

# Desarrollo del Robot Móvil Tetrápodo Epheastus-r1

P.I.M. García Villaseñor Carlos Iván

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Mecánica

## Resumen

*El presente trabajo describe brevemente las etapas que ha atravesado el robot Epheastus-R1, desde la concepción del problema, de crear un equipo capaz de desplazarse en cualquier superficie, hasta la puesta en marcha y operación de dicho equipo, describiendo las etapas más sobresalientes en el desarrollo del tetrápodo Epheastus-R1, los resultados obtenidos así como el trabajo a realizar posteriormente.*

## Abstract

*The current job describes the stages involved in the development of the mobile robot Epheastus-R1, from the conception of the problem, the creation of a machine capable of walking on any kind of surface, until the start-up and operation of the device, describing the most relevant stages on the development of the Epheastus-R1 Tetrapod Robot, the obtained results as well as the future job.*

Palabras clave: Robótica, Robot Móvil, Mecatrónica, Tetrápodo.

## 1. Introducción

El uso de robots se ha incrementado hoy en día en diversas áreas de nuestra vida cotidiana y de la industria, las aplicaciones de estos van desde simples equipos de entretenimiento hasta complejos sistemas de reconocimiento y exploración o manipuladores de gran precisión dedicados a procesos industriales.

Es pensando en el reconocimiento y exploración de lugares de acceso difícil o peligroso para seres humanos que se ha desarrollado el robot Epheastus-R1, el cual habrá de ser capaz de desplazarse en terrenos de dichas características.

Una vez que se ha definido el problema se han analizado las propuestas generadas para solventar la necesidad planteada, y es en ese punto que se desarrolla cada etapa involucrada en la creación del robot.

## 2. Objetivos

El trabajo está enfocado al **diseño y fabricación** de un robot móvil cuya tarea principal sea la exploración/reconocimiento de lugares de difícil acceso o peligrosos para seres humanos u otro tipo de vehículos (robots dotados de ruedas u orugas), lugares que, por su naturaleza, no cuentan con caminos estructurados para la circulación de vehículos o personas, por lo tanto el robot deberá ser capaz de desplazarse sobre cualquier tipo de superficie.

## 3. Estrategia de Trabajo

### 3.1 Análisis de la Necesidad

El primer paso en el desarrollo del equipo es identificar la necesidad, la cual consiste en la creación de una máquina autónoma capaz de desplazarse libremente en cualquier lugar.

### 3.2 Búsqueda de la Mejor Solución

Para cubrir la necesidad se analizaron diversas opciones, entre ellas el uso de un robot móvil que se desplazara sobre ruedas, el uso de robots que se desplazaban utilizando 8 y 6 patas, sin embargo, cada una de esas opciones presentaba ciertas restricciones en cuanto al desempeño del equipo de acuerdo a la necesidad planteada. Para la primera propuesta se planeaba utilizar un robot que se desplazara sobre ruedas, sin embargo, necesitaría de un camino estructurado para desplazarse, lo cual limitaría su alcance. La segunda propuesta era el uso de un robot de 6 u 8 patas, sin embargo, a medida que se incrementan los grados de libertad del robot se

incrementa de igual manera el número de actuadores, (motores eléctricos para todos los casos), requeridos y paralelamente se incrementa el consumo de energía, lo cual a su vez es un factor crítico en el desarrollo de robots móviles. La tercer propuesta, que fue la elegida, consta de un robot de 4 patas con 3 GDL's (Grados de Libertad) por cada pata, el cual se eligió por los siguientes motivos: 1. Tiene mayor flexibilidad en cuanto a su desplazamiento en relación a un robot que se desplaza sobre ruedas, ya que, virtualmente, un ser vivo (o máquina), que se desplaza sobre algún tipo de extremidad, puede alcanzar prácticamente cualquier lugar en la superficie terrestre, (cómo ejemplo claro podemos tomar las cabras de montaña), 2. Es energéticamente más económico que un robot de 6 u 8 patas, 3. Es también más pequeño al poseer menor número de extremidades.

### 3.3 Detalle de la Solución Propuesta

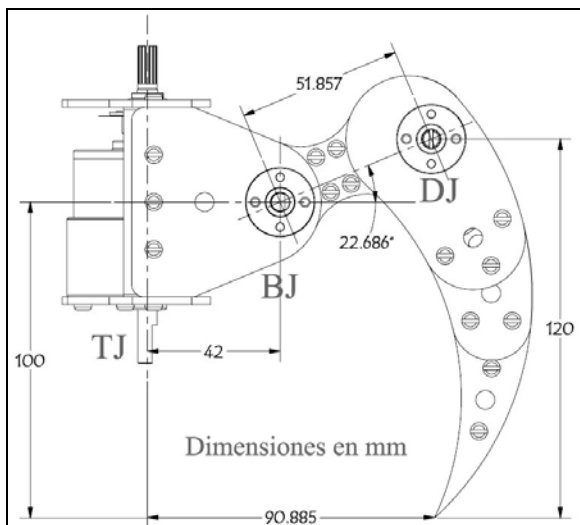


Fig. 1. Pata del robot Epheastus-R1.

En este punto ya se tiene el problema definido así cómo el equipo que habrá de construirse, el cual resultó ser un robot dotado de 4 patas, las cuales habrán de poseer 3 grados de libertad y se aprecian con mayor detalle en la figura N° 1.

Cada pata del robot estará formada por 3 articulaciones, las cuales serán llamadas Junta Torácica (TJ), Junta Basalar (BJ) y Junta Distal (DJ), las cuales permitirán al robot desplazarse y posicionarlo en cualquier forma de acuerdo a la necesidad, además de llevar las extremidades a cualquier punto dentro de su rango de movimiento.

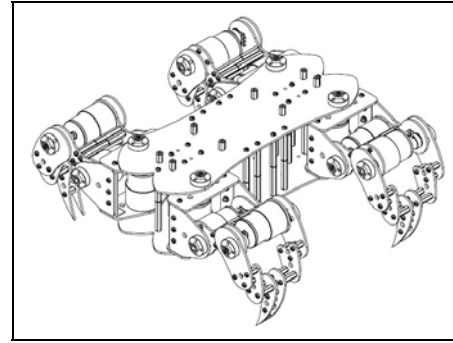


Fig. 2. Robot Epheastus-R1.

El robot Epheastus-R1 figura N° 2. será entonces una máquina autónoma, eléctrica y con articulaciones independientes entre sí.

### 3.4 Cinemática Directa

Para una posición angular específica, el robot tendrá sus puntos de apoyo (pares Cinemáticos), en coordenadas (x, y, z), las cuales podemos obtener mediante el uso de Transformaciones Homogéneas.

$$T_1^0 = \begin{pmatrix} \cos \theta_1 & -\sin \theta_1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_1 & \cos \theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$T_2^1 = \begin{pmatrix} \cos \theta_2 & -\sin \theta_2 & 0 & 42 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ \sin \theta_2 & \cos \theta_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$T_3^2 = \begin{pmatrix} \cos \theta_3 & -\sin \theta_3 & 0 & 51.85 \\ \sin \theta_3 & \cos \theta_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$${}^3\bar{p} = \begin{pmatrix} 120 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$${}^0\bar{p} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$x = f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad (6)$$

$$y = f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad (7)$$

$$z = f_3(\theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad (8)$$

$${}^uP = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = T_1^u T_2^1 T_3^2 {}^uP \quad (9)$$

### 3.5 Cinemática Inversa

Debido a la necesidad de posicionar las extremidades del robot en una ubicación particular, es necesario hacer uso de la Cinemática Inversa, a través de la cual encontraremos las coordenadas en las cuales habrán de ubicarse los puntos de apoyo de cada extremidad. Por medio de ella, los ángulos de las extremidades, para posicionar al robot, habrán de quedar en función de las coordenadas espaciales en que se requiera ubicar el equipo.

### 3.6 Generación de Trayectorias

A partir de los resultados obtenidos al hacer uso de la Cinemática Inversa, es posible generar la trayectoria que habrá de seguir cada extremidad para llegar de un punto a otro al momento de desplazarse. Dicha trayectoria deberá asociarse con los valores del sensor a utilizar y haciendo uso de tablas, definir el valor que deberá leer dicho sensor para asegurar que la extremidad está ubicada en el punto solicitado, de lo contrario, el sistema deberá actuar y corregir la posición actual para llegar a la posición deseada.

### 3.7 Selección de Elementos Principales

Ya que se ha obtenido el diseño conceptual del equipo, así como las posiciones y trayectorias que habrá de cubrir, es necesario hacer la selección de los componentes que realizarán dicho posicionamiento, monitoreo, control y estructura del robot.

Motor Eléctrico:

Voltaje: 12V CD  
 Corriente: 45 mA (Sin Carga)  
 Torque: 16.25 kg-cm

Microcontroladores:

Micro Maestro:

Microchip PIC16F876A  
 Cristal: 20 MHz  
 Voltaje: 6V DC

Micro Esclavo:

Microchip PIC12F675

Oscilador Interno de 4 MHz (x 12)  
 Convertidor A/D 10 bits  
 Sustituto: PIC12F683  
 Oscilador Interno 8 MHz  
 Convertidor A/D 10 bits  
 Voltaje: 6V DC

Sensores:

Potenciómetros de Precisión, grado militar, Giro 300°  
 aprox, 10k Ohm, 2W.

Alimentación:

1 Batería 12V DC 1.2 A-h Sellada, de Plomo para etapa de potencia.

1 Batería 6 V DC 1.2 A-h Sellada, de Plomo para la parte lógica.

Estructura:

Fibracel (prototipo actual)  
 Aluminio 6061 o Lexan (Versión Final)

## 3. Resultados

Tras realizar la integración de todos los elementos, se han realizado las pruebas respectivas al robot obteniendo los siguientes resultados:

### 3.1 De las Dimensiones

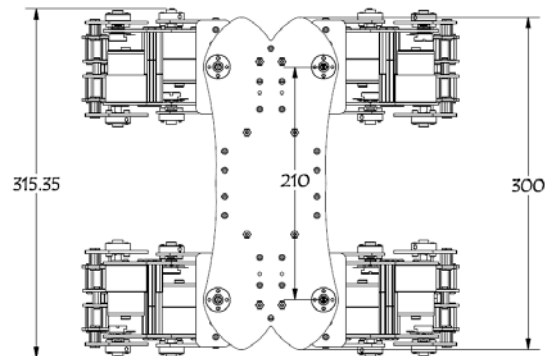


Fig. 3. Vista superior de EPHEASTUS-R1 (mm).

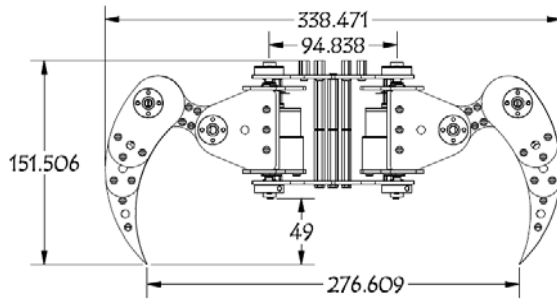


Fig. 4. Vista frontal de EPHEASTUS-R1.

Dadas las características del robot, éste puede modificar su posición y, por lo tanto, sus dimensiones en una posición determinada, haciéndolo más alto, corto y/o ancho, sin embargo, se muestra el robot en la posición de referencia y con las dimensiones propias de ella en las figuras 3 y 4.

### 3.2 De las Masas de los Elementos

Tomando como base el modelo actual, el equipo tiene una masa aproximada de 4.550 kg, siendo las partes de mayor masa las baterías, mismas que se pretende reemplazar por baterías secas, de mayor capacidad y a su vez más ligeras.

### 3.3 De la Eficiencia Energética

Debido a la cantidad de motores (12 en total), la técnica de operación de los mismos y la capacidad de las baterías, el tiempo aproximado de operación del equipo es de 20 a 25 minutos, para la batería de 12V, ya que la batería para la parte lógica puede operar por periodos de hasta 6 horas continuas.

## 4. Conclusiones

En general, el proyecto y prototipo presentado, aún se encuentra en etapa de desarrollo, y aún cuando el objetivo final es conseguir un equipo sin restricción en su desplazamiento, o al menos que sea moderada, el equipo cubre la primer condición, la cual es que se desplace y soporte a sí mismo, lo cual ayudará a desarrollar mejores técnicas y algoritmos en la programación del mismo y simultáneamente habrá de mejorar considerablemente la forma en la que se desplazará vs la forma en que actualmente se desplaza, también se mejorará la autonomía del mismo, se reemplazarán piezas de baja calidad y se harán pruebas en otros materiales, como lo es el aluminio, para incrementar la resistencia del robot.

## Referencias

- [1] Sandin Paul, “*Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*”, McGraw-Hill, United States, 2003, 1<sup>st</sup> Edition
- [2] Sandler Ben-Zion, “*ROBOTICS, Designing The Mechanisms For Automated Machinery*”, Academic Press, United States, 1999, Second Edition
- [3] Hellebuyck Chuck, “*Programming PIC Microcontrollers With PICBASIC*”, NEWNES, United States, 2003, First Edition.