



|   |   |
|---|---|
| <br>Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico<br><br><b>Coordinación de Ingeniería<br/>Mecatrónica</b> | <b>CAPITULO 1</b><br><b>Materia: Robótica</b><br><b>Profesor: Dr. Marco Antonio Oliver Salazar</b><br><b>Periodo: Mayo – Agosto 2010</b><br><br><b>Introducción a la robótica</b> |
|---|---|

### 1.1. Introducción

Los robots son elementos muy útiles capaces de realizar diferentes tareas y operaciones con precisión y no requieren ciertos elementos de seguridad y confort que los humanos requieren. Sin embargo, se requieren mucho esfuerzo y recursos para hacer que un robot funcione adecuadamente. Como los humanos, los robots pueden hacer ciertas cosas pero otras no.

Los robots por sí solos son de poca utilidad. Se usan junto con otros dispositivos, periféricos y máquinas. Los robots generalmente se integran a un sistema que como un todo desarrolla una tarea u operación.

### 1.2. ¿Qué es un robot?

Un robot es un manipulador controlado por una computadora en la que se ejecuta un programa. En contraste un manipulador cuyos actuadores son controlados por un humano no es un robot. Los robots son diseñados para ser controlados por una computadora con el propósito de realizar diferentes tareas a través de programación, por lo que son muy flexibles para poderlas hacer sin necesidad de rediseñarlos (solo modificando programas).

### 1.3. Clasificación de robots

La Asociación Japonesa de Robots Industriales (Japanese Industrial Robot Association, JIRA) clasifica a los robots como:

- Clase 1. Dispositivo de Manejo Manual. Dispositivo de múltiple grados de libertad accionado por un operador.
- Clase 2. Robot de Secuencia Fija. Dispositivo que realiza diferentes etapas de un trabajo de acuerdo con un método predeterminado que no cambia y que es difícil de modificar.
- Clase 3. Robot de Secuencia Variable. Similar a la clase 2 pero fácil de modificar.
- Clase 4. Robot de Repetición. La tarea es realizada manualmente por un operador guiando a un robot que graba los movimientos para repetirlos después.
- Robot de Control Numérico. El operador le asigna al robot un programa de movimiento en lugar de enseñarle la tarea manualmente.



- Robot Inteligente. Un robot capaz de entender su entorno y con la habilidad de desarrollar una tarea aún cuando existen cambios en las condiciones de su entorno.

El Instituto de Robótica de América (Robotics Institute of America, RIA) solo considera las clases 3 a 6 anteriores.

La Asociación Francesa de Robótica (Association Francaise de Robotique, AFR) tiene la siguiente clasificación:

- Tipo A. Dispositivos manejados con control manual en telerrobótica.
- Tipo B. Dispositivos manejados automáticamente con ciclos predeterminados.
- Tipo C. Robots programables, servo controlados con trayectorias continuas o de punto a punto.
- Tipo D. El mismo que el Tipo C pero con la capacidad de adquirir información de su entorno.

#### 1.4. ¿Qué es la Robótica?

Robótica es el arte, basado en conocimiento, para diseñar, aplicar y usar robots en entornos humanos. La robótica no solo consiste de robots sino de otros dispositivos y sistemas para ser usados junto con los robots para realizar las tareas necesarias. En las diferentes áreas, los robots pueden ser útiles pero requieren ser programados y controlados. La robótica es una materia interdisciplinaria que involucra ingenierías mecánica, eléctrica, electrónica, en computación, biología y muchas otras disciplinas.

#### 1.5. Historia de la Robótica

A continuación se hace una breve referencia cronológica sobre la robótica:

- 1922: El autor checo Karen Capek escribe una historia llamada “Rossum’s Universal Robots” introduciendo el término “Rabota” que significa trabajador (trabajo duro).
- 1956: George Devol desarrolla el controlador magnético, que es un dispositivo que repite tareas. Eckert y Mauchley construyen la computadora ENIAC en la Universidad de Pensilvania.
- 1952: La primer máquina de control numérico se construye en el MIT.
- 1954: George Devol desarrolla el primer robot programable.
- 1955: Denavit y Hartenberg desarrollan las matrices de transformación homogénea.



- 1961: Se otorga a George Devol la patente U. S. 2,988,237 por el desarrollo “Programmed Article Transfer”, la base para la compañía Unimate robots.
- 1962: Se forma la compañía Unimation y aparecen los primeros robots industriales. General Motors instala su primer robot de Unimation.
- 1967: Unimate introduce su robot MarkII. El primer robot se importa a Japón para aplicaciones de pintura por spray.
- 1968: El robot inteligente llamado Shakey fue construido en el Instituto de Investigación de Stanford.
- 1972: IBM desarrolla un robot de coordenadas rectangulares para uso interno. Posteriormente se comercializó el IBM 7565.
- 1973: La compañía Cincinnati Milacron presenta el robot modelo T3 que fue muy popular en la industria.
- 1978: El primer robot PUMA fue enviado a General Motors por Unimation.
- 1982: General Motors y Fanuc de Japón firman un acuerdo para construir robots GMFanuc. Westinghouse compra Unimation, que después fue vendida a Staubli en Suiza.
- 1983: Los robots se volvieron muy populares en la industria y en la academia. Se empiezan a impartir cursos en robótica en diversas universidades.
- 1990: Cincinnati Milacron es adquirido por ABB de Suiza. La mayoría de los pequeños fabricantes de robots salen del mercado. Solo quedan algunas grandes compañías que producen robots industriales.
- 2007: Honda presenta una versión muy completa de su robot humanoide ASIMO que entre otras cosas camina, corre, da la mano y hasta dirige una orquesta sinfónica.

### **1.6. Ventajas y desventajas de los robots.**

- La robótica y la automatización pueden, en muchos casos, incrementar productividad, seguridad, eficiencia, calidad y consistencia de los productos.
- Los robots pueden trabajar en ambientes peligrosos sin necesidad de apoyo, confort, o preocupación sobre seguridad.



- Los robots no requieren un ambiente confortable como iluminación, aire acondicionado, ventilación o protección contra ruido.
- Los robots trabajan continuamente sin presentar cansancio o aburrimiento, no tienen altibajos, no necesitan seguro médico ni vacaciones.
- Los robots tienen una repetitiva precisión todo el tiempo, a menos que algo les suceda o se desgasten.
- Los robots pueden ser más exactos que los humanos con valores de milésimas de centímetro.
- Los robots junto con sus accesorios y sensores pueden presentar algunas capacidades superiores a las de los humanos.
- Los robots pueden procesar múltiples estímulos o tareas simultáneamente mientras que los humanos solo pueden procesar un estímulo a la vez.
- Los robots pueden reemplazar a trabajadores humanos generando problemas como pérdidas de salarios, incomodidad y resentimiento entre los trabajadores.
- Los robots no son capaces de responder ante emergencias, a menos que este tipo de emergencias hayan sido previstas previamente y se hayan programado en el programa que controla al robot.
- En el uso de robots se deben tomar medidas de seguridad para asegurar que los robots no vayan a causar daños a los operadores o a las máquinas con las que interactúan los robots.
- En contraste con algunas superioridades que presentan los robots con respecto al trabajo desempeñado por humanos, los robots tienen limitaciones como; número de grados de libertad, sensores, sistemas de visión, respuesta en tiempo real, respuesta a eventos inesperados y destreza.
- Los robots son costosos debido a su costo inicial, costos de instalación, necesidad de periféricos y necesidad de entrenamiento.

### 1.7. Componentes de un robot

Se distinguen los siguientes elementos:

**Manipulador.** Es el cuerpo principal del robot y consiste de uniones, eslabones y cualquier otro elemento estructural. Sin estos elementos el manipulador no es un robot.



**Efector final.** Esta es la parte conectada a la última unión (mano) de un manipulador y que generalmente sirve para tomar objetos, hacer conexión con otras máquinas o para realizar una tarea deseada.

**Actuadores.** Son los “músculos” de los manipuladores. Los actuadores pueden ser servomotores, motores de pasos, cilindros neumáticos e hidráulicos. Los actuadores son controlados por el controlador.

**Sensores.** Permiten recolectar información relacionada con el estado interno del robot o para comunicarse con el mundo externo. Los sensores integrados en el robot envían información al controlador relacionada con cada eslabón o unión. Los robots a veces están equipados con sensores externos como sistemas de visión, sensores de tacto sintetizadores de voz, etc., y que le permiten al robot comunicarse con el mundo externo.

**Controlador.** Es el cerebelo del robot. Recibe datos de la computadora, controla el movimiento de los actuadores y coordina los movimientos usando la información retroalimentada por los sensores. Controla parámetros como la posición (velocidad y fuerza en algunos casos) de los eslabones.

**Procesador.** Es el cerebro del robot. Calcula los movimientos de las uniones, determina cuanto y que tan rápido cada unión debe moverse para alcanzar la posición y velocidades deseadas. Inspecciona las acciones coordinadas del controlador y los sensores. El procesador es generalmente una computadora pero dedicada a un solo propósito. Requiere de un sistema operativo, programas, equipo periférico (monitor) y tiene las mismas limitaciones y capacidades de un procesador de computadora.

**Software.** Se distinguen tres tipos de programas en un robot: El primero es el sistema operativo que sirve para operar la computadora. El segundo es software robótico que calcula los movimientos necesarios para cada unión basado en las ecuaciones cinemáticas del robot. Esta información es enviada al controlador. El tercero es una colección de rutinas y programas de aplicación desarrollados para usar los dispositivos periféricos del robot. Estos pueden ser rutinas de visión, o algún otro para realizar tareas específicas.

Conviene aclarar que el controlador y el procesador se ubican en la misma unidad aunque tienen funciones diferentes.

### **1.8. Grados de libertad (gdl) de un robot**

Considérese un dispositivo tridimensional, con tres grados de libertad (gdl) dentro del espacio de trabajo del dispositivo. Se puede ubicar cualquier punto en cualquier posición deseada dentro de ese espacio de trabajo.

Similarmente, para ubicar un cuerpo rígido en el espacio (3 dimensiones), se requiere especificar la ubicación de un punto sobre el cuerpo mediante tres componentes de información. Sin embargo, aún



cuando ya se hubo especificado la posición del objeto, existe un número infinito de posibilidades de orientar ese cuerpo con respecto al punto que se seleccionó y ubicó.

Para especificar completamente el objeto en el espacio, aparte de localizar o ubicar un punto seleccionado sobre el cuerpo, se necesita especificar la orientación del objeto. Esto significa que se necesita un total de 6 piezas o componentes de información para especificar tanto la localización como la orientación del cuerpo rígido. Se necesitan 6 grados de libertad disponibles para ubicar el objeto en el espacio y para orientarlo según se requiera. Si existen menos de 6 grados de libertad, las capacidades del robot estarán limitadas.

Como demostración de esto considérese un robot con 3 grados de libertad que solo se puede mover en la dirección de los ejes  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Para este caso no se puede especificar la orientación y todo lo que puede hacer el robot es tomar un objeto y moverlo en el espacio en la dirección de los ejes  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . La orientación del objeto siempre será la misma.

Sea ahora otro robot con 5 grados de libertad capaz de rotar respecto a cada eje (3 gdl) y solo pudiendo moverse en la dirección de los ejes  $x$ ,  $y$  (2 gdl). Aunque se puede especificar cualquier orientación que se le quiera dar a un objeto que toma el robot, el posicionamiento del objeto solo es posible a lo largo de los ejes  $x$ ,  $y$  (no del eje  $z$ ).

Un sistema con 7 grados de libertad no tiene una solución única: Si un robot tiene 7 gdl, existe un número infinito de posibilidades para que posicione y oriente un objeto con respecto a un punto deseado en el espacio. En este caso para que el controlador tome una decisión se requiere de una rutina que le permita tomar una decisión adicional para quedarse con solo una del infinito número de posibilidades. Esa decisión adicional puede estar relacionada con una rutina que elija la trayectoria más corta o más rápida para ubicar y orientar el objeto en un punto deseado.

Considérese el caso de un brazo humano sin considerar la mano (palma y dedos), solo el brazo, antebrazo y muñeca. ¿Cuántos grados de libertad tiene?

El brazo humano tiene tres articulaciones; hombro, codo y muñeca. El hombro tiene tres grados de libertad pues el brazo superior (húmero) puede rotar en el plano sagital, en el plano coronal y con respecto al hueso húmero. El codo tiene dos grados de libertad pues el antebrazo puede flexionarse y extenderse y además puede girar respecto al codo. La muñeca tiene dos grados de libertad pues la mano puede moverse en aducción y abducción y además puede flexionarse y extenderse. En total el brazo humano tiene 7 gdl y entonces, ¿Por qué podemos usar nuestros brazos?

En el caso de un robot el efector final nunca se considera como uno de los grados de libertad. Los robots tienen esta característica (similar a un grado de libertad). Ninguno de los movimientos del efector final cuenta como gdl.

Existen casos donde una articulación tiene la habilidad de moverse pero su movimiento no es completamente controlado. Por ejemplo, un brazo que solo puede estar o completamente extendido o



completamente flexionado (solo 2 posiciones alcanzadas mediante un cilindro neumático) donde no hay control para posiciones intermedias. En este tipo de casos se le asigna  $\frac{1}{2}$  grado de libertad a la articulación. Otro ejemplo de  $\frac{1}{2}$  gdl es cuando se controla un motor a pasos únicamente a las posiciones de  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ .

Un ejemplo de esto es un robot para insertar componentes electrónicos sobre un circuito impreso. El robot puede rotar cada componente (1 gdl), además de trasladarlo en el plano x,y (2 gdl). Con respecto a la altura (plano z) el robot solo tiene 2 posiciones ( $\frac{1}{2}$  gdl) ; cuando el componente está sobre el circuito impreso (antes de ser depositado) o cuando el componente está colocado sobre el circuito impreso. En total este robot tiene  $3 \frac{1}{2}$  gdl.

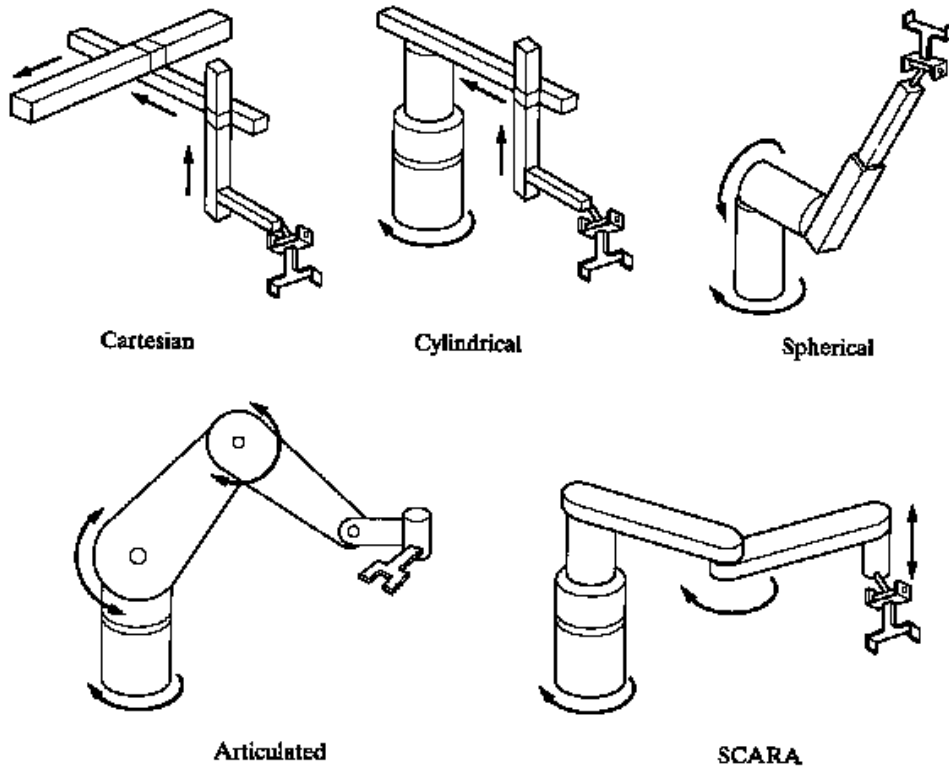
### **1.9. Articulaciones robóticas**

Existen diferentes tipos de articulaciones en los robots; lineal, rotatoria, de deslizamiento o esférica. Las articulaciones esféricas son poco comunes pues poseen varios grados de libertad y por tanto, son difíciles de controlar. Las articulaciones más comunes son lineal (prismática) o rotatoria (revolución). Las articulaciones lineales no incluyen ningún tipo de rotación y se logran mediante cilindros hidráulicos y neumáticos o por actuadores eléctricos.

Las articulaciones de revolución se logran neumática o hidráulicamente o por actuadores eléctricos (por motores a pasos o servomotores).

### **1.10. Coordenadas robóticas**

Las configuraciones más comunes de referencias coordenadas para representar la posición de robots en el espacio se muestran a continuación.



Las articulaciones prismáticas se denotan como P, las articulaciones de revolución se denotan como R, mientras que las articulaciones esféricas se denotan como S. Así, las configuraciones de robots se especifican como una sucesión de P's, R's y S's. Por ejemplo, un robot con 3 articulaciones prismáticas y 3 articulaciones de revolución se denota como 3P3R.

A continuación se describen las configuraciones más comunes para denotar la posición de un robot:

- **Cartesiana/rectangular/grúa (3P).** Estos robots tienen 3 articulaciones lineales para posicionar el efector final. Generalmente son precedidas por articulaciones de revolución adicionales para orientar el efector final.
- **Cilíndrica (R2P).** Los robots con coordenadas cilíndricas poseen 2 articulaciones prismáticas y 1 articulación de revolución para posicionar un objeto. Pueden tener articulaciones de revolución adicionales para orientar el objeto.
- **Esféricas (2RP).** Los robots con coordenadas esféricas siguen un sistema coordenado esférico, mismo que tiene 1 articulación prismática y 2 articulaciones de revolución para posicionar el objeto. Puede tener articulaciones de revolución adicionales para orientar el objeto.



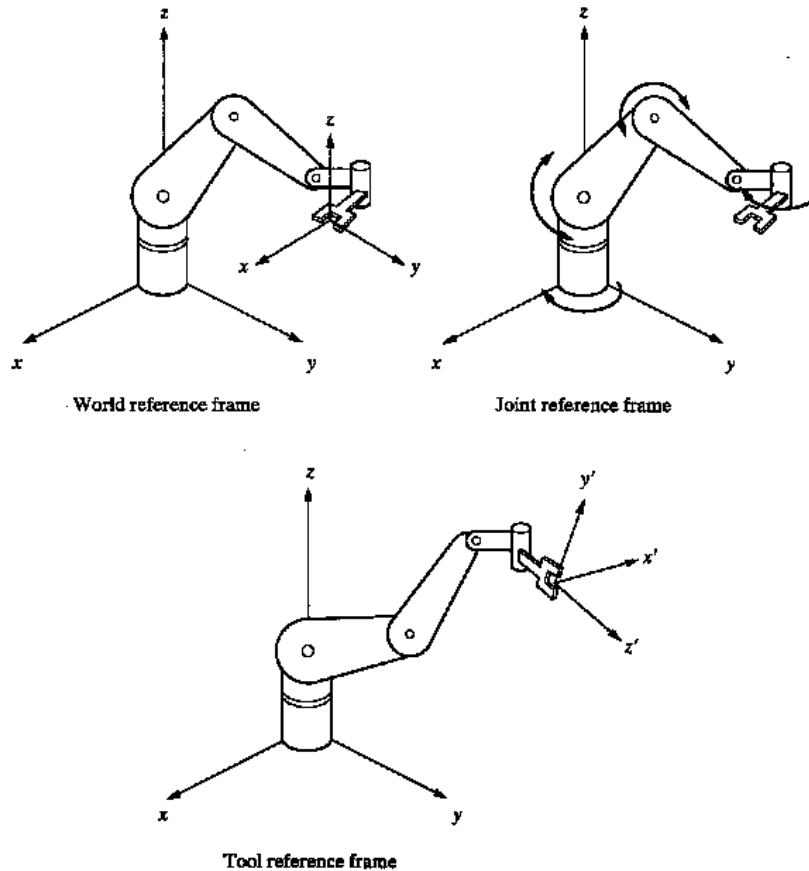


- **Articuladas/antropomórficas (3R).** Las coordenadas articuladas son todas de revolución, similares a las de un brazo humano. Son las más comunes en robots industriales.
- **Selective Compliance Assembly Robot Arm (SCARA).** Los robots SCARA tienen 2 articulaciones de revolución paralelas que permiten que el robot se mueva en un plano horizontal. También tienen 1 articulación prismática adicional para moverse verticalmente. Este tipo de robots son muy comunes en tareas de ensamblaje. Su movimiento es muy confiable en el plano x,y pero en el eje z su movimiento es brusco.

### 1.11. Marcos de referencia en robots

Los robots se pueden mover respecto a diferentes marcos de referencia. Las tres referencias coordenadas comunes son:

- **Marco de referencia del mundo (World reference frame).** Es un marco universal de coordenadas definido por los ejes x, y, z. Las articulaciones del robot se mueven simultáneamente de forma que se genera movimiento respecto a esos tres ejes. En esta referencia se tiene que por ejemplo, que sin importar donde está el brazo, un movimiento en el eje x positivo, siempre será en dirección positiva del eje x; esta coordenada se usa para definir el movimiento del robot relativo a otros objetos, para definir otras partes y máquinas con las que el robot se relaciona y también para definir las trayectorias de su movimiento.
- **Marco de referencia de articulaciones (Joint reference frame).** Permite especificar los movimientos de cada articulación individual del robot. Solo una articulación se mueve a la vez. Dependiendo del tipo de unión usada (prismática, de revolución o esférica), el movimiento del robot será diferente.
- **Marco de referencia de herramienta (Tool reference frame).** Especifica los movimientos de la mano de un robot relativos a una referencia asociada a la mano. Los ejes  $x'$ ,  $y'$ ,  $z'$  asociados a la mano definen los movimientos de la mano relativos a esta referencia local. El marco de referencia de herramienta se mueve con el robot. Este marco de referencia es un marco móvil que cambia continuamente conforme el robot se mueve de forma que los movimientos relativos a este marco son también diferentes, dependiendo donde está el brazo y que dirección tiene este marco de referencia. Todas las uniones se deben mover simultáneamente para generar movimientos coordinados respecto a este marco de referencia móvil. Este marco es muy útil al programar al robot, cuando se aproxima o aleja de otros objetos o cuando se ensamblan partes.



### 1.12. Modos de programación

Los robots se pueden programar de diferentes modos dependiendo del robot y lo sofisticado que éste sea. Los siguientes son los modos de programación más comunes:

- **Habilitación física (Physical setup).** El operador fija interruptores y paros con el fin de controlar los movimientos del robot. Generalmente esto se hace con PLC's.
- **Guía o modo de aprendizaje (Lead through or teach mode).** Las articulaciones del robot se mueven en una pendiente de aprendizaje. Cuando se alcanzan la posición y la orientación deseadas, éstas se registran (aprenden) en el controlador. Cuando se repita el movimiento el controlador moverá las articulaciones hacia la posición y orientación aprendidas. Este es un movimiento punto a punto donde el movimiento entre puntos no está controlado por no estar especificado. Solo para los puntos aprendidos se garantiza convergencia.
- **Modo de caminar continuo (Continuous Walk-Through Mode).** Todas las articulaciones del robot se mueven simultáneamente, mientras que el movimiento está siendo muestreado y grabado por el controlador. Cuando se repita, el mismo movimiento que se grabó se ejecutará. Los



movimientos son enseñados por el operador ya sea a través de un modelo, por el movimiento físico del efector o dirigiendo el brazo y moviéndolo por su espacio de trabajo (robots pintores).

- **Modo de programación (Software Mode).** Se escribe un programa en línea o fuera de línea y después es ejecutado por el controlador para controlar los movimientos. Este es el modo más versátil y sofisticado pues puede incluir información de sensores y reglas de condición (if ..., else ...). Sin embargo, requiere conocimiento del sistema operativo del robot antes de escribir el programa.

La mayoría de los robots industriales pueden programarse en más de un modo.

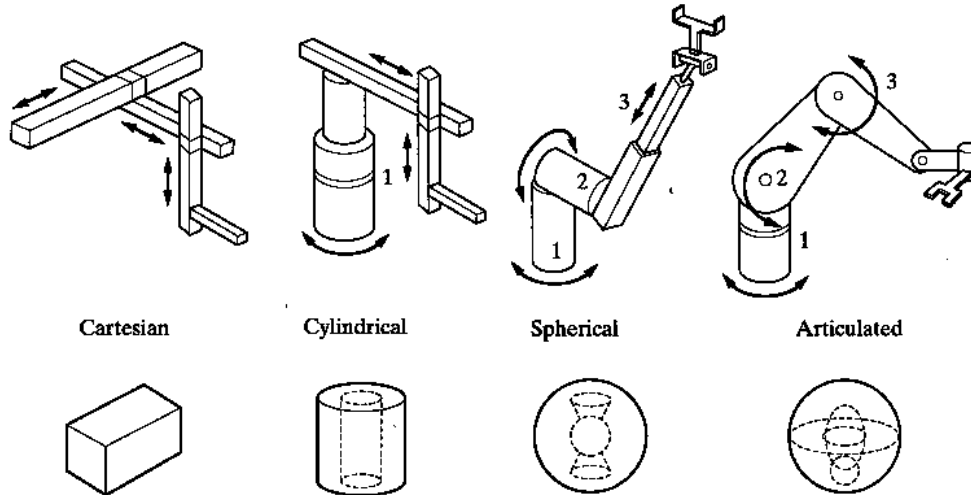
### 1.13. Características de robots

Un robot se puede especificar según las siguientes definiciones:

- **Carga útil (Payload).** Es el peso que un robot puede cargar donde todavía se conserven sus otras especificaciones.
- **Alcance (Reach).** Es la máxima distancia que un robot puede alcanzar dentro de su espacio de trabajo. El alcance es una función de las longitudes de las articulaciones y la configuración del robot.
- **Precisión (Precision or validity).** Se relaciona con qué tanta precisión se puede alcanzar un cierto punto. Es función de la resolución de los actuadores y de los dispositivos de retroalimentación (sensores) del robot.
- **Repetibilidad (Repeatability or variability).** Se relaciona con qué tanta precisión se puede alcanzar una cierta posición si el movimiento se repite varias veces. Puede haber un rango seguro de posiciones en torno a la posición deseada, dentro del cual se considera que el robot tiene una buena repetibilidad. La repetibilidad es generalmente más importante que la precisión.

### 1.14. Espacio de trabajo de robots

Dependiendo de su configuración y el tamaño de sus uniones y articulaciones, los robots pueden alcanzar un conjunto de puntos. Estos puntos definen el espacio de trabajo del robot. La forma del espacio de trabajo de un robot depende pues de sus características. El espacio de trabajo se puede encontrar matemáticamente escribiendo las ecuaciones que definen las articulaciones, uniones y limitaciones (rangos de movimiento para cada articulación) del robot. También, el espacio de trabajo se puede encontrar de forma experimental o empírica moviendo cada articulación dentro de su rango de movimiento y combinando los posibles movimientos que se pueden lograr y restando aquellos que no se pueden lograr. La siguiente figura presenta el espacio de trabajo para las configuraciones robóticas más comunes.



### 1.15. Lenguajes de programación de robots

Existen tantos lenguajes de programación como modelos de robots. Cada fabricante diseña su propio lenguaje de programación para su robot. Muchos lenguajes se basan en Cobol, Basic, C y Fortran. Los lenguajes varían en sofisticación desde los de bajo nivel hasta los de alto nivel. Algunos lenguajes comunes son los siguientes:

- **Nivel de lenguaje de máquina (Microcomputer machine language level).** Los programas se escriben en lenguaje de máquina. Este lenguaje es muy básico y muy eficiente pero difícil de entender y seguir.
- **Nivel punto a punto (point to point level).** Las coordenadas de los puntos se ingresan secuencialmente y el robot sigue los puntos especificados (lenguajes Funky, Cincinnati Milacron T3). Es un tipo de programación simple y primitivo, fácil de usar pero poco poderoso y generalmente no permite incluir información de sensores ni establecer reglas condicionales (if..., then...).
- **Nivel de movimiento primitivo (primitive motion level).** Se pueden desarrollar programas sofisticados que incluyan información de sensores, establecer reglas condicionales (if..., then...) como lo es el lenguaje VAL.
- **Nivel de programación estructurado (Structured programming level).** Estos lenguajes requieren de compilación de programas. Son poderosos y permiten programación sofisticada. Son más difíciles de aprender.



- **Nivel orientado a la tarea (task-oriented level).** En realidad no existen lenguajes comerciales dado este nivel de complejidad. Algunos fabricantes de robots trabajan en desarrollar este tipo de lenguajes donde un solo comando como *sort* haga que el robot busque por ejemplo una caja con ciertas características dentro de un lote de cajas.

### 1.16. Aplicaciones de robots

La siguiente es una lista de las aplicaciones más comunes de robots:

- Llenado de maquinaria. El robot solo deposita o remueve componentes o material a otras máquinas (llenado o vaciado).
- Operaciones de tomar y depositar. El robot toma objetos o partes de un lugar para depositarlos en otra.
- Operaciones de soldadura. El robot suelda partes entre sí obteniendo un acabado uniforme y preciso (industria automotriz).
- Operaciones de pintado. Pintado en spray de partes. El robot no se afecta por no estar ventilada el área. Se obtienen acabados uniformes (industria automotriz).
- Actividades de inspección. Normalmente el robot lleva integrado un sistema de visión. Para control de calidad en la producción de tarjetas electrónicas o productos similares. También en análisis de esfuerzos en aviones.
- Muestreo. Similar a la aplicación de tomar y depositar con la diferencia que esto se hace solo a cierto número de productos. Aplicaciones en agricultura.
- Operaciones de ensamblado. Una de las actividades más difíciles en robótica pues requiere de que el robot posea cierta “inteligencia” para resolver situaciones relacionadas con volteo, doblado y empuje de piezas, identificar y localizar partes, evasión de obstáculos, embonado y ajuste de piezas, etc.
- Operaciones de manufactura. Incluye una secuencia de operaciones como manejo de material, taladrado, cortado, etc. Aplicaciones en la industria electrónica.
- Actividades de vigilancia. Vigilancia por sistema de visión incorporado al robot. No ha sido del todo exitosa. Aplicaciones en vigilancia de tráfico en carreteras.
- Aplicaciones médicas. El uso de robots en cirugías se vuelve más común pues los cortes son más precisos que los de un médico. Se han realizado operaciones quirúrgicas a distancia mediante



manos robóticas que reproducen los movimientos de las manos del cirujano. Esto se ha aplicado en casos donde el paciente está en un lugar muy lejano de donde está el cirujano.

- Asistencia a personas con capacidades diferentes. El robot se comunica con la persona y realiza tareas simples como introducir un plato al horno de microondas y después retirarlo para presentárselo a la persona.
- Aplicaciones en ambientes peligrosos. Uso de robots para manejar materiales explosivos o radioactivos, exploraciones en zonas de alta actividad volcánica, detección de fuego en bosques.
- Etc.

Elaboró: Dr. Marco Oliver  
26 Abril 2010.