



# CONSTRUCCION DE UN ROBOT SEGUIDOR DE LINEA

J.E. Barco, L.E. Imbacuan, G. D. Ordoñez, Universidad de Nariño

**Resumen** – Se darán a conocer algunas ideas básicas para la construcción de un robot móvil tipo seguidor de línea. Explicando tres niveles indispensables, nivel físico, nivel de sensorial y nivel de control, siendo estos suficientes para la elaboración del robot.

**Palabras Clave** – robots móviles, seguidor de línea, comparador, fototransistor.

## I. INTRODUCCION

La robótica es una de las aplicaciones más apasionantes de la electrónica. Un robot seguidor de línea se clasifica en el campo de la robótica móvil un grupo de la rama de robótica. La tarea fundamental de un robot móvil es el desplazamiento en un entorno conocido o desconocido, por tanto es necesario que posea tres funciones fundamentales, la locomoción (nivel físico), la percepción (nivel sensorial) y la decisión (nivel de control).

Entre las aplicaciones de robots móviles se encuentra el transporte de carga en la industria, robots desactivadores de explosivos, exploración de terrenos no aptos para el hombre entre este último podemos destacar los robots Spirit y Opportunity desarrollados por la NASA. Otra aplicación destacable se encuentra en un sofisticado puerto de descarga en Inglaterra, en donde la carga proveniente de los barcos se transporta en robots móviles del tamaño de un autobús, siendo esta operación totalmente controlada.

## II. NIVEL FISICO

### A. Estructura

La estructura de un robot seguidor de línea puede ser elaborada de una lamina de acrílico, aluminio o madera, que se pueden conseguir fácilmente en el mercado. Esta proporciona apoyo para los motores, el circuito impreso y la rueda libre.

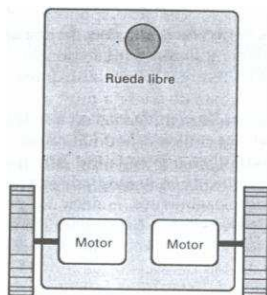


Figura 1 – Chasis del seguidor de línea

Las llantas del móvil se encuentran en configuración diferencial, debido a que la dirección que tome depende de la diferencia de velocidad entre sus dos llantas, es por eso que cada llanta es independiente de la otra.

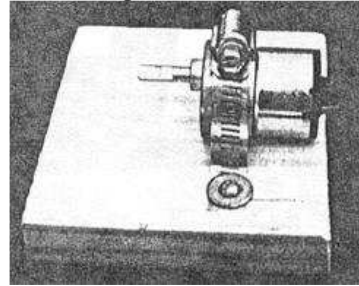


Figura 2 – Fijación de un motor a una estructura plana.

Los motores se pueden fijar al chasis como se indica en la figura 2.



Figura 3 – Rueda libre

La rueda libre es la que aporta el apoyo en la parte posterior, esta debe exhibir la característica de rodar y pivotar sobre sí misma con un movimiento lo más suave posible para no dificultar la rotación del robot.

### B. Motores, Llantas y caja reductora

La mayor parte de los motores que se utilizan en un robot giran demasiado rápido y no tienen el torque suficiente, es por eso que es recomendable o casi imprescindible utilizar una caja de piñones reductora. Esta permite transformar un pequeño motor rápido, pero poco potente, en un motor más lento pero con mejor torque. Estas cajas reductoras se pueden extraer de juguetes pequeños disponibles en el mercado. Para impulsar el robot se pueden utilizar motores DC que posean la característica de girar a igual velocidad en los dos sentidos. Se recomienda utilizar motores de unidades de CD o de secador.

Nota: No se recomienda utilizar motores de juguetes, ya que debido a su baja impedancia no se dejan controlar por un puente H o Driver.

Las llantas deben ser de caucho o de un plástico blando para que no patinen.

### III. NIVEL SENSORIAL

La percepción de este robot es de tipo visual, aunque no debemos pensar que el robot va a ver. Su captación visual consiste en diferenciar entre dos colores. Para este caso, la línea de color negro sobre una superficie blanca.

Aprovechando la propiedad física de la reflexión, el diodo emite una luz infrarroja dirigida hacia el suelo, y el fototransistor recibe los fotones generados por la reflexión que se produce sobre el suelo. Figura 4.

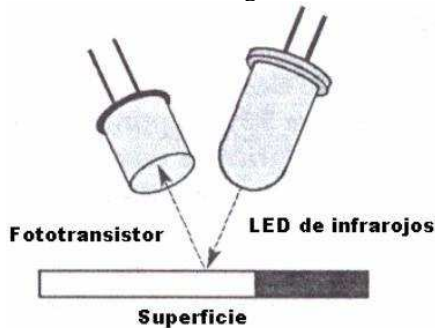


Figura 4 – Sensor Infrarrojo

Para nuestro caso, se debe disponer dos sensores ubicados en los bordes de la línea negra.

Los sensores adecuados para este tipo de aplicaciones son CNY70, pero debido a que estos no se encuentran en el mercado regional, se recomienda construir con un fotodiodo y un transistor (2N3904) como muestra la figura 5. Restando solamente el diodo emisor.

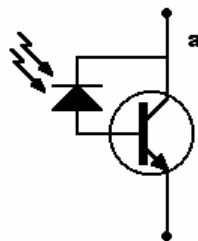


Figura 5 – Fototransistor a partir de un fotodiodo y un transistor.

Cuando el diodo LED infrarrojo emite un haz de luz, en el punto a. se obtiene una señal de nivel alto o bajo dependiente de la superficie en la que refleje, si el sensor se encuentra en la línea negra el voltaje sube, cuando esta sobre la superficie blanca el voltaje baja.

Se deben realizar pruebas sobre la ubicación de los sensores para que el móvil se desplace

adecuadamente, porque puede suceder que aun cuando los sensores reconozcan la línea negra y el circuito de control realice la corrección de trayectoria, el móvil se salga de curso por la velocidad y masa del mismo (cantidad de movimiento). De esta forma los casos a tener en cuenta es: distancia entre el eje de las llantas y los sensores, distancia entre los mismos sensores con respecto al ancho de la línea negra y su alineación.

### IV. NIVEL DE CONTROL

El circuito de control es el que proporciona las señales hacia los actuadores dependiendo de las señales obtenidas en los sensores.

Esta conformado básicamente por las etapas visualizadas en la figura a continuación.

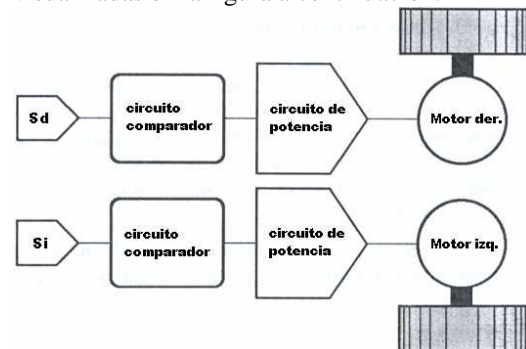


Figura 6 – Etapas del circuito de control.

#### Circuito sensor (Sd, Si)

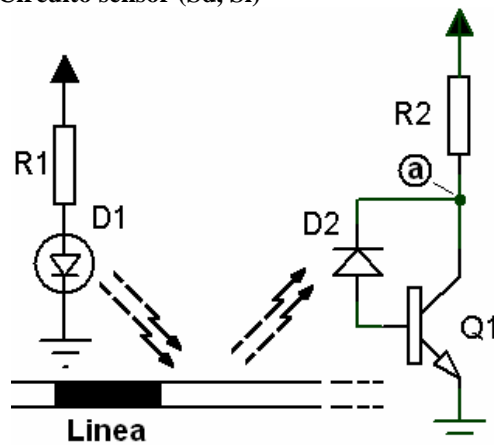


Figura 7 – Circuito sensor, conformado por el circuito emisor (R1, D1), y por el circuito receptor (Q1, R2, D2).

El emisor del circuito sensor esta compuesto por un diodo emisor infrarrojo (D1), y una resistencia R1.

El receptor del circuito sensor esta compuesto por el Fotodiodo receptor de infrarrojos (D2), el transistor Q1, y la resistencia R2. Para R2 se recomienda valores de resistencia superiores a 100KΩ. En el punto a se obtienen dos valores de voltaje, dependiendo de la reflexión. Estos dos valores ser cambiados por 0v y 5v a través del circuito comparador.

### Circuito comparador y etapa de potencia

Este circuito se encarga de normalizar los niveles entregados por el circuito sensor. La etapa de potencia (M1, Q1) se encarga de proporcionar la corriente necesaria al motor. La etapa de potencia propuesta, es una sencilla forma de activar un motor, pero se podría cambiar por; un puente H, que permite el cambio de dirección del motor; Relés, los cuales manejan mayores corrientes; Drivers para motores (L293, L298) que permiten cambio de dirección, frenado y manejo de mayores corrientes.

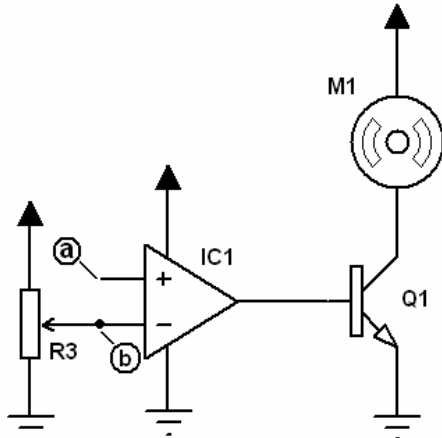


Figura 8 – Circuito comparador y etapa de potencia.

El circuito comparador (R3, IC1) entrega 0V o 5V a la base de 5 voltios dependiendo de si el valor de voltaje en el punto a es menor o mayor al valor de voltaje en el punto b, respectivamente. Para este caso el valor de el punto b se debe ajustar en un punto intermedio entre los dos valores entregados por el circuito sensor (punto a).

### Algoritmo de seguimiento

Aquí se relacionan las señales de los sensores con las señales de control sobre los motores.

Tabla 1 – Tabla de posibles estados de los sensores

Estado	$S_i$	$S_d$
A	0	0
B	0	1
C	1	0
D	1	1

Donde,  $S_x = 0$ , indica que el sensor no esta sobre la línea. Y  $S_x=1$ , indica que el sensor se encuentra sobre la línea

**Estado A:** En este estado ambos sensores se encuentran fuera de la trayectoria. En este caso ambos motores se detienen y el móvil debe ser colocado a su trayectoria de forma manual. Debido a la sencillez de este control el móvil no es capaz de retomar la trayectoria. Pero se puede implementar un algoritmo de corrección de trayectoria con una lógica programable (microcontroladores).

**Estado B:** En este caso el móvil se ha desviado levemente hacia el lado izquierdo respecto a la línea, como tal, solamente el sensor derecho ( $S_d$ ) se encuentra sobre la línea de trayectoria. La acción correctiva es desenergizar el motor derecho para que el motor izquierdo aun activo corrija la trayectoria.

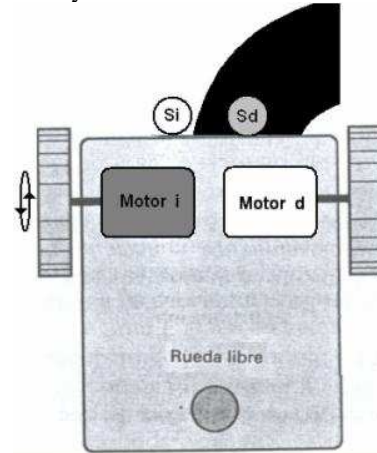


Figura 9 – Descripción del estado B.

**Estado C:** En este caso el móvil se ha desviado levemente hacia el lado derecho respecto a la línea, como tal, solamente el sensor izquierdo ( $S_i$ ) se encuentra sobre la línea de trayectoria. La acción correctiva es desenergizar el motor izquierdo para que el motor derecho aun activo corrija la trayectoria.

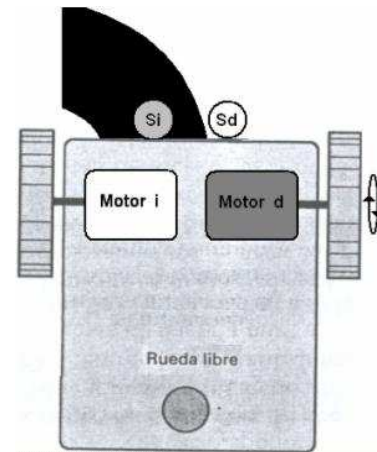


Figura 10 – Descripción del estado C.

**Estado D:** En este caso ambos sensores se encuentra sobre la línea negra, por consiguiente el móvil no debe hacer ninguna corrección de su dirección, o sea ambos motores deben seguir activos, idealmente en una trayectoria recta y larga si el móvil esta alineado y tiene igual velocidad en sus llantas este no debe hacer ninguna corrección hasta que encuentre una curva.

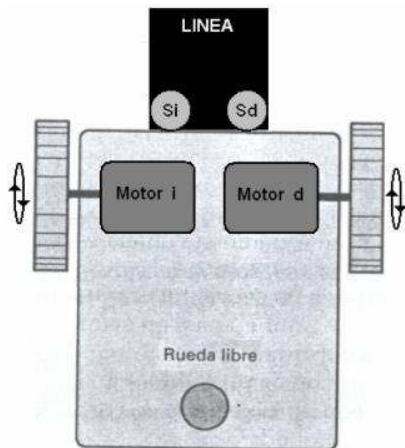


Figura 11 – Descripción del estado D.

Tabla 2 – Tabla de posibles estados de los sensores con la respectiva activación de los motores (corrección).

Estado	S <sub>i</sub>	S <sub>d</sub>	M <sub>i</sub>	M <sub>d</sub>
A	0	0	0	0
B	0	1	1	0
C	1	0	0	1
D	1	1	1	1

### Pruebas y correcciones

- Se debe probar que cada uno de los sensores conmute entre dos voltajes cuando pase de la superficie blanca a la línea negra. Si la señal medida en el punto **a** (figura 7) no varía o su variación es muy pequeña se recomienda intentar balancear con diferentes valores de R2 (figura 7).
- Se debe ajustar el voltaje de referencia en el punto **b** (Figura 8) con la resistencia variable R3 de tal forma que el motor se active y se desactive dependiendo del cambio de superficie que observen los sensores.

### V. SOBRE EL DISEÑO PROPUESTO

El diseño propuesto es una forma sencilla de abordar el problema de seguimiento de una línea. Pero se pueden utilizar diseños con lógica combinatorial y secuencial, por ejemplo, para corregir la trayectoria del móvil, en lugar de utilizar una llanta podemos utilizar las dos haciéndolas girar en sentido contrario, esto se puede lograr haciendo uso de compuertas y puentes H, obteniendo una corrección rápida y precisa. También se puede hacer uso de lógica programable, por ejemplo el manejo de microcontroladores siendo estos los más utilizados en proyectos de robótica.

### Fuente de alimentación

Para energizar los circuitos del móvil se recomienda utilizar baterías recargables pues estas proporcionan mayores corrientes que las

baterías no recargables. Se puede utilizar un arreglo de baterías recargables en formato AA ya que presentan una buena capacidad en tamaño reducido y además se consiguen en el mercado fácilmente, otra buena opción es hacer uso de baterías recargables que se utilizan en diferentes artículos electrónicos que proporcionan las cantidades de corriente (1000mAh) y voltaje (6V – 12V) necesarias.

### VI. DIRECCIONES DE INTERNET

[www.x-robotics.com](http://www.x-robotics.com)

Información sobre sensores, motores, mecanismos, microcontroladores, etc.

[www.eurobotics.org](http://www.eurobotics.org)

Muestra la construcción de un móvil seguidor de línea.

### VII. LIBROS

*Robots Móviles estudio y construcción*, Frederic Giamarchi, Ed. Paraninfo. Disponible en Biblioteca.

*Microcontrolador PIC16F84 desarrollo de proyectos*, F. R. Domínguez, E. Palacios, L. J. López, Ed. Alfaomega. Tiene un capítulo sobre la construcción de un microbot seguidor de línea.

### VIII. REFERENCIAS

[1] Frederic Giamarchi, *Robots Móviles estudio y construcción*, Ed. Paraninfo.

*Inquietudes*

Emails: seguidor.linea.udenar@gmail.com  
 concurso.robots@mail.udenar.edu.co