

# Plataforma educativa para el aprendizaje ameno sobre Visión de robots

BANCO DE BUENAS PRÁCTICAS DOCENTES

JULIO VEGA PÉREZ



CENTRO DE INNOVACIÓN EN EDUCACIÓN DIGITAL  
Universidad Rey Juan Carlos

## I. La práctica

- **Título:** Plataforma educativa para el aprendizaje ameno sobre Visión de robots
- **Curso Académico:** 2019/2020
- **Asignatura:** Sensores y actuadores
- **Área/Titulación:** Grado en Ingeniería en Robótica Software
- **Grupo de Estudiantes:** 2.º
- **Palabras clave:** visión, robótica, plataforma de enseñanza, raspberry pi

Los dispositivos de visión son hoy uno de los elementos sensoriales más utilizados en robots autónomos. Su principal dificultad es extraer información útil de las imágenes capturadas y de los pequeños campo visual de cámaras regulares. Los sistemas de atención visual y la visión activa pueden ayudar a superar estos inconvenientes. La plataforma que he desarrollado y que presento aquí facilita la programación de visión de robots bajo un sistema completo pero simplificado, para una plataforma robótica basada en Raspberry Pi, con una sola cámara.

Este sistema incluye una memoria local a corto plazo para almacenar la información recopilada de la cámara que va a bordo del robot y que está continuamente percibiendo el mundo a su alrededor. El alcance de la memoria visual es más amplio que el campo de visión instantáneo de una cámara. Para ello, utiliza cuatro sistemas de coordenada 3D relevantes, entre otros, la posición absoluta del robot en el mundo, obtenida gracias a los encoders asociados a las ruedas motrices. La cámara, por su parte, tiene un sistema de coordenadas relativo, desplazado y orientado en un eje mecánico propio desde la unidad robótica. El sistema ha sido programado y validado utilizando la Raspberry PiCamera montada sobre un servo, y todo ello controlado con la placa estandarizada a nivel mundial, de hardware libre, como es la Raspberry Pi.

## 2. Justificación

La visión por ordenador es la modalidad de detección con más éxito utilizada en la robótica móvil. Es, sin duda, el sensor robótico más prometedor a largo plazo. Su principal dificultad radica en extraer información útil de las imágenes capturadas, así como el pequeño campo visual de las cámaras convencionales.

La visión es el sensor que puede proporcionar la información más completa sobre qué objetos hay en el entorno circundante al robot, así como dónde se encuentran estos y el robot en sí mismo. Además, con una cámara activa, es posible volver a visitar las zonas ya percibidas por este anteriormente y que le sean de interés (incluso si dicha área está fuera del alcance visual inmediato) para navegar, localizarse y -en definitiva- actuar con inteligencia. Para tener información precisa sobre las áreas de interés que rodean al robot, el robot necesita de un mapa detallado de memoria. Dado el coste computacional de mantener tal cantidad de información, solo se pueden mantener unas pocas referencias.

Los seres humanos ya tienen un sistema de visión activa preciso ([2-4]), lo que significa que podemos concentrarnos en ciertas regiones de interés en la escena que nos rodea, gracias al movimiento de los ojos y/o de la cabeza, o simplemente distribuyendo la mirada en diferentes zonas dentro de la imagen actual que estamos percibiendo. Las ventajas que ofrece sobre la situación pasiva donde se fijan los sensores visuales y todas las partes de las imágenes son igualmente inspeccionadas es que, partes de una escena tal vez no sean accesibles para una sola cámara. Los sensores realistas son aquellos que están en movimiento. En los humanos, los ojos y la cabeza móviles dan casi un rango panorámico de visión completo.

Esta atención visual se puede utilizar para que los robots detecten y eviten obstáculos, porque generalmente es requerido para navegar de forma autónoma a través de entornos dinámicos. Al usar cámaras, los obstáculos se pueden detectar mediante la reconstrucción 3D. Por lo tanto, en reconstrucción 3D, la información es el foco principal de la comunidad de visión computacional durante décadas.

Otra información relevante que se puede extraer de las imágenes es la ubicación del robot. Los robots necesitan saber su ubicación dentro del entorno para desenvolverse en él. Usando visión y un mapa, el robot puede estimar su propia posición y orientación dentro de un ambiente conocido. La ubicación automática de los robots ha demostrado ser compleja, especialmente en entornos dinámicos y aquellos con alto grado de simetría, donde los valores de los sensores pueden ser similares aun estando en diferentes posiciones.

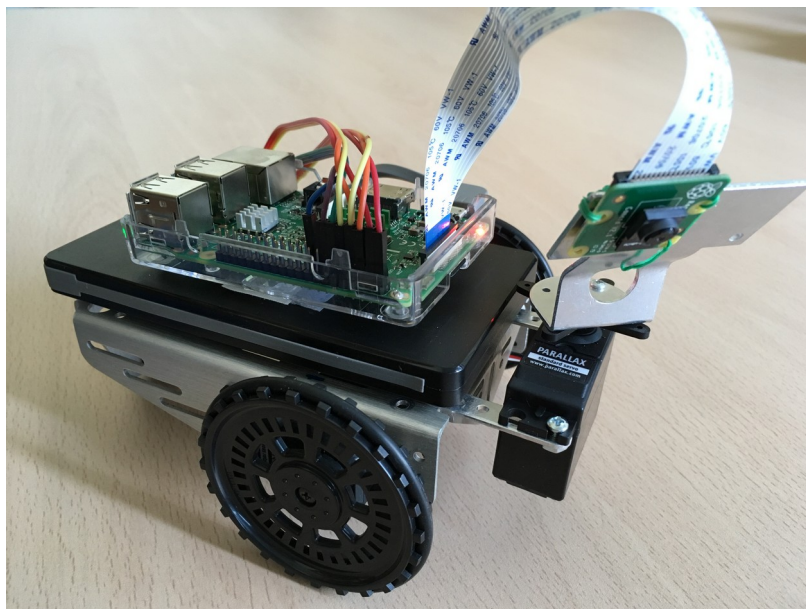
Lejos de estos problemas reales de la robótica hay numerosos kits educativos de robótica, que generalmente incluyen los componentes necesarios para construir el robot y un entorno de programación específico para ese robot y que generalmente consiste en una interfaz gráfica simple e intuitiva para estudiantes, pero con un potencial muy limitado. El objetivo de

estos kits es enriquecer la educación de los estudiantes y prepararlos para su futuro laboral, pero están muy lejos en cuanto a funcionalidad, respecto a los empleados en un entorno real y/o industrializado. Es por ello que me propuse, para preparar la asignatura, implementar toda una plataforma robótica abierta, intuitiva, de bajo coste, y -sobre todo- realista, que los prepare verdaderamente al mundo laboral que les espera una vez acaben su formación. Con un hardware y un software estandarizado a nivel mundial. Así, tanto la placa controladora como el conjunto de sensores y actuadores, aunque sean de bajo coste, tienen una funcionalidad completa y compleja, programados mediante una infraestructura programada en un lenguaje también real y muy estandarizado a nivel mundial, como es Python.

### 3. Desarrollo

#### Objetivos

El sistema perceptivo desarrollado fue probado sobre la plataforma robótica centrada en Raspberry Pi con su cámara modelo PiCamera montada en un cuello mecánico móvil, pero está diseñado para ser ejecutado sobre cualquier robot autónomo que use una sola cámara móvil, como es el caso de la plataforma robótica humanoide estándar usada en la competición de la RoboCup (robots Nao) o en aquellos robots de propósito general que dispongan de cuello mecánico.



*Figura 1. PiBot con su PiCamera montada en una unidad panorámica*

El robot recibe datos del sensor de visión, así como de los encoders, y extrae información útil como la descripción de los objetos alrededor del robot o la posición del robot. Esta información se proporciona a otros componentes de actuación como el algoritmo de navegación u otras unidades de control. Todo el código es público y disponible en su repositorio de GitLab<sup>1</sup>.

La motivación de confeccionar este complejo sistema es facilitar la docencia del temario de Visión de robots de la asignatura descrita en el encabezado, permitiendo la asimilación y la puesta en práctica de numerosos conceptos avanzados en cuanto a visión de robots y procesamiento tridimensional de la imagen.

El objetivo principal, concretando, es hacer una memoria visual local a corto plazo para almacenar y mantener actualizada información básica sobre los objetos en la escena que rodea al robot. La primera etapa del sistema es el análisis 2D, que detecta los puntos 2D correspondientes al borde inferior de los objetos. Después, el algoritmo de reconstrucción 3D coloca estos puntos en el espacio 3D de acuerdo según la hipótesis de fondo; es decir, suponemos que todos los objetos están apoyados en el suelo. Y finalmente, la memoria 3D almacena la posición de dichos objetos en el espacio 3D.

## 4. Resultados

### Metodología de análisis

Se recomienda usar el entorno docente desarrollado dentro de la metodología constructivista que se describe en esta sección. En esta se parte de la premisa de que los conocimientos están en los sujetos, y que estos -que podrían llamarse “sujetos pensantes”- no tienen otra alternativa que construir sus propios procedimientos o vías de aprendizaje basándose en lo que les dicta su propia experiencia.

El padre de esta corriente es Ernst von Glasersfeld. Según esta teoría, los estudiantes aprenden más cuando se les da la oportunidad de explorar y crear un conocimiento que sea de interés personal para ellos. Esta aproximación encaja perfectamente con la docencia de

---

1 <https://gitlab.etsit.urjc.es/jmvega/pibot-vision>

robótica, ya que los alumnos pueden experimentar con un dispositivo físico, cometer errores y aprender de ellos sobre la marcha, construyendo así su propio conocimiento.

Siguiendo esta metodología, en las sesiones no existe ninguna diferenciación entre teóricas y prácticas. Al comienzo de cada clase se recuerda lo aprendido en la sesión anterior, se mencionan algunos conceptos que se verán durante la sesión actual, se explican los objetivos que se llegarán a alcanzar (o deberían) al finalizar la misma, y todo ello se contextualiza con un reto que han de perseguir. Esto ocupa entre cinco y diez minutos de clase. A continuación, se les deja total libertad de acceso a todas las herramientas disponibles (ordenadores, robots, y componentes del mismo) para que sean ellos los que decidan en qué invertir el tiempo, qué han de hacer primero, corrigiéndoles o advirtiéndoles en caso de que no estén siguiendo la línea que les va a llevar a alcanzar los objetivos propuestos.

De este modo, el profesor pasa a ser una figura de guía más que de estricto establecedor de normas, pautas y conocimientos a asimilar. Por otro lado, y siguiendo con la filosofía del aprendizaje cooperativo, los alumnos siempre trabajan la robótica en grupo, porque de este modo se ayudan entre ellos y no se frustran ante los fracasos, pues siempre habrá alguno de los integrantes que sabrá qué hacer.

## Resultados

Los resultados se han medido utilizando encuestas vía Google Forms entre los alumnos. En concreto se ha encuestado a 30 alumnos. Todos ellos del Grado en Ingeniería en Robótica Software. A la pregunta de si le ha resultado fácil de aprender, más de un 84% de los alumnos puntúa con 8-10, mientras que algo menos del 12% está puntúa entre 5-7. Teniendo en cuenta que su nivel inicial es muy bajo o nulo, y que los objetivos de la propuesta educativa son bastante ambiciosos, los resultados son más que positivos: el entorno es fácil de aprender.

A más del 75% le parece muy interesante la robótica (puntúan entre 8-10). Más del 85% valoran entre 8-10 la documentación recibida; apuntes de clase. Algo menos del 13% lo puntúan entre 5-7. Y a más del 87% le han parecido muy interesantes (8-10) las prácticas llevadas a cabo. Con todo lo anterior, la valoración global que dan al curso con esta herramienta es muy positiva.

## Conclusiones

Esta investigación está focalizada en incorporar la Robótica y los robots con visión en el aula para formar a los estudiantes universitarios, satisfaciendo las demandas que impone la Sociedad de la Era Digital y las necesidades de motivación detectadas en los alumnos, que todavía estudian en un sistema de formación aún por adaptar a esta denominada “Revolución Industrial 4.0”.

Y es que, aunque existen en el mercado numerosos kits educativos de Robótica, la mayoría de estos están enfocados a los alumnos más jóvenes. Generalmente se basan en construir de sus plataformas robóticas con sus propios entornos de programación, lejos de emplear lenguajes de programación más estandarizados. Además, normalmente tienen un nivel de complejidad no muy elevado, lo que conlleva a que estas herramientas suelen resultar -a corto plazo- en una escasa motivación por parte del alumnado. Por otro lado, dada la complejidad que supone el tratamiento de un sensor como la cámara, a pesar de su gran versatilidad no suele ser incluido en estos entornos educativos.

En base a esto, y en primer lugar, se han implementado diversos algoritmos que emplean una cámara como sensor principal para dar solución a los problemas fundamentales de la Robótica, como son la navegación y la localización. Ambos frentes han sido resueltos mediante el desarrollo de una memoria visual en la que el robot es capaz de incorporar y abstraer objetos del entorno. Sobre esta memoria visual se monta un sistema atento capaz de atender los distintos elementos que circundan al robot. Así se ha conseguido un sistema autónomo e inteligente, que navega por un entorno cambiante y real, en el cual se localiza constantemente. Este sistema de percepción visual ha sido validado tanto en una plataforma robótica basada en una placa muy estandarizada como es la Raspberry Pi. La memoria representa muy bien el entorno del robot utilizando las imágenes de la cámara móvil, cuyo movimiento es controlado por el mecanismo de atención. La memoria es dinámica pero tiene cierta persistencia para tratar las oclusiones temporales.

En segundo lugar, tras investigar la situación en el mercado de los kits educativos de Robótica existentes y analizar profundamente qué depara el futuro a corto y medio plazo en cuanto a demandas del mercado laboral se refiere, el autor, como experimentado docente de Robótica ha desarrollado un completo entorno educativo que incluye:

- Plataforma robótica basada en la placa controladora de hardware libre Raspberry Pi 3. Esta plataforma ha sido elegida por varios motivos: bajo coste, potencia, versatilidad, estandarización e inclusión de una cámara con su propio bus de datos, la PiCamera. Así se ha construido un robot totalmente funcional al que -gracias a los puertos GPIO de la placa- se le han conectado diversos sensores y actuadores, además de su propia cámara.
- Infraestructura software desarrollada en lenguaje Python que ha facilitado al alumnado la programación del robot, con funciones sencillas e intuitivas para manejar los distintos sensores y actuadores, pero a la vez de gran potencial, como las correspondientes al manejo una cámara como sensor.
- Amplio repertorio de prácticas que han servido de apoyo a los alumnos para su progresión en el aprendizaje de la programación de robots con visión.

## 5. Equipo docente



**Julio Vega Pérez**

Profesor Ayudante Doctor en la Universidad Rey Juan Carlos. Doctor en Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial por la Universidad de Alicante, con menciones Internacional y Cum Laude. Ingeniero en Informática, con los estudios cursados en distintas universidades: titulado en Ingeniería Informática de Sistemas en la Universidad de Extremadura, 4.º de Ingeniería Informática en la Universidad Politécnica de Madrid, becado por programa de becas Séneca del Ministerio de Educación y Ciencia, y 5.º de Ingeniería Informática y titulado por la Universidad Rey Juan Carlos. Mi investigación cubre una amplia variedad de temas sobre robótica. Una parte se ha realizado en la York University (Canadá) y en diferentes facultades de la University of Eastern Finland (Finlandia).