



Robot seguidor de ruta por medio de una plataforma diferencial

Javier Bernal¹, Sergio González Gil², Édgar A. Aguirre³

Recibido: julio 30 de 2012 Aprobado: septiembre 30 de 2012

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados experimentales relacionados con el diseño de un robot móvil de plataforma diferencial, el cual tiene como misión seguir rutas programadas con el fin de comprobar la efectividad del diseño y de la plataforma en tres rutas diferentes.

Palabras clave: robot, plataforma diferencial, seguimiento de rutas.

ABSTRACT

This paper presents the experimental results related to a design of a mobile robot with a differential platform; its mission consists to follow scheduled routes in order to verify the effectiveness of the design and platform with in three paths.

Keywords: robot, differential platform, following paths

-
- 1 Estudiante Tecnología en electrónica, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO
 - 2 Estudiante Tecnología en electrónica, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO
 - 3 Ingeniero en control electrónico e instrumentación. Candidato a Magister en Ciencias de la Información y Comunicaciones. Miembro Semillero de Robótica SERO

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más significativos en el mundo de la robótica es el establecimiento de rutas para la movilidad de agentes; para este fin se plantean dos escenarios, el primero basado en escenarios conocidos y el segundo en escenarios desconocidos. Los escenarios conocidos se definen por el conocimiento del entorno, el cual está compuesto por los obstáculos y las condiciones propias del escenario.

El otro escenario de interés involucra el trabajo con ambientes no conocidos o no supervisados, en los cuales los robots deben interactuar en diferentes situaciones. En el caso del proyecto en referencia se implementó el seguimiento de rutas programadas con un robot de plataforma diferencial.

II. MARCO REFERENCIAL

Una plataforma diferencial se caracteriza porque la tracción y el direccionamiento están dados por dos ruedas laterales, que deben tener el mismo eje, en donde cada rueda tiene un motor el cual le proporciona tracción; dependiendo de la velocidad y el sentido de giro del motor, el robot puede realizar diferentes radios de giro con o sin desplazamiento.

El control independiente de los motores de la plataforma robótica diferencial, permite al robot girar con gran libertad, dando al programador diferentes alternativas para realizar el traslado desde un punto A hasta un punto B o únicamente girar en cierto ángulo.

Este tipo de robot generalmente tiene como ventaja que es construido con un motor de corriente continua y con un reductor acoplado, que aumentan el torque y la carga que puede mover el robot; otra ventaja es que permite mejorar el control sobre el motor, al que generalmente se le acondiciona un "encoder" para realizar mejor el control en la trayectoria o ruta programada.

El robot de plataforma diferencial cuenta también con una tercera rueda giratoria sin tracción, con la cual se da estabilidad a la plataforma.

La finalidad de este trabajo consiste en comprender cómo se debe planear la ruta de una plataforma robótica móvil. Con una adecuada programación y un diseño estable de la plataforma diferencial, el robot estará en posibilidad de realizar las diferentes rutas con un alto grado de precisión.

III. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la plataforma se hizo a través del software Solid Edge, con dos prototipos cuyos circuitos

impresos se realizaron con el software libre Eagle, con el objetivo programar rutas en el microcontrolador.

El prototipo 1 consistía en un robot sin realimentación, dando como resultado la no detección y corrección de errores presentados y que pudieran ser solventados por la etapa de control, tal como se observa en la figura 1.

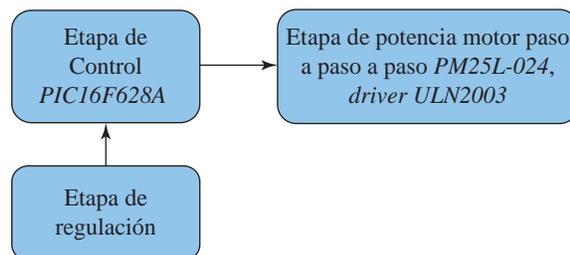


Figura 1. Diagrama del prototipo 1

Durante las pruebas realizadas se evidenció que las ruedas del prototipo 1 no funcionaban adecuadamente, lo que conllevó al rediseño dando como resultado el prototipo 2.

En el prototipo 2 se usó un motor de paso PG20L-D20-HHCO, driver L293B, microcontrolador PIC16F628A, con regulador de voltaje positivo y sensor de ultrasonido referencia HC-SR04.

Para ambos prototipos se utilizó el software libre Eagle, diseñando los esquemáticos, y procediendo a realizar el PCB (Figura 3), que por la cantidad de elementos y el tamaño del microcontrolador contó con un espacio reducido y complejo, por lo que se necesitaron puentes como se puede observar en las figuras 4 y 5, donde igualmente se visualiza el diseño de fabricación y el montaje del circuito impreso.

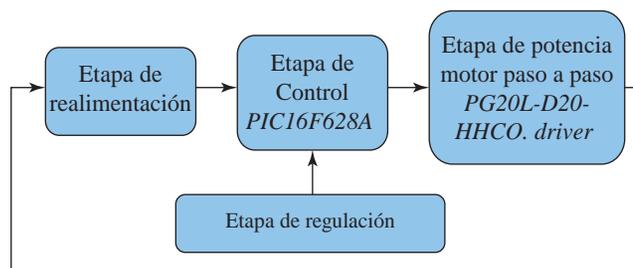


Figura 2. Diagrama del prototipo 2

Una vez finalizado el diseño de los circuitos impresos, se procedió a diseñar la estructura física, la cual se puede observar en las figuras 5, 6 y 7, correspondiente al prototipo 2; las baterías usadas fueron de 24 voltios, y con el consumo de energía de los motores se generó una autonomía del robot de aproximadamente 15 minutos.

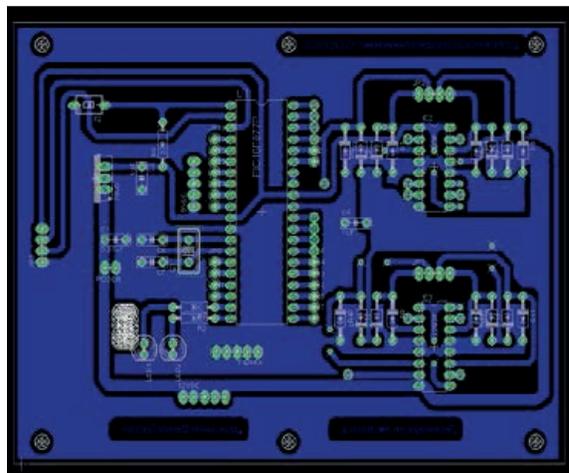


Figura 3. PCB Prototipo 2 en Eagle

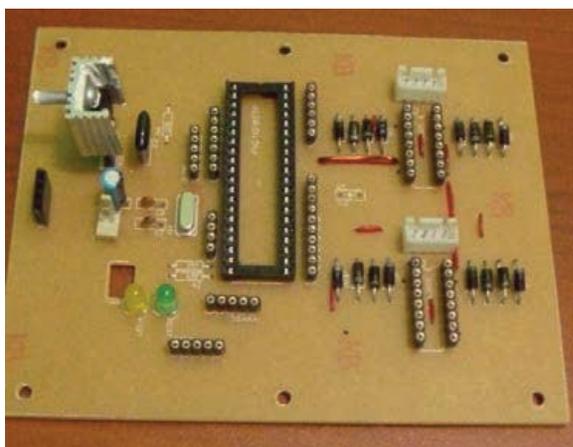


Figura 4. Mascara prototipo 2 con componentes

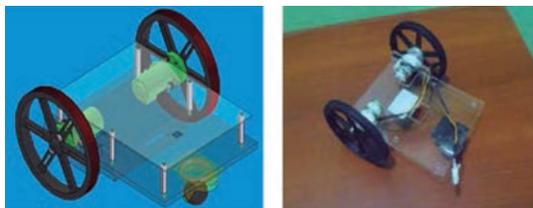


Figura 5. Vista isométrica diseño prototipo 2



Figura 6. Vista de planta diseño prototipo 2

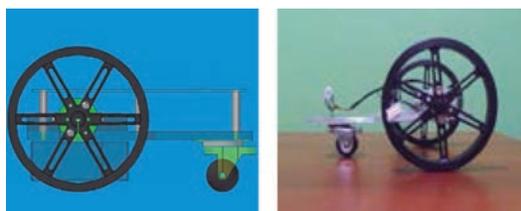


Figura 7. Vista lateral diseño prototipo 2

IV. RESULTADOS

Para medir la efectividad del prototipo 2 se realizaron tres pruebas por medio del seguimiento de rutas, las cuales se programaron en el microcontrolador a fin de verificar la exactitud y la repetitividad de la plataforma.

Ruta 1

El recorrido de la primera ruta se presenta en la Figura 9.

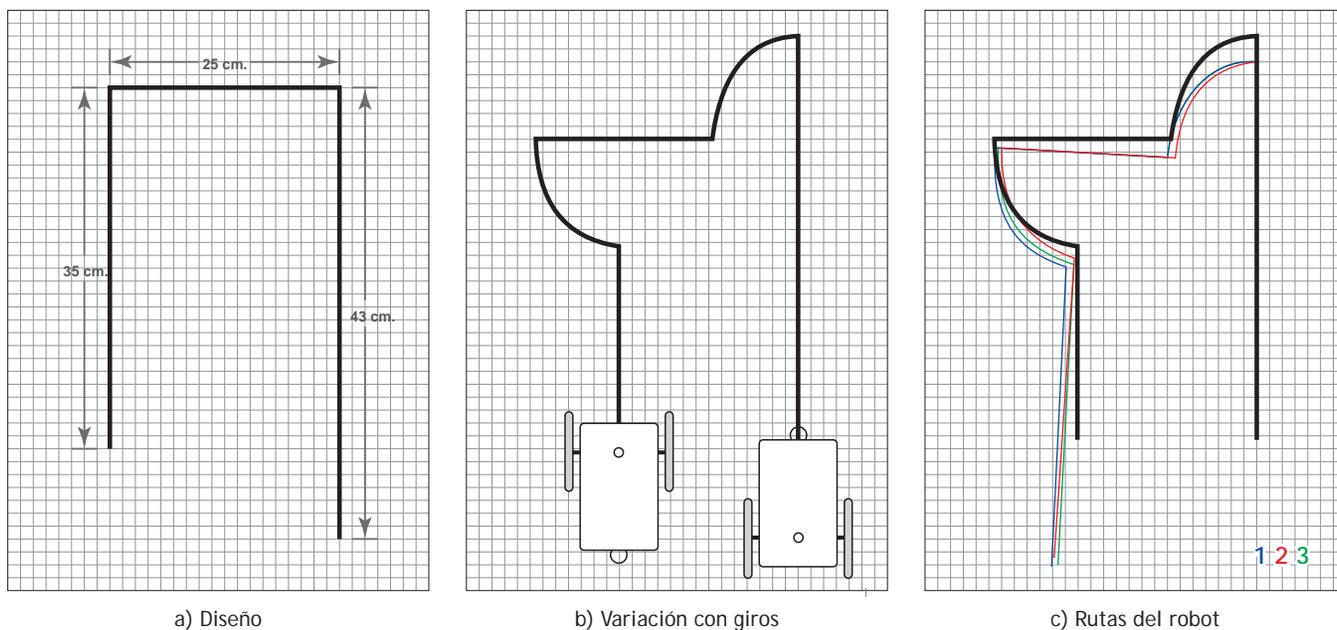


Figura 8. Gráfica de la Ruta 1 del prototipo 2. Fuente: los autores.

- En el primer movimiento se avanzó 43 cm.
- En el segundo movimiento giró 90° a la izquierda.
- En el tercer movimiento avanzó 25 cm.
- En el cuarto movimiento giró 90° hacia abajo.
- En el quinto movimiento avanzó 35 cm.

De acuerdo con los cálculos realizados, para avanzar un centímetro se necesitaron 15 cm., 63 secuencias de 4 pasos, y para girar un grado se necesitaron 1,86 secuencias de 4 pasos.

Realizando los cálculos correspondientes se obtuvieron los siguientes datos:

$$43 [cm] * 15 . 63 = 672 . 09 \text{ secuencia}$$

Se aproximó a 672 secuencias

$$90 [cm] * 1 . 86 = 167 , 04 \text{ secuencias}$$

Se aproximó a 167 secuencias

$$25 [cm] * 15 . 63 = 390 , 75 \text{ secuencias}$$

Se aproximó a 391 secuencias

$$35 [cm] * 15 . 63 = 547 , 05 \text{ secuencias}$$

Se aproximó a 547 secuencias

Por error en el diseño de la ruta el primer avance se realizó de 45 cm y no de 43 cm como debió ser, y en el último, el avance se realizó de 23 cm en lugar de los 35 cm.

Los datos obtenidos de los recorridos realizados se muestran en la Tabla 1.

En el primer avance los recorridos oscilaron entre 41,5 cm y 42cm, y el avance esperado era de 43 cm. Al verificar el programa, se encontró un error en el diseño que evidenció que en lugar de usar 672 secuencias, se

debió hacer con 669 secuencias para lograr el avance real de 42,8 cm.

Tabla 1. Resultados recorridos

	AZUL	ROJO	VERDE
1	42cm	41,5cm	42cm
2	24.5cm	24,5cm	24,5cm
3	33,5 cm	33,7cm	33,7cm

De acuerdo con la figura 8c se observan las diferentes rutas seguidas por el prototipo, y se identifican con colores azul, rojo y verde.

De otra parte, al observar las tres rutas de color rojo se notó que quedó entre 3 y 4 mm más atrás que cuando se hicieron las pruebas con los otros dos colores.

En cuanto a los ángulos de giro se obtuvieron los datos que se exponen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados ángulo de giro

	AZUL	ROJO	VERDE
1	86°	87,5°	87,5°
2	87°	85°	87°

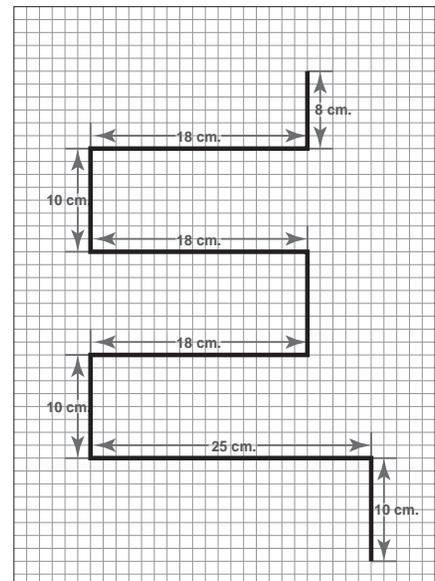
Para medir la efectividad del prototipo 2, se realizaron tres pruebas donde se midieron los ángulos sobre los cuales se realizarían los giros.

Se esperaba un giro de 90°. Los datos tomados no fueron precisos debido a que los marcadores utilizados no contaron con el soporte lo suficientemente rígido; otro factor del error de giro estuvo determinado por la herramienta de medición, ya que se utilizó una con muy poca resolución. Finalmente, el último factor de error es que en la plataforma no se garantizó que los ejes de los motores estuvieran alineados y las llantas perpendiculares, con lo cual el centro de eje varió dependiendo de la posición en que estuvieron las llantas.

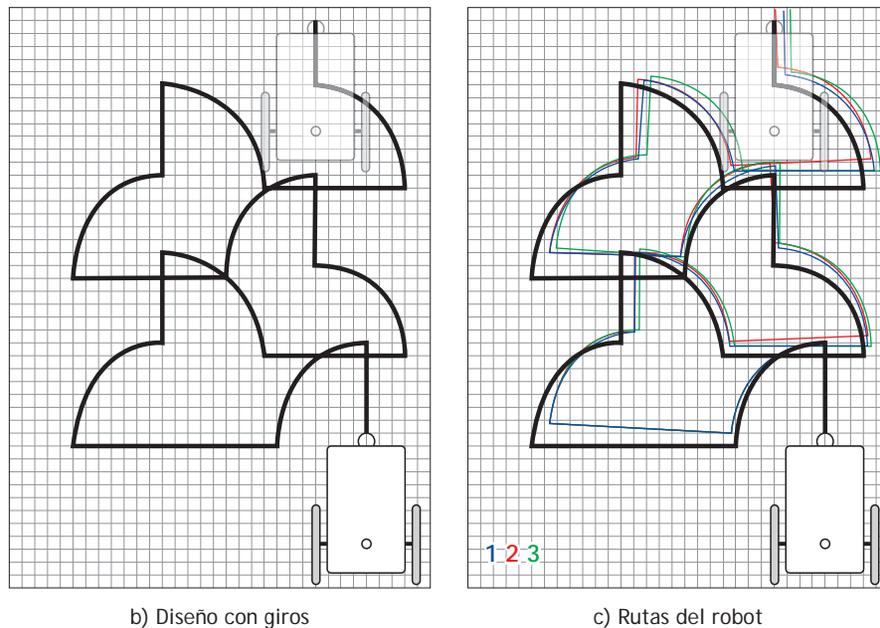
Ruta 2

La segunda ruta es un poco más larga respecto a la primera y presenta el recorrido que se muestra en la Figura 9, dado que incluye un mayor número de giros y por ende mayor distancia recorrida.

- En el primer movimiento se avanza 10 cm.
- En el segundo movimiento se gira 90° hacia la izquierda.
- En el tercer movimiento se avanza 25 cm.
- En el cuarto movimiento se gira 90° hacia arriba.
- En el quinto movimiento se avanza 10 cm.
- En el sexto movimiento gira 90° hacia la derecha.
- En el séptimo movimiento avanzar 18 cm.
- En el noveno movimiento gira 90° hacia arriba.
- En el décimo movimiento avanza 10 cm.
- En el décimo primer movimiento gira 90° hacia la izquierda.
- En el décimo segundo movimiento avanza 18 cm.
- En el décimo tercer movimiento gira 90° hacia arriba.
- En el décimo cuarto movimiento avanza 10 cm.
- En el décimo quinto movimiento gira 90° hacia la derecha.
- En el décimo sexto movimiento se avanza 18 cm.
- En el décimo séptimo movimiento gira 90° hacia arriba.
- En el décimo octavo y último movimiento avanza 8 cm.



a) Diseño



b) Diseño con giros

c) Rutas del robot

Figura 9. Gráfica de la Ruta 2 del prototipo 2. Fuente: Los autores.

De acuerdo con la distancia se calculó la cantidad de secuencias necesarias en cada movimiento.

Como se observa, a medida que se realizaron mayor número de movimientos, la ruta real se alejó más de la ruta diseñada.

Los datos tomados en las tres rutas reales quedan evidenciadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de ruta

	AZUL	ROJO	VERDE
1	10[cm]	10[cm]	10[cm]
2	24,4[cm]	24,3[cm]	24,3[cm]
3	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
4	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
5	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
6	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
7	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
8	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
9	7,8[cm]	7,8[cm]	7,8[cm]

Al observar los resultados de la tabla se muestra que la diferencia entre la distancia real y la planeada es notoria.

Parte del error fue debido al factor calculado que indicó el número de secuencias necesarias para avanzar un centímetro a utilizar, y que a la postre es la suma de muchas aproximaciones, que van desde la dada por

Ruta 3

La Ruta 3 no fue tan larga como la 2, pero cuenta con cambios en dirección, debido a que presenta una mayor complejidad, ampliando la distancia, tal como se presenta el recorrido de la Figura 10.

el fabricante de las llantas en su hoja de datos hasta la estimada en el cálculo, de acuerdo con el diámetro de la llanta. Aunque las diferencias son milésimas en distancias cortas, a medida que la distancia es mayor es más fácil reconocerlas.

Los ángulos obtenidos en la Ruta 2 se evidencian en la Tabla 4.

Tabla 4. Ángulos obtenidos en la Ruta 2

	AZUL	ROJO	VERDE
1	10[cm]	10[cm]	10[cm]
2	24,4[cm]	24,3[cm]	24,3[cm]
3	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
4	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
5	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
6	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
7	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
8	17,5[cm]	17,5[cm]	17,5[cm]
9	7,8[cm]	7,8[cm]	7,8[cm]

En la tabla se observa que los ángulos en los cuales gira el prototipo difieren del ángulo teórico.

En cuanto al giro de ángulos no existe casi variación con respecto a la Ruta 1 y están aproximados a 90° . En los movimientos en que hubo variación, se considera que el error es asumido por los movimientos dibujados con el marcador.

- En el primer movimiento avanza 10 cm.
- En el segundo movimiento gira 90° hacia la izquierda.
- En el tercer movimiento avanzar 15 cm.
- En el cuarto movimiento gira 135° hacia arriba.

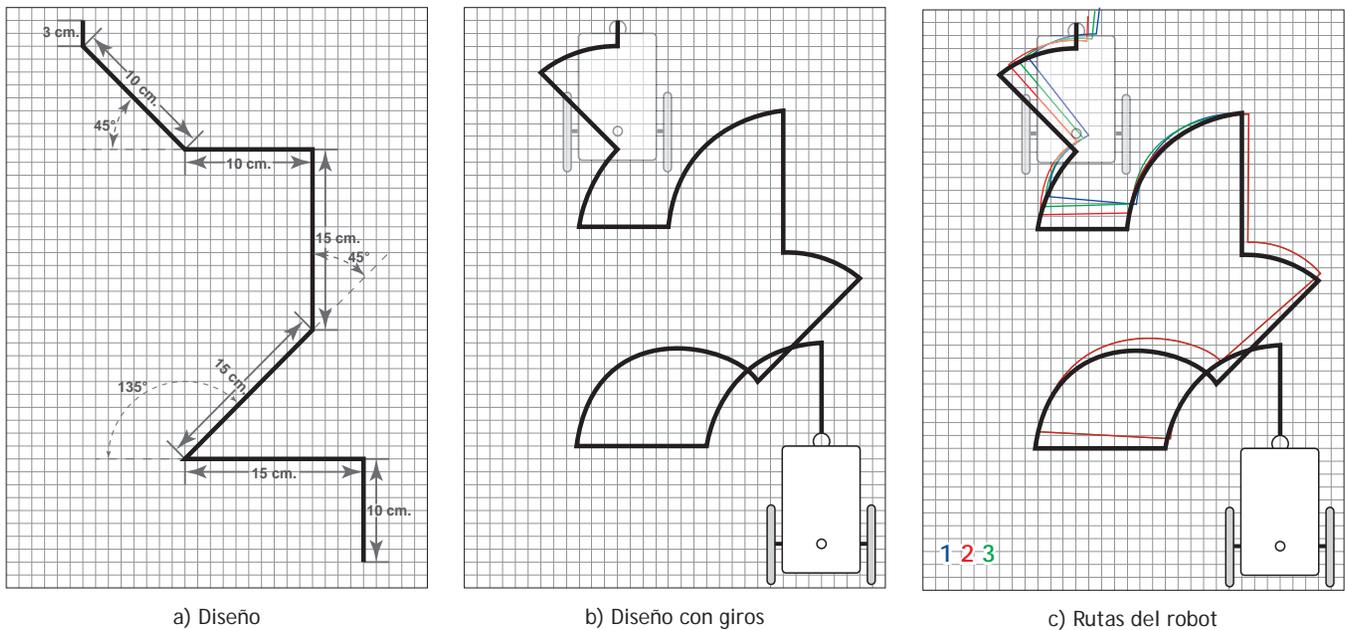


Figura 10. Gráfica de la Ruta 3 del prototipo 2. Fuente: los autores.

- En el quinto movimiento avanza 15 cm
- En el sexto movimiento gira 45° hacia la izquierda.
- En el séptimo movimiento avanza 15 cm.
- En el octavo movimiento gira 90° hacia la izquierda.
- En el noveno movimiento avanza 10 cm
- En el décimo movimiento gira 45° hacia arriba.
- En el décimo primer movimiento avanza 12 cm.
- En el décimo segundo movimiento gira 45° hacia arriba.
- En el décimo tercer movimiento y último avanza 3 cm.

Se realizó la conversión de centímetros a cantidad de secuencias que no han sido utilizadas hasta el momento, lo que arrojó los siguientes resultados:

$15 [cm] * 15.63 = 234,45 \text{ secuencias}$
 Se aproximó a 233 secuencias.
 $135^\circ * 1,86 = 251,10 \text{ secuencias}$
 Se aproximó a 251 secuencias.
 $45^\circ * 15,63 = 83,70 \text{ secuencias}$
 Se aproximó a 84 secuencias.
 $12 [cm] * 15.63 = 187,56 \text{ secuencias}$
 Se aproximó a 188 secuencias.
 $3 [cm] * 15.63 = 46,89 \text{ secuencias}$
 Se aproximó a 47 secuencias.

La Ruta 3 presentó mejor grado de precisión debido a que el soporte del marcador estaba más rígido, además las distancias recorridas por la plataforma han demostrado ser constantes. Realizando el análisis de la ruta más a fondo, se observó que las rutas hasta el octavo movimiento se estuvieron traslapando, dando un efecto que la ruta se estaba realizando de acuerdo con lo calculado y programado, después del octavo movimiento se dejaron de traslapar las rutas y fue evidente que las variaciones eran más consistentes con lo visto en las dos rutas anteriores.

La Tabla 5, brinda los datos tomados de las rutas reales.

Tabla 5. Resultados obtenidos Ruta 3

	AZUL	ROJO	VERDE
1	9,8[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
2	14,3[cm]	14,3[cm]	14,5[cm]
3	14,7[cm]	14,6[cm]	14,5[cm]
4	14,5[cm]	14,5[cm]	14,5[cm]
5	9,7[cm]	9,8[cm]	9,8[cm]
6	11,7[cm]	11,8[cm]	11,8[cm]
7	3[cm]	3[cm]	3[cm]

Los datos muestran que en esta última ruta los datos reales son más aproximados a los datos teóricos.

Los datos anteriores muestran que a medida que la distancia es mayor la precisión con el dato esperado disminuye, aunque no es perfecto, indica que están bien programadas las distancias, evidenciando, sin embargo, la necesidad de contar con una plataforma más fiable en cuanto a construcción.

Al realizar la consigna de los datos obtenidos en cuanto al ángulo de giro se obtuvieron los resultados que se brindan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados Ruta 3 en ángulos

	AZUL	ROJO	VERDE
1	87°	89°	88,5°
2	135,7°	135°	135°
3	89,5°	89°	88°
4	84,5°	89°	88,5°
5	133,5°	130°	129°
6	81°	85°	84°

El comportamiento es muy similar a lo visto hasta ahora en las demás pruebas, solo hay un dato nuevo y que se sale de los parámetros, en el segundo movimiento

donde aunque se presentan más o menos los mismos ángulos de giro, pareciera que la distancia recorrida sí varía, lo único que se puede analizar es que con el color rojo se colocó el marcador desviado un poco de la ubicación ideal y por tal motivo hay traslape en las rutas. Ya que la ruta azul y la roja son muy parecidas y su desviación es bastante baja.

Las mayores complicaciones en este experimento se dieron al ubicar el robot en la misma posición de inicio de la plataforma, el marcador para que esté adecuadamente centrado y bien soportado, ya que en los giros es donde se presenta mayor irregularidad en el trazado.

V. CONCLUSIONES

Uno de los elementos que tuvo más éxito en el experimento fue el diseño previo de la plataforma, donde se pudieron corregir imperfecciones antes de realizar la parte física del robot, así mismo las simulaciones previas fueron de vital importancia porque permitieron comprender el funcionamiento completo del circuito electrónico.

Los errores en el experimento se debieron a fallas en el diseño de la plataforma, sobre todo en el dispositivo donde se ubicó el marcador para dibujar la ruta.

Este experimento permitió comprender cómo se debe planear la ruta de una plataforma robótica móvil. Además se observó que existen muchos casos donde se puede aplicar este experimento, tales como el transporte de material dentro de un almacén, una construcción, en un cultivo agrícola, seguidor de rutas para vigilancia, entre muchos otros usos. 

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Minibea PM25L-024 [equipos] (2010) Chatsworth, California, Estados Unidos: NMB Technologies Corporation
2. TEXAS INSTRUMENTS, «TI,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.ti.com/>. [Último acceso: 06 01 2012].
3. TOSHIBA SEMI COM, «SEMI TOSHIBA,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.semicon.toshiba.co.jp/eng/index.html>. [Último acceso: 09 02 2012].
4. Microchip, «Microchip,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.microchip.com/>. Características técnicas microcontrolador. [Último acceso: 06 01 2012].
5. Fairchildsemi, «fairchildsemi,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.fairchildsemi.com>. [Último acceso: 06 01 2012]. Características técnicas microcontrolador
6. PG20L-D20-HHC0 Permanent Magnet Stepper with Gearbox [equipos] (2010) Chatsworth, California, Estados Unidos: NMB Technologies Corporation
7. Medidor Ultrasónico de Distancias SRF04 [equipos] (2013) Intplus].