

## RESIDENCIAS PROFESIONALES UNA VENTANA AL DESARROLLO DE EQUIPO DE LABORATORIO. ROBOT RASTREADOR PROGRAMABLE

E. Tamayo Loeza<sup>1</sup>

### RESUMEN

El trabajo presentado explica la realización y el diseño de un robot rastreador programable que cumple con los requisitos que exige las materias sistemas de control lógico, electrónica analógica, electrónica digital, para la carrera de electromecánica y para la carrera de Ingeniería en sistemas computacionales, impacta las carreras de circuitos eléctricos y electrónicos, interfaces de computadora y las diversas materias de programación, en el Instituto Tecnológico Superior Progreso (ITSP). Siendo que el prototipo es totalmente configurable y programables los alumnos podrán diseñar y reconfigurar el robot según la necesidad que buscan. Este equipo fue diseñado por alumnos de la carrera de electromecánica que están en la fase de residencia profesional con el afán de mejorar sus técnicas de diseño y aplicación de la ingeniería y de proporcionarle al ITSP un equipo confiable para la realización de prácticas, mejorando así su acervo tecnológico de laboratorios y talleres. También se pretende demostrar que se puede obtener equipos semejantes a los del mercado con un costo mejor que satisfagan las mismas necesidades explicando los procesos y la metodología utilizada para la construcción de dicho equipo.

### ANTECEDENTES

Dentro de las instituciones de educación superior, se encuentra una problemática que afecta a los estudiantes en el área de ingeniería electromecánica y sistemas computacionales, es el atraso en el desarrollo de sus prácticas o experimentos de laboratorio, porque no existe un banco de pruebas para los algoritmos de control que se estudian en diversas materias. En el programa de residencias profesionales, cuenta con la opción de su realización dentro de la institución, en este trabajo se presenta el diseño de un robot rastreador que sirva como plataforma de pruebas de diversos algoritmos como resultado de una residencia profesional. Una de la tendencia en la realización de la residencia profesional dentro de la misma institución, es de propiciar que los estudiantes desarrollen plataformas de pruebas para distintas aplicaciones en el área de electromecánica, ciencias básicas, e ingeniería en sistemas. Esto es con la finalidad de enriquecer el acervo tecnológico que existe en los talleres y laboratorios de la institución, además de desarrollar en el estudiante la inventiva y la competencia de resolución de problemas.

### Objetivo del prototipo

El objetivo de la realización del robot rastreador, fue que la institución cuente con un equipo genérico multifuncional que disponga con las características necesarias para la utilización en prácticas de laboratorio para las carreras de ingeniería en electromecánica, ingeniería en sistemas computacionales. Además de aportar al alumno residente las habilidades y competencias de manejo de equipo de medición, resolución de problemas, habilidad de innovación, y creación de circuitos electrónicos y manufactura de los mismos

### Justificación

De acuerdo con Franco (2008, p2), se están llevando a cabo diferentes experiencias con el propósito de mejorar la calidad de la docencia impartida en los centros de educación

<sup>1</sup> Profesor de Tiempo Completo. Instituto Tecnológico Superior Progreso. [etamayo@itsprogreso.edu.mx](mailto:etamayo@itsprogreso.edu.mx).

superior, y al mismo tiempo dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje hacia la asimilación de los contenidos que se advierten de mayor relevancia para el futuro profesional de los alumnos.

Para que el estudiante desarrolle una alta capacidad de síntesis es necesario que no solamente aprenda los conceptos teóricos en las aulas de clases, sino también es necesario llevar a la práctica todos los conocimientos adquiridos en las clases, por eso es importante que se tenga equipos en los laboratorios adecuados para la elaboración de prácticas tanto para alumnos como para profesores investigadores en el área de electromecánica y sistemas.

Este diseño de prototipo tecnológico, se presenta debido a la carencia de equipos en los laboratorios para la aplicación de conceptos básicos de control, esto es a que los prototipos aplicativos que se encuentra comercialmente tienen un precio muy elevado lo cual se convierte en un equipo difícil de adquirir. Además es oportuno considerar que una plataforma de desarrollo debe contar con diversos sensores y actuadores necesarios para la realización de tareas y algoritmos de control de autómatas (FESTO, 2006)

La propuesta presentada además de ser económica y de ser utilizada como herramienta de trabajo para el docente y alumnos, se podrá utilizar como apoyo para exposiciones en distintos escenarios como ferias, también se podrá llevar para su utilización en las etapas de promoción del propio instituto.

La residencia profesional dentro de la institución tiene la finalidad de propiciar que los estudiantes desarrollen plataformas de pruebas para distintas aplicaciones en el área de electromecánica, ciencias básicas, e ingeniería en sistemas. Los objetivos específicos son detectar las áreas de oportunidad de aplicación y programación, identificar al estudiante interesados en la realización de la residencia profesional dentro de la institución.

En base a esto se aprovecha el programa de residencias profesionales para que sean los alumnos que se encarguen del diseño y construcción del prototipo, junto con el asesoramiento de un profesor para llevar el proyecto planteado.

### **Alcances**

Continuación se presentan los alcances del proyecto tanto para el alumno residente como para el prototipo, y para la institución:

- Este proyecto de aplicación tendrá el alcance de proporcionar al alumno residente la experiencia en el diseño electrónico y de programación de la interfaz y le dará la posibilidad de la opción a titulación por elaboración de proyecto, y el desarrollo de competencias genéricas y específicas de la especialidad de electromecánica.
- El alcance de este proyecto es de presentar un prototipo terminado totalmente reprogramables con sensores de proximidad e inclinación, controlado en forma inalámbrica por medio de Bluetooth y WIFI, con conexión vía remota para la recepción de imágenes captadas por cámara WEB, también el prototipo tendrá la capacidad de moverse vectorial mente.

- El alcance para la institución es de contar con un equipo funcional el cual se podrá utilizar como banco de pruebas de laboratorio impactando a distintas materias de ingeniería, a su vez también se podrá utilizar para futuras aplicaciones de investigación y desarrollo de algoritmos.

## METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo del robot rastreador son las siguientes:

- *Temas de las asignaturas que definen las características del robot.* El primer paso para el diseño del prototipo fue analizar los temas de las materias que impactaría y en donde se emplearía el robot rastreador como banco de prácticas, las cuales daría las características esenciales que debería de cumplir el prototipo. Las materias impactadas directamente son: sistemas de control lógico, interfaces de computadoras, introducción a la programación, circuitos eléctricos y electrónicos.

Los requisitos mínimos, según los temas de las asignatura que el robot debió de cumplir son: que era necesario que cuente con una gama de sensores, y dispositivos de comunicación y control, como se puede observar en la Tabla 1.

**Tabla 1. Características que contiene el robot según las asignaturas de aplicación**

CARRERA	ASIGNATURA	APLICACIÓN DEL ROBOT EN LA ASIGNATURA
Ingeniería Electromecánica	Sistemas de control lógico	Programación de microcontroladores Sensores de proximidad Ultrasónicos Infrarrojos PWM para el control de velocidad acelerómetro
	Introducción a la programación	Apertura de puertos y comunicación con hardware, diseño de interfaz
	Electrónica analógica	Control de motores de CD
	Electrónica digital	Programación de microcontroladores
Ingeniería en Sistemas computacionales	Interfaces	Programación de microcontroladores Sensores de proximidad, protocolos de comunicación
	Circuitos eléctricos y electrónicos	Control de motores de cd, a aplicación de puente H

- *Selección de residente.* Se identificó a los alumnos que sobresalen en las asignaturas antes mencionadas para realizarles la propuesta del diseño del prototipo, siempre y cuando cuenten con los créditos necesarios para poder realizar su residencia profesional. De los interesados se seleccionaron dos después realizar una entrevista personal la cual constaba de las siguientes preguntas. ¿Por qué quería realizar la residencia profesional dentro de la institución? ¿Cuál sería las competencias que podría obtener con la realización de su residencia en el Instituto? ¿cómo le ayudaría la realización de la residencia en el instituto en el campo laboral? ¿cuales es su objetivo profesional ?. Con estos cuestionamientos se dio una idea de los intereses de los alumnos y se seleccionó a los que fueron afines el mundo de la electrónica, robótica o mecatrónica

- *Planteamiento de problema al residente.* Después del análisis realizado en los temas de asignatura, se detectó que es necesario la realización de un equipo de laboratorio que cuente con las características de detección de objetos a distancias para satisfacer las necesidades de los temas de sensores, también debería de contener sistemas de comunicación inalámbrica y comunicación serial para atacar los temas de el manejo protocolos de comunicación, para el control inalámbrico el prototipo contendría una interfaz grafica para el control de movimientos a distancia así como la visualización de imágenes tomadas desde el prototipo, también será capaz de indicar la inclinación que tiene la estructura del mismo.
- El robot seria del tipo terrestre que podrá moverse en forma vectorial, tendrá un sistema de monitoreo de carga de batería. Tendría también la opción de adaptación de una mini lap en su interior para poder comunicarse con el con WIFI y mandar imágenes y gobernar el prototipo hacia otra computadora.
- *Diseño de circuitos electrónicos.* Los circuitos electrónicos se fueron diseñando por etapas, el primero que se realizó fue el driver de motores, que se utilizaron dos puentes H L298 debido a que el consumo de corriente del prototipo fue de 1.2 A por motor.
- El siguiente circuito diseñado fue la placa principal del microcontrolador montado en una base ZIF para su fácil reprogramación, el microcontrolador utilizado fue el Pic 16f877A. Se decidió utilizar este chip por que cumple con las características para llevar a cabo el prototipo y además la institución cuenta con un Stock de este modelo.
- La placa PCB para los sensores se diseño en la siguiente instancia colocando los sensores alrededor de la estructura y estos se comunicaban a una placa en común la cual contaba con pines para la sección de los sensores y comunicación con el microcontrolador. La placa del sensor de acelerómetro y el de monitoreo de nivel batería se realizaron simultáneamente ya que estas son de un tamaño pequeño sin mayor complejidad. La última placa que se llevó a cabo fue la de la comunicación de Bluetooth y la comunicación serial a la laptop interna.
- *Lenguaje utilizado para la programación del chip principal.* Como se mencionó anteriormente el robot et gobernado por un microcontrolador de la marca Microchip de la familia 16f877A. El lenguaje de programación que se utilizó para el algoritmo de control para cada uno de los periféricos y actuadores fue Pic basic pro utilizando un compilador de la empresa mecanique, microcode. Se decidió por este software por que se contaba con una aversión de prueba para su utilización, además de ser un lenguaje amigable con el programador, que solamente debería de contar con una pequeña experiencia en diseño de programas para familiarizarse con este lenguaje.
- *Material a utilizar para la estructura.* La estructura fue construida con Sintra pvc ya que se contaba con la cantidad necesaria para la construcción de la estructura del robot. El diseño de este prototipo es totalmente rectangular, aunque no es muy optimo debido a los puntos ciegos que representanta al detectar objetos alrededor de él, pero se, respeto la decisión y el diseño de los residentes.
- *Puesta en marcha.* Se diseñaron programas de pilotaje de sensores, actuadores y de comunicación para verificar el correcto funcionamiento de cada una de los circuitos de control del robot. Con todos los circuitos listos e instalados, con la verificación de funcionamiento de los circuitos de control y de adquisición de datos se procedió

a la prueba de funcionamiento poniendo en marcha todos los sistemas en conjunto. Se realizaron las siguientes pruebas:

1. Detección de objetos con sensores ultrasónicos
2. Detección de objetos con sensores infrarrojos
3. Envío de inclinación del robot a la PC de control
4. Pruebas de control de velocidad los motores
5. Pruebas control de posición del robot
6. Monitoreo de nivel de batería
7. Comunicación vía Bluetooth
8. Verificación de la comunicación Serial a la Laptop interna
9. Pruebas de acceso remoto a la laptop interna
10. Envío de video de robot –PC control

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presenta los resultados del diseño de los circuitos electrónicos y la manufactura del prototipo. El robot cuenta con varias placas de circuito impreso que realizan una función específica, que se explicará a continuación.

En la Figura 1 se presenta la estructura completa en varios ángulos mostrando el resultado final del diseño del prototipo del robot rastreador junto con los circuitos electrónicos y rodamientos vectoriales.



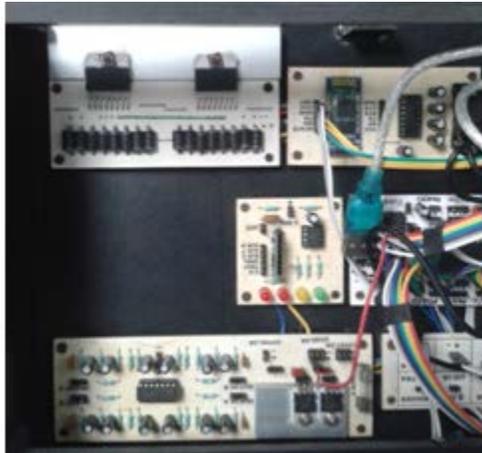
**Figura 1. Robot Rastreador presentación final**

Como se observa en la Figura 2 el prototipo cuenta con sensores ultrasónicos del modelo SFR05 que tiene un alcance de detección de 4 m, así como también sensores infrarrojos de modelo SHARP GP2D120 analógicos con un rango de detección de hasta de 30 cm, ambos sensores se encuentran ubicados en los costados derecho e izquierdo así como en la parte frontal y trasera del robot, dando así una detección de obstáculos tanto de objetos reflejantes como de sólidos rugosos. Cabe mencionar que la estructura rectangular del robot fue ineficiente para la detección de algunos objetos ya que se formaron puntos ciegos en las esquinas del robot.



**Figura 2. Ubicación de sensores ultrasónicos e infrarrojos**

En la Figura 3 se observa las placas de control electrónico.



**Figura 3. Circuitería interna de Robot Rastreador**

El robot está diseñado de tal manera que es flexible en su utilización, todos los elementos que lo conforman se pueden utilizar o no, el robot es configurable ya que cuenta con pines en las distintas tarjetas para la interconexión a la tarjeta principal del microcontrolador se esto fuera necesario. A continuación se describen las distintas tarjetas que conforman el robot.

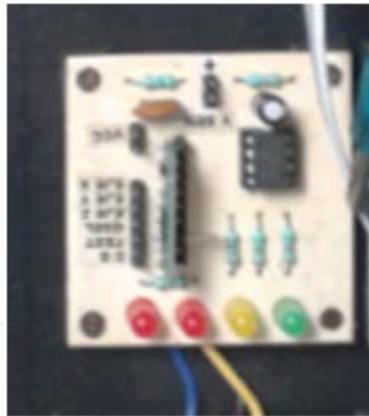
*a) Interconexión de los sensores.* Esta tarjeta cuenta con pines de interconexión los cuales se encuentran asociados a los distintos sensores ultrasónicos e infrarrojos, esto permite la conexión de los sensores con la tarjeta del microcontrolador para asociarla al puerto que se desee.

*b) Drivers de motores.* Este módulo como se ve en la Figura 4 consta de dos puentes H L298 que proporcionan un rango de corriente de 4 A, en conjunto el robot ya con carga tiene un consumo en los motores de 3.5 A. Los pines de control de cada puente H, ya se encuentran asociados de manera definitiva a 4 puertos de salida del microcontrolador.



**Figura 4. Tarjeta de control Drivers de motores**

*c) Sección de detección de inclinación.* El robot rastreador cuenta con un acelerómetro. Este sistema se encarga de enviar el dato de inclinación a del prototipo al sistema de mando. Ver la figura 5



**Figura 5. Tarjeta de detección de inclinación**

*d) Modulo de comunicación serial e inalámbrica.* Para tener el dominio del robot en forma remota, el prototipo cuenta con un módulo de Bluetooth Hc 05, que fue el más económico que se encuentra en el mercado, está configurado para trabajar a una velocidad de 9600 baudios, con este dispositivo el robot puede manipularse de forma remota desde una Pc que cuente con esta comunicación.

También se cuenta con una interfaz serial también configurada a la misma velocidad, esta interfaz se utiliza para realizar una conexión con una laptop que se puede adaptar al prototipo, esto es para que con una segunda computadora el robot se pueda manipular de forma remota por medio de una red WIFI, como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6. Tarjeta de comunicación a) bluetooth b) serial**

e) *Rodamientos*. Para darle movilidad al robot este cuenta con cuatro rodamientos vectoriales tipo Mecanum, localizadas en cada extremo del prototipo, como se puede observar en Figura 7. Se eligió este tipo de rueda ya que esta tiene la capacidad de darle movimientos al robot de forma no convencional, es de decir, si todas las ruedas giran a la misma dirección, el prototipo se moverá hacia adelante o atrás, Si estas giran las dos de la izquierda hacia adelante y las dos contrarias hacia atrás, el robot se girará sobre su propio eje. Si solamente gira una delantera o la opuesta trasera en la misma dirección, se moverá en forma diagonal. Si las ruedas delanteras giran hacia atrás y las traseras hacia adelante, el robot se moverá transversalmente.



**Figura 7. Rodamientos Mecanum**

Con la elaboración de las tarjetas junto con las estructura, se realizaron pruebas de funcionalidad y de comunicación entre los controles a distancia dando como resultado las siguientes características de funcionalidad del prototipo descritas en la Tabla 2.

**Tabla 2. Características Técnicas del Robot**

<b>Prueba de funcionalidad</b>	<b>Datos comprobados</b>
Sensores de ultrasónicos	3.58 m
Sensores infrarrojos	0.3 m
acelerómetro	1.2v a 90 grados, 1.9 a -90 grados eje x 1 v a 90 grados, 2.1 a -90 grados eje y
Comunicación bluetooth	Campo abierto 65 m Con obstáculos de paredes 37 m
Estructura	Ineficiente debido a la generación de puntos muertos en las esquinas de la estructura
movimientos	Vectoriales, adelante, atrás, izquierda, derecha, giro sobre su propio eje izquierdo y derecho, movimientos diagonales en cuatro direcciones, movimientos transversales izquierdo y derecho
Material estructural	Frágil debido al peso de la batería de alimentación
Fuente de alimentación	Batería de 5 v a 4 A

## CONCLUSIONES

Con la realización de este prototipo se podrán atacar algunas de las áreas de oportunidad que se tiene en la institución, el nivel de creatividad que se desarrollará en los estudiantes tanto los que utilicen este equipo irá en aumento porque no se perderá tiempo en el diseño de dispositivos aislados para la comprobación de alguna metodología de control o de algún algoritmo de control. La mayor parte de este se invertirá en la perfección del algoritmo ya que el robot cuenta con las características adecuadas para su la puesta en marcha de dicho algoritmo o control.

Las partes beneficiadas con este nuevo equipo son los estudiantes, porque ya cuentan con un equipo para utilización como banco de prácticas con la lectura de diversos sensores y actuadores en conjunto con las comunicaciones inalámbricas con las que cuenta el robot.

La institución, porque cuenta con un nuevo equipo en su laboratorio de bajo costo, que se puede utilizar tanto como lo mencionado anteriormente como un equipo para demostraciones y promociones de las carreras en las distintas ferias en la cual fuera invitada la institución. Se podrá impartir talleres de mini robótica básica a ejecutando acciones específicas con el prototipo.

Y los beneficios más importantes se lo lleva los alumnos residentes, con la realización del robot desarrollaron y reforzaron la competencias específicas de creación de placas PCB, diseño de circuitos electrónicos, programación de micro controladores, toma de decisión , trabajo en equipo, y todas aquellas competencias y actitudes aplicables en el campo laboral.

La orientación del programa de residencias profesionales del ITSP se ve reforzada con la inclusión de alumnos que la realizan dentro de la institución, aplicando sus conocimientos el diseño de elementos y equipos de laboratorio útiles que en el mercado tienen un costo muy elevado haciéndolo difícil de adquirir, y con esto el alumno la oportunidad de desarrollarse en el ámbito del diseño y no realizando tareas que no son afines a su formación profesional.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Franco C.P. Sánchez R.H,Strems A. Monreal R.S. *Desarrollo de iniciativas docentes dedicadas a la Promoción de las competencias de los alumnos de Ingeniería mediante la realización de prototipos Para competiciones internacionales.* Murcia 2008.

Festo (2006). *Robotino® The new learning system – Learning with robots.* EUA.