

# Diseño de estructura de un robot hexápodo

González García, Juan  
Universidad Politécnica de  
Atlacomulco  
Academia de Robótica  
jgg2231100629@upatlamulco.edu.mx

Gonzaga Salgado, Emanuel  
Universidad Politécnica de  
Atlacomulco  
Academia de Robótica  
egs2231100622@upatlamulco.edu.mx

Rosales Robles, Gerardo  
Universidad Politécnica de  
Atlacomulco  
Academia de Robótica  
gerardo.rosales@upatlamulco.edu.mx

**Abstract—** The project presents a design of a hexapod robot structure, maintaining a morphology typical of an insect and a standard design oriented to manufacturing by addition of material, seeking the minimum use of material required without compromising the rigidity of the structure.

**Keywords—** Robot, hexapod, structure, components, assembly.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde los años 80 el desarrollo de robots con patas ha surgido como una alternativa a los vehículos con ruedas, debido a la gran variedad de terrenos a los que pueden acceder, esto puede observarse en la naturaleza, viendo como los animales han podido adaptarse a terrenos difíciles o inestables. Mientras que en la década de 1980, basados en la teoría darwiniana de la evolución y los fenómenos naturales se desarrollaron algunos algoritmos de optimización inteligente, como el algoritmo genético (GA), el sistema inmunológico artificial (AIS), la evolución diferencial (DE), la optimización de colonias de hormigas (ACO), etc. Durante las últimas décadas, el dominio de la robótica ha atraído a muchos investigadores debido a la amplia aplicación de los robots. Para cumplir las tareas asignadas por los humanos, los robots deben ser tan inteligentes como los seres humanos, capaces de sentir el entorno externo y tomar la decisión correcta [1].

El sistema de locomoción hexápodo ofrece mayor versatilidad que los robots móviles a ruedas, el desarrollo de este tipo de sistema de locomoción se vio obstaculizado en un principio por la complejidad inherente a la coordinación de las patas, ya sea para mantener el equilibrio de la estructura como para desplazarse, esta complejidad necesita una alta capacidad de cálculo aplicando técnicas de control clásico, sin embargo con el avance de la microelectrónica se ha hecho posible el acceso a recursos computacionales que hacen viable la implementación de este tipo de sistemas. En el desarrollo de un robot hexápodo debe tenerse en cuenta aspectos tales como la robustez, mantenimiento del equilibrio y coordinación de los movimientos. Por lo tanto, la detección y el modelado del entorno son cruciales para que los robots móviles naveguen y operen en escenarios desconocidos [2].

Los robots con patas prometen locomoción en terrenos extremadamente accidentados que pueden no ser transitables por vehículos de ruedas o de orugas. Sin embargo, los vehículos andantes comercialmente viables son difíciles de diseñar, impulsar y controlar. En diseño, el obstáculo más difícil es mantener una elevada relación potencia/peso. Un método para resolver el problema de la navegación de los robots móviles es buscar soluciones que se presenten en la naturaleza. Un grupo de ingenieros y biólogos de CWRU ha adoptado este enfoque en su trabajo y ha descubierto que proporciona técnicas sólidas que son relativamente sencillas de implementar [3].

A diferencia de los robots con ruedas, los robots andantes son más maniobrables y tienen la capacidad de moverse en diferentes terrenos, especialmente en paisajes irregulares, lo cual supone claras ventajas. Entre los distintos tipos de robots andantes, las configuraciones hexápodos muestran la ventaja de la estabilidad estática al caminar, en contraste con los robots bípedos y cuadrúpedos. Es decir, la forma de caminar realizada con un trípode proporciona un equilibrio sólido [4].

## II. ESTRUCTURA DE MECANISMO DE ROBOT HEXÁPODO

De acuerdo con [1], [4] las partes principales o básicas que componen un robot hexápodo son:

### A. Componentes básicos

**Sensores:** los sensores son elementos clave en los sistemas de recolección de datos. Estos se pueden utilizar para registrar cambios ambientales en función del tiempo o para registrar el lapso de tiempo que transcurre entre un hecho y otro. Los sensores análogos miden variables tales como temperatura, luz, presión o humedad. Los sensores digitales miden si un interruptor está prendido o apagado y generalmente se usan para cronometrar o señalar acontecimientos.

**Engranajes:** Consisten en un par de ruedas dentadas que transmiten la potencia y el movimiento mediante la interacción por su periferia. Aparte de transmitir el movimiento relativo, pueden también convertir movimiento rotativo en movimiento de traslación.

**Piñones reductores:** Incluir una caja de velocidad en un robot móvil consistiría, por tanto, en elegir una buena relación de reducción utilizando piñones con una adecuada relación mutua. Se deberán experimentar diferentes reacciones hasta conseguir la velocidad deseada en el eje de la rueda o el par necesario para que el móvil se desplace sin sobrecarga en los motores.

**Patas:** Los robots con patas presentan una gran movilidad con respecto a los robots rodantes y pueden hacer frente a terrenos accidentados. Los robots de dos patas son muy difíciles de controlar, los robots de cuatro patas son más simples de equilibrar, pero más difíciles cuando se tratan de hacer que giren. Los robots de seis patas son más fáciles de controlar, ya que son estables sobre un mínimo de tres patas y pueden girar sobre sí mismos .

## III. MORFOLOGÍA DE ROBOT HEXÁPODO

La estructura mecánica del robot, es una parte fundamental en su desarrollo, ya que una elección inadecuada de la misma puede destruirlo o complicar los algoritmos de forma innecesaria [5].

De acuerdo con la Fig.1, se visualizan las partes que constituyen una pata del robot hexápodo y a continuación con base en [4], se describe cada una de ellas.

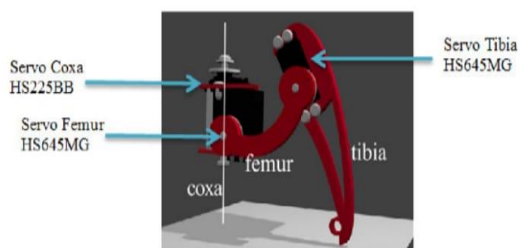


Fig. 1. Partes que conforman la pata de un robot hexápodo. Fuente: [2]

#### A. Tibia

Segmento generalmente alargado, a veces tanto como el fémur con el que se une mediante una articulación de dos condilos permitiéndole movimiento en un plano vertical. En la mayoría de los insectos, la cabeza de la tibia está arqueada de modo que se puede flexionar hacia atrás contra el fémur quedando paralelo a éste, condicionando así el grado de movilidad.

#### B. Fémur

Pequeño segmento unido a la coxa mediante una articulación Delaware tipo dicóndilica que se mueve solo en el plano vertical y está unido fuertemente al fémur, casi sin ningún movimiento entre ellos debido a que el trocánter y el fémur fuesen un solo segmento.

#### C. Coxa

La coxa normalmente se encuentra en forma de un cono truncado y se articula proximalmente con la pared del tórax existiendo tres formas distintas para esta articulación:

1. Una sola articulación con la pleura.
2. Una segunda articulación con el trocánter.
3. Articulaciones rígidas pleurales y del esternón limitando el movimiento de la coxa a la rotación respecto a estos dos puntos.

De acuerdo con [4], las patas largas reducen la fuerza, pero incrementan las velocidades de carrera, esto debido a que los apéndices son capaces de balancearse mediante un ángulo mayor, es por ello que estos rasgos como apéndices largos y pasos grandes son características de hexápodos de carrera rápida, mientras que las patas cortas, presentan paso lento y vigoroso cuando el hexápodo fuerza su paso a través del suelo.

### IV. METODOLOGÍA

#### A. Creación de diseño de robot hexápodo

Para el diseño del robot se tuvieron en cuenta diversas variables como lo es el movimiento a realizar, la estabilidad, el soportar el peso de los componentes utilizados entre otros [6].

Dentro de este trabajo, los principales criterios que se consideraron para realizar el diseño estructural están los siguientes:

- Debe existir un ahorro de material y que, a su vez, permita una optimización de peso en el robot.
- Las características que le permiten ser semejante a un insecto deben prevalecer.

- Cada una de las articulaciones debe ser adecuada para la colocación de actuadores, en este caso consiste en servomotores.
- Cada pieza debe ser diseñada y adecuada para un proceso de manufactura por adición de material (impresión 3D con PET).

#### A. Diseño de coxa

El diseño de la coxa en forma de pinza tiene la función de albergar el servomotor, en donde se encuentran dos barrenos uno para el eje del motor y el otro para el perno (que se ubica en una de las paredes de la caja que contendrá el actuador siguiente), restringiendo así movimientos no deseados. Esto ayudará al ahorro de material de sujeción dado que solo se necesita el tornillo del eje del servomotor y el de la pestaña del mismo, tal como se observa en la Fig. 2.

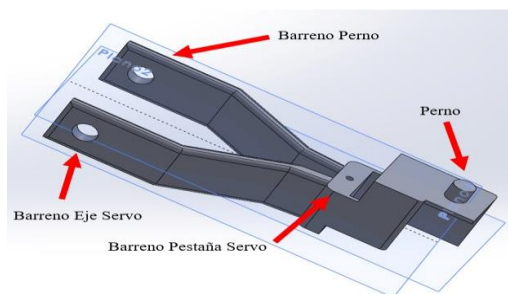


Fig. 2. Coxa. Fuente: Propia.

#### B. Diseño de fémur

Con este diseño se reduce peso y se ahorra material, como se observa en la Fig. 3, el fémur tiene un diseño semejante a la coxa, sin embargo, este segmento presenta una rotación de 90° en la pinza, permitiendo que durante el ensamble se mantenga su movimiento respectivo perpendicular al movimiento rotacional de la coxa. Se procuró mantener un diseño estándar, conservando la estética y la morfología de un insecto.

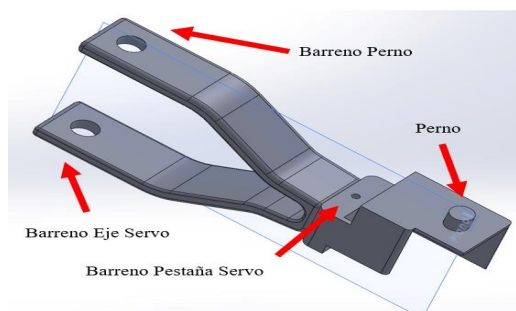


Fig. 3. Fémur. Fuente: Propia.

C. Diseño de tibia

De acuerdo al diseño, como se observa en Fig. 4, la tibia presenta los barrenos tanto como para el perno, como para el eje del servomotor. También se puede apreciar la forma de la pinza que se presenta en coxa y fémur. El extremo de la tibia tiene una forma circular para garantizar un contacto tangencial sobre la superficie.

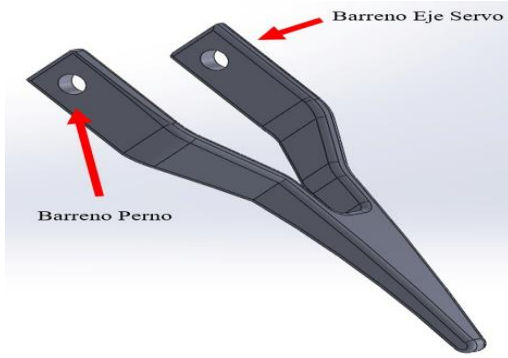


Fig. 4. Tibia. Fuente: Propia.

Con base en [4] se propusieron la longitud de coxa, fémur y tibia de 65.1 mm, 69.13 mm y 84.65 mm, respectivamente. El rango de movimiento de cada enlace y articulación (coxa, fémur y tibia) está limitado por la restricción física. En la Fig. 5, se muestra la pata 1 del robot hexápodo, la cuál es el pivote para la distribución de las demás patas.

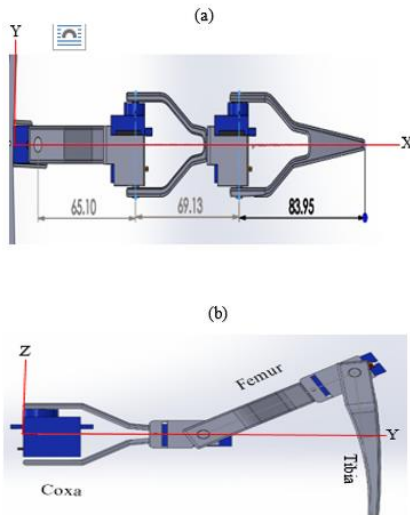


Fig. 5. Vistas de la Pata (a) Plano YX, (b) Plano ZY. Fuente: Propia.

De acuerdo con la Fig .5, (a) Plano YX y (b) Plano ZY se muestran las vistas de las patas, además cabe resaltar que cada una de ellas será impresa con filamento PET, así también, se visualiza que las patas están unidas, para ello se hicieron barrenos de manera consecuente para poder realizar

la unión, así como contenedores para el ensamble de los servomotores.

Además de ello se planea implementar una batería de litio, posicionada en la parte central del chasis, teniendo como fin de suministrar la suficiente energía para nuestro prototipo. La tarjeta de desarrollo será la encargada de ejecutar de manera adecuada las distintas tareas designadas (avance, giro y cualquier otro movimiento).

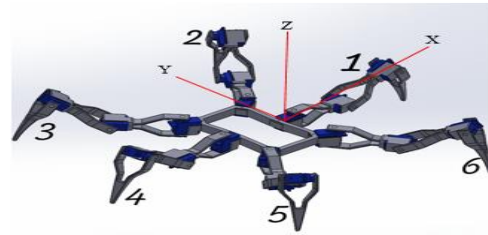


Fig. 6. Vista isométrica de robot hexápodo. Fuente: Propia

De acuerdo a la Fig. 6, cada una de las patas fue colocada alrededor del chasis a  $\pm 30^\circ$  respecto al sistema de referencia (pivote), con el objetivo de usar matrices de transformación homogénea para utilizar la cinemática directa de una sola pata para el cálculo de las restantes. La distribución de las patas respecto al sistema de referencia se puede apreciar en la Tabla 1.

TABLA I. Posicionamiento de las patas.

N. de pata	Rotación en Z	Traslación
1		Pivote
2	$30^\circ$	54 mm en y
3	$150^\circ$	54 mm en y, -93 en x
4	$180^\circ$	-93 en y
5	$210^\circ$	-54 mm en y, -93 en x
6	$330^\circ$	-54 mm en y

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el diseño de un robot hexápodo tomando en cuenta la morfología (coxa, tibia fémur), servomotores, fuente de alimentación y tarjeta de desarrollo para el control. Cada una de las partes de la pata fue diseñada para que su proceso de manufactura por medio de impresión 3D fuese sin la ayuda de soporte ahorrando el material requerido para su impresión, así como un diseño para un ensamble sencillo entre tibia, fémur y coxa. La distribución de cada una de las patas se encuentra a  $30^\circ$  del eje X del sistema de referencia (pivote) por lo que las patas 2, 3, 4, 5 y 6 se encuentran a  $150^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $210^\circ$  y  $330^\circ$ , respectivamente.

REFERENCES

[1] J. Tordesillas Torre, J. de León Rivas, J. del Cerro, and A. Barrientos, "Modelo cinemático de un robot hexápodo con 'C-legs,'" 2022. doi: 10.17979/spudc.9788497498081.0352.

[2] E. Velarde-Garcés, O. Barcia-Ayala, and C. Alvarado-Torres, "Implementación de un sistema de mapeo y localización a un robot hexápodo enfocado

- en la exploración del entorno y monitoreo de temperatura,” *Científica*, vol. 23, no. 2, 2019.
- [3] J. Chamba, M. Sánchez, M. J. Moya, J. Noroña, and R. Franco, “Simulación de movimiento de un robot hexápodo en entornos de realidad virtual,” *Enfoque UTE*, vol. 10, no. 1, 2019, doi: 10.29019/enfoqueute.v10n1.456.
- [4] R. Rincón Duran, J. A. Niño Vega, and F. H. Fernández Morales, “Robot hexápodo para la enseñanza de mecanismos para la transformación de movimientos,” *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 2021, doi: 10.15332/25005421.5876.
- [5] J. P. Rodríguez-Calderón, M. F. Ramos-Parra, and M. V. Peña-Giraldo, “Simulación de un Robot Hexápodo Bioinspirado en el Tenebrio,” *Lámpsakos*, no. 14, 2015, doi: 10.21501/21454086.1636.
- [6] L. D. De la Cruz Sustaita, H. Rostro-González, A. Pérez-Trujillo, A. Espinal-Jiménez, and M. A. Sotelo-Figueroa, “Sistema de navegación basado en sensor de visión dinámica para un robot hexápodo,” *Jovenes en la ciencia*, vol. 3, no. 1, 2017.