

Capítulo 3

Análisis y diseño de estructuras mecánicas de robots

3.1 Importancia del chasis

El chasis de un robot soporta todos los elementos que son los sensores, motores, controlador y baterías. Idealmente este debería ser ligero, fuerte, pequeño y fácil de construir.

Las dimensiones de del robot estarán limitadas por la parte transitable del laberinto, que para este caso está formada por celdas de 16.8 cm por lado, pero considerando que el robot que tiene que dar vueltas y desplazarse rápidamente, debe tener la suficiente tolerancia para dar eficazmente las vueltas y no chocar con las paredes [13].

Los motores y las ruedas son los elementos que más influyen en las dimensiones finales del robot, debido a esto lo adecuado es que sean de dimensiones reducidas pero con la suficiente fuerza electromecánica para permitir que el robot se desplace con la velocidad que le permita ser competitivo.

Otro de los elementos que determinan la forma y dimensiones del chasis es la fuente de energía, que generalmente tienen forma rectangular o cilíndrica lo que dificulta su colocación y su peso influye negativamente en el desempeño de los robots móviles, se busca entonces que las baterías provean la suficiente potencia pero que al mismo tiempo sean ligeras y sus dimensiones se ajusten al robot.

3.2 Estructuras más usuales

Las estructuras que con mayor frecuencia se utilizan dependen de la forma de tracción que emplee el robot, por lo tanto, de acuerdo a la aplicación que se le dará al robot y del medio en que se desempeñará se busca que el robot sea homogéneo en las dimensiones, esto es se prefiere que presente extremos redondeados que cuadrados porque estos últimos reducirían la capacidad de rotar o de alcanzar mayores velocidades sin producir una colisión.

Sin embargo las dimensiones y peso de los motores, ruedas y pilas principalmente hacen que la forma de los robots sea diferente de la forma óptima que como se puede ver debería ser redonda como lo muestra la figura 3.1.

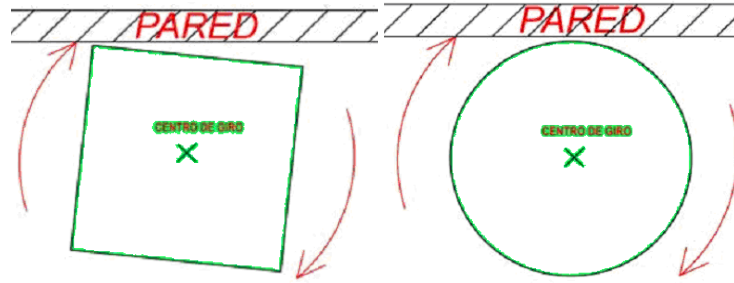


Figura 3.1 La forma del chasis influye en el comportamiento dinámico del robot

3.3 *Materiales de elaboración del chasis, ventajas y desventajas*

Los materiales que se utilizan dependen generalmente de lo que esté disponible en los mercados locales sin embargo también suelen estar hechas del mismo material con el que se realizan los circuitos impreso (PCB, printed circuit board) con lo que reducen el peso al fusionar parte del chasis con el control electrónico.

Existe un gran número de materiales que se emplean en la elaboración de robots, entre los más usuales tenemos el aluminio y los plásticos en sus diversas presentaciones como polímeros, acrílico, PVC, sintra, etc. La decisión de emplear determinado material depende del presupuesto, la importancia de la aplicación, la disponibilidad y si se cuenta con la herramienta que permita la manipulación de estos materiales.

Para la realización del prototipo de este trabajo se analizarán materiales como la sintra, PCB, ya que resultan de fácil manipulación y ofrecen características que los hacen adecuados para la aplicación.

3.3.1 PVC

Es un material plástico que puede aplicarse a la elaboración de robots pues puede adaptarse a la forma que se requiera mediante la aplicación de calor que lo moldea hasta adquirir la forma requerida.

3.3.2 Sintra

Es otro material de fácil manipulación y adquisición ya que resulta ligero y resistente, además de que se le puede dar la forma y dimensiones adecuadas para determinada

aplicación, inclusive muchos robots comerciales o partes para ensamblar robots están fabricados con éste material.

Al ser un material que tiene las ventajas de ser de fácil adquisición se ha seleccionado para la realización del prototipo de ésta tesis.

También, las herramientas para la manipulación de éste material son de fácil adquisición, lo que contribuyó a la decisión de seleccionar éste material.

Una vez que se tenga un chasis que demuestre tener las cualidades requeridas para transmitir eficazmente los comandos de control a los movimientos que permitan al robot ser competitivo, entonces se pasará a la etapa de hacer que el chasis contenga además la parte electrónica que controlará al robot, es decir se fusionará, en la medida de lo posible la parte electrónica con el chasis a fin de reducir las dimensiones y peso del robot, esto se logrará al hacer que el chasis sea realizado con PCB.

3.3.3 PCB

Este material es con el que se realizan los circuitos impresos electrónicos una vez que han pasado las etapas de diseño y pruebas, representa la forma que tendrá un producto electrónico final, en esta etapa ya se ha depurado el comportamiento de las variables físicas que rigen el desempeño de un dispositivo que representa la solución de un problema específico presentado.

Esto implica que el robot que se diseñará tendrá como parte integral de su estructura mecánica una placa CPB que posiblemente sostenga otros elementos del robot como los motores y la batería o que de soporte y ayude a la rigidez del sistema robótico completo.

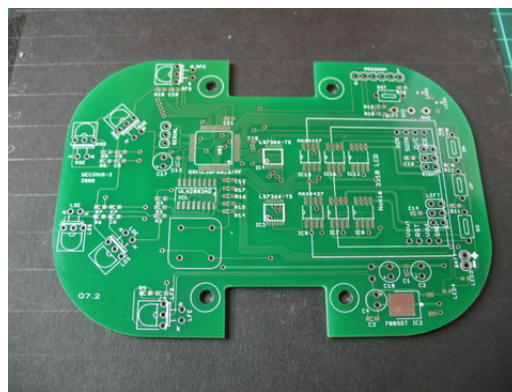


Figura 3.2 Chasis de un robot de laberinto hecho con PCB

Hasta el día de hoy existe una gran cantidad de aplicaciones computacionales que ayudan al diseño y elaboración de piezas mecánicas con extraordinaria precisión, pero su costo suele ser muy alto y solo después de un análisis completo tomando en cuenta la magnitud de un proyecto se puede optar por elaborar un robot empleando las

herramientas mencionadas, se espera que en el futuro estas herramientas tengan mayor accesibilidad para proyectos escolares y académicos.

3.4 Formas de tracción

El primer paso que se da en la construcción del robot es la elección de su configuración del chasis, esto es, definir como estarán distribuidos los motores, las ruedas y los demás elementos del robot. La precisión de las mediciones y la adecuada selección de la forma del chasis definirán sustancialmente el desempeño.

La elección de la plataforma móvil es sin duda la parte fundamental a la hora de diseñar el chasis, dependiendo de las necesidades, buscando principalmente las características de respuesta ante cualquier superficie, velocidad, maniobrabilidad, equilibrio, etc. En relación a las ruedas, existen distintas configuraciones, típicamente utilizadas en robótica móvil que son: diferencial, triciclo, *ackerman*, sincronizada, omnidireccional, con múltiples grados de libertad y movimiento mediante orugas [14].

3.4.1 Configuración diferencial

La configuración diferencial se presenta como la más sencilla de todas. Consta de dos ruedas situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot. Cada una de ellas impulsada por un motor, de forma que los giros se realizan dándoles diferentes velocidades y sentidos de giro. Así, si queremos girar a la derecha, daremos mayor velocidad al motor izquierdo o hacemos girar en sentidos opuestos a las ruedas.

Para girar a la izquierda, será el motor derecho el que posea mayor velocidad. Con dos ruedas es imposible mantener la horizontalidad del robot. Para solventar este problema, se colocan “ruedas locas” o resbalones. Estas ruedas no llevan asociadas ningún motor, giran libremente según la velocidad del robot. Además, pueden orientarse según la dirección del movimiento, de forma análoga a como lo hacen las ruedas traseras de los carritos del supermercado. Dependiendo de las necesidades, se pueden colocar una, dos o más ruedas locas [15].

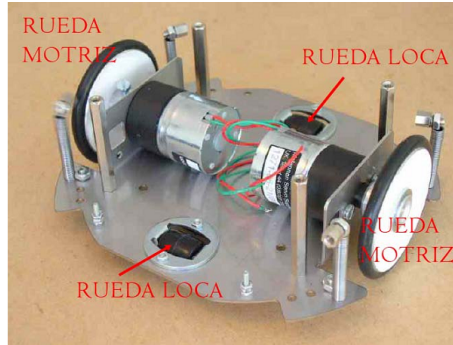


Figura 3.3 La tracción diferencial en robots

Sin embargo, la presencia de más de tres apoyos en el robot (incluidas las dos ruedas de tracción), puede llevar a graves cálculos de odometría en terrenos irregulares, e incluso a pérdida de tracción total. En la figura 3.4 se aprecia cómo la rueda de tracción pierde agarre, haciendo erróneo el avance del robot:

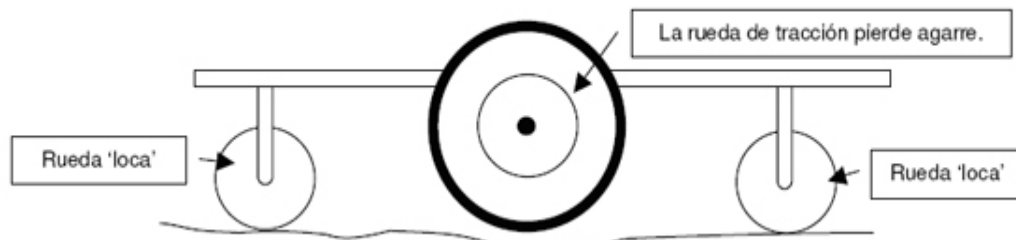


Figura 3.4 Más de una rueda loca puede provocar la falta de tracción

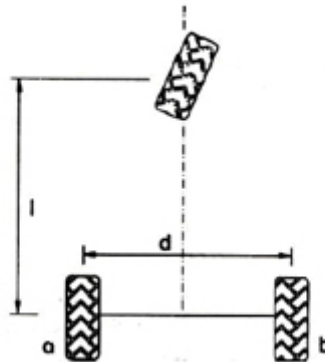


Figura 3.5 Disposición de las ruedas en configuración diferencial con una rueda loca al frente

Para llevar a cabo una navegación por *odometría*, es necesario acoplar a los motores de las ruedas laterales encoders, que son dispositivos que permiten leer la velocidad de cada una de las ruedas de forma que contando los pulsos que avanza cada rueda y teniendo en cuenta el radio de la misma y la reducción del motor, no hay más que aplicar las ecuaciones cinemáticas del robot para hallar la posición exacta en la que se encuentra y el ángulo de desviación respecto a una dirección de referencia [16].

3.4.2 Configuración en triciclo

En este caso, se dispone de tres ruedas en el robot, situadas de forma similar a los triciclos de los niños, de ahí su nombre. Tendremos por tanto, dos ruedas traseras, que no llevan acopladas ningún motor. La tracción estará en la rueda delantera, que además, será la que dará la dirección al robot.

En este caso, el cálculo de la odometría es mucho más sencillo. La posición del robot vendrá dada por el número de pulsos que avanza el encoder de la rueda, y la dirección es simplemente la que lleve dicha rueda.

Un problema asociado a esta configuración es que el centro de gravedad tiende a alejarse de la rueda de tracción en superficies inclinadas cuando el robot lleva la dirección de subida. Esto se traduce en una pérdida de la tracción del robot. Al perderse el contacto con el suelo la rueda motora sigue girando, pero el robot no avanza. Esto supone un error grande al hacer el cálculo de la odometría, ya que el robot indica que está en un punto más avanzado, cuando en realidad se encuentra más atrás [17].

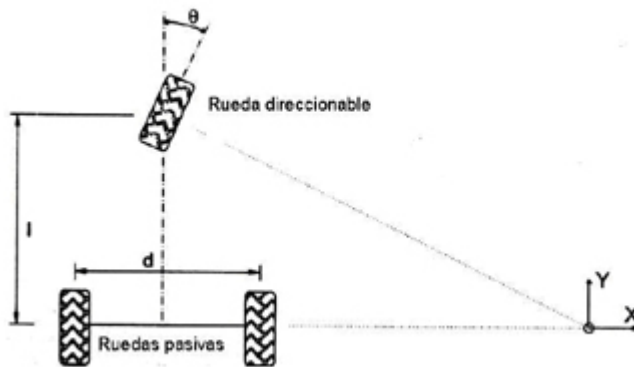


Figura 3.6 Configuración en triciclo

3.4.3 Configuración Ackerman

Se usa casi exclusivamente en la industria del automóvil. Es la configuración que llevan los coches: dos ruedas con tracción traseras, y dos ruedas de dirección delanteras. Esta configuración está diseñada para que la rueda delantera interior en un giro tenga un ángulo ligeramente más agudo que la exterior, y evitar así el derrape de las ruedas.

Como se puede apreciar en la figura 3.7, las normales a ambas ruedas se cortan en un punto, que se encuentra sobre la prolongación del eje de las ruedas traseras.

La relación entre los ángulos de las ruedas de dirección viene dada por la ecuación de Ackerman:

$$\cot(\theta_1) - \cot(\theta_2) = d / l$$

Dónde:

θ_1 = ángulo relativo de la rueda interior

θ_2 = ángulo relativo de la rueda exterior

l = separación longitudinal entre ruedas

d = separación lateral entre ruedas

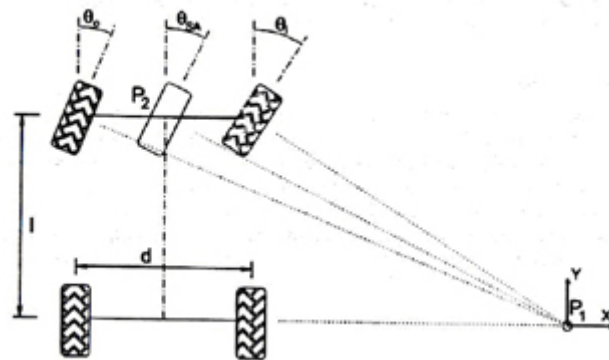


Figura 3.7 Configuración Ackerman

La configuración de Ackerman da una solución bastante precisa para la odometría a la vez que constituye un buen sistema de tracción incluso con terrenos inclinados.

3.4.4 Dirección sincronizada

Consiste en tres o más ruedas, todas ellas dotadas de tracción y acopladas mecánicamente, de forma que todas rotan en la misma dirección y a la misma velocidad. Se necesita que todas ellas pivoten de la misma manera al cambiar la dirección. Este sistema necesita de una gran sincronización.

En la figura 3.8 se puede apreciar la complejidad mecánica que requiere una configuración de este tipo.

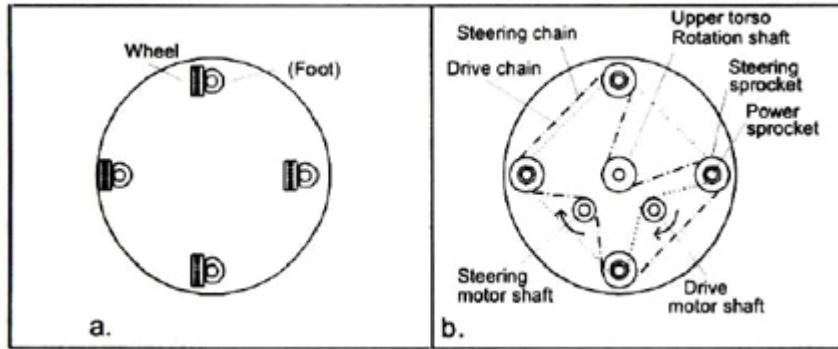


Figura 3.8 Mecánica necesaria para diseñar una configuración sincronizada

3.4.5 Configuración omnidireccional

Permiten hacer movimientos de translación, perpendiculares al eje de la rueda, pero también permiten la translación en cualquier otra dirección con respecto al eje de la misma rueda y con la adecuada combinación de movimiento de todas las ruedas el robot se puede desplazar en cualquier dirección en el plano de dos dimensiones. Suponen una enorme complicación en el cálculo de la odometría.

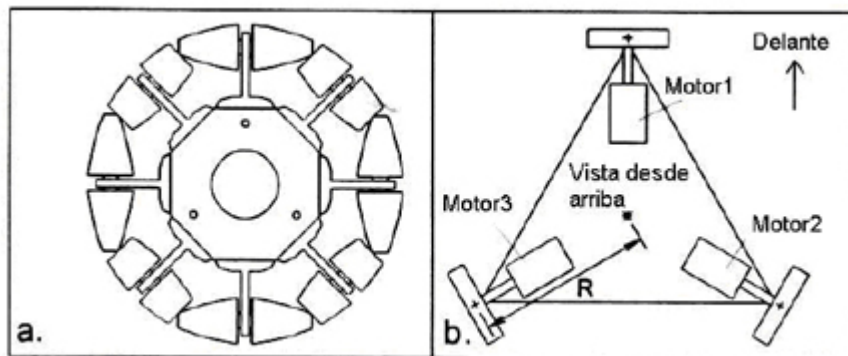


Figura 3.9 a. Rueda omnidireccional b. Ejemplo de configuración omnidireccional

3.4.6 Vehículos con múltiples grados de libertad

Este tipo de configuraciones se plantean para mejorar la movilidad del vehículo. Suelen ser robots articulados donde cada una de las articulaciones consiste en módulos con tracción diferencial.

Estos robots están diseñados para poder acceder a lugares donde otros tipos de robots no podrían entrar, por ejemplos los robots tipo serpiente que están diseñados para acceder a zonas estrechas.

Por ejemplo el robot *OmniTread*, que ha sido desarrollado en la Facultad de Ingeniería de La Universidad de Michigan. Puede moverse rodando como un tronco o como serpiente haciendo una analogía con elementos comunes.

Se propulsa moviendo sus apoyos, que cubren el 80% de su cuerpo. Estos evitan que el robot se atasque en lugares difíciles debido a que lo impulsan de la misma manera que una rueda en el pavimento.

El OmniTread está dividido en cinco segmentos conectados por el medio con una especie de columna vertebral que dirige los apoyos de todos los segmentos. Unos fuelles en las uniones que conectan las secciones se inflan y desinflan para hacer que el robot gire o eleve los segmentos. Los fuelles brindan la torsión suficiente para que el OmniTread pueda levantar los dos segmentos delanteros o traseros al escalar objetos.

El robot es ideal para realizar inspecciones de alto riesgo o para la vigilancia en aplicaciones militares o industriales [18].



Figura 3.10 Robot serpiente OmniTread

3.4.7 Tracción mediante orugas

Se trata de sustituir las ruedas por orugas. Es un caso particular de la tracción diferencial.

Sin embargo, en esta configuración el deslizamiento en los giros es muy grande, perdiéndose bastante precisión en el cálculo de la odometría. Se emplea en casos en los que el terreno presente irregularidades. Por estas razones, se descarta el uso de orugas para el robot propuesto.



Figura 3.11 Robot con tracción de orugas

Estos robot suelen ser utilizados para construcción o como parte de quipos de maquinaria pesada en donde los ambientes de desarrollo son muy diversos.