

Capítulo 1 Introducción

1.1 Competencia IEEE de robótica

La IEEE en Latinoamérica ha venido organizando competencias de robótica dirigidas a estudiantes: en el 2004 se llevo a cabo la tercera edición en el Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México [Cruz, 2005], en el 2005 se llevó a cabo la cuarta edición en São Luís, Estado Maranhão, Brasil [UFMA, 2005]. Para ello hubo eliminatorias en México [Savage,2005], en el Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México. En esta competencia existe una categoría dedicada a Robots construidos con piezas *LEGO*.

En esta categoría la competencia plantea la siguiente situación: Dos naves espaciales se encontraban en una misión a Marte. Su objetivo era explorar la posibilidad del uso del planeta como un lugar apto para la vida de la raza humana. Sin embargo, una nave tuvo una fuga de aceite en sus motores y tuvo problemas de aterrizaje, ocasionándole la colisión. La otra nave contaba con dos robots los cuales fueron los encargados de llevar a los sobrevivientes a la otra nave [Cruz, 2005]. Sin embargo en el vuelo de regreso a la tierra, al ser sumamente largo, los sobrevivientes pueden no resistir el regreso, así que su situación clínica depende de la administración de medicamentos, el cual es el reto de los robots. La prescripción médica consistirá básicamente de dos elementos, una sustancia azul y una sustancia negra, estas deben ser manejadas con cuidado y mantenerse a temperaturas bajas para evitar su evaporación. El orden con el que se mezclan los ingredientes es esencial en la producción correcta de la prescripción. Por razones sanitarias, las leyes de la tierra permiten únicamente operar la farmacia a dos robots: el robot manipulador que lo denominaremos M durante el documento y el robot del refrigerador denominado R. El robot R es el encargado

de controlar las sustancias almacenadas en el refrigerador y solo el robot M será el único encargado de producir la medicina. Es por ello que cuando el robot M necesite un ingrediente, deberá pedirlo al robot R [IEEE, 2005].

1.1.1 Regla básica

Dos robots autónomos con habilidades distintas, serán puestos en un ambiente y deberán producir una medicina de acuerdo a una prescripción, lo anterior deberán realizarlo sin intervención humana. Uno de los robots leerá la prescripción al inicio del reto.

1.1.2 Ambiente

El ambiente donde se desenvolverán los robots constara de dos habitaciones, una denominada R en donde estará el refrigerador y la otra M que será el área de manipulación. Los ingredientes estarán almacenados en la habitación R, en la habitación M estará la prescripción de la droga y un vaso donde los ingredientes deben ser depositados. Las habitaciones estarán conectadas por dos puertas. El piso y las paredes de cada habitación serán blancas.

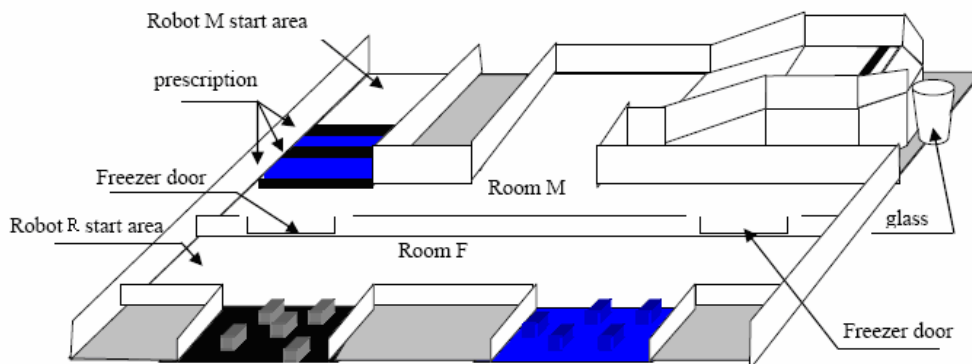


Figura 1.1 Ambiente

1.2 Definición del problema

Es la cuarta vez que se realiza el concurso y, dadas las referencias del sitio de Internet y todas las noticias generadas alrededor de esta competencia, ha sido todo un éxito. Al realizar un proyecto con el objetivo de cumplir el reto propuesto en el concurso se daría a las futuras generaciones de sistemas computacionales y mecatrónica en la UDLAP las bases necesarias para poder concursar en una competencia de esta naturaleza.

1.3 Objetivos generales

El objetivo es la construcción de dos robots autónomos. Estos robots se desarrollarán en el ambiente descrito para el concurso. El tiempo límite, que será de 10 minutos, se tomará en cuenta para que los robots puedan, bajo condiciones similares a las del concurso, ser capaces de preparar parte de la prescripción.

1.4 Objetivos específicos

- Construir un robot que tenga la capacidad de tomar los cubos.
- Construir dos robots que puedan transportar los cubos.
- Se construirá un robot capaz de tomar más de un cubo a la vez.
- El robot del cuarto R recibirá instrucciones del robot del cuarto M para saber qué tipo de sustancia debe proporcionar.
- Se construirá un protocolo de comunicación que reciba notificaciones cuando se comuniquen de un robot a otro.
- Utilización de programas modulares de la siguiente forma: explorar el ambiente, lectura de los ingredientes de la prescripción, extraer sustancias del refrigerador, dejar el ingrediente en el vaso, transmitir los cubos y comunicación entre robots.

- El robot del cuarto M será capaz de leer la prescripción y dejar los cubos en el vaso.
- El robot del cuarto R será capaz de poder proporcionar al menos un ingrediente al robot M, poniéndolos en la espalda del robot M.

1.5 Alcances y limitaciones

- Se trabajará en un cuarto sin luz ambiental, con una fuente de luz artificial colocada encima del ambiente.
- Los robots podrán ser calibrados para las condiciones de luz en donde se desenvolverán.
- Los ingredientes de la formula serán representados por cubos de 2 cm. de cada lado, y serán azules con un RGB de R=0, G=0 y B=255 o negros con un RGB de R=0, G=0 y B=0.
- Siempre que un ingrediente no esté en el refrigerador o en contacto con algún robot, será retirado del escenario sin ponerlo nuevamente en el refrigerador.
- No se tomará en cuenta el orden en el que se leyeron los ingredientes para colocarlos en el vaso.
- La prescripción será puesta cerca de la posición inicial del robot M y estará constituida por bandas de dos colores como se muestra en la figura 1.2.
- Se tomará a lo más un cubo de cada color de la receta.
- Se utilizarán líneas negras en el piso blanco como ayuda para el posicionamiento de los robots.
- El piso será blanco.
- Ningún robot podrá cruzar la puerta que comunica a las dos habitaciones.

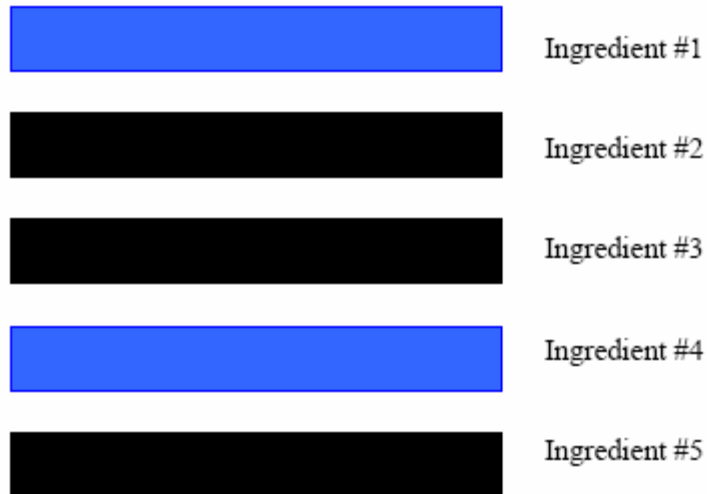


Figura 1.2 Prescripción

- Cada robot debe tener a lo más 2 RCX con un número ilimitado de sensores.
- Solo se podrán utilizar piezas y sensores LEGO.
- La intervención humana será mínima, exceptuando el proceso de calibración.
- Se tendrá un tiempo límite de 10 minutos.

1.6 Historia de los robots

1.6.1 Autómatas

La humanidad siempre ha sentido gran curiosidad por imitar el comportamiento de los demás seres de la naturaleza, incluyendo el comportamiento humano. En este afán, ha inventado mecanismos desde épocas muy remotas, tales como poleas y engranes para mover objetos. Con el uso de estos mecanismos se inventaron los antepasados de los robots a los cuales se les denomina autómatas, que son mecanismos que operan por sí mismos pero sin recibir ninguna retroalimentación del ambiente [Abadal, 1986].

Los autómatas eran mecanismos que aun en nuestros días pueden sorprendernos, ya que poseen una ingeniería avanzada para aquella época. Dentro de los autómatas más famosos se encuentran el autómatata flautista y el dibujante.

El autómatata flautista fue creado por Jacques de Vaucanson en Paris y demostrado en 1738 [Critchlow, 1985]; el mecanismo del flautista consistía en una serie de poleas, una caja de música y era operado mediante la presión del aire. El flautista vestía ropa de músico, soplabla aire a través de la flauta y controlaba el flujo a través de los orificios, haciendo coincidir la nota emitida por la caja de música con la nota tocada por él. Pero aun más sorprendente era el autómatata construido por Henri Maillardet cerca de 1805 en Londres [Critchlow, 1985]; el autómatata era capaz de dibujar por él mismo un barco con todo detalle en alrededor de 5 minutos, también podía escribir un poema en francés de 5 líneas con letra cursiva impecable.

1.6.2 Los primeros robots

Los autómatas fueron mecanismos destinados al entretenimiento, hasta esa época no se concebía que pudieran ser de utilidad para los procesos productivos; sin embargo, las compañías deseaban que la transferencia de materiales de un proceso a otro fuera automatizada; es por ello que un inventor americano George C. Devol en 1954 realizó una aplicación de transferencia programada [Abadal, 1986]; esto sentaría las bases para el manipulador industrial moderno.

La industria, al tener la necesidad de agilizar sus procesos mediante manipuladores automáticos, abrió una nueva oportunidad de mercado, en la que *Unimation, Inc.* fue la primera en tener la robótica como su única línea de negocio; esta empresa instaló su primer manipulador en 1961 [Abadal, 1986].

No todos los robots de esta época se dieron en el campo de la industria: en la investigación se realizaron descubrimientos tales como una serie de tortugas electrónicas construidas por el Dr. Grey Walter a finales de los 40's [Abadal, 1986]; estas tortugas recibían retroalimentación del ambiente, ya que eran sensibles a la luz y podían evitar obstáculos, una de ellas, denominada Elsie, daba la impresión de ser inteligente ya que, cuando sus baterías estaban bajas, regresaba a su lugar de recarga.

1.7 Definición de robot y robótica

1.7.1 Primeras definiciones

El concepto de robot y robótica surgieron mucho antes que la ciencia pudiera construir algún robot. El origen de la palabra robot proviene del Checo “robota” que puede traducirse como un trabajador que provee un servicio compulsivo [Critchlow, 1985], algo así como un esclavo del trabajo. La palabra robot fue proporcionada por el escritor Karel Čapek, quien en 1921 publica una obra teatral llamada *R.U.R (Rossum's Universal Robots)* [Critchlow,1985]; en la obra describe a los robots como humanoides que sirven a la humanidad.

La palabra robótica fue introducida por Isaac Asimov [Abadal, 1986], un gran escritor de ciencia ficción que escribió *I Robot*, libro donde define robótica como la ciencia de los robots.

Otra de las aportaciones de Isaac Asimov son las 3 leyes de la robótica que aún siguen vigentes y se mencionan a continuación [Critchlow, 1985].

1. Un robot no puede dañar a un ser humano, ni por inacción permitir que éste se dañe.

2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Leyes.

Gerald Norman, profesor en el Instituto de Tecnología en Obregón, ha sugerido que una ley, formulada por Skoles, sea adoptada como la Cuarta Ley de la robótica [Malcolm, 1988].

4. Un robot puede hacer el trabajo de un ser humano, pero no puede dejar a la persona sin trabajo.

Así mismo, Isaac Asimov introduce en sus últimas novelas una Ley Cero de la robótica:

- Un robot no puede realizar ninguna acción, ni por inacción permitir que nadie la realice, que resulte perjudicial para la humanidad, aun cuando ello entre en conflicto con las otras tres Leyes.

1.7.2 Definiciones formales

Actualmente es difícil distinguir un robot de una máquina que no lo es: vehículos controlados por mandos a distancia no son considerados robots, tampoco manipuladores, prótesis o exoesqueletos que sean controlados directamente por un ser humano.

El Instituto Americano del Robot ha definido a un robot como un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de la programación de una variedad de movimientos para desempeñar diversas funciones [Critchlow, 1985].

Después de la definición propuesta por Asimov sobre robótica, el concepto es redefinido por el Merriam Webster Dictionary en 1998 como la tecnología encargada del diseño, construcción y operación de los robots.

1.8 Clasificación de los robots

Existen diferentes clasificaciones sobre los robots dependiendo de los parámetros que se utilicen para clasificarlos: hay desde clasificaciones según su semejanza con la apariencia del ser humano hasta clasificaciones aprobadas por diversas asociaciones de robótica, las cuales tratan de buscar una clasificación unificada de los robots.

1.8.1 Robots industriales

Los robots industriales, al ser los primeros en comercializarse, por lo tanto fueron los primeros en tratar de clasificarse. La JIRA (*Japanese Industrial Robot Association*) ha clasificado a los robots en 6 clases [OSWEGO, 2005]:

- Dispositivos de manejo manual: Son manejados por un operador.
- Robots con secuencias fijas: Utilizan un mecanismo para ejecutar una tarea una y otra vez y es difícil de modificar el comportamiento.
- Robots de secuencia variable: Es fácil cambiar el comportamiento.
- Robots de reproducción: Un operador enseña un movimiento al robot y éste lo replica.
- Robots de control numérico: Un programa de control numérico determina los movimientos del robot.
- Robots inteligentes: Entienden el ambiente donde se desenvuelven, pueden ejecutar una tarea no importando que el ambiente haya sufrido cambios.

Además de la clasificación proporcionada por la JIRA, los robots industriales se pueden clasificar de acuerdo al sistema de coordenadas que utiliza, los cuales pueden ser: coordenadas cartesianas, cilíndricas, polares o *revolute*.

1.8.2 Robots de servicio

Desde el origen de la palabra robot en la obra de R.U.R, donde los robots son servidores compulsivos de los humanos, estos han estado destinados a ofrecer un servicio a los humanos. En la actualidad existe una clasificación para los robots autónomos que están destinados a proporcionar un servicio, excluyendo de esta categoría aquellos cuyo uso es la manufactura.

La IFR (*International Federation of Robotics*) ha clasificado a los robots de servicio en dos categorías [IFR, 2005]:

- Al servicio de los humanos: Este tipo de robots están diseñados para el entretenimiento y la seguridad, entre otros usos.
- Al servicio de las máquinas: Proveen mantenimiento, limpieza y realizan reparaciones a otras máquinas.

1.8.3 Robots educacionales

Los robots han sido el foco de atención de muchas personas desde sus inicios, sin embargo el costo de construcción y materiales usados eran inalcanzables por sus altos costos. Hoy en día es posible tener acceso a la construcción de robots mediante el uso de *kits* educacionales que proporcionan motores, engranes, poleas y diversos sensores que permiten construir un robot, aunque con alcances limitados ya que su propósito principal es pedagógico y no

destinados a una aplicación real. En esta categoría *LEGO Mindstorms* es la marca comercial más popular en la construcción de robots educativos.

Los brazos de robots educativos han existido desde hace ya muchos años, se caracterizan por ser más pequeños y con menos capacidad de carga que los brazos industriales [Abadal, 1986].

1.8.4 Robots militares

La milicia ha utilizado los robots con fines bélicos y para salvaguardar la vida de las personas. Existen robots que reemplazan a los humanos en situaciones de peligro, tal como lo hace el robot *Wheelbarrow* el cual es un desactivador de bombas utilizado por el ejército británico de Irlanda del Norte [Abadal, 1986]. Sin embargo también existen robots destructivos como lo es un misil de crucero que posee un sistema de navegación autónomo para alcanzar su objetivo [Abadal, 1986].

1.8.5 Robots espaciales

El espacio es un lugar inhóspito en el cual mantener a un humano implica un riesgo muy alto y además un elevado costo, es por ello que es deseable enviar a una máquina en vez de un humano. Existe un gran interés en la investigación de robots espaciales y se han enviado muchas misiones con éxito, además se han construido robots para proporcionar servicios de reparación y mantenimiento de satélites en órbita.

Algunos de los robots que han realizado misiones espaciales son: el *Lunokhod* que alunizó en el mar Imbrium el 10 de Noviembre de 1970 [Abadal, 1986] y el *Mars Pathfinder* que descendió en la superficie de Marte el día 4 de julio de 1997 [Critchlow, 1985].

1.9 Avances tecnológicos en robótica

La robótica es una ciencia muy dinámica que presenta avances tecnológicos día a día. Aunque aún nos encontramos muy lejos de poder crear un robot que tenga todas las funcionalidades de un ser humano, tales como el razonamiento, se han logrado grandes avances tanto en la configuración mecánica como en la programación de los mismos.

A continuación se mencionan algunos robots recientes aplicados en distintas áreas.

1.9.1 ASIMO

ASIMO es un robot desarrollado por la empresa *HONDA* con el fin de crear un robot multipropósito que pudiera vivir en una sociedad humana [*HONDA*, 2005]; *ASIMO* fue lanzado en el 2000 y aun se trabaja en ampliar su funcionalidad. *ASIMO* es un robot capaz de caminar en dos piernas, logro que se ha deseado desde los inicios de la robótica. Además puede reconocer objetos en movimiento, obstáculos, gestos, posturas, sonidos y caras mediante una cámara que tiene integrada.

La innovación de *ASIMO* radica en la integración de muchas tecnologías tanto mecánicas como de inteligencia artificial, un ejemplo de ello es que *ASIMO* es capaz de ir hacia un lugar con sólo señalar hacia donde se debe dirigir.

En el 2004 se agregaron nuevas funcionalidades tales como dotarlo de un mecanismo capaz de correr y se mejoró la interacción con las personas con sensores de presión.

1.9.2 QRIO

QRIO es un robot desarrollado por la empresa *SONY* cuyo propósito es el de tener un robot de entretenimiento que pueda vivir contigo y desplazarse por sí mismo [*SONY*, 2005]. Este

robot es capaz de caminar en dos pies, adaptándose a las diferentes superficies; si pierde el equilibrio se protege a sí mismo para no dañarse al caer.

Dado que *QRIO* es un robot diseñado para vivir en casa tiene un diseño seguro, liviano y pequeño. Su propósito principal es el entretenimiento, pensando en esto, es capaz de cantar y bailar así como también reconocer las caras y la voz de las personas que viven con él, además puede aprender nuevas palabras, caras y voces. Responde a comandos de voz y puede detectar de donde proviene el sonido; para mejorar la interacción con las personas, puede transmitir su estado de ánimo con sus ojos que cambian de color.

1.9.3 *Robotic fish*

Es un robot autónomo que asemeja a un pescado, nada dentro de una pecera y es capaz de evitar obstáculos. Desarrollado en la Universidad de Essex, el robot tiene aproximadamente 50 cm de largo, 15 cm de alto y 12 cm de ancho; los movimientos del pescado robot son muy similares al de un pescado real. Actualmente se encuentra en el museo de Londres [PHYSORG, 2005].

1.9.4 *Repliee QIExpo*

Es un robot humanoide femenino, el robot tiene la apariencia humana más cercana que se ha podido construir, tiene un recubrimiento de silicón flexible como piel que le da una apariencia real, fue desarrollado por el profesor Hiroshi Ishiguro de la Universidad de Osaka. El robot puede dar la apariencia de estar respirando ya que cuenta con un compresor de aire, además su cabeza puede girar en 9 direcciones y realizar gestos con la mano. En uno de los brazos cuenta con sensores de presión que le permite responder a estímulos externos [BBC, 2005].

En este ámbito de dar a los robots una apariencia más real, se ha desarrollado una piel que contiene múltiples sensores presión y temperatura, cuya construcción no representa un elevado costo, además es flexible y puede dar a los robots una piel que sea capaz de sentir los estímulos del ambiente externo [BBC, 2005].

1.10 Problemas abiertos de robótica

Desde el punto de vista de la robótica, existen varios problemas. En primer lugar, uno de los grandes desafíos es crear máquinas capaces de interactuar con ambientes impredecibles en tiempo real; otro de los principales problemas son aquellos en los que se entremezcla la robótica con la visión artificial y las comunicaciones [Roman, 2000].

En lo que respecta a la interacción del software con el hardware, el gran problema es que los programas escritos para un diseño en específico no pueden ser reutilizables para otro diseño mecánico. Este problema nos lleva a reescribir programas para cada robot en particular, desde el punto de vista de ingeniería de software los programas deben de ser reutilizables y con la posibilidad de extender sus capacidades no importando el hardware que se usa, tal principio no es aplicado en la robótica y actualmente se buscan soluciones de software genéricas.

La interacción con el humano es una de las áreas más demandadas en el ámbito de la medicina, ya que hasta el momento solo se han construido soluciones con intervención humana, pero no se ha llegado al punto en que un robot pueda realizar una operación de manera autónoma. Las soluciones a este problema aun están en exploración debido a la disyuntiva moral y el reto tecnológico que representa.

La búsqueda de un robot totalmente autónomo es una constante desde los inicios de la robótica, actualmente se han publicado convocatorias premiando al robot más autónomo, la

NASA en el 2005 lanza una convocatoria para construir el robot más autónomo que se desenvuelva en ambientes no conocidos [Gonzalez, 2005].

En la robótica existen problemas abiertos tales como: la percepción, la localización, la autonomía, la colaboración entre robots y su interacción con el hombre.

Una vez tratados los tópicos generales sobre la robótica, en el capítulo 2 explicaremos los conceptos relacionados a la robótica móvil, estos conceptos nos ayudarán a la construcción y programación de los robots para llevar a cabo la tarea descrita en la definición del problema. En el capítulo 3 describiremos el diseño mecánico de los robots. En el capítulo 4 se realizará el análisis y diseño del software. En el capítulo 5 se mostrará el diseño e implementación de los algoritmos. En el capítulo 6 se realizarán las pruebas al sistema. En las conclusiones se hablará del trabajo a futuro así como de las experiencias en la tesis.