

## Lázaro: Robot Móvil dotado de Brazo para Contacto con el Suelo

Jesús M. García <sup>a,\*</sup>, Itza J. Medina <sup>a</sup>, Jorge L. Martínez <sup>b</sup>, Alfonso García-Cerezo <sup>b</sup>,  
Alonzo Linares <sup>a</sup>, Cristian Porras <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional Experimental del Táchira, Laboratorio de Prototipos, Av. Universidad, sector Paramillo, San Cristóbal, Venezuela.

<sup>b</sup> Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, C/ Doctor Ortiz Ramos, s/n, 29071, Málaga, España.

### Resumen

Este artículo tiene por objetivo describir a Lázaro, el cual es un pequeño robot móvil que posee un brazo diseñado especialmente para propiciar un punto adicional de contacto con el suelo que puede utilizarse para mejorar la estabilidad al vuelco y superar obstáculos. Específicamente, se aborda la descripción de la estructura mecánica así como los componentes electrónicos destinados a percepción, comunicación y control. Posteriormente, se revisan las características de funcionamiento de este robot, en cuanto a su cinemática, arquitectura de control, modos de operación e interface. Finalmente, se hace una descripción de algunas pruebas de funcionamiento.

### Palabras Clave:

Robots móviles, estabilidad al vuelco, control de movimiento, tele-operación.

### 1. Introducción

Los robots móviles pueden efectuar tareas de gran complejidad en ambientes de trabajo poco estructurados en ambientes confinados y peligrosos para la vida humana (Casper & Murphy, 2003), exploración planetaria (Lindemann, et al., 2006) y operaciones de búsqueda (Guarnieri, et al., 2004). Además, la utilización de brazos acoplados a estos robots, les permite ampliar el rango de operaciones que pueden realizar, entre ellas: apoyo en la desactivación de bombas y minas (Guarnieri, et al., 2009), manipulación y traslado de cargas (García-Cerezo, et al., 2007), tareas de remoción de escombros y rescate (Matsuno & Tadokoro, 2004), exploración en terrenos de difícil acceso (Moosavian, et al., 2006) y recolección de frutos en la agricultura (Feng, et al., 2012).

Se pueden establecer cinco grupos de robots en función de cómo se enfrentan a la navegación sobre terrenos irregulares:

1. *Robots con suspensión.* Los robots pueden contener sistemas de suspensión pasiva o activa. La suspensión pasiva está conformada solo por un conjunto de resortes y amortiguadores, por lo que se puede considerar que posee parámetros fijos o constantes que no son regulables. Esta suspensión sólo permite almacenar energía mediante resortes y disiparla mediante amortiguadores (Siegwart, et al, 2002). Los robots con suspensión activa incorporan actuadores al sistema de suspensión que añaden energía para modificar la respuesta del sistema ante las

perturbaciones que provienen del terreno a consecuencia de una irregularidad (Hurel, et al., 2013). Así, los *rovers* (vehículos de exploración espacial) comúnmente poseen un sistema de tracción conformado por eslabones y ruedas. Los eslabones, por lo general, están acoplados a actuadores que permiten cambiar la orientación de los mismos, logrando una mejor conformidad del robot con la superficie del terreno, lo cual se pudiera traducir en una mayor eficiencia en el desplazamiento sobre el terreno irregular y una mejora en la estabilidad del robot (Bluethmann, et al., 2010).

2. *Múltiples sistemas de locomoción.* En esta clasificación se incluyen aquellos robots que poseen dos o más mecanismos de tracción (ruedas, patas u orugas), de manera tal que el robot pueda utilizar cualquiera de ellos de manera independiente para desplazarse o una combinación de ellos para lograr el avance sobre el terreno. Este es el caso de los robots: Resquake (Moosavian, et al., 2006) y Tehzeeb (Suthakorn, et al., 2009). Ambos poseen un cuerpo principal traccionado por orugas y cuatro patas que ostentan cada una su propia oruga. Pueden desplazarse de dos maneras: a través de sus orugas o por medio de una combinación de orugas y patas, lo cual les permite posicionarse sobre ciertos obstáculos (como escalones) y levantar el robot para sobrepasarlos. En este mismo grupo está el robot Sherpa (Cordes, et al., 2011), el cual posee un sistema de locomoción híbrida que está formado por cuatro patas con ruedas en sus extremos.

3. *Cambio de forma.* En esta categoría se pueden incluir muchos robots que estando formados por varias partes unidas entre sí a través de articulaciones, pueden reacomodar estas partes para cambiar su forma y ajustarse a la forma de un terreno irregular para desplazarse sobre él o salvar algún obstáculo. Un ejemplo de este tipo es el robot de orugas *LMA* (Ben-Tzvi, et al.,

\* Autor en correspondencia.

Correos electrónicos: jmgarcia@unet.edu.ve (Jesús Marcey García), imedina@unet.edu.ve (Itza Juliana Medina), jlmartinez@uma.es (Jorge Luis Martínez), ajgarcia@uma.es (Alfonso García Cerezo).

URL: www.unet.edu.ve (Jesús Marcey García)

2009), que utiliza un mecanismo llamado “Mecanismo de acoplamiento actuador”. Éste se fundamenta en una banda de deslizamiento con dos ruedas (una motorizada) más un brazo de longitud variable unido a una tercera rueda que se acopla internamente a la banda, lo que permite cambiar la forma de la oruga para cumplir con la tarea de subir y bajar escaleras de manera óptima disminuyendo el riesgo de vuelco. Un robot con características similares llamado *VSTR* posee una oruga por cada lado que está acoplada a cuatro ruedas dentadas: dos fijas y dos unidas a un par de brazos con una articulación rotacional cada uno (Choi, et al., 2007).

4. *Movimientos compensatorios del brazo.* El reposicionamiento del centro de gravedad (COG) es utilizado por los manipuladores móviles para mejorar su estabilidad al vuelco (Iagnemma, et al., 2003) (Morales, et al., 2009). Además, con manipuladores redundantes, el brazo puede realizar los movimientos compensatorios necesarios sin necesidad de abandonar la trayectoria a seguir por el efector final (Meghdari, et al., 2006).

5. *Robots con su brazo en contacto con el suelo.* Esta última estrategia se fundamenta en el uso del brazo de un manipulador móvil para apoyarse sobre el terreno y ayudar al vehículo a mejorar su estabilidad. En algunos casos, el brazo puede tocar el suelo pero, por las características del efector final, este contacto no puede ser continuo mientras el robot se desplaza, puesto que podría deteriorar las piezas que tocan el terreno (Chiu, et al., 2005) (Serón, et al., 2014). Por ello, otros robots han sido diseñados con un efector final para manipulación y se les han colocado ruedas de manera estratégica en algún lugar del manipulador, lo cual les permite tener un brazo que pueda manipular y establecer el contacto con el terreno (Ben-tzvi, et al., 2008) (Guarnieri, et al., 2008).

En este artículo se describe a Lázaro, el cual es un pequeño robot móvil con un brazo diseñado especialmente para propiciar un punto adicional de contacto con el suelo el cual pueda ser utilizado para mejorar su estabilidad al vuelco y para superar obstáculos (ver Figura 1). En la siguiente sección se aborda la descripción de la estructura mecánica así como los componentes electrónicos destinados a percepción, comunicación y control. Posteriormente, se revisan las características de funcionamiento de este robot en cuanto a su cinemática, arquitectura de control, modos de operación e interface de operación. Finalmente, se describen algunas pruebas de funcionamiento de este robot.



Figura 1: Robot Lázaro.

## 2. Descripción del robot Lázaro

### 2.1. Estructura mecánica

El diseño mecánico de Lázaro estuvo delimitado por las siguientes premisas de diseño: Primero, un tamaño y masa apropiados que le permitiera sobrepasar obstáculos con una altura semejante a la de un escalón. Segundo, un brazo con la mínima cantidad de articulaciones y un efector final que le permitiera al robot mantener un punto de apoyo adicional con el suelo. Tercero, un sistema de tracción apropiado para su desplazamiento sobre terrenos irregulares duros con pendientes de hasta 20°.

A partir de estas condiciones se diseñó Lázaro, cuyos parámetros dimensionales se listan en la Tabla 1 y posee las siguientes características mecánicas:

*Sistema de tracción diferencial con deslizamiento (skid steer):* compuesto por cuatro ruedas de radio  $R = 75$  mm (dos por cada lado). Las dos ruedas del mismo lado son traccionadas por un motor DC de 24 V con caja de engranes planetarios que entrega un par de 12.5 N.m., el cual se transmite y distribuye a las dos ruedas a través de un sistema de poleas y bandas de sincronización. Cada rueda posee amortiguación pasiva compuesta por un sistema resorte-amortiguador (de aire) y un eslabón de aluminio acoplado al chasis a través de una articulación rotacional pasiva. Ello permite a la rueda (acoplada en el otro extremo del eslabón) pivotar verticalmente para amoldarse a pequeñas irregularidades del terreno.

*Brazo con dos articulaciones:* La primera es rotacional e impulsada por un actuador compuesto por un motor DC de 24 V y una caja de engranajes que posee una etapa conformada por un sistema tornillo sinfin corona logrando una gran relación de transmisión. La segunda articulación prismática es movida por un actuador lineal de 12 V, posee una carrera de 0.30 m y genera una fuerza máxima de 151.24 N, suficiente para levantar un lado del robot cuando se requieran ejecutar operaciones para superar obstáculos. Adicionalmente, el brazo posee como efector final una rueda pivotante de 32 mm de diámetro que permite el contacto constante y rodante del robot con el suelo.

Tabla 1: Características de Lázaro.

Masa del robot	26 Kg
Ancho	425 mm
Altura	252 mm
Profundidad	468 mm
Alcance horizontal del brazo ( $a_1$ )	420 mm
Velocidad máxima del vehículo	0.28 m/s

### 2.2. Sistema electrónico

El sistema electrónico está compuesto por elementos de percepción, de comunicación y de control. A continuación se listan los sensores utilizados por Lázaro (ver Figura 2):

- Codificadores incrementales acoplados a los motores de tracción con una resolución de 48 pulsos por vuelta.
- Codificador absoluto de 10 bits de resolución unido a la primera articulación del brazo para medir el ángulo de rotación del primer eslabón del mismo.
- Potenciómetro alojado dentro del actuador lineal de la segunda articulación del brazo, destinado a medir el desplazamiento longitudinal del segundo eslabón.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8050534>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8050534>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)