elementos terminales: Pinzas, herramientas

Los elementos terminales, herramientas, *grippers* se utilizan, en su gran mayoría, para efectuar actividades similares a aquellas de la mano humana. Se diseñan, especialmente, para el trabajo que deben realizar. Sus principales funciones son las de sostener una pieza y presentarla, por ejemplo, para su mecanizado con herramientas (también denominadas *pinzas*), o bien para sostener las herramientas y realizar trabajos sobre una pieza (las que se identifican como *herramientas*). Entre las funciones de los elementos terminales encontramos las de sujeción, sensado y manipulación de objetos de diversas formas, para lo cual deben tener la suficiente capacidad de agarre, sensado de la presencia de una pieza, peso mínimo (para

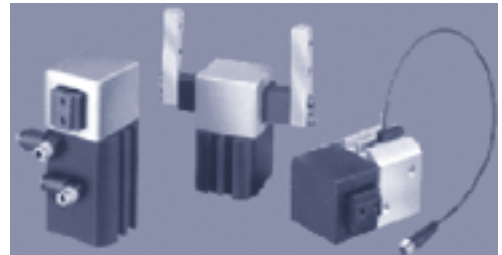
maximizar la carga), contención segura de la carga, diseño simple, etc.

Se clasifican según:

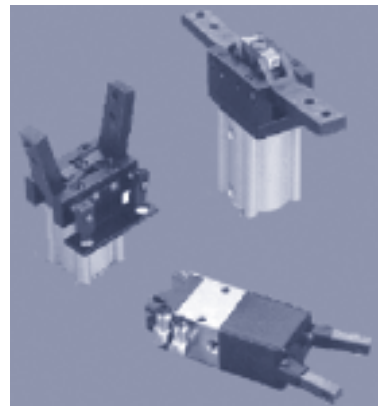
- el método de sujeción,
- el tipo de herramienta y
- las capacidades multifunción.

Las pinzas más comunes son aquellas que efectúan movimientos de apertura y cierre. Este tipo de movimiento puede ser:

- Paralelo; los dedos de la pinza se mueven paralelos entre sí.
- Angular; los dedos de la pinza se mueven o giran alrededor de un punto de pivote.



**Gripper paralelo**



**Pinza angular**

La energía utilizada para la realización de este desplazamiento puede ser: neumática, hidráulica, eléctrica o mecánica (generalmente, por medio de resortes).

La parte de la pinza que sujeta la pieza puede ser un imán, un gancho, una cuchara, etc. También se incluyen dentro de las pinzas las ventosas, que utilizan adhesivos como medio de sujeción.

En la pinza se suelen colocar sensores para detectar su propio estado (abierta o cerrada), el estado de la pieza, su forma geométrica, la fuerza ejercida, el peso de la pieza, etc.

En cuanto a las herramientas, éstas se sujetan

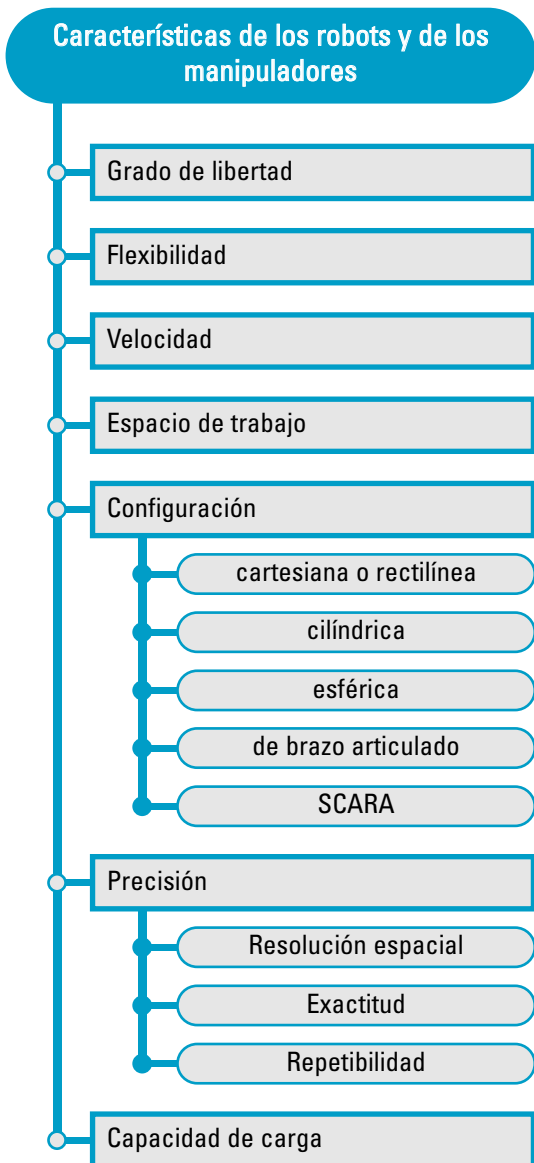
a la muñeca del robot para efectuar el trabajo sobre alguna pieza. Las operaciones más comúnmente realizadas son: soldadura por puntos y por arco, pintura, encolado, taladrado, amolado, etc. El campo de aplicación para el mecanizado de piezas es limitado, debido a las escasas posibilidades de resistir los esfuerzos de este tipo de procesos. Las tareas de prensado, por ejemplo, pueden realizarse con bajas fuerzas de unión. Si se requieren mayores fuerzas, la herramienta debe construirse de tal forma que la fuerza se ejecute contra ella misma; de esta forma, el robot sólo soporta el peso de la herramienta -esto es lo que sucede en las utilizadas en la soldadura por puntos-.



***Pinzas o grippers utilizados para pintar (tipo spray), y para encolar con pico doble y cuádruple***

# Características de los robots y de los manipuladores

Entre las múltiples características que pueden destacarse de los robots, hay algunas cuya importancia es más relevante, teniendo en cuenta su utilización.



**Grado de libertad.** Se denomina de esta forma a cada uno de los movimientos independientes -ya sean desplazamientos o giros- que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. El número de grados de libertad de un robot está dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Dado que cada una de las articulaciones suele permitir efectuar un solo tipo de movimiento, la mayoría de las veces, el número de grados de libertad coincide con la cantidad de articulaciones que posee el robot:

- Si un robot sólo puede girar en su plataforma, se dice que tiene un grado de libertad o que es un robot de un solo eje.
- Si -además de girar- puede moverse arriba y abajo, se dice que tiene dos grados de libertad.
- Si también puede acercarse o alejarse del objeto a manipular, se dice que es un robot de tres ejes o grados de libertad.

Estos tres movimientos se denominan *ejes principales del robot*: giro de la plataforma, arriba y abajo, y alejamiento o acercamiento al objeto.

Además, se pueden definir otros tres movimientos que están asociados, a los que se denominan *ejes secundarios* y que se encuentran en la muñeca del brazo del robot, tal como se ha expresado en párrafos anteriores.

La combinación de los ejes principales con

los ejes secundarios da seis posibles movimientos o grados de libertad -GDL- que puede tener un robot. La mayoría de los robots industriales posee estos seis GDL, si bien algunos no necesitan disponer de todos ellos por el tipo de tareas que realizan. Por ejemplo, tareas como las de soldadura o mecanizado pueden requerir robots con hasta 6 GDL; tareas más sencillas y con movimientos más limitados -como las de pintura y paletización- suelen exigir 4 ó 5 GDL. Otro tipo de trabajos más complejos puede demandar un número mayor de GDL, tal es el caso de las labores de montaje o bien aquellas operaciones que obliguen al robot a desplazarse por lugares con obstáculos.

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

**Flexibilidad.** La realidad actual de la industria se caracteriza por los frecuentes cambios de series, como consecuencia de los breves ciclos de innovaciones. En muchos sectores, esto conduce a la disminución de los lotes de producción. A esto hay que añadir la gran diversidad de variantes que demanda el consumidor. Por esta razón, se hace necesario reaccionar rápida y económicamente ante una solicitud de cambio. A diferencia de las máquinas automáticas de programa fijo, algunos robots ofrecen la posibilidad de ser "enseñados" a realizar diferentes trabajos en una misma planta industrial. Por ejemplo, un robot que está alimentando de planchas de acero a una prensa de punzonado, puede pasar a realizar una tarea de apilado de mate-

ria prima, si las necesidades de producción así lo indican.

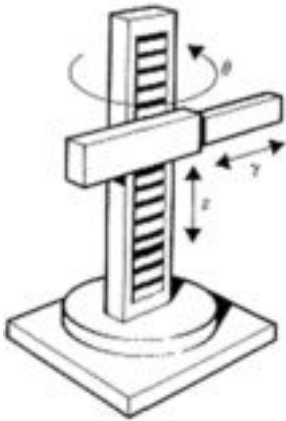
**Velocidad.** No es necesario que los robots desempeñen su trabajo a una gran velocidad, si bien ésta es deseable en algunas tareas. En tareas de soldadura y manipulación de piezas es muy aconsejable que la velocidad de trabajo sea alta; pero, en pintura, mecanizado y ensamblaje, la velocidad debe ser media e, incluso, baja. En la mayoría de las ocasiones, un robot realiza su trabajo prácticamente a la misma velocidad a la que lo haría un humano; sin embargo, a medida que avanza la jornada de trabajo, el humano va perdiendo velocidad debido al cansancio, mientras que el robot puede continuar, indefinidamente, realizando la misma tarea a la misma velocidad.

**Espacio de trabajo.** Las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo del robot, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado. La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí, por la accesibilidad específica del elemento terminal (pinza, aprehensor o herramienta); ésta es diferente a la que permite orientarlo verticalmente o con el determinado ángulo de inclinación. También queda restringida la zona de trabajo por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

Para determinar el volumen de trabajo de un robot industrial, el fabricante suele indicar un plano con los límites de movimiento que tiene cada una de las articulaciones del robot, como en el siguiente caso:

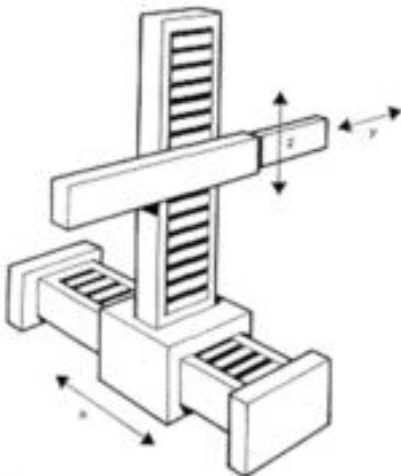






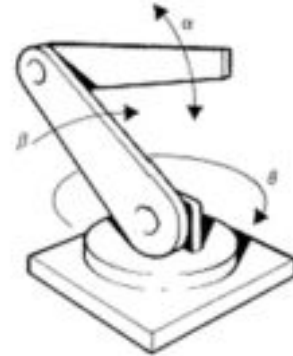
**Configuración cartesiana**

**Cilíndrica.** El robot tiene un movimiento de rotación sobre una base, una articulación prismática para la altura y una prismática para el radio. Este robot se ajusta bien a los espacios de trabajo redondos. Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional; o sea, presenta tres grados de libertad. Si bien la mayoría de los robots que responden a esta configuración no puede girar los 360°, su espacio de trabajo puede asemejarse a un cilindro.



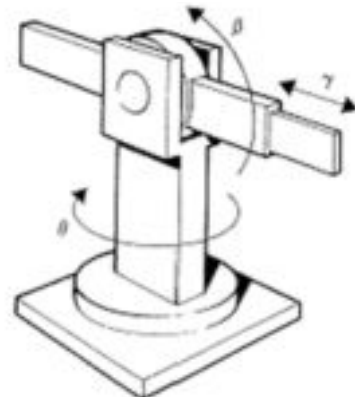
**Configuración cilíndrica**

**Esférica.** Dos juntas de rotación y una prismática permiten al robot apuntar en muchas direcciones, y extender la mano a un poco de distancia radial. Los movimientos son: rotacional, angular y lineal. En este caso, el espacio de desplazamiento de la muñera del robot es irregular.



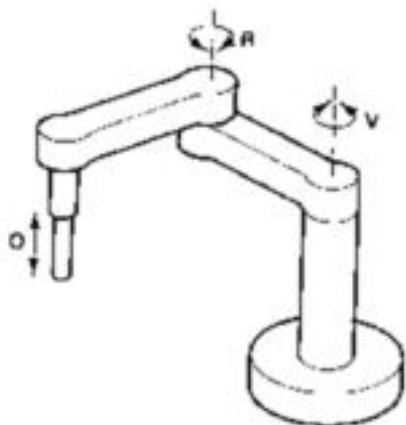
**Configuración esférica**

**De brazo articulado.** También denominada configuración de articulación esférica o coordinada. Presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares. El robot usa tres juntas de rotación para posicionarse. Generalmente, el volumen de trabajo es esférico. Estos tipos de robot se parecen al brazo humano, con cintura, hombro, codo, muñeca.



**Configuración de brazo articulado**

**SCARA -Selective Compliance Assembly Robot Arm-**. Se trata de una configuración no clásica, similar a la configuración cilíndrica; pero, en este robot, el radio y la rotación se obtienen por uno o dos eslabones. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración SCARA también puede hacer un movimiento lineal, mediante su tercera articulación.



### Configuración tipo SCARA

**Precisión.** Cuando se programa a un robot para realizar un trabajo, es necesario que memorice las posiciones por las que ha de pasar. Pero, al realizar el trabajo aprendido puede suceder que las posiciones que ocupa el robot no sean exactamente las mismas que aprendió. La precisión de movimiento en un robot industrial depende de tres factores: resolución espacial, exactitud y repetibilidad.

**Resolución espacial.** Se define como el incremento más pequeño de movimiento en que el robot puede dividir su volumen de trabajo; esto es, la mínima distancia entre dos puntos adyacentes. Estos puntos suelen estar

separados por un milímetro o menos, dependiendo del tipo de robot.

La resolución espacial depende de dos factores:

- los **sistemas que controlan la resolución**, ya que éstos registran todos los incrementos individuales en una articulación y
- las **inexactitudes mecánicas**, relacionadas con la calidad de los componentes que conforman las uniones y las articulaciones; por ejemplo, la holgura de los engranajes, las tensiones en las poleas o las fugas de fluidos.

**Exactitud.** Se refiere a la capacidad de un robot para situar el extremo de su muñeca en un punto señalado dentro del volumen de trabajo. Mide la distancia entre la posición especificada y la posición real del actuador terminal del robot.

La exactitud mantiene una relación directa con la resolución espacial, es decir, con la capacidad del control del robot de dividir en incrementos muy pequeños el volumen de trabajo. Un robot presenta una mayor exactitud cuando su brazo opera cerca de la base; a medida que el brazo se aleja de la base, la exactitud se va haciendo menor.

Las inexactitudes mecánicas se incrementan al ser extendido el brazo.

Otro factor que afecta a la exactitud es el peso de la carga; las cargas más pesadas reducen la exactitud (al incrementar las in-

xactitudes mecánicas); también afectan la velocidad de los movimientos del brazo y la resistencia mecánica.

**Repetibilidad.** Remite a la capacidad del robot de regresar al punto programado las veces que sean necesarias. Esta magnitud establece el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada. Dependiendo del trabajo que se deba realizar, la precisión en la repetibilidad de los movimientos es mayor o menor<sup>4</sup>; así por ejemplo, en labores de ensamblaje de piezas, esta característica ha de ser menor a  $\pm 0.1$  mm; en soldadura, pintura y manipulación de piezas, la precisión en la repetibilidad está comprendida entre 1 y 3 mm; y, en las operaciones de mecanizado, la precisión ha de ser menor de 1 mm.

**Capacidad de carga.** Indica el peso, en kilogramos, que puede transportar la garra del manipulador. A veces, este dato es proporcionado por los fabricantes -incluyendo el peso de la propia garra-.

La capacidad de carga es una de las características que más se tienen en cuenta en la selección de un robot, según la tarea a la que se destine: en modelos de robots industriales, la capacidad de carga de la garra puede oscilar de entre 205 kg y 0.9 kg; en soldadura y mecanizado es común precisar capacidades de carga superiores a los 50 kg.

## Programas de interfase

Según el robot, la programación de sus movimientos difiere en el lenguaje y en los tipos de actuadores; pero, esencialmente, ésta consiste en:

- almacenar lugares del espacio por donde se desea que transite el *tool* -elemento terminal o pinza- del robot,
- escribir un programa de movimientos que especifica el orden que el *tool* debe seguir para transitar por esos lugares, con qué velocidad lo hace, etc.

Supongamos que, en el lugar B, hay un objeto que el robot debe llevar al lugar A. Este lugar A es, también, el punto de inicio o de partida del robot. En otras palabras, el robot sale desde A, se dirige hacia B a recoger el objeto y vuelve hacia A transportando el objeto.

Un ejemplo de programa para este requerimiento es:

SPEED 50	Velocidad 50 % de la máxima.
MOVE A	Mover al lugar llamado A.
OPEN 60	Abrir la pinza con el 60 % de la fuerza máxima.
MOVE B	Mover al lugar llamado B.
SPEED 20	Reducir la velocidad al 20 % de la máxima.
FINISH	Aguardar que se complete el recorrido hasta llegar al lugar B.
CLOSE 50	Cerrar la pinza con el 60 % de la fuerza máxima.
DELAY 2	Aguardar 2 segundos para dar tiempo a que cierre la pinza.
MOVE A	Volver al lugar llamado A.
STOP	Fin del programa.

<sup>4</sup> Existen, además, los errores al azar (fricción, torcimiento estructural, dilatación térmica, etc.), que aumentan conforme el robot opera y que le impiden volver a la misma situación exacta

Los lugares pueden utilizarse todas las veces que sea necesario; de hecho, el programa anterior se inicia en el lugar llamado A y finaliza en el mismo lugar.

Los controladores de los robots tienen posibilidad de consultar por el estado de sus entradas, y de activar o desactivar salidas.

Consideremos un ejemplo de consulta por el estado de una entrada (supongamos que a esta entrada se la denomina "entrada 1").

En la entrada 1 sólo puede haber dos estados: o hay tensión o no la hay. Supongamos, también, que se requiere que el programa anterior se inicie automáticamente, al aparecer tensión en la entrada 1. Entonces se pregunta de la siguiente manera:



10	IFSIG 1 THEN 30	Si en la entrada 1 hay tensión, ir al renglón 30.
20	GOTO 10	Si en la entrada 1 no hay tensión, volver a preguntar.
30	SPEED 50	Velocidad 50 % de la máxima.
	MOVE A	Mover al lugar llamado A.

Finalmente, queremos enviar una señal eléctrica cuando el robot complete un ciclo determinado. Esta señal puede ser la de activar por 5 segundos la salida número 4:



CLOSE 50	Cerrar la pinza con el 60 % de la fuerza máxima.
DELAY 2	Aguardar 2 segundos para dar tiempo a que cierre la pinza.
MOVE A	Volver al lugar llamado A.
OUTPUT 4	Conectar la salida 4.
DELAY 5	Durante 5 segundos.
OUTPUT -4	Desconectar la salida 4.
STOP	Fin del programa.

## Criterios de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento y retiro automatizados están funcionando exitosamente en equipajes de aeropuertos, almacenes de sistemas productivos y depósitos de centros de distribución. Aún considerando la diversidad de tareas que pueden realizar, todos estos sistemas se centran en los siguientes principios de funcionamiento:

- Todos los elementos que deban ser acopiados se guardan en una unidad de almacenamiento de dimensiones uniformes que denominamos **carga unidad**. En la mayoría de los CIM, a esta unidad se la llama *palet*.
- Los palet a almacenar se transportan de y hacia los lugares de almacenamiento por un elemento de transporte que se llama **estibador**. El lugar de donde retirar o dejar es asignado y memorizado por un sistema electrónico.

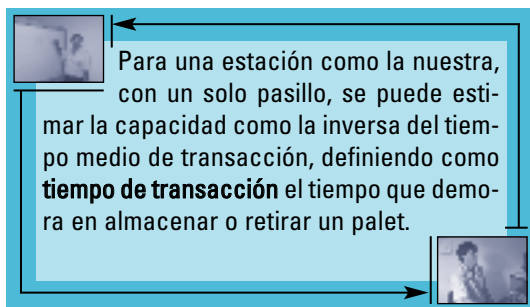
**CIM -Computer Integrated Manufacturing, fabricación integrada por computadora-**. Es un término general que cubre la integración de la capacidad computarizada de manipulación de datos dentro de todos los aspectos del proceso de fabricación.

- Cuando se necesita algo, se solicita el pedido a la memoria electrónica. Este sistema electrónico determina de cuál de todos los lugares que tienen en disponibilidad ese artículo, lo retira, actualizando su inventario.

## Gestión y planificación

El desempeño de un almacén automático se mide por su capacidad, definida como el número máximo de transacciones de almacenamiento y retiro por hora.

$$\text{Capacidad (cantidad de transacciones por hora)} = \frac{60}{\text{tiempo medio de transacción en minutos}}$$



Para una estación como la nuestra, con un solo pasillo, se puede estimar la capacidad como la inversa del tiempo medio de transacción, definiendo como **tiempo de transacción** el tiempo que demora en almacenar o retirar un palet.

El tiempo de transacción incluye tres elementos:

- tiempo de desplazamiento horizontal (eje X),
- tiempo de desplazamiento vertical (eje Y) y
- tiempo de estibar o retirar (eje Z).

De estos tres tiempos, el de estibar/retirar es

el mismo en cualquier posición; pero, depende de la separación entre columnas, de la velocidad de desplazamiento X -lo que demore en llegar a determinada columna- y resultar de la distancia entre filas y de la velocidad en el eje Y -lo que demore en llegar a determinada fila-. Si diseñamos el estibador de manera que realice ambos movimientos juntos, el tiempo que demore en llegar a determinado lugar será el mayor de ellos.

Si para llegar al casillero más distante demora el mismo tiempo en Y que en X, se dice que es cuadrado en tiempo.

Hay dos modos de **control del estibador**:

- **Direccionamiento único.** el estibador siempre aguarda en la posición de inicio. Cuando almacena o retira, inicia su movimiento desde allí y, luego de almacenar o retirar la carga, vuelve a esta posición de inicio
- **Ciclo doble.** El estibador no tiene origen fijo sino que aguarda el pedido, a partir de la última posición en la que se detuvo.

En cuanto a la elección del **lugar dónde se va a almacenar o guardar** cada una de las cargas, se pueden adoptar diferentes criterios; los más comunes son:

- *Asignación aleatoria.* Se elige al azar una ubicación vacía.
- *Tiempo de procesamiento más breve.* Se asigna la ubicación vacía con el mínimo de tiempo de desplazamiento desde el lugar de entrada.
- *Fila más baja primero.* Para almacenar

busca el lugar vacío que esté en la fila más baja.

- *Columna más cercana primero.* Busca el lugar vacío en la columna más próxima.
- *Asignación por zona.* Consiste en dividir la estantería en zonas de productos a almacenar según su tiempo promedio de almacenamiento; es decir, los productos que permanecen menor tiempo en el almacenaje se colocan en la zona más próxima a la entrada o salida.

La adopción de alguno de los modos de control o de asignación de lugares que se elijan, depende de la tarea que se desee realizar, y de la complejidad que se le quiera dar al sistema.

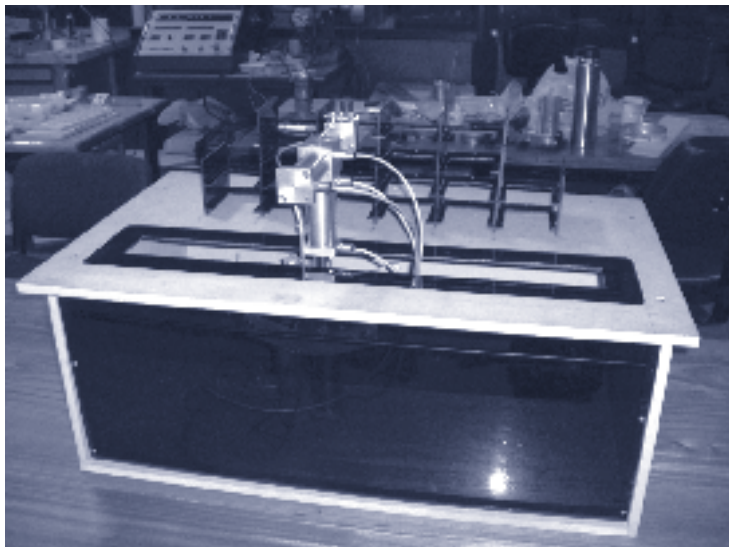
#### Le recomendamos consultar:

- Barajas Pinzón, Oscar Mauricio. "Algunas consideraciones sobre la automatización de procesos industriales". <http://www.oscarbarajas.com>
- Foros de Electrónica. <http://www.forosdeelectronica.com>
- García Jiménez, Raúl; Grillo Perelló, Joan. "Sistemas de fabricación flexible; FMS. Flexible Manufacturing Systems". Universidad de las Islas Baleares. Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática. [http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms\\_grillo\\_garcia.pdf](http://dmi.uib.es/~burguera/download/fms_grillo_garcia.pdf).
- Instituto Tecnológico de Chihuahua. "Los robots en la industria". <http://campus.fortunecity.com/essay/680/>
- Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. "Manipuladores móviles", "Robotics lab". <http://www.uc3m.es/uc3m/dpto/IN/dpin04/>
- Centro de Formación del profesorado e Innovación Educativa de Valladolid. *Robótica*. [http://www.cpr2valladolid.com/tecno/cyr\\_01/robotica/contenido.htm](http://www.cpr2valladolid.com/tecno/cyr_01/robotica/contenido.htm)

### 3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

## Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

### El producto y los componentes



El manipulador que proponemos desarrollar consta de actuadores neumáticos de doble efecto.

Uno de estos actuadores -denominado multiposicional- está compuesto, a su vez, por dos actuadores con vástago único (como si estuvieran enfrentados); basado en la diferente longitud (y, por lo tanto, en la diferente carrera) de sus actuadores componentes, nos permite obtener cuatro posiciones de trabajo. En el caso de nuestro cilindro multiposi-

cional, la carrera de uno de los cilindros componentes es el doble de la del otro actuador. Este rasgo nos permite posicionar un objeto en cuatro alturas diferentes.

El segundo actuador neumático, conjuntamente con el estibador, da la posibilidad de dejar y tomar los palets desde y hacia las distintas plataformas de almacenamiento.

Además, dispone de un sistema de desplazamiento horizontal, lineal, operado por

un moto-reductor eléctrico; este sistema está compuesto por guías, poleas, cables, etc, que describimos, en detalle, en unas páginas más.

Todo el conjunto está montado en una estructura de *Fibrofácil*<sup>®</sup> (MDF), que constituye la base del conjunto; una de sus caras está realizada en acrílico transparente, para permitir la visualización del funcionamiento del dispositivo.

El depósito para el acopio de los materiales



está construido en acrílico y consta de una zona de carga, una zona de descarga y 16 casilleros de almacenamiento (distribuidos en 4 filas por 4 columnas).

A continuación, describimos los materiales, elementos, herramientas y máquinas utilizadas y los pasos que hemos efectuado para la construcción de este manipulador. No obstante esto, alentamos a usted y a sus alumnos a efectuar modificaciones, tanto en el proceso como en los mecanismos y/o materiales implicados (en función de la disponibilidad de equipos e infraestructura), para ajustar este recurso didáctico a los requerimientos del proyecto tecnológico que están desarrollando.

## Los materiales, herramientas e instrumentos

Los **materiales** utilizados en la construcción de las diferentes partes de este modelo son:

- Placa de fibrofácil de 1250 mm x 1000 mm y de 12 mm de espesor.
- Perfiles, barras y chapa de aluminio.
- Varillas roscadas.
- Barras de acero trefilado.
- Barra de teflón.
- Tubo de bronce.
- Tornillos de diferentes tipos y medidas.
- Arandelas.
- Placas y barras de acrílico.

- Barra cilíndrica de bronce.
- Alambre de cobre esmaltado para bobinado.
- Motor eléctrico de 12 Vcc, con reductor y fuente de alimentación.
- Tuercas de distinto tipo y medidas.
- Resorte.

Las **herramientas** necesarias:

- Destornilladores, medidas varias.
- Punta de trazar.
- Machos de roscar, medidas varias.
- Brocas.
- Agujereadora de banco y taladro manual.
- Sierra caladora.
- Tupí.
- Trincheta.
- Torno.
- Pinzas varias.
- Calibre.
- Cinta métrica.
- Reglas y escuadras.
- Limas de diferentes tipos.
- Soldador eléctrico.
- Arco y hojas de sierra.
- Morsa.
- Fresas de varias medidas.
- Juego de llaves de dos bocas y estriadas.
- Herramientas para torno.

# La construcción

Organizamos la construcción del manipulador neumático en cuatro etapas:

1. La base.
2. Los actuadores neumáticos (desplazamiento en los ejes Y y Z).
3. El dispositivo para el deslizamiento longitudinal (desplazamiento en el eje X).
4. El sector de almacenaje.

Manos a la obra, entonces... Comenzamos con la base del modelo.

## 1. Construcción de la base

Esta base nos sirve:

- de soporte para el sector de almacenaje,
- de guía para el desplazamiento transversal de los actuadores,

- de contenedor de los mecanismos involucrados en este movimiento.

Para la realización de la base, hemos optado por una estructura autoportante; los motivos de esta decisión fueron dos: el primero, la facilidad de construcción que nos plantea, y el segundo que, al ser una estructura pequeña y de bajo peso, el conjunto se soporta fácilmente.

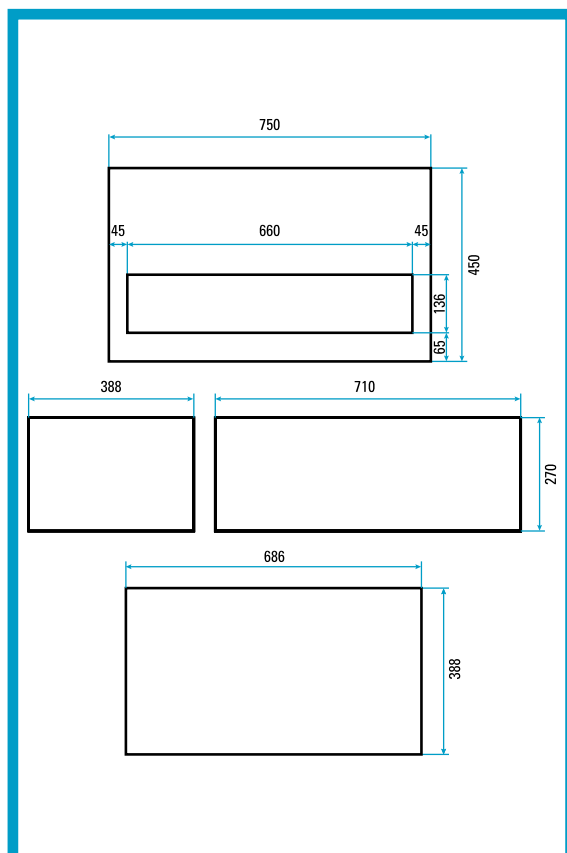
La base está construida en fibrofácil de 12 mm de espesor, con una tapa frontal de material acrílico traslúcido que permite visualizar todos los mecanismos.

De no disponer de otro material alternativo, le sugerimos el acrílico para la construcción, por la facilidad de trabajo y el bajo costo que representa.

La base está compuesta por:

Pieza N°	Material	Dimensiones	Denominación	Cantidad
1	Fibrofácil	750 x 450 x 12 mm	Tapa	1
2	Fibrofácil	388 x 270 x 12 mm	Lateral	2
3	Fibrofácil	710 x 270 x 12 mm	Fondo	1
4	Fibrofácil	388 x 686 x 12 mm	Piso	1
5	Acrílico	266 x 683 x 4 mm	Frente	1
6	Acrílico	650 x 135 mm	Protección cubierta tapa	1
7	Aluminio	Perfil ángulo de 9.5 x 9.5 x 1.5 x 90 mm	Tope fijo	2
8	Aluminio	Perfil ángulo de 9.5 x 9.5 x 1.5 x 165 mm	Bisagra	2
9	Aluminio	Perfil ángulo de 9.5 x 9.5 x 1.5 x 680 mm	Soporte interno	1

Con la ayuda de un arco de sierra o de una sierra caladora, cortamos las piezas de fibrofácil de acuerdo con las dimensiones indicadas en el cuadro.



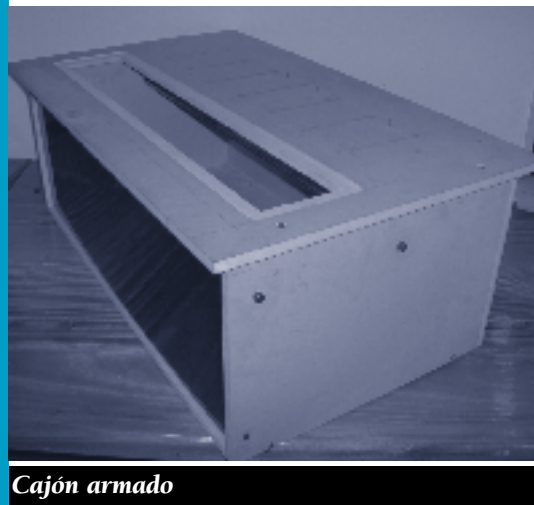
**Base de fibrofácil**

Luego, realizamos un recorte interno en la tapa según se muestra en la figura de arriba.

Si los bordes de las piezas no quedan lo suficientemente prolijos y rectos, los trabajamos con lima, escofina, cepillo para madera, lija, etc., según la cantidad de material a extraer.

Tenemos que hacer un "rebaje" a este recorte realizado sobre la tapa para, *a posteriori*, calzamos la protección de la cubierta (pieza N° 6). El tupí resulta una buena herramienta para efectuar esta tarea.

Una vez cortadas todas las piezas de fibrofácil, comenzamos a unir las piezas mediante tornillos para madera, de 5 x 60 mm de largo.

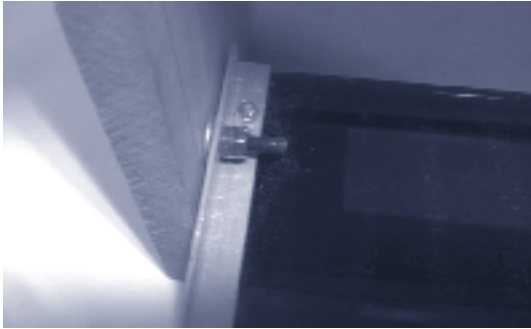


**Cajón armado**

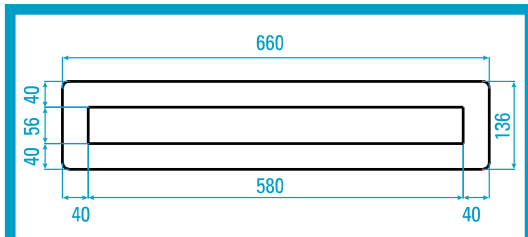
Preparamos el frente de acrílico y le colocamos las bisagras (perfil ángulo de 165 mm de largo). Fijamos las bisagras en los bordes laterales del frente mediante dos tornillos M4 x 8 mm, cabeza tanque philips.

A continuación, presentamos la tapa, para tomar las medidas correspondientes que permitan su sujeción a la base, de modo tal que ésta pueda pivotar alrededor de este punto sin rozar con la estructura. Entonces, perforamos ambas bisagras y los laterales de la base en las medidas pertinentes y fijamos mediante tornillos, arandela, tuerca y contratuerca.

Hacemos lo mismo con los perfiles tipo ángulo que utilizamos como tope fijo para la puerta frontal y con el soporte interno, sujetándolos con tornillos (M4 x 8 mm cabeza tanque philips) a la estructura de fibrofácil (tapa y laterales).



Por último, cortamos y presentamos la protección de acrílico para la tapa. En la parte central, recortamos un rectángulo centrado de 56 mm x 580 mm, para permitir el desplazamiento del manipulador.



**Tapa de acrílico**

Por último, pegamos unos imanes (podemos utilizar los de propagandas) en la tapa de acrílico y en el soporte interno para el cierre, y un perfil ángulo a modo de manija.

Ya tenemos armada la estructura que soportará nuestro dispositivo. Pasemos, ahora, a la etapa de construcción de los actuadores.

## 2. Construcción de los actuadores neumáticos (desplazamiento en los ejes Y y Z)



Para la realización de estos actuadores neumáticos necesitamos los siguientes elementos:

Pieza N°	Material	Dimensiones	Denominación	Cantidad
10	Tubo de bronce	(Diámetro, espesor y longitud) 31.8 mm, 1.5 mm, 113 mm	Camisa actuador 1	1
11	Tubo de bronce	(Diámetro, espesor y longitud) 31.8 mm, 1.5 mm, 78 mm	Camisa actuador 2	1
12	Tubo de bronce	(Diámetro, espesor y longitud) 31.8 mm, 1.5 mm, 78 mm	Camisa actuador 3	1
13	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata anterior o delantera actuador 1	1
14	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata posterior o trasera actuador 1	1
15	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata anterior o delantera actuador 2	1
16	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata posterior o trasera actuador 2	1
17	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata anterior o delantera actuador 3	1
18	Barra de aluminio	(Cuadrado) 38 x 38 x 20 mm	Culata posterior o trasera actuador 3	1
19	Acero trafileado	(Cilíndrica) diam $\varnothing$ 8 x 150 mm longitud	Vástago actuador 1 y 2	1
20	Acero trafileado	(Cilíndrica) diam $\varnothing$ 8 x 98 mm longitud	Vástago actuador 3	1
21	Barra de aluminio	(Cilíndrica) diam $\varnothing$ 30 x 18 mm longitud	Émbolo actuador	3
22	"U" Packing	Diámetro interior $\varnothing$ 7.65 mm Diámetro ext. $\varnothing$ 11.21 x 4 mm		6
23	"U" Packing	Diámetro interior $\varnothing$ 20.75 mm Diámetro ext. $\varnothing$ 28.75 x 6 mm		6
24	-----	Tamaño estándar, rosca de 5 mm	Acople rápido	21
25	-----	Manguera de 4 mm de diámetro	Manguera	Necesaria
26	Acrílico	Transparente de 19 x 28 x 50 mm de largo	Cuerpo de la válvula distribuidora	4
27	Acrílico	Transparente de 24 x 27 x 19 mm	Soporte del solenoide	8
28	Acrílico	Transparente de 24 x 27 x 5 mm	Tapas de solenoide	16
29	Acero trafileado	Barra cilíndrica de $\varnothing$ 8 mm x 30 mm de longitud	Corredera de la válvula	4
30	Bronce	Barra cilíndrica de $\varnothing$ 8 mm x 15 mm de longitud	Núcleo del solenoide	8
31	O'Rings	Diámetro interior $\varnothing$ 4.47 mm Diámetro exterior $\varnothing$ 8.03 mm	Junta de la válvula	12
32	Alambre de cobre	$\varnothing$ 0.15 mm	Solenoide	Necesaria
33	Arandela de hierro	$\varnothing$ 18 x $\varnothing$ 7.5 x 0.8 mm	Bases del solenoide	16
34	Hierro	Cilíndrico de $\varnothing$ 6.75 x 11 x 2.75 mm	Eje del solenoide	8
35	Tornillo	M 3 x 45 mm	Tornillos	16
36	Resorte	1 x 7 x 12 mm	Resorte de válvula	8

## 2.1. Construcción de los actuadores

En esta etapa de la construcción procedemos, en primer lugar, a cortar los tubos de bronce, según las dimensiones indicadas.

Para la determinación de la longitud de los tubos que compondrán los cilindros (camisa) utilizamos la ecuación:

$$L = C + A + 2 B$$

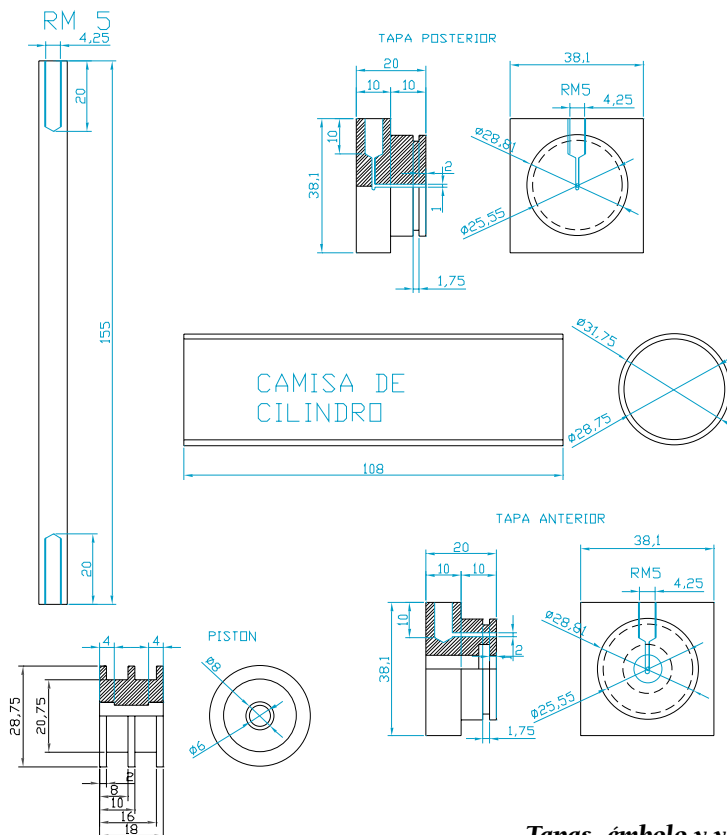
Donde:

- L = Largo final del tubo.

- C = Carrera necesaria para el vástago.
- A = Ancho de pistón.
- B = Guías de tapa.

De esta manera, podemos determinar -de acuerdo con la carrera que se quiera emplear para un ancho de pistón establecido y las guías de las tapas que utilizemos- la longitud de la camisa del cilindro.

A partir de la barra de aluminio de sección cuadrada, torneamos las piezas correspondientes a las culatas o tapas de los actuadores, respondiendo a las siguientes dimensiones:



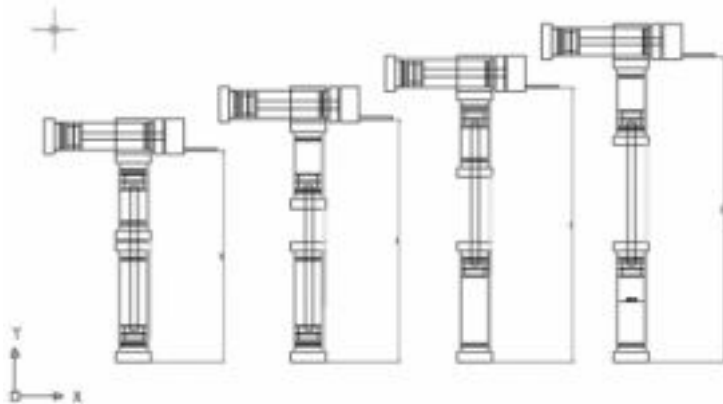
**Tapas, émbolo y vástago de cilindro**

De la misma forma, mecanizamos los orificios correspondientes a los conectores para la alimentación de aire comprimido y de los agujeros roscados para las guías de los actuadores, en aquellas partes que así lo requieran.

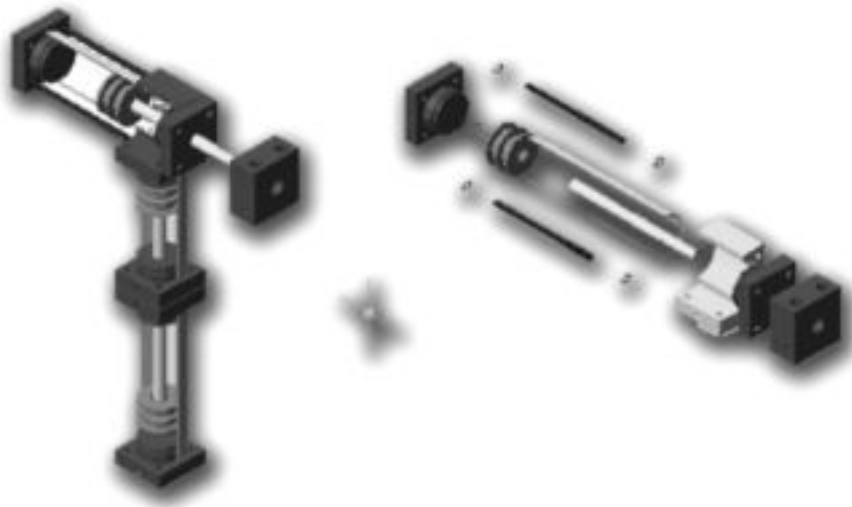
A continuación, procedemos con los vástagos de los actuadores, roscando en el extremo la longitud señalada en el dibujo, ya sea utilizando macho de roscar, o bien, torno.

Para el émbolo de los cilindros, hemos dispuesto dos acanaladuras en donde insertamos los U-Packing que nos brindan la estanqueidad necesaria en las cámaras del actuador.

Una vez finalizadas las partes componentes de nuestros actuadores, realizamos el armado y el montaje final.



***Cuatro posiciones de accionamiento del manipulador***



Para el *gripper*, hemos dispuesto que la pala del manipulador, suba y baje; esto permite almacenar las piezas en la zona correspondiente. Para ello, hemos colocado dos cilindros en el extremo del vástago; en este caso, están realizados en un bloque de aluminio fijado frontalmente por medio de un tornillo Allen M4 x 25 mm.

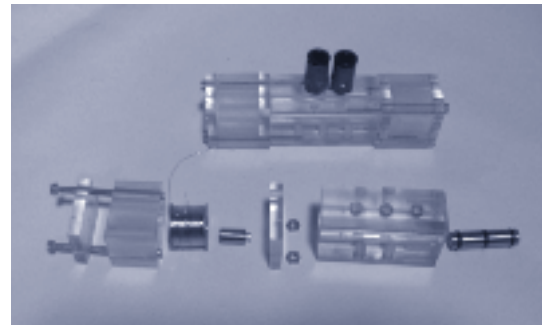
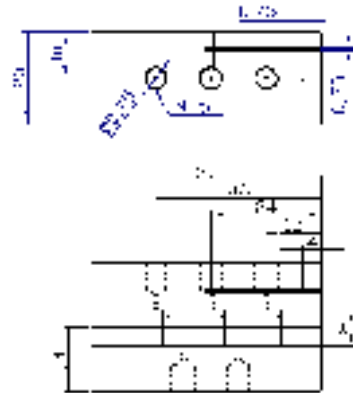
Para la construcción de esta parte, hemos realizado el orificio de fijación en el centro y dos orificios perpendiculares a éste, a modo de cilindro. Para asegurar la estanqueidad, alojamos dos O'Rings dispuestos en la cámara o bien, en el pistón. El retorno de estos cilindros se efectúa por medio de sendos resortes que hacen tope en dos tornillos que, a su vez, sirven de guía de la pala.

En nuestro caso lo hemos colocado en la cámara.

## 2.2. Construcción de las electroválvulas

Partiendo de la barra de acrílico de sección rectangular de 50 mm de longitud, realizamos un orificio centrado de 8 mm de diámetro. Éste es el alojamiento para la corredera de la válvula. A continuación, hacemos los orificios correspondientes a las conexiones con una broca de 1 mm de diámetro y de profundidad hasta el eje de la corredera. Luego, con una broca de 4.25 mm de diámetro y con una altura de 7.5 mm, agrandamos estos agujeros correspondientes a la alimentación, escapes y conductos de trabajo. A posteriori, roscamos estos orificios con un macho de M5, para roscar los respectivos conectores.

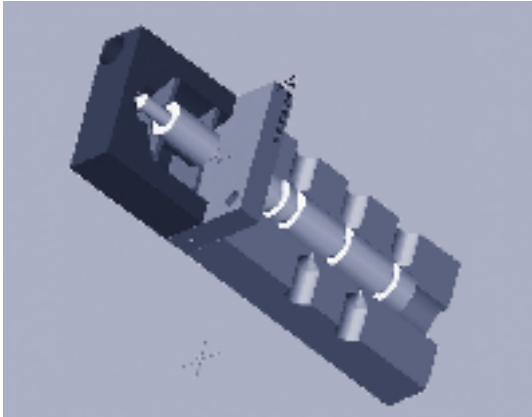
Perforamos y roscamos los orificios para los tornillos que sujetan al solenoide, así como también el correspondiente al servo-pilotaje. Las medidas y ubicación se muestran en los siguientes esquemas:



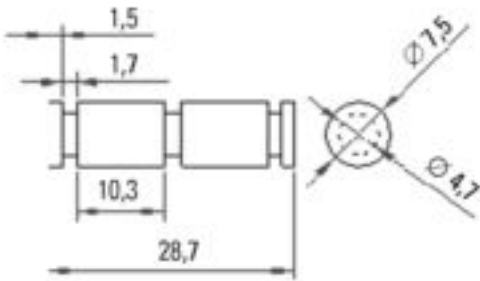
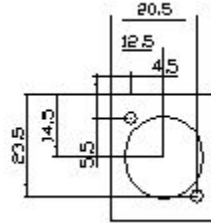
**Cuerpo de las válvulas**

Cortamos las barras de acero para la realización del eje o corredera de las válvulas. Utilizando un torno, hacemos los rebajes para el alojamiento de los O'Rings, a las distancias indicadas.





En el cuerpo de acrílico que constituye el soporte del solenoide, perforamos los orificios correspondientes para el servo-pilotaje y para el alojamiento de la bobina.



Para el solenoide o bobina, realizamos un "carretel" con las dos arandelas de hierro y el núcleo de bronce cilíndrico, al que, posteriormente, remachamos en los extremos para que quede bien sujeto. Con la ayuda de un soporte para el alambre de cobre y un dispositivo para sujetar y hacer girar el carretel (nosotros utilizamos el motor-reductor del atornillador), procedemos al devanado de la bobina.

Tal vez sea conveniente realizar, en primer lugar, los calados para las juntas, en la barra de acero entera y, luego, proceder a cortar las correderas.

Con sus alumnos, observe la correcta terminación de las piezas, exenta de rebabas o de bordes cortantes.

El respeto de las medidas indicadas en la corredera es muy importante, ya que de ello depende la posición de ésta respecto del cuerpo de la válvula y, por lo tanto, el correcto funcionamiento de la válvula.

Guiamos cuidadosamente el alambre para que el carretel pueda contener la mayor cantidad de vueltas y, de esta forma, obtener una mayor eficiencia del solenoide.

La secuencia de armado de la electroválvula es la siguiente: En primer lugar, con un adhesivo, fijamos la bobina a 2 mm de la cara lindera con la válvula. Esto permite el desplazamiento del vástago. Del otro extremo del vástago y apoyando sobre éste, montamos el resorte.

Realizamos la unión de estos conjuntos colo-

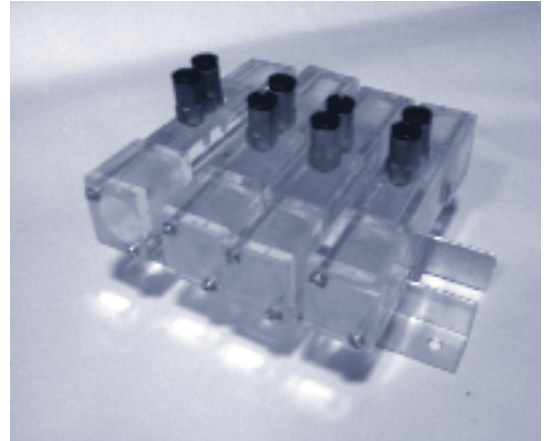
cando, en el cuerpo de acrílico, una pequeña película de un sellador sintético siliconado (del tipo Fastix®). También realizamos esta operación en los orificios de salida de los cables de alimentación de la bobina, para asegurar la estanqueidad de la cámara.



Corresponde una electroválvula por cada uno de los actuadores. Entonces, tenemos que realizar cuatro: dos para el cilindro multiposicional, una para el actuador que mueve al dispositivo en el eje Z y la última que corresponde al actuador de tomar/dejar la pieza. Cada electroválvula dispone, a su vez, de dos solenoides.

Las electroválvulas son montadas en una base común, que llamamos "manifold", según mostramos en la siguiente imagen. Esto nos permite tener una sola entrada de aire comprimido que alimentará a las válvu-

las conectadas "en paralelo". También, hemos realizado un soporte de este manifold, con una pieza en perfil ángulo de aluminio, para la sujeción y la fijación a la base del modelo.



### 3. Construcción del dispositivo para el deslizamiento longitudinal (desplazamiento en el eje X)

Este dispositivo es el que utilizamos para el movimiento del conjunto armado en la etapa anterior. Para este desplazamiento, utilizamos un motor-reductor alimentado desde una fuente de alimentación externa de 12 Vcc.

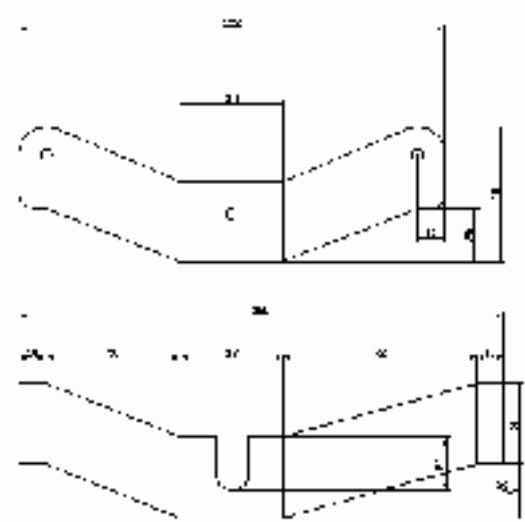
En nuestro caso en particular, para la obtención de este elemento, optamos por comprar y, luego, desarmar, un atornillador eléctrico portátil de velocidad (rpm) variable y con inversión de sentido de giro, que funciona con baterías recargables; lo utilizamos para bobinar los solenoides de las electroválvulas.

Los componentes de esta parte del modelo didáctico es el que se muestra en la siguiente figura.

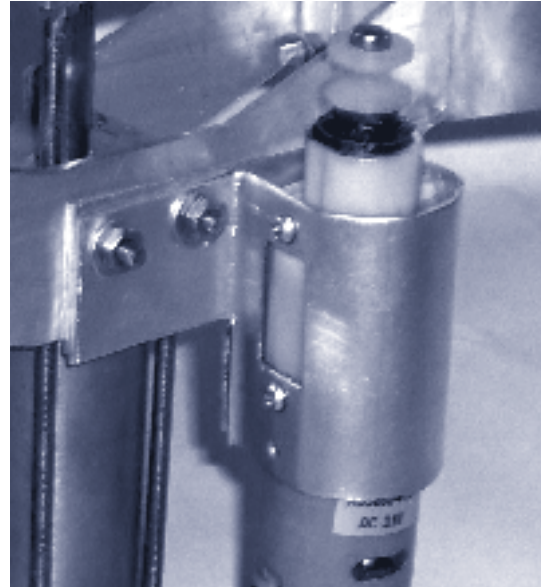
Pieza N°	Material	Dimensiones	Denominación	Cantidad
37	Plancha de aluminio	50 x 158 mm de 2 mm de espesor	Soporte de cilindros	2
38	Plancha de aluminio	50 x 185 mm de 2 mm de espesor	Soporte del motor	1
39	Resina acetal	Barra cilíndrica de $\varnothing$ 19 mm x 8 mm de largo	Ruedas del carro	6
40	Resina acetal	Barra cilíndrica de $\varnothing$ 19 mm x 8 mm de largo	Ruedas de motor	1
41	Acero trafilado	Barra cilíndrica de $\varnothing$ 8 mm x 686 mm de largo	Barras de desplazamiento	2
42	Resorte		Resorte de tensión	1
43	Tanza de nylon		Para el desplazamiento del carro	Cantidad necesaria
44	Aluminio	Perfil ángulo de 12 mm de ala x 1 mm de espesor, 30 mm de largo	Soporte del resorte de tensión	1
45	Tornillos	M4 cabeza tambor x 15 mm	Sujeción de las ruedas al carro	6
46	Tornillos	M6 cabeza Allen x 35 mm de largo	Sujeción barras de desplazamiento	4
47	Tornillos	M4 cabeza Allen x 10 mm de largo	Sujeción de carro al cilindro	4
48	Tuercas	M4	Para fijación y contratuerca de bulonería	20



En primer lugar, cortamos las piezas que soportarán a los actuadores y la que corresponde al soporte del motor. Para esto, utilizamos la planchuela de aluminio de 2 mm de espesor y trazamos las piezas, de acuerdo con los planos. Con la ayuda de una sierra, cortamos las piezas y, luego, limamos los bordes para eliminar rebabas. Realizamos los orificios en los lugares indicados para los tornillos de fijación a la estructura, para las ruedas de guía, etc.



Doblamos la chapa del soporte para el motor con la ayuda de alguna pieza cilíndrica de diámetro acorde al que necesitamos.



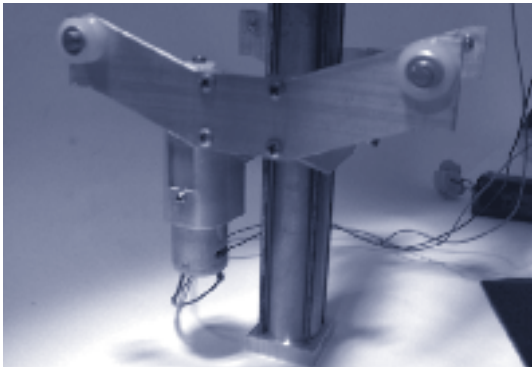
***Soporte del motor***

Armamos esta estructura de soporte, fijándola mediante tornillos M4 x 10 mm y tuercas. En ella sujetamos el conjunto de actuadores neumáticos armado en la etapa previa, y el conjunto que forman el soporte del motor y el motor eléctrico.

En cada extremo de las barras de desplazamiento realizamos un agujero roscado para tornillos de M6; esto va a permitir que, luego, podamos sujetarlas a la estructura de la caja. Para efectuar estos agujeros, nosotros utilizamos tornillos M6 x 35 mm cabeza tipo Allen.

Las ruedas de guía se realizan en un torno, utilizando la barra cilíndrica de 19 mm de diámetro de teflón, nylon o resina acetal.

También realizamos con este material la polea con garganta para el motor eléctrico.



Cortamos y agujereamos el ángulo que nos va a servir para guía del hilo, el soporte del resorte de tensión y el soporte del hilo en el oro extremo, también en aluminio.

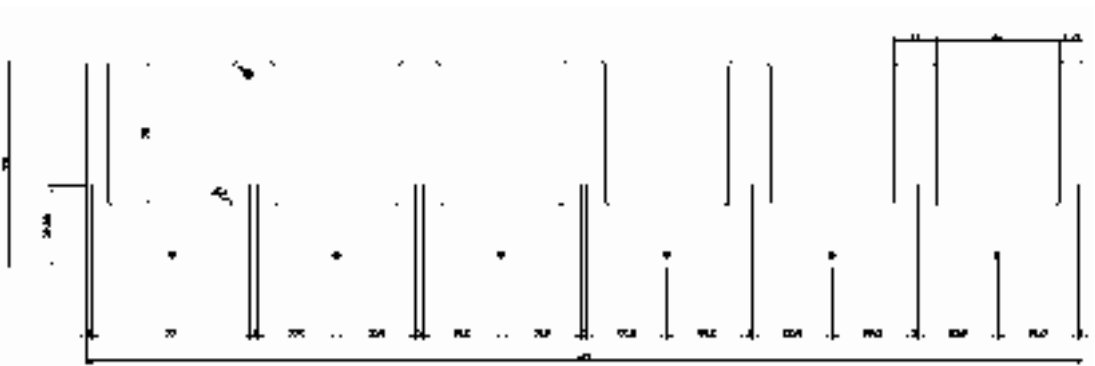
Colocamos a este mecanismo una "lengüeta" de chapa en el carro de desplazamiento del motor. Ésta sirve para la conmutación de los fines de carrera que van dispuestos en el centro de cada columna, montados sobre un soporte atornillado a la parte de abajo de la tapa.

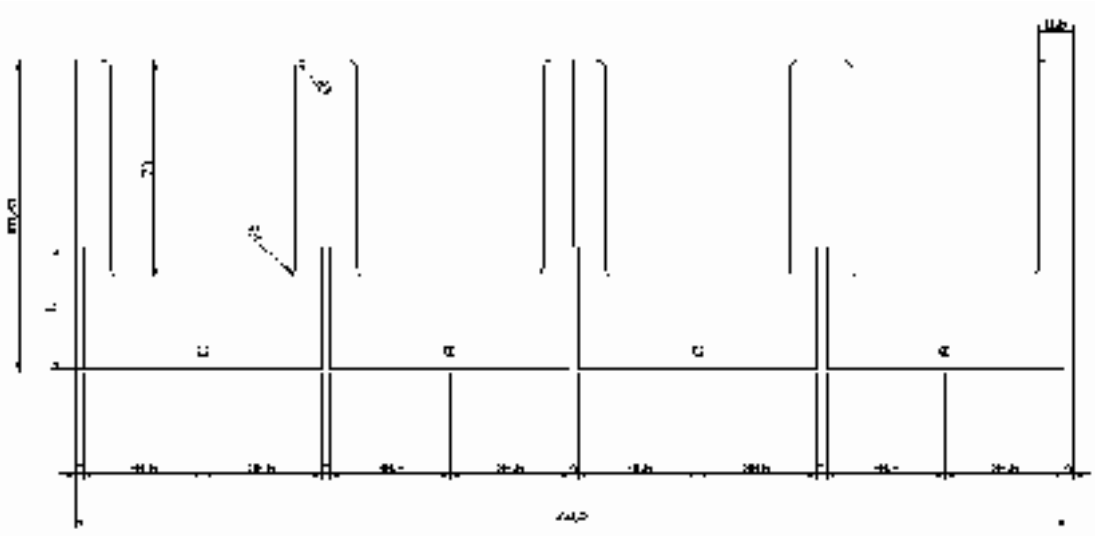
#### 4. Construcción del sector de almacenaje

Para el sector de almacenaje o *storage* utilizamos acrílico. Recuerde que nuestro sector de almacenaje consta de una zona de carga, una zona de descarga y cuatro columnas con cuatro filas que conforman los casilleros de almacenamiento.

La estructura del sector de *storage* está armada mediante una técnica de encastré, ya que consideramos que es constructivamente sencilla y que, además, cumple con la funcionalidad requerida a esta parte del modelo.

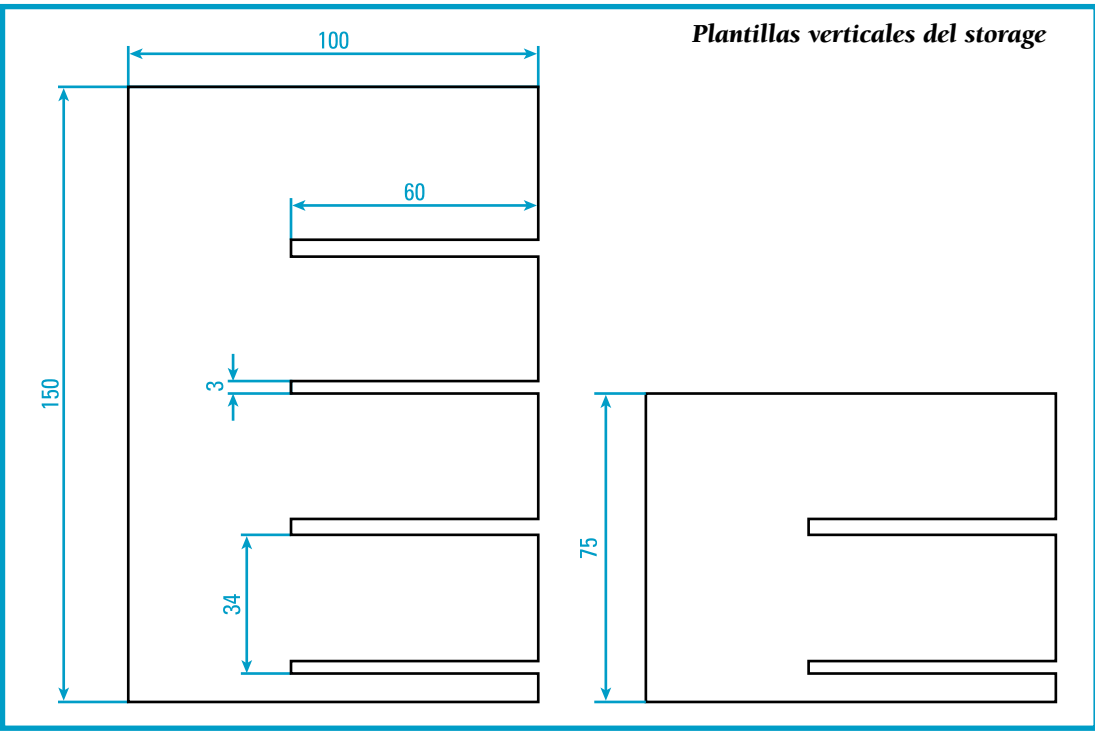
Nuestro *storage* está compuesto por once partes: dos de ellas integran la base y la primera altura del sector:





En posición vertical tenemos dos piezas iguales, que son las correspondientes a los parantes ubicados en los extremos del sector.

Y otras cinco piezas que conforman el resto de la estructura vertical, dando lugar a las columnas intermedias.



Previamente al corte y al armado de las piezas correspondientes al sector de almacenamiento, es conveniente haber montado el manipulador en la caja; sobre todo, para tener las dimensiones exactas de las diferentes alturas a las que deben posicionarse las filas de esta parte del modelo.

## El armado

Una vez realizadas todas las piezas, procedemos al armado y al montaje final de todos los componentes de este modelo.

Ya le hemos mostrado cómo montar los actuadores con las piezas de soporte y del motor en su correspondiente sostén. Ahora, le montamos y atornillamos las ruedas de guías.

Cuando hemos terminado este conjunto, estamos en condiciones de ubicarlo dentro de la caja.

Mediante tornillos de diámetro M6 x 20 mm, cabeza tipo Allen, disponemos y atornillamos las guías de acero de soporte del motor a la caja, desde la parte exterior de ésta.

Para esto, tomamos en cuenta la altura a la que debe quedar la pala del manipulador respecto de la base del modelo.

Para la ubicación de los fines de carrera, consideramos la posición central de cada columna y los disponemos en la parte inferior de la base de fibrofácil, en un soporte del mismo material, mediante tornillos de fijación. En nuestro equipo, tomamos la parte central de

cada columna para que el motor detenga al carro en esa posición; con esta opción, si bien tenemos una pequeña diferencia en el posicionamiento respecto del recorrido del carro en uno u otro sentido, ésta es despreciable.

Una vez que hemos dispuesto estos detectores, fijamos la lengüeta en el carro del motor, a una altura conveniente para posibilitar su conmutación.

Por último, fijamos el sector de almacenamiento a la base del modelo, por medio de tornillos para madera o bien usando adhesivo.

## El ensayo y el control

Podemos encarar de distintas formas la prueba del funcionamiento de este modelo.

En principio, conviene realizar una prueba alimentando -sucesivamente y en forma individual- cada una de los solenoides de las electroválvulas y el motor de cc, para comprobar el correcto funcionamiento de los componentes. Obviamente, tratándose de actuadores neumáticos, es necesario conectar la alimentación de aire comprimido; entonces, comprobamos que no existen fugas de aire y si las hubiere, solucionamos el inconveniente.

También comprobamos la detención del motor eléctrico; si fuera necesario, corregimos la posición de los finales de carrera.

Luego y según sea la opción de control seleccionada, probamos el funcionamiento del dispositivo en su conjunto y verificamos si cumple con las premisas de gestión preestablecidas por el grupo de trabajo.

## 4. EL EQUIPO EN EL AULA

A través del desarrollo del **manipulador neumático**, los alumnos tienen ocasión de abarcar diversos contenidos; algunos de estos conocimientos resultan necesarios durante la etapa previa de construcción del modelo -esto es, cuando el profesor realiza el planteo de las diversas situaciones-problema-, la inclusión de otros contenidos es estratégica cuando la solución adoptada va "tomando forma" y algunos conceptos sólo alcanzan una comprensión plena una vez terminado el equipo.

A continuación, le acercamos algunas ideas acerca de cómo integrar esos contenidos en su tarea; por supuesto, las nuestras son sólo sugerencias, ya que es usted quien conoce al grupo destinatario -su nivel de formación previa, su predisposición al trabajo grupal y a la investigación, sus habilidades manuales...-, la disponibilidad de material bibliográfico, la posibilidad de acceso a consultas por la web, a materiales, herramientas y máquinas, como así también las particularidades relacionadas al ámbito de ubicación de la escuela, los que le permitirán optar por una estrategia de enseñanza o por otra.

### Propuestas de enseñanza referidas a

Materiales

Actuadores

Pinza

Sensores y detectores

Manipulador

Almacenamiento

Transformación de movimiento giratorio en lineal

Programación del equipo

### Materiales

En el manipulador neumático que desarrollamos, trabajamos con distintos tipos de materiales:

- fibrofácil (MDF), perfiles de aluminio, acrílico... para la base y el sector de almacenaje;
- aluminio, bronce, aros de goma, varilla roscada, motor eléctrico, acrílico, alambre de cobre... para los actuadores y su movimiento.



Le sugerimos que analice con sus alumnos los criterios de selección de estos materiales: sus características físicas, su costo, su facilidad de mecanizado, su facilidad de obtención, entre otros, y que evalúe con ellos qué sucede con el producto cuando la opción por algún material no cumple con los requerimientos planteados en el diseño.

Por ejemplo:

- ¿Es conveniente realizar la camisa del actuador en aluminio -o bronce, acero inoxidable, acero al carbono, etc.-?
- La mejor forma de unión con las culatas anterior y posterior es, ¿por rosca? ¿Por soldado?

## Actuadores

También podemos observar qué sucedería si, en lugar de almacenar cajas de cartón de pequeñas dimensiones o tornillos de diferentes tamaños y medidas, se tratara de piezas de motores.

O, mejor aún, supon- gamos -con nuestros alumnos- que tenemos que automatizar el guardado y el retiro de lanchas de una guardería naval.

Ahí se nos complicaría bastante utilizar acrílico y fibrofácil (Algo impensado para este propósito, ¿no?).

Para este caso tendríamos que pensar no sólo en cambiar los materiales del sector de almacenamiento o *storage*, sino optar por otro tipo de actuadores; porque los de tipo neumático -como los que utilizamos en nuestro modelo- no serían eficientes.

La fuerza máxima que podemos hacer con actuadores neumáticos es de, aproximadamente, 4000 ó 5000 kg -y éstos son, en principio, demasiado grandes y demasiado caros-. A través del diagrama podemos analizar las dimensiones que tendría que tener un actuador neumático para ejercer una determinada fuerza:

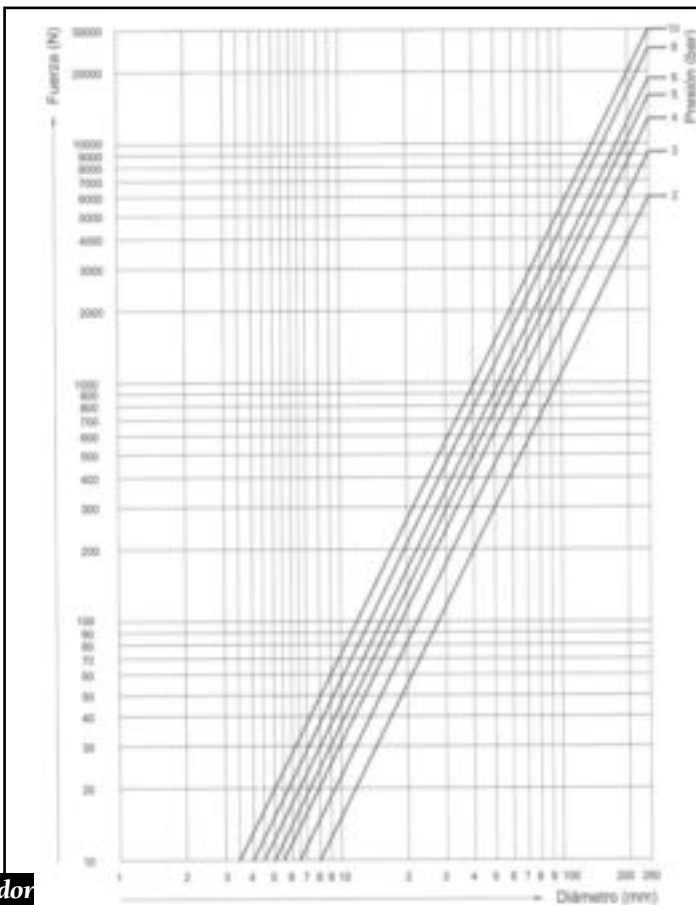


Diagrama de fuerzas de un actuador

$$F = 10 \cdot p \cdot \Pi \cdot (d^2/4)$$

$$F = 7,85 \cdot p \cdot d^2$$

Donde

F = Fuerza (N)

p = Presión (bar)

d = Diámetro de la camisa del cilindro (cm)

En cambio, utilizando actuadores hidráulicos, las dimensiones se ven reducidas gracias a sus mayores presiones de trabajo.

De haber optado por actuadores hidráulicos, otro aspecto a analizar con nuestros alumnos es qué tipo de energía vamos a utilizar para el accionamiento de la bomba. La mayoría de las veces, la energía utilizada es eléctrica, disponible en la mayoría de los embarcaderos; pero, si suponemos que nuestra guardería está emplazada en un lugar donde no existe este tipo de suministro o ubicada en una zona donde los cortes de provisión son constantes, ¿qué tipo alternativo de accionamiento podríamos utilizar para nuestra bomba?

Puede ser útil, entonces, realizar un cuadro comparativo entre un manipulador utilizado para el almacenaje de tornillos y otro utilizado, por ejemplo, para las lanchas, considerando dimensiones, esfuerzos, tipos de energía, materiales de construcción de los actuadores, tipo, forma, tamaño y accionamiento de la pinza o elemento termi-

**Es importante observar que, aún cuando los movimientos y su secuencia puedan llegar a ser idénticos en ambos casos, los demás componentes no lo son.**

nal de la muñeca del manipulador, etc.

En nuestro manipulador utilizamos un motor eléctrico para el desplazamiento entre columnas del sector de almacenaje. ¿Podríamos haber optado por un actuador neumático? De ser así, ¿qué tipo de actuador resulta más conveniente? ¿Cuál es la característica del funcionamiento en un actuador sin vástago? ¿Sería lógico pensar en un actuador de este tipo para nuestro modelo? ¿Sería factible su construcción "casera", tal como hemos realizado los restantes actuadores neumáticos? En caso afirmativo, ¿qué tipo de consideraciones tendríamos que tener en cuenta a la hora de su diseño y fabricación? En caso negativo, ¿por qué su construcción no resulta una buena opción? ¿Cuáles son los principales inconvenientes?

Si comparásemos este tipo de actuador con el motor eléctrico, ¿cuál resultaría "vencedor"? ¿Por qué?

En nuestro modelo solamente hemos optado por realizar movimientos en sentido lineal. Esta decisión se basa, en primera instancia, en la disposición adoptada para las diferentes partes componentes. Pero... de haber sido necesario un manipulador que efectúe un movimiento giratorio, ¿cuál sería la opción seleccionada? ¿Un motor paso a paso, un actuador neumático giratorio de cremallera-rueda dentada, de paletas...?

Como usted puede observar, la variedad de líneas de indagación es interesante y, también, suficiente como para que el alumno comience a precisar las diferencias entre los diversos tipos de actuadores y a comprender su principio de funcionamiento, sus ventajas,

su rendimiento y su campo de aplicación.

## Pinza

Ahora, focalicemos en la "mano" o pinza del manipulador: La que seleccionamos como solución, ¿es la mejor?

Va a resultar interesante que sus alumnos comparen la incluida en nuestro manipulador neumático con una pinza o *grip* paralela o angular, y con una que integre toberas de vacío o ventosas, o pinzas electromagnéticas -considerando, en este caso, el tipo de energía para el accionamiento, la fuerza necesaria para la sujeción, el costo, etc.-.

## Sensores y detectores

Supongamos que las piezas a almacenar son de diferente tamaño y que su ubicación en los anaqueles depende de esta variable; por ejemplo, que tenemos 4 tamaños de piezas identificadas con los números 1 a 4, desde la más grande a la más pequeña. En esta situación, las piezas tipo 1 (grandes) deben ubicarse en el estante inferior; en el segundo se colocan las de tamaño 2 y, así, sucesivamente.

¿De cuántas maneras posibles se podrían llegar a detectar los diferentes tamaños? ¿Qué tipos de detectores o sensores proponen utilizar nuestros alumnos para ello? ¿Cuál es la diferencia entre un detector y un sensor?

Otras situaciones:

- Si, en lugar de diferenciarse por tamaño, las piezas fueran de igual tamaño pero de materiales con peso específico diferente (supongamos, por ejemplo: cubos de cartón, algarrobo, fibrofácil y acero), ¿cuál es la característica a tener en cuenta, y la o las formas posibles para su detección?
- ¿Existen sensores de color? ¿Cómo funcionan? ¿En qué caso los utilizaríamos?
- Los llamados detectores de presencia que se utilizan, entre otras posibilidades, para las alarmas domiciliarias, ¿ante qué condiciones reaccionan?
- Cuando se utilizan robots para soldadura por arco (con electrodo revestido) o por arco sumergido, se requiere de un sensor adicional para detectar la costura y guiar el robot. ¿De qué tipo de detector se trata?

## Manipulador

Podemos presentar a los estudiantes estas líneas de análisis del manipulador:

- ¿Cuántos GDL -grados de libertad- tiene nuestro equipo?
- ¿Es flexible? ¿Qué otras operaciones se pueden hacer con él?
- En cuanto a su velocidad de desplazamiento, ¿de qué factores depende? ¿Podría aumentársela? ¿Hasta qué porcentaje? ¿Cuáles son las desventajas de una velocidad de desplazamiento excesiva o demasiado lenta?
- ¿Se pueden realizar movimientos cuyas

velocidades sean independientes de la carga transportada?

- ¿Qué tipo de configuración tiene nuestro manipulador: cartesiana, cilíndrica, esférica...?
- ¿Qué modificación se podría efectuar en un manipulador para que su configuración pase de cartesiana a cilíndrica?
- ¿Qué capacidad de carga tiene? En nuestro manipulador, ¿de qué depende esta capacidad?

## Almacenamiento

Uno de los principales usos de los robots es la tarea de paletización. Ésta consiste, básicamente, en acomodar uno o varios objetos sobre una plancha o tarima de madera, plástico, metal. Para esta tarea, la rentabilidad, la flexibilidad y el funcionamiento preciso son exigencias básicas a cumplimentar.

En la industria de bebidas y de alimentos, en el sector farmacéutico, de salud y cosmético, el mercado ofrece una amplia gama de máquinas para tareas de embalado y paletización. Desde la despaletización y el desencajonado, hasta el encajonado y la paletización, estos equipos cubren todas las tareas.

Para la identificación de las características que debe tener el robot de paletizador a utilizar, es necesario tener en cuenta ciertos aspectos<sup>5</sup> que lo invitamos a analizar con sus alumnos:

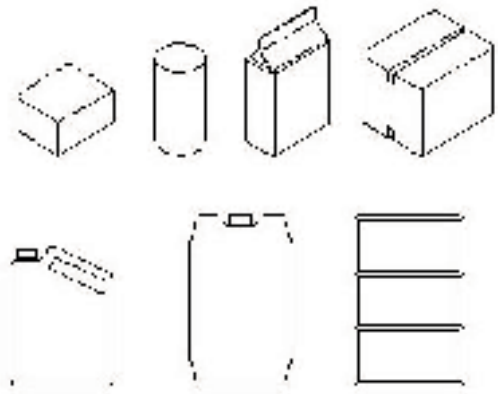
a. En primer lugar, es imprescindible tener un "plano de situación" del lugar donde se ubicará el paletizador.

b. ¿Cada cuánto tiempo llegan las piezas al paletizador?

c. ¿Qué cantidad de tiempo funcionará? (Horas por día, días por semana, semanas por año.)

d. ¿Cuál es el tipo de producto que se debe paletizar?

- Cajas
- Barriles
- Cubos
- Sacos
- Fardos
- Placas
- Bidones
- Hojas
- Otros



<sup>5</sup> Extractado de un cuestionario para clientes de la empresa ITEKS de Francia. [www.iteks.fr](http://www.iteks.fr)

### Tipos de objetos para el estibaje

e. Los productos a paletizar, ¿son iguales? ¿Tienen el mismo peso?

f. ¿Se trata de productos envasados? ¿De qué tipo de envase se trata?

g. El producto, ¿es explosivo, inflamable o frágil?

h. El producto a paletizar, ¿es alimentado desde un solo lugar, proviene alternativamente de varios lados o llega de manera aleatoria?

i. ¿A qué altura -desde el piso- debe tomarse el producto?

j. ¿Se lo puede sujetar desde su parte superior o se trata, por ejemplo, de una caja abierta? ¿Tiene asas? Es conveniente realizar un croquis o esquema con los detalles de forma, tamaño, posición de llegada al paletizador, etc.

k. ¿Cuál es el tipo y material del palet utilizado?



*Modelos de palets*

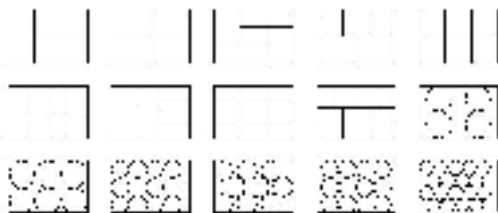
l. ¿Cuál es el peso del palet? Y, ¿el peso máximo del palet lleno?

m. Los palets, ¿llegan al paletizador de a uno o por paquetes? Considerar la altura, ya sea si la provisión es de a uno y colocada en el piso, o bien la altura máxima del paquete y la distancia entre ellos.

n. ¿Se debe colocar algún tipo de separador entre palets? De ser afirmativa la respuesta: Precisar el material, las dimensiones y la forma de provisión; por ejemplo: por hojas, en bobina, etc.

o. Una vez paletizados los productos, ¿se les debe colocar algún tipo de soporte exterior (termoformado o metálico)?

p. ¿Cuál es el esquema pensado de paletización?



*Esquemas de estibajes*

q. Los productos se deben sujetar unos con otros? ¿Con qué?

q. Los productos se deben sujetar unos con otros? ¿Con qué?

r. El palet, ¿debe ser etiquetado antes de salir del paletizador?

s. ¿Cuántos palets deben ser acumulados a la salida del paletizador? ¿Cuál es la altura máxima final del palet?

t. Si el paletizador debe limpiarse, convendría saber con qué elemento, la frecuencia, si la solución de limpieza es alcalina o bien su pH, y la temperatura del producto de limpieza.

u. ¿Cuál es la tensión y la frecuencia disponible para la alimentación eléctrica? Esta tensión, ¿es estable?

v. ¿Se posee suministro de aire comprimido? ¿Cuál es la presión en la red? El aire comprimido, ¿es suministrado "limpio y seco"?

w. El paletizador, ¿necesita conectarse a algún dispositivo periférico? (red informática, por ejemplo).

x. ¿Cuáles son las características del lugar donde se va a emplazar el paletizador -tipo de piso, dimensiones de la puerta de acceso, altura del lugar, condiciones ambientales (humedad, temperatura, ambiente corrosivo, vibraciones, etc.)-.

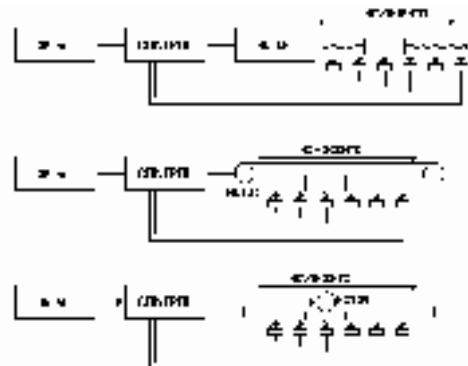
Usted puede trabajar en el aula, considerando todos estos aspectos, a fin de determinar la forma, los grados de libertad, los tipos de movimientos, los accionamientos, etc., necesarios para el diseño del robot paletizador, de modo de satisfacer los requisitos de un cliente supuesto.

## Transformación de movimiento giratorio en lineal

En el caso de nuestro manipulador, hemos utilizado un motor eléctrico para moverlo en el eje X (entre la zona de carga /descarga y las diferentes columnas de almacenamiento). Para ello, tuvimos la necesidad de convertir el giro del motor en un desplazamiento lineal.

Damos a continuación -y, a modo de ejemplo- una serie de esquemas que plantean diferentes formas en las que se puede transformar el movimiento giratorio de un motor eléctrico en un desplazamiento lineal.

En estrecha vinculación con la situación problemática del motor de ascensor, que le planteábamos al comienzo de este material de capacitación.



**Transformación de movimiento giratorio en lineal**

Primera alternativa. Se trata de un mecanismo con tornillo sin fin y tuerca. En su movimiento de rotación, el motor hace girar a un tornillo sin fin solidario a él; esto provoca el desplazamiento del carro. El giro en un sentido o en el otro da como resultado un movimiento a derecha o izquierda. Con este sistema podemos obtener una baja velocidad de desplazamiento (en una vuelta se avanza el paso del tornillo) y, por lo tanto, buena precisión en el posicionamiento. Este sistema presenta el inconveniente de que no es reversible -esto es: sólo avanza y retrocede por el movimiento del tornillo-: Cuando el tornillo se mueve, el carro se desplaza; pero, no puede forzarse externamente el movimiento del carro para que haga girar al tornillo.

Segunda alternativa. En el esquema observamos un desplazamiento por medio de una cinta (también puede ser una cadena, un cable, una cuerda). En este caso, el motor se encuentra fijo en uno de los extremos de la cinta transportadora que hace las veces de conductor mediante una polea o rodillo; en el otro extremo, se encuentra otra polea o rodillo que es el conducido. En este caso, el sistema sí es reversible. Comparando este dispositivo con la primera alternativa, advertimos que, aquí, podemos obtener una mayor velocidad de desplazamiento, menor precisión en el posicionamiento y menor fuerza a ejercer por el carro.

Tercera alternativa. También presenta un desplazamiento que utiliza una cinta, cable o cadena. En este caso, el motor se encuentra ubicado en el carro. Consta de un cable que se enrolla y desenrolla, simultáneamente, en un carretel; y que queda fijo en ambos

extremos de la guía. Posee las mismas ventajas y desventajas que el sistema anterior.

## Programación del equipo

El modelo presentado puede ser controlado de diversas maneras. A continuación, le presentamos algunas de ellas, sugiriéndole la tarea de trabajar los diferentes tipos de mando, y analizar con sus alumnos las ventajas y desventajas que cada uno de ellos plantea.

En nuestro manipulador neumático, los actuadores que debemos alimentar para producir los movimientos en los tres ejes (X, Y, Z), son los siguientes:

- En el **eje X** tenemos el movimiento del manipulador desde la zona de carga/descarga, cubriendo todas las ubicaciones correspondientes a las diversas columnas de almacenamiento, hasta la zona de descarga/carga (según corresponda). Este movimiento es efectuado por un motor eléctrico de 12 Vcc.
- En el **eje Y** contamos con la posibilidad de posicionar el elemento final o pinza del manipulador en cuatro alturas diferentes -esto es, por filas-. Para ello necesitamos comandar las electroválvulas que controlan al cilindro multiposicional; éstas son electroválvulas de impulsos 5/2 (biestables) y requieren de una alimentación para cada una de las bobinas de 12 Vcc.
- En el **eje Z** contamos con un actuador neumático que ubica la pieza a transportar en profundidad, y, además, otro actuador



que hace descender la pieza en su casillero o la levanta desde éste, según corresponda. También en este caso debemos alimentar electroválvulas de 12 Vcc.

Entonces, uno de los mandos más sencillos de aplicar (porque los conocimientos previos requeridos no son muy complejos, y porque los elementos a utilizar pueden encontrarse en una escuela o comprarse sin dificultad) es producir la secuencia de movimientos con mandos directos sobre los distintos actuadores, utilizando, por ejemplo, pulsadores y relés (si fueran necesarios). En este caso, no existiría mayor problema en las bobinas de las electroválvulas ya que, al ser bistables, un solo impulso de tensión -esto es, un pulso en el pulsador- es suficiente para conmutarlas. Tal vez, su grupo de alumnos deba prestar especial atención al movimiento producido por el motor (en el eje x), ya que debe detenerse en la posición justa, correspondiente a cada columna; en este caso, podemos utilizar detectores de proximidad (tipo Reed Swicht, inductivos, capacitivos, etc.), ubicados convenientemente en cada columna, para producir el corte de la alimentación al motor.

Otra posibilidad es la de utilizar un **PLC** -controlador lógico programable- para el mando del manipulador.

**PLC -Programmable Logic Controller-**. Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable, para el almacenamiento de instrucciones, que permite la implementación de funciones específicas como: lógica, secuencias, temporizado, conteo y aritmética; puede ser utilizado para el control de máquinas y para la operación de procesos.

Esta opción permite, entonces, trabajar contenidos referidos a la automatización con controladores programables, diferencias que podemos encontrar entre distintos modelos, distintos lenguajes de programación -características principales, características de los más comunes, instrucciones básicas de estos lenguajes, etc.-.

Las órdenes también pueden "llegarle" a nuestro manipulador desde un **PIC** -circuito integrado programable-, previamente programado

**PIC -Peripheral Interface Controller-**. Si bien se ha generalizado su denominación, PIC es el microcontrolador de la firma Microchip®. Es un componente electrónico conformado en un solo chip, en el que se integra un microprocesador con memoria y cierta cantidad de entradas y salidas; con él pueden efectuarse numerosas y diferentes aplicaciones, modificando el programa almacenado en la memoria. En un microcontrolador típico podemos controlar instrucciones para:

- transferir información entre registros y memoria,
- realizar operaciones aritméticas y lógicas,
- efectuar comparaciones y pruebas sobre el contenido de sus registros de memoria,
- controlar la secuencia de ejecución de programas,
- controlar entradas y salidas.



En este caso, tenemos la posibilidad de abordar contenidos referidos -precisamente- a estos elementos: características, configuración de diagramas de flujo, lenguajes de programación, alcances, tipos de aplicaciones más comunes, etc.

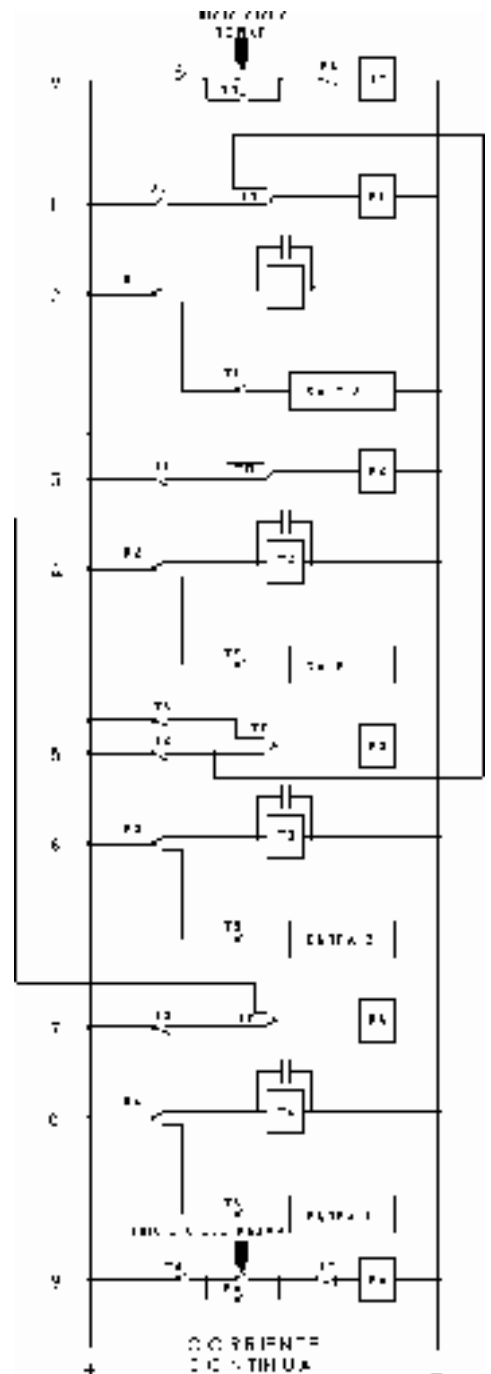
A modo de ejemplo, desarrollamos una de las posibilidades del circuito eléctrico. Se trata de la correspondiente al mando con pulsadores y relés.

Dado que, en nuestro modelo, hemos utilizado conmutadores mecánicos ubicados convenientemente en cada una de las columnas como detectores de posición, el planteo que sigue está referido a esta configuración. →

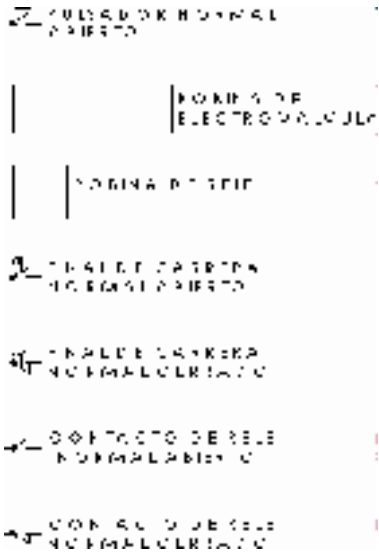
**Deslizador eje X.** Inicialmente, en la posición de reposo del manipulador, el único relé energizado es el E0, ya que el fin de carrera correspondiente de la fila 0 está cerrado. En esta circunstancia, el contacto NA de E0 de la fila 1 está cerrado, habilitando la posibilidad de conectar cualquier relé.

Al accionar el pulsador de posición de cualquiera de ellos, éste hace autorretener uno y sólo uno de los relés I alimentando, a su vez, el relé IV, lo que pone el motor en funcionamiento y dirigirse a la posición C seleccionada. Al llegar a ésta, el fin de carrera correspondiente libera el relé, deteniendo ahí la marcha.

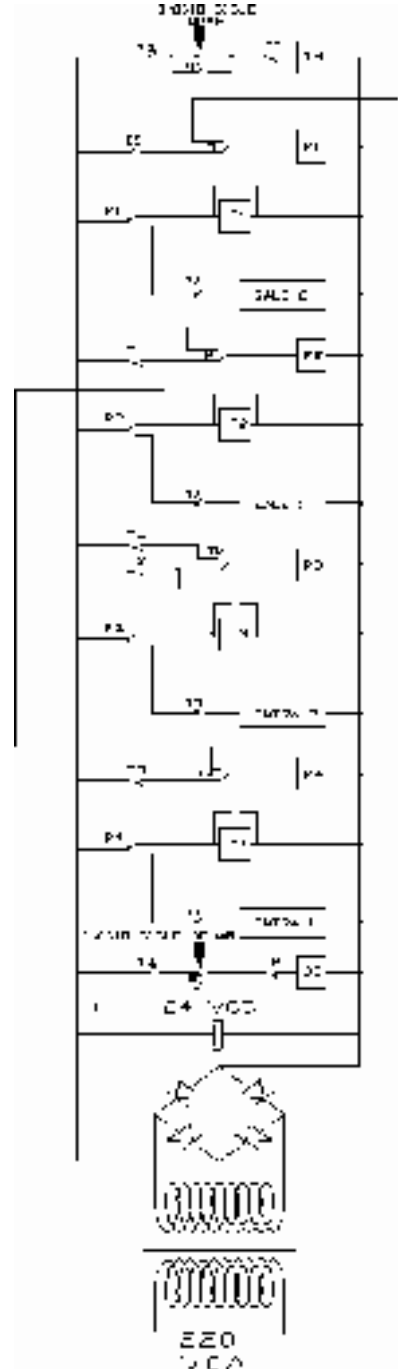
Ahora, al no estar en E0, el contacto NC de la fila 7 está cerrado. Cuando se cierra el contacto de volver, se inicia el retorno hacia E0.



Esquema de circuito, desplazamiento en el eje X



Referencias de ambos circuitos



**Desplazamiento en los ejes Y, Z.** Las columnas están numeradas de la 0 a la 5. Cada una de estas columnas está dividida en 4 alturas -entre Y 0 e Y 3-.

Por su desplazamiento, les asignamos el prefijo X:

- la posición X 0 es la columna de entrada del material a estibar, y
- la posición X 5 es la columna de salida.

Para estas dos posiciones, el valor de Y es cero 0.

**Circuito tomar-dejar.** El capacitor en paralelo, junto con la bobina de un contactor, forma un temporizador a la desconexión; esto es, al desconectarse la bobina, mientras dure la carga del capacitor que se descarga a través de la bobina, ésta permanecerá energizada, manteniendo los contactos en la posición activada, hasta la descarga del capacitor.

Alimentado el circuito, su estado inicial es: Bobinas T1 (fila 2), T2 (fila 4), T3 (fila 6), T4 (fila 8), energizadas, capacitores cargados; por esto, los contactos NC de estos relees estarán abiertos: T1 (fila 3), T2 (fila 5), T3 (fila 7), y cerrado el contacto NA de la fila 9.

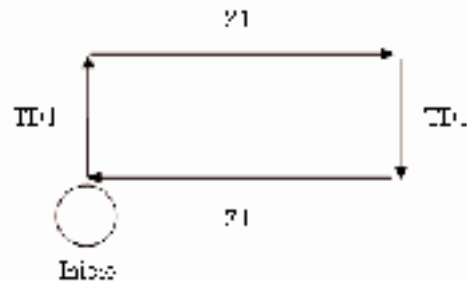
En esta situación de inicio, tanto puede activarse el ciclo dejar como el ciclo tomar. En este ciclo intervienen los cilindros neumáticos Z1 y TD1.

El ciclo **dejar**:

- Se inicia cuando se recibe la orden de iniciar en la fila 9 y queda autoretenido el relé DE.
- Uno de sus contactos NA activa el relé R1 en la fila 1. Conmuta el contacto inversor de R1 ubicado en la fila 2, conectado por el tiempo que dura la carga del capacitor a la bobina de la electroválvula que hace salir al cilindro TD1.
- Cumplido este tiempo, se conecta R2 de la fila 3 a través del contacto NC de T1. Se produce la conmutación del contacto inversor de la fila 4, con lo que se conecta por un tiempo la bobina de la electroválvula que hace salir al cilindro Z1
- Cumplido este tiempo, se conecta R3 a

través del contacto NC de T2 de la fila 5, lo que produce la conmutación del contacto inversor de R3 ubicado en la fila 6 conectando por un tiempo la bobina de la electroválvula que hace entrar al cilindro TD1.

- Cumplido el tiempo, se conecta R4 a través de T3 de la fila 7 con lo que se conmuta el contacto inversor de R4 de la fila 8 conectado por un tiempo la bobina de la electroválvula que hace entrar al cilindro Z1.
- Al cumplirse el tiempo de descarga del capacitor se abre el contacto NA de T4 de la fila 9; entonces, se desenergiza DE con lo que se abre el contacto NA de DE ubicado en la fila 1, volviendo todo a la posición inicial.



**Ciclo dejar**

El ciclo **tomar**:

- Se inicia cuando se recibe la orden de iniciar en la fila 0 y queda autorretenido el relé TM.
- Uno de sus contactos NA activa el relé R2 en la fila 3. Conmuta el contacto inversor R2 de la fila 4, conectado por un tiempo a la bobina de la electroválvula que hace

salir al cilindro Z1.

- Cumplido el tiempo, al cerrarse el contacto NC de T2 de la fila 5, activa el rele R1, conmutando su contacto inversor de la fila 2, conectado por un tiempo la bobina de la electro válvula que hace salir al cilindro TD1
- Cumplido este tiempo, al cerrarse el contacto NC de T1 de la fila 3, éste conecta el relé R4 de la fila 7, conmutando el contacto inversor de R4 en la fila 8, conectando por un tiempo la bobina de la electroválvula que hace entrar al cilindro Z1.
- Al cumplirse el tiempo, se activa el relé 3 en la fila 5 conectando por un tiempo la bobina de la electroválvula que hace entrar al cilindro TD1.
- Al activarse T3 libera de su autorretención a TM completando el ciclo tomar



### **Ciclo tomar**

Nos hemos referido hasta aquí al análisis de los componentes del manipulador neumático y a la inclusión de diferentes cambios en su diseño. Porque, cuando el docente plantea una situación problemática a sus alumnos, existe la posibilidad de trabajar contenidos -tanto conceptuales como procedimentales y

actitudinales- que no siempre es posible fijar de antemano y que vale la pena desplegar en todas sus posibilidades.

Dejamos para el final las posibilidades que el trabajo grupal abre: la integración de los alumnos, su motivación respecto de la búsqueda de las posibles soluciones, la asignación de roles a cada uno de los integrantes de cada grupo, la incentivación del interés por la investigación, la concreción de acuerdos respecto de ideas en discusión, la proposición y selección de la solución más adecuada, etc., todos íntimamente relacionados con el trabajo por proyectos.

## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–  
Oficina 112  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a [evcenet@inet.edu.ar](mailto:evcenet@inet.edu.ar), enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

*Desde ya, muchas gracias.*

# Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Nivel educativo                       | 5. Documentación                               |
| 2. Contenidos científicos y tecnológicos | 6. Otras características del recurso didáctico |
| 3. Componentes didácticos                | 7. Otras características del material teórico  |
| 4. Recurso didáctico                     | 8. Propuestas o nuevas ideas                   |

## 1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico-profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....  
 .....

(\*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.  
 .....

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### 3. Componentes didácticos:

#### 3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro <sup>1</sup>
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario): .....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>1</sup> Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

### 3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica  Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado <sup>2</sup>	Incorporado <sup>3</sup>
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

<sup>2</sup> No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

<sup>3</sup> Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.





3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				



4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> <b>Planificación.</b>	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> <b>Diseño en dos dimensiones.</b>
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción, armado.</b>	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> <b>Ensayo y control.</b>
<b>e.</b> <input type="checkbox"/> <b>Superación de dificultades</b> (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
<b>f.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares</b> (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Si	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p><b>a.</b> <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p><b>b.</b> <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p><b>c.</b> <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p><b>d.</b> <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



**a.**  Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

**b.**  Es más económico.

**c.**  Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

**d.**  Es más adaptable (a diversos usos).

**e.**  Otra (Por favor, especifique): .....

.....

.....

.....

.....

**f.** Descripción del recurso didáctico construido: .....

.....

.....

.....

.....

.....

**g.** Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas): .....

.....

.....

.....

.....

.....



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable <sup>4</sup>	Otro <sup>5</sup>
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

<sup>4</sup>NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

<sup>5</sup>Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				







Capacidad de aplicar y transferir	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
s. Interrelacionar los datos, técnicas y procedimientos en el diseño de la solución.				
t. Utilizar técnicas de representación adecuadas al equipo que se construye o en el ya construido que se utiliza.				
u. Integrar los conocimientos científicos y tecnológicos en los momentos pertinentes para el diseño de la solución.				
v. Relacionar, ensamblar componentes en la secuencia adecuada.				
w. Utilizar de manera correcta la simbología y los lenguajes propios de la tecnología (representación gráfica, simbólica, etc.).				
x. Transferir conocimientos científicos y tecnológicos en otras actividades similares.				
y. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				

Otro (Por favor, exprese aquí los comentarios que tenga, identificando el ítem con la letra que corresponda):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## 5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):



5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV <sup>6</sup>	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>6</sup> Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

## 5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....









## 7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB <sup>7</sup>	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

<sup>7</sup> Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo





## 8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

a. <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	b. <input type="checkbox"/> directivo
c. <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura: .....	d. <input type="checkbox"/> lector del material
e. <input type="checkbox"/> otro (especifique): ..... .....	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Planificación de las experiencias didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Trabajo con resolución de problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the user to write their responses to the prompt above.



Títulos en preparación de la serie “**Desarrollo de contenidos**”.

- Colección: **Tecnología química en industrias de procesos**
  - El aire como materia prima
  - El azufre como materia prima
  - Los minerales como materia prima –bauxita y minerales de hierro
  
- Colección: **Construcciones**
  - Construcción de edificios. Cómo enseñarla a través de la resolución de problemas
  - Construcciones en hormigón armado: tecnología, diseño estructural y dimensionamiento
  
- Colección: **Telecomunicaciones**
  - Técnicas de transmisión banda base aplicadas a redes LAN y WAN
  - Cálculo de enlaces alámbricos
  
- Colección: **Materiales**
  - Fundamentos y ensayos en materiales metálicos
  
- Colección: **Tecnología en herramientas**
  - Historial de las herramientas de corte
  - Diseño y fabricación de herramientas de corte
  
- Colección: **Electricidad, electrónica y sistemas de control**
  - Instalaciones eléctricas
  - Familia TTL (Lógica transistor-transistor)
  - Familia lógica CMOS



MINISTERIO *de*  
**EDUCACIÓN**  
CIENCIA y TECNOLOGÍA  
PRESIDENCIA *de la* NACIÓN



Argentina

**ineti**  
*Instituto Nacional de  
Educación Tecnológica*