



Object detection algorithm for a mobile robot using Android

Elizabeth María Astorga Gonzalez¹ and Daily Milanés Herмосilla²

¹Informática – Departamento de Ingeniería Informática – Universidad de Oriente – Santiago de Cuba - Cuba.

²Master – Departamento de Ingeniería Automática – Universidad de Oriente – Santiago de Cuba - Cuba.

Email: eastorga@uo.edu.cu

ABSTRACT

Mobile robots are an important focus of current research and because movement is an important feature of these, the detection of objects for the evasion of obstacles or for the tracking of trajectories is vital. The use of vision techniques is today one of the most common ways to develop this task, there are different types of algorithms, which are based on the detection of color and shape to the most complicated features detection. The objective of this work is to develop an object detection algorithm based on its color for the control of a mobile robotic platform with Android.

Keywords: mobile robot, Android, objects detection, algorithm, vision techniques.

Algoritmo de detección de objetos para un robot móvil con Android

RESUMEN

Los robots móviles son un foco importante de la investigación actual y debido a que el movimiento es una característica importante de estos, la detección de objetos para la evasión de obstáculos o para el seguimiento de trayectorias es de crucial trascendencia. El uso de técnicas de visión es hoy en día una de las formas más habituales de desarrollar la tarea de navegación, existiendo diferentes tipos de algoritmos, los cuales se basan desde la detección de color y forma hasta los más complicados de detección de características. El objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo de detección de objetos basado en su color para el control de una plataforma robótica móvil con Android.

Palabras Claves: robot móvil, Android, detección de objetos, algoritmo, técnicas de visión.

I INTRODUCCIÓN

La robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, muchos no tienen idea de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia [1]. La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia.

Dentro de la robótica, la robótica móvil se considera actualmente un área de la tecnología avanzada manejadora de problemas de alta complejidad. Sus productos se constituyen en aplicaciones de las áreas de control, programación, inteligencia artificial, percepción e instrumentación, y sirven de base para el avance en diversos campos de la industria, aportando soluciones tecnológicas innovadoras orientadas al desarrollo de mejores robots y a la ampliación del abanico de aplicaciones disponibles [2].

La robótica móvil en general hace un amplio uso de la tecnología móvil hoy en día, debido a que permite un mayor desarrollo de las tecnologías de comunicación (Wifi, Bluetooth y NFC), además de ser una forma muy atractiva de llevar a cabo el control y la supervisión de estas plataformas a través de la red de redes.

Dentro del desarrollo de la robótica la visión es una parte muy importante de esta y en especial de la robótica móvil ya que la detección de obstáculos y el seguimiento de trayectoria utilizando visión es hoy en día el corazón de la robótica móvil; debido a esta es posible de dotar al robot de una inteligencia para que sea capaz de detectar su entorno y comportarse en correspondencia a este y a lo que se necesite que realice.

La llegada de los dispositivos móviles inteligentes de última generación y el desarrollo de las comunicaciones inalámbricas, hacen que los dispositivos móviles se hayan convertido en atractivas formas de mostrar todo tipo de información. El uso de esta tecnología con la robótica no se ha

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International

License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



quedado atrás, aportando mayor versatilidad, dotándoles de mayor procesamiento y fácil uso para los usuarios.

Por todas estas ventajas que ofrece la robótica hoy en día y la vinculación de esta con técnicas de visión el objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo de detección de objetos para una plataforma robótica móvil de configuración Ackerman que permita la detección de objetos utilizando la biblioteca OpenCV [3] haciendo uso de dispositivos móviles con Android [4] y la placa de desarrollo Arduino UNO [5].

El trabajo también especifica algunos detalles esenciales acerca de la robótica móvil y la configuración Ackerman para la plataforma robótica móvil, así como el proceso de la visión por computadora para su uso en aplicaciones de robótica. El algoritmo de cálculo de la distancia del robot al objeto utilizado y el procedimiento para la detección de paredes.

II. ROBÓTICA MÓVIL

Un robot móvil es una máquina automática capaz de trasladarse en cualquier ambiente dado. Los robots móviles tienen la capacidad de moverse en su entorno y no se fijan a una ubicación física. Existen varias clasificaciones para los robots móviles entre ellas la que está de acuerdo a la forma de movimiento: patas y ruedas.

Los más utilizados hoy en día son los robots móviles con ruedas, los cuales pueden presentarse en varias configuraciones Ackerman, triciclo clásico, tracción diferencial, skid steer, síncrona y tracción omnidireccional [6, 7]. Dependiendo de la configuración cinemática, los robots móviles utilizan cuatro tipos de ruedas para su locomoción, las cuales pueden ser: convencionales, tipo castor, ruedas de bolas y omnidireccionales.

En el marco de las configuraciones cinemáticas posibles y las ruedas que estas utilizan, los robots móviles documentados en la literatura utilizan comúnmente la configuración de tracción diferencial, pero para el caso específico de este trabajo se hace uso de una plataforma robótica con la configuración Ackerman (Véase Figura 1); la cual se basa en dos ruedas traseras tractoras que se montan de forma paralela en el chasis principal del vehículo, mientras que las ruedas delanteras son del tipo direccionamiento, y se utilizan para seguir la trayectoria del robot; lo que facilita el seguimiento de una línea recta.

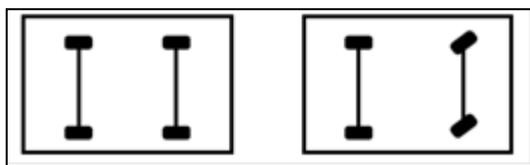


Figura 1: Esquema de tracción tipo Ackerman.

Fuente: Los autores, (2018).

III. VISIÓN POR COMPUTADORA

La visión por computadora es un campo que se sitúa dentro de la inteligencia artificial y que se centra en el estudio de la información relacionada con las imágenes. Su objetivo principal es entender escenas del mundo real y producir información simbólica que pueda servir para la toma de decisiones. Las investigaciones se centran en intentar desarrollar técnicas matemáticas que permitan a una computadora imitar las capacidades de la visión humana [8].

La visión es un recurso más que los robots pueden utilizar para inferir el estado de su entorno. Esta entrega un flujo continuo de imágenes, pero es difícil extraer de ese flujo información directamente útil para la acción del robot. Las imágenes que la cámara proporciona se pueden capturar en una computadora y ponerlas a disposición de los programas de control. La visión por computadora es un proceso que incluye en el mismo varias etapas, entre las principales se encuentran las representadas en la Figura 2.



Figura 2: Etapas de un Sistema de Visión por Computador.

Fuente: Los autores, (2018).

Las principales técnicas que se emplean en la visión por computadora son: el procesamiento de imágenes, la detección de características, el reconocimiento de objetos y el análisis de movimiento [8]. Para el desarrollo de este trabajo la técnica utilizada para el diseño del algoritmo es el procesamiento de imágenes.

IV PLATAFORMA ROBÓTICA MÓVIL BASADA EN ANDROID

La plataforma robótica móvil desarrollada para la prueba del algoritmo diseñado contiene varios componentes fundamentales a parte del teléfono Android, entre estos elementos se encuentran, el microcontrolador, los drivers de los motores, encoders, entre otros.

a) Arduino UNO

Arduino Uno utiliza el microcontrolador ATmega328. En adición a todas las características de las tarjetas anteriores, el Arduino Uno utiliza el ATmega16U2 para el manejo de USB en lugar del 8U2 (o del FTDI encontrado en generaciones previas). Esto permite ratios de transferencia más rápidos y más memoria.

b) Driver de motores L298

El integrado L298N incluye cuatro circuitos para manejar dos motores de forma independiente, de forma que de cada motor se pueda controlar la velocidad, el sentido e incluso poder llegar a frenar el motor. Además, dicho dispositivo mantiene separada la corriente y tensión de los motores, del resto del circuito. La velocidad de los motores es controlada partir de una señal PWM con una frecuencia de 50kHz.

c) Sensor ultrasónico HC-SR04

Es un detector de proximidad que trabaja libre de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, diferentes colores, superficies y de diferentes materiales.

Este elemento es principalmente usado de forma auxiliar para la detección de otros objetos fuera del campo de visión de la plataforma.

d) Sensor infrarrojo

Detecta la presencia de un objeto mediante la reflexión que produce en la luz. Este elemento el encargado de detectar la presencia de un objeto mediante la reflexión que produce en la luz. Evita la colisión al realizar maniobras de marcha atrás.

e) Módulo Wifi ESP8266

Este es un módulo para la recepción y transmisión de datos a través de la Wifi; es a través del cual el microcontrolador Arduino se comunica de forma bidireccional con las diferentes aplicaciones móviles del sistema.

La Figura 3 muestra el resultado del ensamblado de la plataforma robótica móvil con los diferentes elementos. En la Figura 4 se muestra a su vez la forma de interconexión de los principales elementos del sistema como la placa de desarrollo Arduino y dos teléfonos inteligentes utilizados, un teléfono para realizar la monitorización del entorno del robot a través de Wifi y el control manual del robot y otro que realiza el algoritmo de detección de objetos emitiendo un aviso de objeto encontrado a través de la Wifi al usuario para la toma de cualquier decisión por parte de éste.



Figura 3: Plataforma robótica móvil.
Fuente: Los autores, (2018).

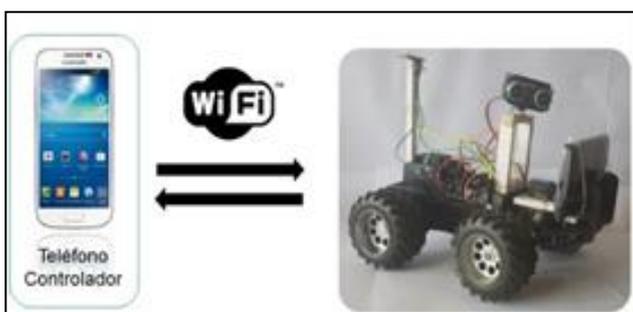


Figura 4: Concepción del sistema.
Fuente: Los autores, (2018).

V. ALGORITMO DE DETECCIÓN DE OBJETO

El algoritmo diseñado realiza la detección de objetos a través de su color utilizando la biblioteca para procesamiento de imágenes OpenCV en un ambiente estructurado.

El robot inicia en cualquier parte del plano siendo guiado por el usuario a través del control manual que es efectuado por el teléfono controlador; realizando de forma automática la evasión

de las paredes utilizando técnicas de visión. El robot obtiene información sobre su ambiente constantemente, por lo que una vez detectado el objeto, se inicia la aproximación hacia el objetivo en línea recta de forma automática, deteniéndose a una distancia de 20 centímetros aproximadamente y emitiendo el aviso de objeto encontrado al usuario a través de la aplicación del teléfono controlador.

V.1 DETECCIÓN DEL OBJETO

Para la detección del objeto se utiliza un método basado en *kernel* que rastrea un objeto desde su color, el cual ha sido especificado previamente por el usuario. El dispositivo Android captura una escena de su cámara trasera y el *frame* de la imagen resultante se somete a varios pasos de procesamiento de imagen para aislar el objeto con el color predeterminado. El dispositivo Android captura continuamente una imagen y convierte el espacio de color RGBA predeterminado en espacio HSV en el que los colores están limitados a una variable en lugar de tres como es en el espacio RGBA y esto facilita el procesamiento de la imagen.

Después de filtrar el objeto que tiene el color predefinido estos se asemejan a un grupo de píxeles blancos. Sin embargo, hay una gran cantidad de píxeles blancos dispersos por el cuadro, que son píxeles de ruido.

Para llevar a cabo la eliminación del ruido de píxeles se realizan operaciones morfológicas de erosión y dilatación con un elemento estructurador que puede tener un tamaño adecuado para eliminar el ruido, sin afectar el objeto. El *blob* del objeto resultante, que es un grupo de píxeles blancos que forman un espacio coherente, se analiza para determinar el contorno más grande, el cual corresponde al objeto deseado. Este es un enfoque simple, pero de baja complejidad computacional, lo cual es de gran importancia en este tipo de aplicación. En la Figura 5 se muestra el proceso anteriormente descrito.

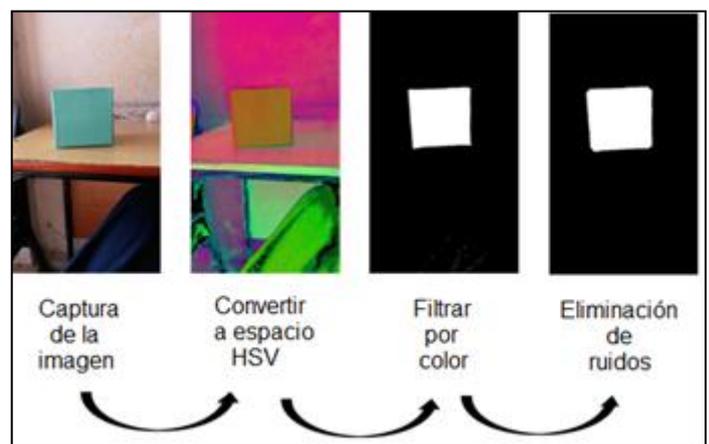


Figura 5: Proceso del reconocimiento del objeto por color.
Fuente: Los autores, (2018).

Luego de realizar la detección del objeto se procede a la alineación del objeto con el robot, donde la forma más fácil para realizar este procedimiento es determinar si el centro del objeto está desplazado a la izquierda o la derecha con respecto a la mitad de la pantalla cuando el dispositivo Android está en modo vertical.

Para esto la vista se divide en tres zonas iguales, como se muestra en la Figura 6 con las dos líneas imaginarias P1 y P2, y la dirección del movimiento del robot móvil se define por la determinación de la posición relativa del objeto. Esto es estimado

por la siguiente declaración lógica, donde $(x + \frac{w_1}{2})$ es el centro del objeto.

El ancho de la zona media se puede recortar para que el movimiento del robot sea más consistente con el tamaño del objeto, no debería ser demasiado pequeño porque el robot girará a la izquierda o a la derecha con mucha facilidad y no debería ser muy grande porque si no podría moverse hacia delante en una dirección muy lejos del objeto.

Para determinar el movimiento del robot si ha de ser hacia la derecha o hacia a la izquierda para alinearse con el objeto se usan las ecuaciones descritas a continuación:

$$(x + \frac{w_1}{2}) \leq \frac{w_2}{3} \text{ Girar a la izquierda} \quad (1)$$

$$(x + \frac{w_1}{2}) \geq \frac{2 * w_2}{3} \text{ Girar a la derecha} \quad (2)$$

$$\frac{w_2}{3} < (x + \frac{w_1}{2}) < \frac{2 * w_2}{3} \text{ Moverse hacia delante} \quad (3)$$

donde w_1 es el ancho del objeto y w_2 es el ancho de la vista de la cámara.

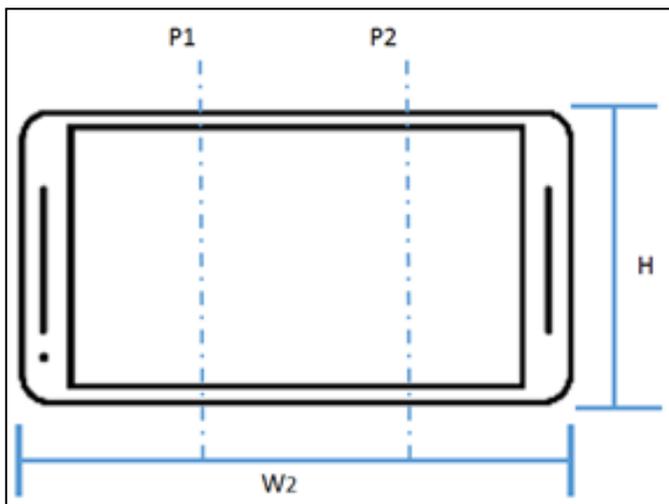


Figura 6: Determinación de la posición relativa del objeto.

Fuente: Los autores, (2018).

V.2 CÁLCULO DE LA DISTANCIA DEL ROBOT MÓVIL AL OBJETO

Para determinar la distancia de la cámara al objeto conocido, se utilizó el método de similitud triangular. La similitud triangular establece: suponer que se tiene un objeto con un ancho conocido W , se coloca el objeto a una cierta distancia D de la cámara, se toma una foto del objeto utilizando la cámara y luego se mide el ancho aparente en píxeles P . Esto permite derivar la distancia focal percibida F de la cámara usando la ecuación:

$$F = \frac{P * D}{W} \quad (4)$$

Una vez obtenida la distancia focal se puede despejar esta para obtener la distancia de la cámara al objeto.

Para la realización de este método es necesario la intervención del usuario en la aplicación cliente para la adquisición de la imagen, la distancia es conocida para cálculo de la distancia focal de la cámara. Este procedimiento no tiene que repetirse, basta con utilizarlo una vez. En la Figura 7 se muestran los resultados de medición de la distancia de la cámara al objeto.

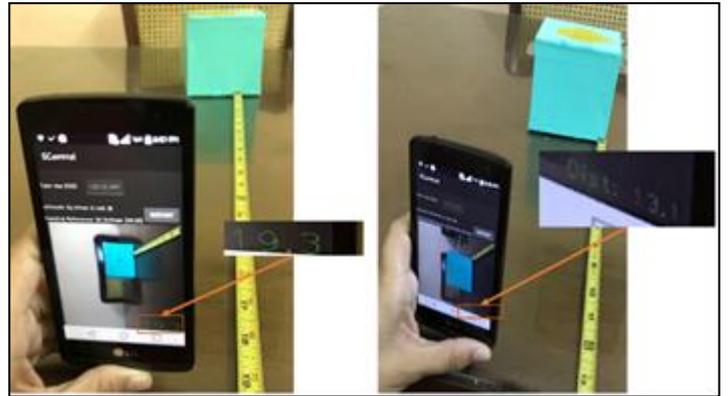


Figura 7: Obtención de la distancia del robot móvil al objeto.

Fuente: Los autores, (2018).

Con la implementación de esta técnica existe el error del usuario al realizar la medición inicial del objeto a la cámara e ingresarla al sistema para el cálculo de la distancia focal. En caso del usuario realizar la medición correctamente no existirá error de medición alguno.

V.3 DETECCIÓN DE PAREDES

Para la detección de paredes se utiliza una función contenida en la biblioteca OpenCV llamada `inRange()`. Básicamente se definen valores de blanco y gris en el piso y se detecta el porcentaje de elementos no blancos en la imagen. Si este valor es casi 80%, entonces esto significa que el robot podría estar en frente a una pared y debe dar la vuelta.

En la Figura 8 se muestra el resultado de realizar la detección de paredes con la función `inRange()` con la plataforma robótica móvil en movimiento.

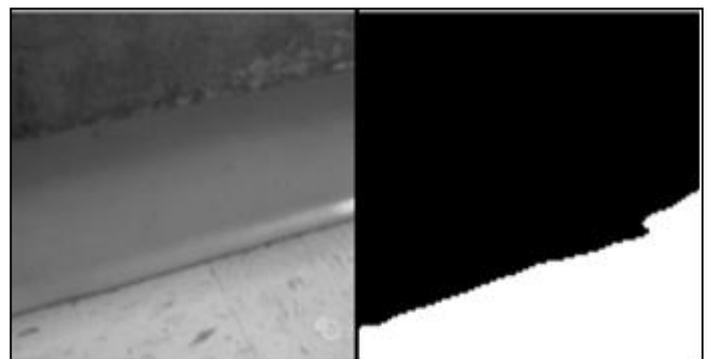


Figura 8: Detección de paredes usando la función `inRange()`.

Fuente: Los autores, (2018).

Aunque esta solución es bastante efectiva en pisos de color entre blanco y gris, puede no ser así en otros casos de colores, en los que es necesario establecer otro rango de valores de color para evitar de esta forma el fallo del algoritmo. También puede presentar fallos con la presencia de rodapiés muy altos, disminuyendo el porcentaje de presencia de elementos no blancos.

VI. RESULTADOS

Para realizar la prueba del sistema, se creó un espacio de trabajo para que el robot pudiera realizar la detección del objeto de forma adecuada. El ambiente consiste en la mitad de un pasillo donde existen tres paredes y el robot se moverá siempre hacia el frente; por lo que su movimiento está delimitado por las paredes mencionadas.

El objeto consiste en un cubo de color verde, el cual, a través de la aplicación creada para el teléfono controlador, se inserta en el sistema como objeto a detectar, insertando datos como su color, el cual se obtiene a partir de la propia aplicación mediante un toque en la pantalla del teléfono inteligente del área del color de interés (Véase Figura 9); y tamaño real del objeto.

Estos pasos son necesario antes de iniciar la plataforma robótica móvil, en caso de no ejecutarlos el sistema mostrara un aviso al usuario de alerta de inicializar configuración del sistema.

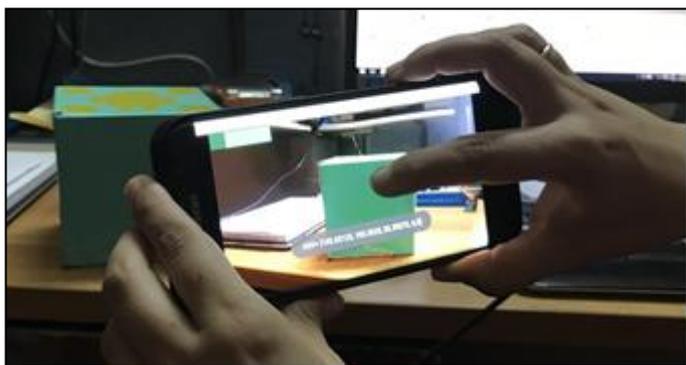


Figura 9: Usuario realizando la inserción del objeto a reconocer en el sistema.

Fuente: Los autores, (2018).

En la Figura 10 se muestra la detección del objeto por el algoritmo desarrollado en el ambiente preparado.



Figura 10: Robot realizando la detección del objeto.

Fuente: Los autores, (2018).

VII. CONCLUSIONES

Este documento describe el desarrollo de un robot móvil tipo Ackerman basado en Android y la placa de desarrollo Arduino Uno que ejecuta una aplicación que puede detectar objetos de un color especificado previamente. El algoritmo está basado en el procesamiento de imágenes, donde se realiza un filtrado de color, eliminación de ruido y búsqueda del mayor contorno para detectar el objeto. El movimiento del robot hacia la posición correcta es determinado por la división en tres zonas verticales del teléfono y se toma una decisión cuando el centro del rectángulo delimitador del objeto cruza una de las zonas creadas. El cálculo de la distancia al objeto se calcula haciendo uso del método de similitud triangular. El algoritmo diseñado puede ser utilizado en otras plataformas robóticas basadas en Android para el seguimiento y detección de objetos. Se pretende en futuros trabajos el uso del sensor ultrasónico para hacer más efectivo la navegación del robot.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Al departamento de Ingeniería Automática de la Universidad de Oriente, y al profesor M.Sc. Dionis López Ramos del departamento de Ingeniería Informática por su apoyo en el desarrollo de la investigación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. J. L. M. **Profesormolina.com**. noviembre 2016. Disponible en: <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/historia.html>.
- [2] T. Macchiavello. **monografias.com**. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos31/robotica/robotica.shtml#concept>. [Último acceso: diciembre 2016].
- [3] V. Aroca. Monografía. **Towards smarter robots with smartphones**, 2013.
- [4] P. A. Android, **System Architecture (In Words) 2007**. [En línea]. Disponible en: http://www.anddev.org/android-system_architecture_in_words-t7.html. [Último acceso: octubre 2016].
- [5] **O Inventamos o Erramos**. marzo 2016. [En línea]. ‘
- [6] D. Juan, Robótica, **Apuntes para la asignatura de robótica**. Informe final de la asignatura de robótica. Universidad de Valencia, 2001.
- [7] E. A. J. B. S. De Paiva, **Controle de trajetoria para veiculos terrestres de exterior**. XI Congresso Brasileiro de Automatica, Bonito, MS, Brasil, Septiembre 2010.
- [8] J. C. C. Tejedor. **Informe de tesis en opción al título de Ingeniería Informática**. Control de un Robot Mediante Técnicas de Visión, Barcelona, 2013.