

# CONSTRUCCIÓN DE MAPAS DE OCUPACIÓN PARA ROBOTS DE SERVICIO

Campos Pérez Julio (1), García Guzmán José Daniel (2), Gómez Herrera Edison Alberto (3), Ibarra Manzano Mario Alberto (4)

1 [Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Guanajuato] | [j.camposperez@ugto.mx]

2 [Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico de León] | [daniel\_garguz@hotmail.com]

3 [Departamento de ingenierías, institución universitaria pascual bravo, Medellín Colombia] | [cis@pascualbravo.edu.com]

4 [Departamento de Ingeniería Electrónica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [ibarram@ugto.mx]

## Resumen

La autonomía que puede tener un robot se debe en gran parte a la forma en la que el robot perciba su entorno, si su percepción del ambiente es erróneo, entonces los resultados que obtendremos también lo serán. Dadas las necesidades del sector industrial se busca aumentar la automatización del sector productivo, con la ayuda vehículos terrestres no tripulados se logrará el transporte de elementos de una manera autónoma. Conociendo la problemática se inicia un estudio con base en sensores de ultrasonido que ayudan a detectar cuerpos y con la programación correcta que el robot pueda tomar decisiones al momento transportar elementos o movilizarse sin colisionar, con el fin de solucionar esto se utiliza el programa labview para programar un vehículo autónomo tipo "rover" llamado (DANI 2.0) elaborado por "National Instruments" este producto ayuda a la elaboración de mapas de ocupación para mapear todos los objetos con potencial elevado de obstaculización al momento de realizar un transporte autónomo.

## Abstract

The autonomy that a robot can have is due in large part to the way in which the robot perceives its environment, if its perception of the environment is wrong, then the results that we will obtain also will be. Given the needs of the industrial sector it is sought to increase the automation of the productive sector, with the help of unmanned terrestrial vehicles, the transportation of elements in an autonomous way will be achieved. Knowing the problem begins a study based on ultrasound sensors that help to detect bodies and with the correct programming that the robot can make decisions at the moment to transport elements or mobilize without collision, in order to solve this is used the program labview Programming a self-contained "rover" vehicle called (DANI 2.0) developed by "National Instruments" this product helps the mapping of occupancy to map all objects with high potential of obstruction when carrying out an autonomous transport.

## Palabras Clave

LABVIEW; Odometría; Autónomo; National Instruments; Caracterización; Sensor Ultrasónico; Error; DANI; rover; Robot; mapeo.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Federación Internacional de Robótica se definen los robots de servicio como robots que operan de manera semi o totalmente autónoma para realizar servicios útiles a los humanos.

No se tiene definición consensuada referente al significado de robot autónomo. A continuación citaremos dos definiciones de autores conocidos:

- *Funcionar autónomamente implica que un robot puede operar auto contenido en variadas condiciones y sin necesidad de supervisión humana. Que un robot sea autónomo significa que puede adaptarse a los cambios en el ambiente sin dejar de conseguir su objetivo[1].*
- *Un sistema autónomo es la medida en que su comportamiento está determinado por su propia experiencia[2].*

Para que un robot funcione de manera autónoma es necesario que el mismo conozca de ante mano el entorno en donde se movilizara, esto con ayuda de sensores que indican todos los parámetros necesarios para iniciar un trabajo determinado.

Los robots de servicio se pueden encontrar en sectores tales como la medicina, agricultura, naval, minería, entre otros; e incluso en la limpieza, vigilancia, asistencia, etc. [2].

Los mapas de ocupación consisten en una cuadrícula que representa el espacio sobre el que se encuentra el robot; cada cuadro de la misma tiene una probabilidad de estar ocupado o libre. Esto se determina al sentir el espacio donde se encuentra el robot. Una vez que se crea el mapa de ocupación, el robot es capaz de tomar decisiones. [3].

## MATERIALES Y MÉTODOS

El objetivo del proyecto consiste en la programación correcta de un robot para que se encargue de todo el proceso de realización de mapas de ocupación, con el fin de tener una base de datos concisa para su posterior utilización. Inicialmente se procede a estudiar cada una de las partes del robot que se utilizara para el trabajo, el cual es el robot (DANI 2.0) de la empresa *international instruments*.

El robot está dotado con dos motores de 12V, sensor ultrasónico, servomotor, placa NI sbRIO-9632 y un chasis en aluminio[4].

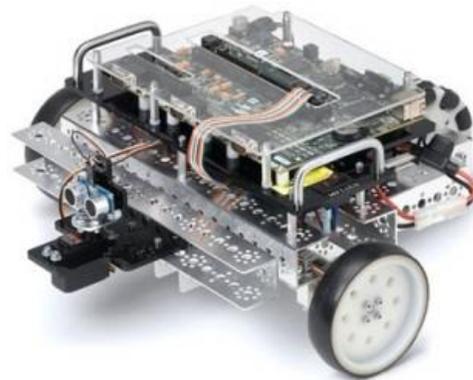
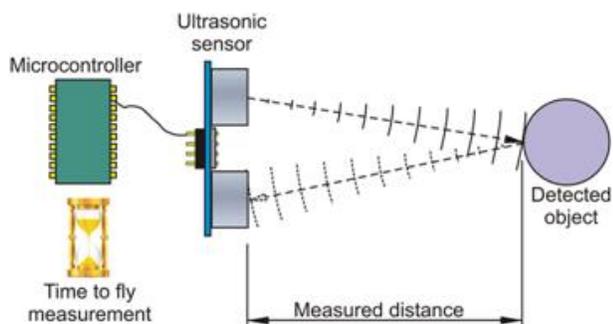


IMAGEN 1: robot DANI 2.0

Una vez conociendo todos los sistemas tanto mecánicos como electrónicos que tiene el robot se procede a verificar que cada uno de ellos funcione adecuadamente. Con la ayuda de LabView Robotics se prueban y se verifica que funcionan correctamente.

Uno de los puntos más importantes es la caracterización del sensor ultrasónico. Inicialmente se calcula el ángulo de apertura del sensor el cual es de 20°. Se debe tener en cuenta que el sensor funciona enviando una frecuencia que rebota en los objetos que están en su rango de cobertura y así poder sentir la distancia a la cual se encuentra el objeto.

Con la caracterización del sensor se determinó que se pueden detectar objetos que se encuentren a una distancia de hasta 2.82 m.



**IMAGEN 2: funcionamiento del sensor ultrasónico usado en el robot DANI 2.0.**

Se debe trabajar en conjunto con los motores, el servomotor acoplado al sensor ultrasónico y los datos obtenidos por el mismo. Puesto que el movimiento del robot varía en función de la detección de objetos y la posición en la que se encuentre el servo. Por ejemplo, si el sensor ultrasónico encuentra un objeto cerca y el servo está en una posición de  $-90^\circ$  (derecha) entonces el robot debe moverse a la izquierda girando un motor adelante y otro atrás o dependiendo de la complejidad del giro solo activar un solo motor. Con esto claro se inicia a la programación del robot en conjunto para que detecte objetos y pueda evadirlos con facilidad. A su vez haciendo un barrido y escogiendo la mejor ruta de escape y poder generar el mapa tomando en cuenta los mejores datos probabilísticos.

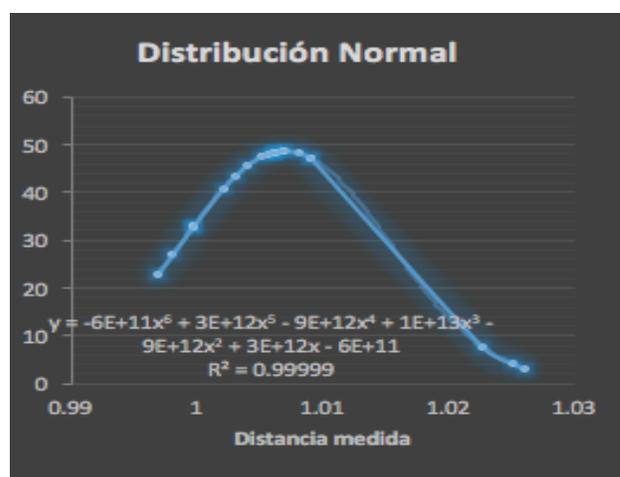
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para llevar a cabo la caracterización del sensor se realizaron pruebas tanto estáticas como en movimiento y calculando distintas distancias, las cuales fueron a 0.5 metros, 1 metro, 1.5 metros, 2 metros, 2.5 metros y 3 metros, aunque ésta última medición no pudo ser realizada ya que la distancia máxima hasta la cual el sensor detectaba era a 2.82 metros.

Después de terminar la caracterización y obtener los valores medidos se determinó que el programa tomaría decisiones a partir de los objetos detectados a menos de 1 metro debido a que fueron los que menor error mostraron en la

caracterización. Las mediciones obtenidas se presentarán en la tabla 1,2 y 3.

A partir de estas mediciones se realizaron los cálculos para la obtención de la desviación estándar para a partir de los resultados mostrar la gráfica y la ecuación de la distribución normal, y de esta forma determinar de manera más precisa el lugar en donde se encuentra el robot autónomo y tener un menor porcentaje de error en las mediciones y aplicar correctamente la odometría al momento de programar el robot.



**IMAGEN 3: Distribución normal del sensor con objetos a 1 metro de distancia**

A partir de la gráfica obtenida se tiene la ecuación polinómica la cual rige nuestras mediciones.

$$y = -6E+11x^6 + 3E+12x^5 - 9E+12x^4 + 1E+13x^3 - 9E+12x^2 + 3E+12x - 6E+11 \quad (1)$$

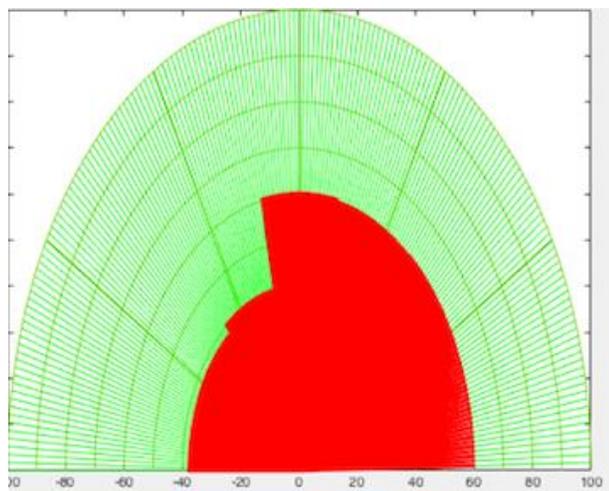
El escenario que se mapeo y por el cual el robot se desplazó es el siguiente:



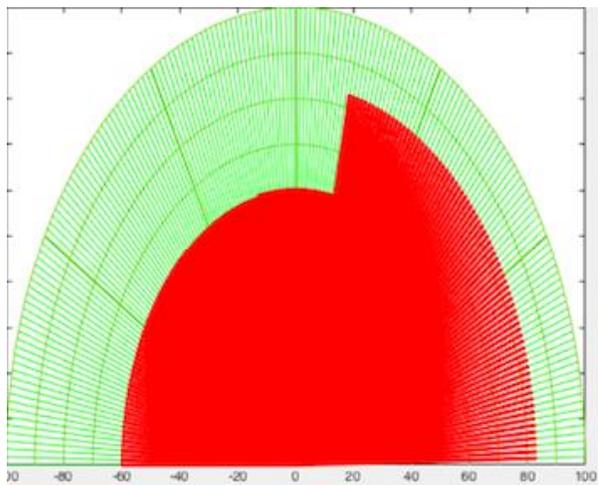
**IMAGEN 4: Posición inicial del robot**



**IMAGEN 6: Posición final del robot**



**IMAGEN 5: Posición inicial del robot graficado**



**IMAGEN 7: Posición final del robot graficado**

## CONCLUSIONES

Se logró tener el movimiento autónomo del robot con la condición de que esquivara objetos a menos de un metro de distancia para evitar así la colisión del robot con algún objeto. Se continuará trabajando para la mejora de la creación de los mapas y también hacerlo un robot inteligente para que vaya aprendiendo conforme las pruebas que se vayan realizando.

Como todo trabajo de precisión la robótica necesita de un estudio arduo y minucioso. En la elaboración de mapas de ocupación se debe tener claro que el estudio debe hacerse repetitivamente para mantener los márgenes de error lo mas bajos posibles, esto se logra gracias a la buena calibración de sensores y pruebas continuas en diferentes entornos. Las pruebas realizadas para calibración se deben realizar en interior y en exterior, variando la luminosidad y el ruido. Factores que pueden afectar el funcionamiento del sensor. El factor humano es algo que puede generar un margen de error alto, dado a que las distancias medidas en todas las direcciones pueden no ser totalmente precisas y esto se refleja al momento de realizar una tarea de mapeo. La mejor manera de medir las distancias entre objeto y sensor es haciéndolo mediante el programa directo con la placa controladora y el sensor pues de esta manera los tiempos de respuesta de la onda ultrasónica nos definirán la distancia sensor-objeto. Cabe destacar que es difícil anticipar todas las situaciones de la vida real a las cuales un robot de servicio se puede enfrentar.

## AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la Universidad de Guanajuato por la confianza depositada en alumnos de diferentes casas de estudio para la realización del proyecto.

Se reconoce el trabajo dedicado de cada uno de los colaboradores (Julio Campos, Daniel García y Edison Gómez) por su trabajo, entrega, dedicación y profesionalismo para la realización del proyecto.

Agradecemos a nuestro asesor, el Dr Mario Alberto Ibarra Manzano por la confianza depositada en cada uno de los integrantes y por el apoyo brindado para llevar a cabo el proyecto y estar disponible para resolver las dudas que fueron surgiendo.

## REFERENCIAS

- [1] Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2nd edition edition, 2003.
- [2] Ibarra-Manzano M. A., De Anda-Cuéllar J. H., Pérez-Ramírez C. A., Vera-Almanza O. I., Mendoza-Galindo J. J., Carbajal-Guillén M. A. and Almanza-Ojeda D. L. (2012) "Intelligent algorithm for parallel self-parking assist of a mobile robot" in 2012 IEEE Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA), pp. 37-41.
- [3] Elfes A. (1989) Occupancy Grids: A Probabilistic Framework for Mobile Robot Perception and Navigation. PhD thesis. Electrical and Computer Engineering Dept./Robotics Inst., Carnegie Mellon Uni.
- [4] Garza barron perla lizeth. Starter kit 2.0 de labview robotics (DANI). Junio, 2012.

**Tabla 1: Mediciones llevadas a cabo para objetos a 1 metro de distancia**

Ángulo del servo	Distancia Calibrada	Distancia Medida (m)	Error %
-90	1	0.9996	0.040016006
-60	1	1.008	0.793650794
-30	1	0.998	0.200400802
0	1	1.0227	2.219614745
30	1	1.0062	0.616179686
60	1	1.0051	0.507412198
90	1	1.00897	0.889025442

**Tabla 2: Mediciones llevadas a cabo para objetos a 1 metro de distancia**

Ángulo del servo	Distancia Calibrada	Distancia Medida (m)	Error %
-90	1	0.9996	0.040016006
-60	1	1.0067	0.665540876
-30	1	1.002	0.199600798
0	1	1.026	2.53411306
30	1	1.0057	0.566769414
60	1	1.003	0.299102692
90	1	1.0089	0.882148875

**Tabla 3: Mediciones llevadas a cabo para objetos a 1 metro de distancia**

Ángulo del servo	Distancia Calibrada	Distancia Medida (m)	Error %
-90	1	0.99969	0.031009613
-60	1	1.0062	0.616179686
-30	1	0.9968	0.321027287
0	1	1.025	2.43902439
30	1	1.004	0.398406375
60	1	1.007	0.695134062
90	1	1.006	0.596421471