

Aplicaciones de la Robótica



- [Clasificación.](#)
 - [Aplicaciones industriales](#)
 - [Nuevos sectores de aplicación](#)
-

Clasificación

En la actualidad los robots se usan de manera extensa en la industria, siendo un elemento indispensable en una gran parte de los procesos de manufactura. Impulsados principalmente por el sector del automóvil, los robots han dejado de ser máquinas misteriosas propias de la ciencia-ficción para ser un elemento más de muchos de los talleres y líneas de producción.

Por su propia definición el robot industrial es multifuncional, esto es, puede ser aplicado a un número, en principio ilimitado, de funciones. No obstante, la práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos (soldadura, paletización, etc.) en los que hoy día el robot es sin duda alguna, la solución más rentable.

Junto con estas aplicaciones, ya arraigadas, hay otras novedosas en las que si bien la utilización del robot no se realiza a gran escala, si se justifica su aplicación por las condiciones intrínsecas del medio de trabajo (ambientes contaminados, salas asépticas, construcción, etc.) o la elevada exigencia en cuanto a calidad de los resultados (medicina, etc.). Estos robots se han venido llamando robots de servicio.

La Federación Internacional de la Robótica (IFR) estableció en 1998 una clasificación de las aplicaciones de la Robótica en el sector manufacturero:



- Manipulación en fundición
 - Moldes
 - Otros
- Manipulación en moldeo de plásticos
- Manipulación en tratamientos térmicos
- Manipulación en la forja y estampación
- Soldadura.
 - Por arco
 - Por puntos



- Por gas
- Por láser
- Otros
- Aplicación de materiales
 - Pintura
 - Adhesivos y secantes
 - Otros
- Mecanización
 - Carga y descarga de máquinas
 - Corte mecánico, rectificado, desbaldado y pulido
 - Otros
- Otros procesos
 - Láser
 - Chorro de agua
 - Otros
- Montaje.
 - Montaje mecánico
 - Inserción
 - Unión por adhesivos
 - Unión por soldadura
 - Manipulación para montaje
 - Otros
- Paletización
- Medición, inspección, control de calidad

	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de materiales • Formación, enseñanza e investigación • Otros 
--	--

Esta clasificación pretende englobar la mayor parte de los procesos robotizados en la actualidad aunque, como se ha indicado anteriormente, se pueden encontrar aplicaciones particulares que no aparecen de manera explícita en esta clasificación.

Aplicaciones Industriales

La implantación de un robot industrial en un determinado proceso exige un detallado estudio previo del proceso en cuestión, examinando las ventajas e inconvenientes que conlleva la introducción del robot. Será preciso siempre estar dispuesto a admitir cambios en el desarrollo del proceso primitivo (modificaciones en el diseño de piezas, sustitución de unos sistemas por otros, etc.) que faciliten y hagan viable la aplicación del robot.

- Trabajos en fundición.
- Soldadura
- Aplicación de materiales
- Aplicación de sellantes y adhesivos
- Alimentación de máquinas
- Procesado
- Corte
- Montaje
- Paletización
- Control de calidad
- Manipulación en salas blancas

En cuanto al tipo de robot a utilizar, habrá que considerar aspectos de diversa índole

como espacio de trabajo, velocidad de carga, capacidad de control, coste, etc. A continuación se analizan algunas de las aplicaciones industriales de los robots, ofreciendo una breve descripción del proceso, exponiendo el modo en el que el robot entra a formar parte del mismo, y considerando las ventajas e inconvenientes.

● **Trabajos en fundición**

La fundición por inyección fue el primer proceso robotizado (1960). En este proceso el material usado, en estado líquido, es inyectado a presión en el molde. Este último está formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros. La pieza solidificada se extrae del molde y se enfría para su posterior debarbado. El molde, una vez limpio de residuos de restos de metal y adecuadamente lubricado, puede ser usado de nuevo.



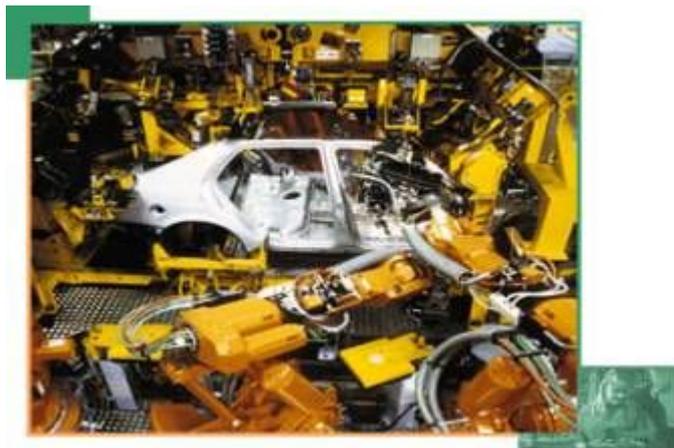
El robot se usa en:

- la fundición de las piezas del molde y transporte de éstas a un lugar de enfriado y posteriormente a otro proceso (desbarbado, corte, etc.).
- la limpieza y mantenimiento de los moldes, eliminando rebabas (por aplicación de aire comprimido) y aplicando el lubricante.
- la colocación de piezas en el interior de los moldes (embutidos).

Las cargas manejadas por los robots en estas tareas suelen ser medias o altas (del orden de decenas de kilogramos), no se necesita una gran precisión y su campo de acción ha de ser grande. Su estructura más frecuente es la polar y la articular y su sistema de control es por lo general sencillo.



● **Soldadura**



La industria automovilística ha sido la gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots instalados hoy día. La tarea robotizada más frecuente dentro de la fabricación de automóviles ha sido, sin duda alguna, la soldadura de carrocerías. En este proceso, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes, denominándose a este tipo de soldadura por puntos.

Para ello, se hace pasar una corriente eléctrica elevada y a baja tensión a través de dos electrodos enfrentados entre los que se sitúan las piezas a unir. Los electrodos instalados en una pinza de soldadora, deben sujetar las piezas con una presión determinada (de lo que depende la precisión de la soldadura). Además deben ser controlados los niveles de tensión e intensidad necesarios, así como el tiempo de aplicación. Todo ello exige el empleo de un sistema de control del proceso de soldadura.



La robotización de la soldadura por puntos admite dos soluciones: el robot transporta la pieza presentando ésta a los electrodos que están fijos, o bien, el robot transporta la pinza de soldadura posicionando los electrodos en el punto exacto de la pieza en la que se desea realizar la soldadura. El optar por uno u otro método depende del tamaño, peso y manejabilidad de las piezas.

En las grandes líneas de soldadura de carrocerías de automóviles, éstas pasan secuencialmente por varios robots dispuestos frecuentemente formando un pasillo; los robots, de una manera coordinada, posicionan las piezas de soldadura realizando varios puntos consecutivamente.



La gran demanda de robots para la tarea de soldadura por puntos ha originado que los fabricantes desarrollen robots especiales para esta aplicación que integran en su sistema de programación el control de la pinza de soldadura que portan en su extremo. Los robots de soldadura por puntos precisan capacidad de cargas del orden de los 50-100 Kg. y estructura articular, con suficientes grados de libertad (5 o 6) para posicionar y orientar la pinza de soldadura (o pieza según el caso) en lugares de difícil acceso.



Aplicación de materiales

El acabado de superficies por recubrimiento de un cierto material (pintura, esmalte, partículas de metal, etc.) con fines decorativos o de protección, es una parte crítica en muchos procesos de fabricación.

Tanto en la pintura como en el metalizado, esmaltado o arenado, la problemática a resolver es similar, siendo la primera la que cuenta con mayor difusión. Su empleo está generalizado en la fabricación de automóviles, electrodomésticos, muebles, etc.



En estos procedimientos se cubre una superficie (de forma tridimensional y en general complicada) con una mezcla de aire y material pulverizada mediante una pistola. Es preciso conseguir una perfecta homogeneidad en el reparto de la pintura, realizándose para ello un control de la viscosidad, de la distancia entre las piezas y la pistola, de la velocidad de movimiento de ésta, del número de pasadas etc. Todos estos parámetros son tradicionalmente controlados por el operario.

Por otra parte el entorno en el que se realiza la pintura es sumamente desagradable y peligroso. En él se tiene simultáneamente un reducido espacio, una atmósfera tóxica, un alto nivel de ruido y un riesgo de incendio. Estas circunstancias han hecho de la pintura y operaciones afines, un proceso de interesante robotización. Con el empleo del robot se eliminan los inconvenientes ambientales y se gana en cuanto a homogeneidad en la calidad del acabado, ahorro de pintura y productividad.

Normalmente los robots de pintura son específicos para este fin. Suelen ser robots articulares, ligeros, con 6 o más grados de libertad que les permiten proyectar pintura en todos los huecos de la pieza. Cuentan con protecciones especiales para defenderse de las partículas en suspensión dentro de la cabina de pintura y sus posibles consecuencias (explosiones, incendio, deterioro mecánico). Este mismo motivo origina que, en muchos casos, el accionamiento de los robots de pintura sea hidráulico o, de ser eléctrico, que los cables vayan por el interior de conductos a sobrepresión, evitándose así, el riesgo de explosión.

Tal vez la característica fundamental de los robots dedicados a estas tareas sea su método de programación. Obviamente, es preciso que cuenten con un control de trayectoria continua, pues no basta con especificar el punto inicial y final de sus movimientos, si no también la trayectoria. El método normal de programación es el de aprendizaje con un muestreo continuo de la trayectoria. El operario realiza una vez el proceso de pintura con el propio robot, mientras

que la unidad de programación registra continuamente, y de manera automática, gran cantidad de puntos para su posterior repetición.



● **Aplicación de adhesivos y sellantes**

Los robots son frecuentemente utilizados para la aplicación de cordones de material sellante o adhesivos en la industria del automóvil sellante de ventanas y parabrisas, material anticorrosión en los bajos del coche, etc.).

En este proceso el material a aplicar se encuentra en forma líquida o pastosa en un tanque, siendo bombeada hasta la pistola de aplicación que porta el robot, que regula el caudal de material que es proyectado.

El robot, siguiendo la trayectoria programada, proyecta la sustancia que se solidifica al contacto con el aire. En este proceso, tan importante como el control preciso de la trayectoria del robot es el control sincronizado de su velocidad y del caudal de material suministrado por la pistola, puesto que la cantidad de material proyectado en un punto de la pieza depende de ambos factores.

Es habitual una disposición del robot suspendido sobre la pieza, siendo necesario, por los motivos antes expuestos, que el robot tenga capacidad de control de trayectoria continua (posición y velocidad regulados con precisión), así como capacidad de integrar en su propia unidad de control la regulación del caudal de material aportado en concordancia con la velocidad del movimiento.



● **Alimentación de máquinas**

La alimentación de máquinas especializadas es otra tarea de manipulación de posible robotización. La peligrosidad y monotonía de las operaciones de carga y descarga de máquinas como prensas, estampadoras, hornos o la posibilidad de usar un mismo robot para transferir una pieza a través de diferentes máquinas de procesado, ha conseguido que gran número de empresas hayan introducido robots en sus talleres.



En la industria metalúrgica se usan prensas para conformar los metales en frío o, para mediante estampación y embutido, obtener piezas de complicadas formas a partir de planchas de metal. En ocasiones la misma pieza pasa consecutivamente por varias prensas hasta conseguir su forma definitiva. La carga y descarga de estas máquinas se realiza tradicionalmente a mano, con el elevado riesgo que esto conlleva para el operario, al que una pequeña distracción puede costarle un serio accidente. Estas circunstancias, junto con la

superior precisión de posicionamiento que puede conseguir el robot, y la capacidad de éste de controlar automáticamente el funcionamiento de la máquina y dispositivos auxiliares, han hecho que el robot sea una solución ventajosa para estos procesos.

Por otra parte, los robots usados en estas tareas son, por lo general, de baja complejidad, precisión media, número reducido de grados de libertad y de control sencillo, bastando en ocasiones con manipuladores secuenciales. Su campo de acción interesa que sea grande. En cuanto a la carga, varía mucho, pudiéndose necesitar robots con capacidad de carga de pocos kilogramos, hasta de algunos cientos (existen robots capaces de manipular hasta tonelada y media). Las estructuras más frecuentemente utilizadas son la cilíndrica, esférica y articular. También la cartesiana puede aportar en ocasiones la solución más adecuada.

Atención especial merece la aplicación del robot en células flexibles de mecanizado, que han adquirido gran auge en los últimos años. Éstas emplean centros de mecanizado o varias máquinas de control numérico para conseguir complejos y distintos mecanizados sobre una pieza y dar a ésta la forma programada. La capacidad de programación de estas máquinas permite una producción flexible de piezas adaptándose así perfectamente a las necesidades del mercado actual. Estas máquinas emplean diferentes herramientas que se acoplan a un cabezal común de manera automática cuando el proceso de mecanizado lo precisa. Las herramientas a usar en el proceso concreto son almacenadas en tambores automáticos que permiten un rápido intercambio de la herramienta.

El robot es el complemento ideal de estas máquinas. Sus tareas pueden comenzar con la recogida de la pieza del sistema de transporte encargado de evacuarlas o para llevarla a otra máquina. Asimismo, el robot puede ocuparse de cargar el alimentador automático de herramientas de la máquina, reponiendo herramientas gastadas o seleccionando las adecuadas para la producción de una determinada pieza.



En las células de multiproceso el mismo robot alimenta a varias máquinas o centros de mecanizado. Una misma pieza, transportada por el robot, puede ir pasando de una máquina a otra, incluyendo controles metrológicos de calidad u otras tareas de calibración. La sincronización de toda la célula (alimentadores, centros de mecanizado, robots, etc.) puede ser realizada por la propia unidad de control del robot que cuenta, por lo general, con gran potencia de cálculo y capacidad de manejo de entradas y salidas. En ocasiones estas células cuentan con sistemas multi-robot, que trabajan de manera secuencial con la pieza. Hasta la fecha no existen apenas realizaciones prácticas de cooperación de robots de manera coordinada.

Las características de los robots para estas tareas de alimentación de máquinas herramientas son por lo general similares a las necesarias para la alimentación de otras máquinas. Las únicas discrepancias estriban en su mayor precisión y capacidad de carga inferior (algunas decenas de kilogramos).



● **Procesado**

Dentro del procesado se incluyen operaciones en las que el robot se enfrenta a piezas y herramientas (transportando una u otra) para conseguir, en general, una modificación en la forma de la pieza.

El desbardado consiste en la eliminación de rebabas de la pieza de metal o plástico, procedentes de un proceso anterior (fundición, estampación, etc.). Esta operación se realiza manualmente con una esmeriladora o fresa, dependiendo la herramienta de las características del material a desbardar.



Un robot dedicado al desbardado porta la herramienta o la pieza, según la aplicación, haciendo entrar ambas en contacto. La herramienta debe seguir el contorno de la pieza, que en muchas ocasiones es complejo, con elevada precisión en su posicionamiento y velocidad. Por este motivo se precisan robots con capacidad de control de trayectoria continua y buenas características de precisión y control de velocidad. Además, puesto que las rebabas con que vienen las piezas presentan formas irregulares, conviene que el robot posea capacidad para adaptarse a éstas mediante el empleo de sensores o el desarrollo de un elemento terminal del robot auto adaptable. Parecida al desbardado, en cuanto a necesidades, es la aplicación de pulido, cambiando básicamente la herramienta a emplear. Las necesidades de precisión y de empleo de sensores son tal vez en este caso menos exigentes.

● **Corte**

El corte de materiales mediante el robot es una aplicación reciente que cuenta con notable interés. La capacidad de reprogramación del robot y su integración en un sistema, hacen que aquél sea el elemento ideal para transportar la herramienta de corte sobre la pieza, realizando con precisión un programa de corte definido previamente desde un sistema de diseño asistido por computador (CAD). Los métodos de corte no mecánico más empleados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos el robot transporta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando éste sobre la pieza al tiempo que sigue una trayectoria determinada.

Las piezas a cortar pueden disponerse en varias capas, unas encima de otras, realizándose el corte simultáneo de todas ellas (método de corte de patrones en la industria textil).



Si bien el oxicotante y el corte por plasma son tecnologías muy extendidas, y consecuentemente bien conocidas, no ocurre lo mismo en el corte por láser y por chorro de agua, de más reciente aparición. La disposición típica del robot en el corte por chorro de agua es el robot suspendido trabajando sobre las piezas fundamentalmente en dirección vertical.

El robot porta una boquilla de pequeño diámetro (normalmente de 0.1mm.) por la que sale un chorro de agua, en ocasiones con alguna sustancia abrasiva, a una velocidad del orden de 900 m/s, y a una presión del orden de 4000 kg/cm². El sistema completo precisa de bomba, intensificador, reguladores de presión y electro válvulas.

El corte por chorro de agua puede aplicarse a materiales como alimentos, fibra de vidrio, PVC, mármol, madera, goma espuma, neopreno, yeso, tela, cartón, e incluso a metales como aluminio, acero y titanio. En estos casos se añade al agua una sustancia abrasiva. Las principales ventajas del corte por chorro de agua frente a otros sistemas son:

- no provoca aumento de temperatura en el material.
- no es contaminante.
- no provoca cambios de color.
- no altera las propiedades de los materiales.
- el coste de mantenimiento es bajo.

Los robots empleados requieren control de trayectoria continua y elevada precisión. Su campo de acción varía con el tamaño de las piezas a cortar siendo, en general, de envergadura media (de 1 a 3 metros de radio). En este sentido, como se ha comentado, con mucha frecuencia se dispone al robot suspendido boca abajo sobre la pieza.

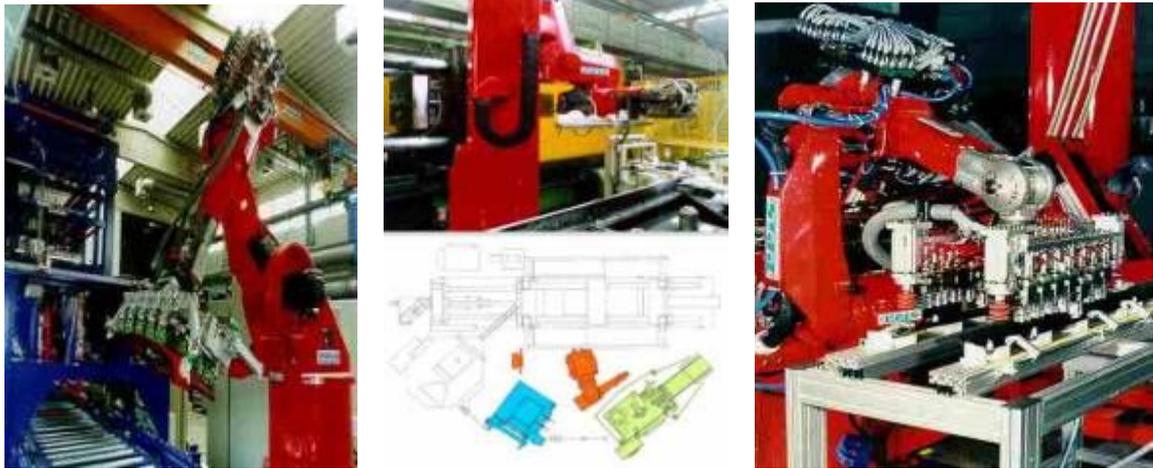


● Montaje

Las operaciones de montaje, por la gran precisión y habilidad que normalmente exigen, presentan grandes dificultades para su automatización flexible. Sin embargo, el hecho de que estas operaciones representen una buena parte de los costes totales del producto, ha propiciado las investigaciones y desarrollos en esta área, consiguiéndose importantes avances.

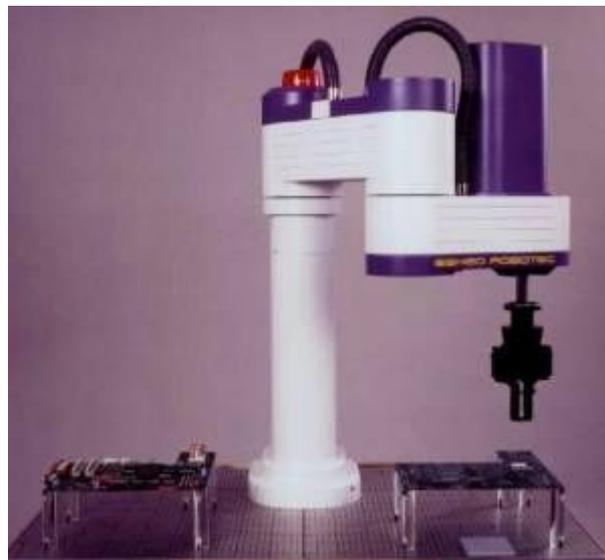
Muchos procesos de ensamblado se han automatizado empleando máquinas especiales que funcionan con gran precisión y rapidez. Sin embargo, el mercado actual precisa de sistemas

muy flexibles, que permitan introducir frecuentes modificaciones en los productos con unos costes mínimos. Por este motivo el robot industrial se ha convertido en muchos casos en la solución ideal para la automatización del ensamblaje.



En particular, el robot resuelve correctamente muchas aplicaciones de ensamblado de piezas pequeñas en conjuntos mecánicos o eléctricos. Para ello el robot precisa de una serie de elementos auxiliares cuyo coste es similar o superior al del propio robot. Entre éstos cabe destacar a los alimentadores (tambores vibradores, por ejemplo), posicionadores y los posibles sensores que usa el robot para ayudarse en su tarea (esfuerzos, visión, tacto, etc.).

Estos sensores son indispensables en muchos casos debido a las estrechas tolerancias con que se trabaja en el ensamblaje y a los inevitables errores, aunque sean muy pequeños, en el posicionamiento de las piezas que entran a formar parte de él. Los robots empleados en el ensamblaje requieren, en cualquier caso, una gran precisión y repetibilidad, no siendo preciso que manejen grandes cargas.



El tipo SCARA ha alcanzado gran popularidad en este tipo de tareas por su bajo coste y buenas características. Éstas se consiguen por su adaptabilidad selectiva, presentando facilidad para desviarse, por una fuerza externa, en el plano horizontal y una gran rigidez para hacerlo en el eje vertical.

También se usan con frecuencia robots cartesianos por su elevada precisión y, en general, los robots articulares que pueden resolver muchas de estas aplicaciones con suficiente efectividad.

La dificultad inherente de este tipo de tareas obliga, en casi todos los casos, a facilitarlas con

un adecuado rediseño de las partes que componen el conjunto a ensamblar. De este modo, conjuntos cuyo ensamblaje automatizado sería inabordable con su diseño inicial, pueden ser montados de una manera competitiva mediante el empleo de robots.



● Paletización

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



Dependiendo de la aplicación concreta, un palet puede transportar piezas idénticas (para almacenamiento por lotes por ejemplo), conjuntos de piezas diferentes, pero siempre los mismos subconjuntos procedentes de ensamblados) o cargas de piezas diferentes y de composición aleatoria (formación de pedidos en un almacén de distribución).

Existen diferentes tipos de máquinas específicas para realizar operaciones de paletizado. Éstas frente al robot, presentan ventajas en cuanto a velocidad y coste, sin embargo, son rígidas en cuanto a su funcionamiento, siendo incapaces de modificar su tarea de carga y descarga.

Así pues, los robots realizan con ventaja aplicaciones de paletización en las que la forma, número o características generales de los productos a manipular, cambian con relativa frecuencia. En estos casos, un programa de control adecuado permite resolver la operación de carga y descarga, optimizando los movimientos del robot, aprovechando la capacidad del palet o atendiendo a cualquier otro imperativo. Generalmente, las tareas de paletización implican el manejo de grandes cargas, de peso y dimensiones elevadas. Por este motivo, los robots empleados en este tipo de aplicaciones acostumbran a ser robots de gran tamaño, con una capacidad de carga de 10 a 100 kg. No obstante, se pueden encontrar aplicaciones de paletización de pequeñas piezas, en las que un robot con una capacidad de carga de 5 kg. es suficiente. Las denominadas tareas de *pick and place*, aunque en general con características diferentes al paletizado, guardan estrecha relación con este. La misión de un robot trabajando en un proceso de *pick and place* consiste en recoger piezas de un lugar y depositarlas en otro. La complejidad de este proceso puede ser muy variable, desde el caso más sencillo en el que el robot recoge y deja las piezas en una posición prefijada, hasta aquellas aplicaciones en las que el robot precisa de sensores externos, como visión artificial o tacto, para determinar la posición de recogida y colocación de las piezas. Al contrario que en las operaciones de

paletizado, las tareas de *picking* suelen realizarse con piezas pequeñas (peso inferior a 5Kg) necesitándose velocidad y precisión.

Un ejemplo típico de aplicación de robot al paletizado sería la formación de palets de cajas de productos alimenticios procedentes de una línea de empaquetado. En estos casos, cajas de diferentes productos llegan aleatoriamente al campo de acción del robot. Ahí son identificadas bien por una célula de carga, por alguna de sus dimensiones, o por un código de barras. Conocida la identidad de la caja, el robot procede a recogerla y a colocarla en uno de los diferentes palets que, de manera simultánea, se están formando.

El propio robot gestiona las líneas de alimentación de las cajas y de palets, a la vez que toma las decisiones necesarias para situar la caja en el palet con la posición y orientación adecuadas de una manera flexible.

El robot podrá ir equipado con una serie de ventosas de vacío y su capacidad de carga estaría entorno a los 50kg.



Control de Calidad

La tendencia a conseguir una completa automatización de la producción abarca todas las etapas de ésta, inclusive el control de la calidad. El robot industrial puede participar en esta tarea usando su capacidad de posicionamiento y manipulación. Así, transportando en su extremo un palpador, puede realizar el control dimensional de piezas ya fabricadas. Para ello el robot toca con el palpador varios puntos claves de la pieza.

A partir del conocimiento que en todo instante tiene la unidad de control del robot de la posición y orientación de su extremo, se obtienen los datos relativos a la posición espacial de los puntos determinados de la pieza. Estos datos son utilizados para registrar posibles desviaciones sobre los valores deseados.

Otras posibles aplicaciones del robot en el control de calidad consisten en utilizar a éste para transportar el instrumental de medida (ultrasonidos, rayos X, etc.) a puntos concretos de la pieza a examinar. La situación de posibles defectos detectados puede registrarse y almacenarse a partir, como antes, de la propia unidad de control de robot.

Por último, el robot puede usarse como mero manipulador encargado de clasificar piezas según ciertos criterios de calidad (piezas correctas e incorrectas, por ejemplo). En este caso, el control y decisión de a que familia pertenece la pieza se hace mediante un sistema específico, capaz de comunicarse con el robot (visión artificial). No existe, en este caso, un tipo concreto de robot más adecuado para estas tareas. En el control dimensional suelen usarse robots cartesianos por la precisión de estos pero, en general, son igualmente válidos robots articulares.



Manipulación en salas blancas

Ciertos procesos de manipulación deben ser realizados en ambientes extremadamente limpios y controlados. En ellos, la actividad del operador se ve dificultada no por el trabajo en sí, que no tiene por que ser especialmente complejo o delicado, sino por la necesidad de mantener elevadas medidas de control de impurezas mediante el uso de trajes especiales y controles rigurosos.

Las denominadas salas blancas de la industria de los semiconductores o las de fabricación de

algunos productos farmacéuticos, son ejemplos típicos.



La utilización de un robot para estas funciones se realiza introduciendo éste de manera permanente en una cabina. El robot debe cumplir la normativa correspondiente al entorno siendo, por lo demás, válido cualquier robot comercial, normalmente de seis grados de libertad y alcance inferior a un metro. De este modo se consigue, entre otros beneficios, una reducción del riesgo de contaminación, una mayor homogeneidad en la calidad del producto y una reducción en el coste de la fabricación.

Nuevos sectores de aplicación

Las aplicaciones de la robótica examinadas anteriormente responden a los sectores que, como el del automóvil o el de la manufactura, han sido desde hace 30 años usuarios habituales de los robots industriales. Este uso extensivo de los robots en los citados se ha visto propiciado por la buena adaptación del robot industrial a las tareas repetitivas en entornos estructurados. De este modo, la competitividad del robot frente a otras soluciones de automatización se justifica por su rápida adaptación a series cortas, sus buenas características de precisión y rapidez, y por su posible reutilización con costes inferiores a los de otros sistemas.

Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso conseguir elevada productividad, en los que las tareas a realizar no son repetitivas, y no existe un conocimiento detallado del entorno. Entre estos sectores podría citarse la industria nuclear, la construcción, la medicina o el uso doméstico. En ninguno de ellos existe la posibilidad de sistematizar y clasificar las posibles aplicaciones, pues éstas responden a soluciones aisladas a problemas concretos. Este tipo de robots ha venido a llamarse robots de servicio y están siendo aplicados en sectores como:

- Agricultura y silvicultura
- Ayuda a discapacitados
- Construcción
- Domésticos
- Entornos peligrosos
- Espacio
- Medicina y salud
- Minería
- Entornos submarinos
- Vigilancia y seguridad
- Telepresencia

En general, la aplicación de la robótica a estos sectores se caracteriza por la falta de estructuración tanto del entorno como de la tarea a realizar, y la menor importancia de criterios

de rentabilidad económica frente a la de realizar tareas en entornos peligrosos o en los que no es posible el acceso de las personas. Estas características obligan a que los robots de servicio cuenten con un mayor grado de inteligencia, puesto que se traduce en el empleo de sensores y del *software* adecuado para la toma rápida de decisiones. Puesto que en muchas ocasiones el estado actual de la inteligencia artificial (disciplina que aborda esta problemática) no está lo suficientemente desarrollado como para resolver las situaciones planteadas a los robots de servicio, es frecuente que estos cuenten con un mando remoto, siendo en muchas ocasiones robots teleoperados.

Centros de investigación en robótica, como la universidad de Carnegie-Mellon o el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) en Estados Unidos, han orientado desde hace tiempo buena parte de sus esfuerzos de investigación en robótica en esta línea, desarrollando robots especializados, capacitados para trabajar en el exterior, en entornos no estructurados y peligrosos (superficie de planetas, volcanes, desastres nucleares, etc.).