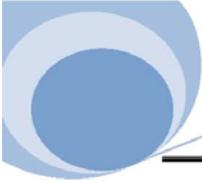


## **CAPÍTULO IV**

### Diseño del Cuerpo o Base del Robot



#### **4. DISEÑO DEL CUERPO.**

El objetivo del proyecto es construir un robot caminante de seis patas capaz de realizar tareas básicas de movilidad como son: desplazamiento frontal o lateral, rotación de hasta 360° en su lugar, levantar o bajar la altura del cuerpo entre otras. El cuerpo del robot servirá como una plataforma sobre el cual los componentes sensoriales adicionales se podrán añadir sin ningún problema, con lo que podrá ser programado para realizar movimientos más complejos.

El presente informe analiza el proceso de selección realizado para nuestro proyecto con cada uno de los prototipos propuestos hasta la selección y determinación de nuestro diseño final.

##### **4.1 Selección de diseño**

###### **4.1.1 Diseños alternativos**

Con el fin de cumplir con los requisitos de diseño propuestos, el grupo desarrollo prototipos distintos. Cada prototipo tiene específicos puntos de fortaleza y/o defectos dependiendo de su aplicación, dichos puntos serán explicados a detalle a lo largo del presente capítulo.

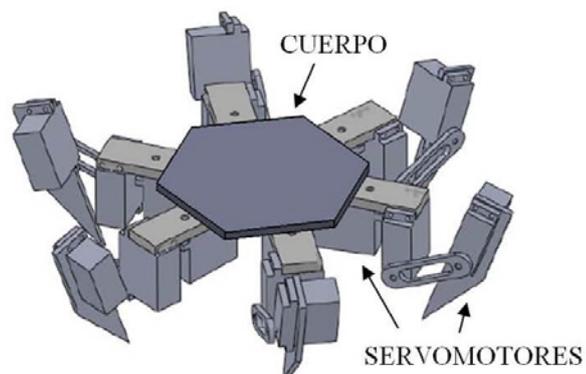
Algunos de los factores que se tomarán en cuenta para la selección del diseño final son: velocidad del avance y retroceso en línea recta, velocidad de rotación, rango de altura que es capaz de alcanzar el cuerpo, la complejidad en la conformación, diseño y armado de las patas requeridas, peso y capacidad de carga entre otras.



#### 4.1.1.1 Diseño 1:

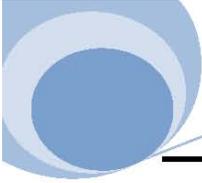
##### Estructura hexagonal con motores internos

Como su nombre claramente lo indica, este diseño consta de un cuerpo de forma hexagonal en el cual se montan cada una de las patas al centro de cada una de las aristas del polígono, exactamente a la misma distancia en cada lado y sujetas a la base del cuerpo, como se muestra en la Figura 4.1



**Figura. 4.1 Estructura hexagonal con motores internos**

Es una configuración muy simple, en ella los servomotores pivote (motores de avance) se montan en estrecha colaboración con el cuerpo. Tras analizar experimentalmente el desempeño de esta configuración podemos concluir que: nos permite girar en ángulos grandes sin chocar con las otras patas lo que proporciona mayores velocidades de rotación angular. Sin embargo dicho diseño puede ser optimizado en gran medida ya que los motores sujetos al cuerpo no cuentan con una libre rotación de 180° por lo que se ve limitado su desempeño.



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

---

Este diseño también incorpora el uso patas cortas por lo que nos da como resultado una capacidad de carga grande en la plataforma central pero un avance frontal limitado. La disposición de las patas sobre el perímetro exterior de los lados del hexágono tiene un gran inconveniente: limita la velocidad de avance frontal, esto debido a que la velocidad de avance frontal está directamente relacionada con la velocidad angular de rotación y el radio que se genera hasta la punta de la pata, la configuración necesaria para su secuencia de movimientos es muy compleja. Al momento de realizar el desplazamiento frontal aun cuando tiene como ventaja un mayor equilibrio, la velocidad frontal se ve enormemente limitada.

En la figura 4.2 podemos observar la carcasa utilizada para armar el robot hexápodo con el diseño hexagonal y con la cual se realizaron las pruebas experimentales. En realidad se ocuparon dos carcasas de la misma forma una como base y otra como superficie, en el interior formado se colocaron las baterías y la electrónica experimental (se tratará a futuro) así como los 6 servomotores de avance de cada pata.

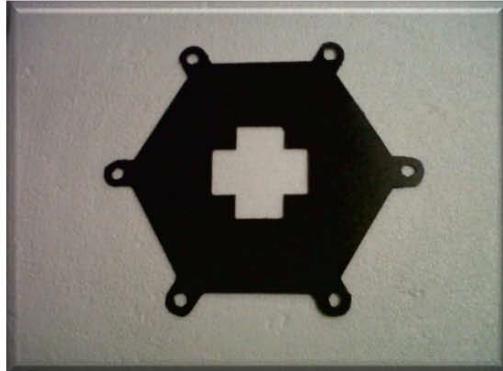


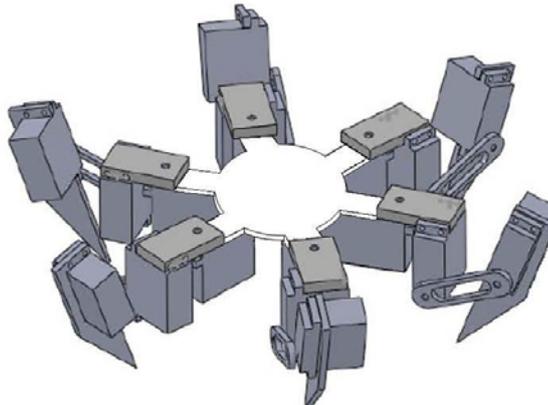
Figura. 4.2 Carcasa o cuerpo utilizado en el diseño 1



#### **4. 1. 1. 2 Diseño 2:**

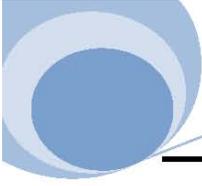
##### **Estructura Circular con motores salientes**

El diseño Circular como puede observarse en la Figura 4. 3 consta de un cuerpo circular el cual cuenta brazos salientes en 6 partes equidistantes del cuerpo en los cuales se montan las patas a la misma distancia en cada lado y siendo estas sujetas a la base del cuerpo. Esta configuración es muy similar a la hexagonal, aprovechando de dicha configuración la ventaja de tener los servos de avance o pivote en estrecha colaboración con el cuerpo para un mayor soporte. Al analizar el desempeño experimentalmente de esta configuración podemos concluir que al igual que en el prototipo hexagonal, este diseño nos permite girar en ángulos grandes y con una gran velocidad de rotación angular.



**Figura. 4.3 Estructura Circular con motores salientes**

En este diseño se mejora la libre rotación de los servomotores de giro, proporcionándoles la libre rotación de hasta más de 180° por cada lado por lo que se ve ampliamente mejorado su desempeño en cuanto a velocidad de rotación y distancia al avance.



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

---

Sin embargo este diseño también incorpora la disposición de las patas sobre el perímetro exterior de los lados de una circunferencia que no deja de semejar un polígono hexagonal lo que conlleva el inconveniente de la limitar la velocidad de avance frontal. Para este diseño se requiere también de una secuencia compleja de movimientos para realizar el desplazamiento frontal aun cuando tiene como mejora una mayor distancia por cada paso realizado debido a la ampliación de los grados de giro de los motores de la base.

La forma de la carcasa utilizada para armar el prototipo de pruebas es la que se muestra en la figura 4.4:



Figura. 4.4 Carcasa o cuerpo utilizado en el diseño 2



**4. 1. 1. 3 Diseño 3:**

**Estructura recta con motores salientes.**

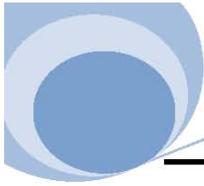
En esta estructura se presenta un cambio drástico en la disposición de los motores. La característica distintiva del diseño 3 es que todos motores de avance de las patas se montan en un eje recto de forma simétrica como se muestra en la Figura 4.5.



**Figura 4.5. Estructura recta con motores salientes.**

A diferencia de los diseños anteriores, en este modelo existe una limitante muy pronunciada en los motores centrales ya que existe un ángulo de choque entre las patas, esto es, al momento de realizar el desplazamiento de avance, en cuanto el motor central se encuentra adelantado y alguno de los motores ya sea delantero o trasero se adelanta para realizar el movimiento de arrastre, existe un choque entre las patas por lo que el rango de giro de los motores de avance se ve muy limitado.

Dicha limitante afecta considerablemente la velocidad de desplazamiento que aunque supera notablemente la velocidad de avance de las configuraciones anteriores, se ve con amplias posibilidades de mejora al igual que la velocidad de giro. En esta



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

---

configuración la secuencia que tienen que realizar las patas para lograr el desplazamiento es mucho más sencilla que los diseños anteriores y presenta además variantes en los modos de locomoción, sin embargo la secuencia de giro se ve severamente alterada dificultando por mucho la secuencia de giro establecida en los diseños anteriores.

La estructura utilizada para armar el prototipo y hacer las pruebas de desplazamiento frontal y giro de este diseño es la que se muestra en la figura 4.6.

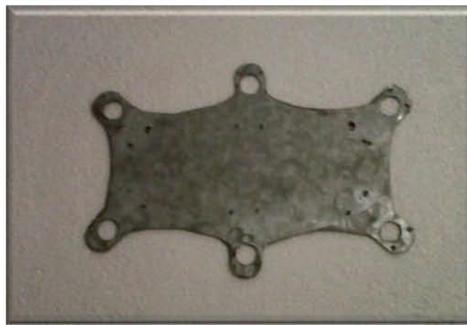
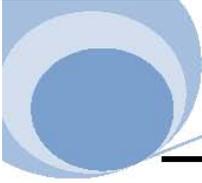


Figura. 4.6 Carcasa utilizada en el diseño 3

### 4. 1. 1. 4 Diseño 4:

#### **Estructura híbrida con motores salientes.**

El último diseño que se implementó fue un híbrido mejorado de los tres diseños anteriores, se tomaron en consideración las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. En esta estructura se presenta un cambio en la disposición de los motores de avance muy similar a la del prototipo 3 solo que con modificaciones en el diseño del cuerpo. Se mantiene la característica distintiva del diseño 3 que es que todos los motores de avance de las patas se montan en un eje semirrecto de forma simétrica, sin embargo la parte central se alarga y las partes frontal y posterior se acortan un poco dando un aspecto ovalado, como se muestra en la Figura 4.7, además de



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

---

mantiene la forma de montaje de los motores de avance del diseño dos permitiendo un amplio rango de giro de cada uno de ellos.



**Figura 4.7 Estructura híbrida con motores salientes.**

Al analizar el desempeño de este prototipo se logra una mejora significativa en todos los criterios de evaluación. Se mejora la velocidad de rotación del diseño 1 y 3, no se presenta choque entre ninguna de sus extremidades al momento del desplazamiento o giro como en el diseño 1, se obtiene la mejor velocidad de desplazamiento frontal, se mejora la capacidad de carga en la plataforma central de los diseños 2 y 3 y las secuencias tanto de desplazamiento como de giro se mantienen simples y con múltiples opciones a mejora.



#### 4. 2 Resumen de la Comparativa de Diseños

Una comparación de los cuatro diseños se presenta en la Tabla 4.1. Cada requisito de diseño es clasificado de acuerdo a la importancia relativa dada y a cada diseño se le asigna una calificación. Un valor más alto representa mejor rendimiento en general.

	Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3	Diseño 4
Velocidad de Avance Lineal	2	3	4	5
Velocidad de Rotación	3	5	2	4
Versatilidad en Secuencia de Mov.	3	2	4	5
Capacidad de Carga	4	3	2	5
Facilidad de Ensamble	5	2	3	4
Durabilidad	5	2	3	4
Complejidad	5	2	3	4
Costo	5	2	3	4
<b>Criterio Final</b>	<b>35.5</b>	<b>26.5</b>	<b>29</b>	<b>42</b>

Tabla 4.1

Nota. La importancia relativa se refiere a que para el criterio final se tomo en cuenta que el prototipo tiene como principal objetivo participar en un competencia de velocidad por lo que se incorporó un factor de importancia L=2 para la velocidad de avance lineal y R=1.5 para la velocidad de rotación, quedando nuestro criterio de la Sig. Forma:

$$\text{Criterio Final} = (V_{\text{avance lineal}})(f) + (V_{\text{rotación}})(f) + V_{\text{movimientos}} + C_{\text{carga}} + F_{\text{ensamble}} + D + C + \$$$



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

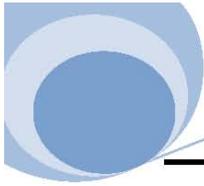
---

En la comparación de los 4 diseños, se hizo evidente que el diseño híbrido presenta las características más deseables; una mayor velocidad de desplazamiento frontal, una buena velocidad de rotación y un excelente puntaje en los requisitos complementarios. Es importante recalcar que tanto la velocidad de desplazamiento frontal como la de rotación, son las características que tuvieron más peso en la toma de decisiones. Por lo que fue el prototipo número 4 el de mejor desempeño.

Realizando la comparativa uno a uno del diseño seleccionado contra cada prototipo, en el prototipo número 1 podemos observar que si bien es el que más alto valor obtuvo en la mayoría de los rubros, los puntos de mayor importancia como son la velocidad de avance lineal y de rotación son los resultados más bajos que hubo entre todos los prototipos propuestos por lo que evidentemente es descartado. Las razones principales por el bajo desempeño de este prototipo se deben a la limitación del ángulo de giro de los motores de desplazamiento y a la complejidad de la secuencia de desplazamiento, dichas limitantes fueron optimizadas en el diseño del prototipo seleccionado.

Cuando comparamos al prototipo 2 podemos observar que a pesar de poseer la mayor velocidad de rotación y no tener un bajo puntaje en la velocidad de avance lineal, los otros criterios como son la durabilidad o la facilidad de ensamble demeritan considerablemente su desempeño, de igual forma la compleja secuencia que se tiene que generar para poder realizar el desplazamiento lineal lo dejan en mala posición respecto al diseño seleccionado.

Por último al comparar el tercer prototipo podemos ver que al ser un diseño con grandes diferencias con respecto a los anteriores, es posible corregir muchos de los defectos que se tenían con los modelos pasados como lo es la complejidad de movimientos en la secuencia de avance, la facilidad de ensamble o la velocidad de desplazamiento frontal, sin embargo este modelo presenta la menor velocidad en la secuencia de rotación.



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

---

Tomando en cuenta el análisis anterior se toma la decisión de determinar cuáles son las ventajas y desventajas de cada diseño para ser implementadas en el prototipo mejorado obteniendo de este el buen desempeño antes mencionado.

En la figura 4.8 se muestra la carcasa con la forma del diseño 4 que es el que finalmente se utilizó por contar con todas las características deseables en cuanto a desplazamiento y giro para la competencia de "robot caminante".

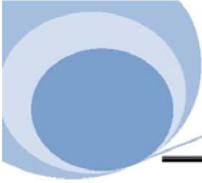


**Figura. 4.8** Carcasa utilizada en el diseño 4

Es importante mencionar que en el diseño seleccionado hay ciertos aspectos que no se han definido aun. Entre ellos tenemos el diseño final de las patas, el modo de locomoción, el material a utilizar para el cuerpo, etc. Este último punto es de vital importancia ya que esto proporcionara una adecuada resistencia e impondrá el peso final del robot y es la última parte por definir en cuanto al diseño del cuerpo se refiere.

### 4.3 Especificaciones del diseño final

En el apartado anterior hablamos de las características tanto a favor como en contra de los diseños de cuerpo del robot que consideramos. Finalmente en este apartado se presenta el diseño final y podemos observar concentradas en él las ventajas que obtuvimos de trabajar con los otros prototipos.



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA

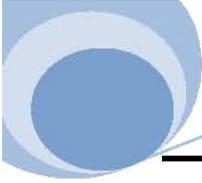
---

De los diseños hexagonal y circular, que son muy apropiados para el movimiento giratorio, se obtuvo la forma general del cuerpo solo un poco más alargada, más parecida a una elipse, pero justamente se pensó en el movimiento giratorio que el robot debe efectuar cuando detecta la pared.

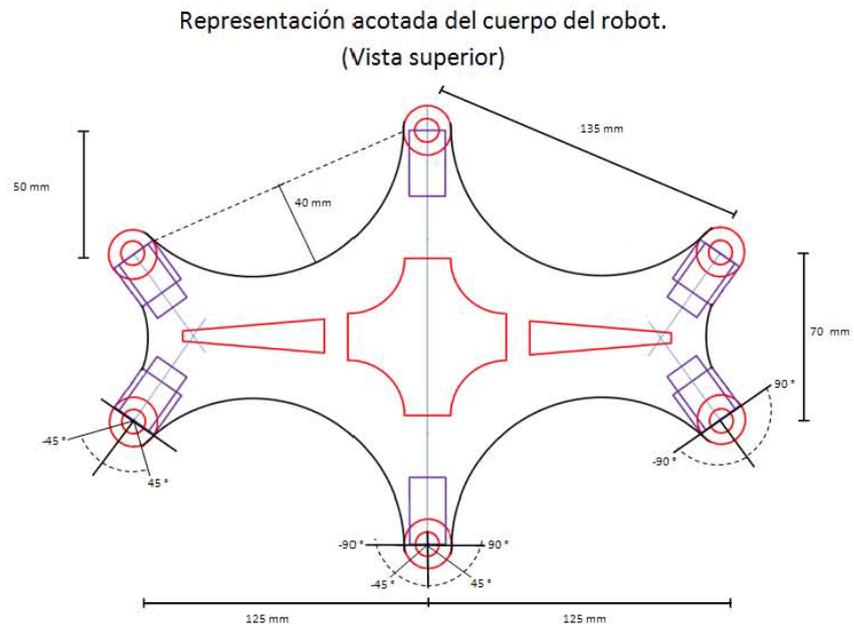
De la estructura recta con motores salientes se tomó como resulta evidente la disposición final de las patas, ya que ese tipo de estructura es ideal para el movimiento hacia al frente del robot.

Las dimensiones en general se determinaron en base a las dimensiones de los servomotores pues en todo momento se procura que el servomotor que va unido al cuerpo, y que se encarga del giro o sea la articulación: "CLAVÍCULA", tenga la libertad de girar lo más que se pueda, los 180° si es posible, para darle un avance importante en cada instante del movimiento del sistema sin que se interpongan las otras patas.

Finalmente en la figura 4.9 se puede observar el resultado de todas las consideraciones tomadas para el diseño del cuerpo del robot, con sus respectivas medidas en milímetros, resultado que satisface las necesidades de competencia de robótica de alto nivel.



## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT PARA COMPETENCIA



**Figura. 4.9** Consideraciones del diseño final