

# Sistema Robusto de Visión con Calibración Automática de Filtros

Jesús Martínez-Gómez, José A. Gámez, Ismael García-Varea  
Computing Systems Department, SIMD *i*<sup>3</sup>A  
University of Castilla-la Mancha  
Albacete, Spain  
{jesus\_martinez, jgamez, ivarea}@dsi.uclm.es

**Abstract**—Este artículo presenta un nuevo sistema robusto de visión, para los robot mascota AIBO, de manera que permita trabajar correctamente en entornos ruidosos o ambientes complicados, especialmente con cambios de luminosidad. Este sistema debe funcionar con procesadores de bajo rendimiento, por lo que los algoritmos deben ser simples y eficientes. El sistema de visión hace uso de los ocho filtros de color implementados en el Hardware del robot. Estos filtros se pueden establecer fácilmente y todo el reconocimiento de objetos se realiza usando la información de filtrado. Los valores de los filtros se calibran usando la información recibida con la cámara del robot. Para evaluar el trabajo realizado se han realizado diferentes experimentos en entornos Robocup.

**Index Terms**—Visión por computador, robots cuadrúpedos, aprendizaje automático, procesamiento de imágenes.

## I. INTRODUCCIÓN

Para cualquier entorno, serían ideales unas condiciones óptimas y estables de iluminación, pero desgraciadamente, en entornos reales estas condiciones no se encuentran frecuentemente. Son necesarios sistemas robustos de visión para manejar situaciones difíciles obteniendo buenos resultados. La visión por computador se convierte es una de las partes más importantes a la hora de desarrollar comportamientos para un robot, dado que el principal sensor del robot es la cámara de visión y todas las acciones deben tener en cuenta la información obtenida desde el mundo real usando los sensores del robot. Si un equipo Robocup[1] desea desarrollar un sistema de visión para la competición Robocup<sup>1</sup>, ese sistema debe ser robusto e independiente de los pequeños cambios de iluminación. Los cambios de iluminación pueden ser mucho mayores en categorías como la RescueCup[2]. Algunos de los módulos más importantes desarrollados para un equipo Robocup están directamente relacionados con el módulo de Visión, como Control o el módulo de Autocalibración[3]. Si estos módulos clave son dependientes del módulo de Visión y este módulo se desarrolla usando filtros de color[4], una calibración automática de los filtros de color resulta esencial. El sistema de visión debe procesar imágenes obtenidas con una cámara de baja resolución dentro de un entorno ruidoso con condiciones cambiantes de iluminación.

## II. ENTORNO

Existen diferentes sistemas de visión que trabajan correctamente bajo condiciones óptimas[5]. Estos sistemas usualmente acarrear un alto coste computacional y necesitan imágenes de alta resolución para obtener buenos resultados. El entorno para el cual se ha desarrollado el sistema de visión es un campo de fútbol de la competición de fútbol Robocup, situado dentro de un laboratorio, con iluminación de calidad media dependiente de la luz solar exterior. El sistema se ha desarrollado para el robot AIBO de Sony. Todos los elementos situados en el campo de fútbol poseen un código de color especificado dentro de las reglas y normativa[6]. Los colores obtenidos con una cámara de baja resolución pueden ser diferentes que los colores que esperamos obtener, por lo que resulta conveniente calibrar la cámara para obtener los mejores resultados. Los valores devueltos por los filtros de color son extremadamente deterministas y cada píxel se asigna o no a un filtro de color, sin tener en cuenta los píxeles cercanos.

Pueden establecerse únicamente ocho filtros hardware, pero este número resulta suficiente, dado que solamente necesitamos cuatro colores distintos (blanco, amarillo, azul cielo y verde césped) para realizar la detección de los elementos de autocalibración, las porterías y el césped, 2 colores adicionales (rojo y azul oscuro) para detectar jugadores y otro más (naranja) para detectar la pelota.

La luz solar exterior se puede reflejar en los diferentes objetos y el color final obtenido podría ser confundido con otros colores específicos. Dentro de un entorno ideal con condiciones óptimas de iluminación, como los campos de fútbol oficiales Robocup, las imágenes obtenidas se corresponden con las esperadas, y solamente los elementos bien conocidos (porterías, balizas, la pelota, etc) son detectados. Dentro de entornos no ideales, con influencias externas (reflejos o luz solar), muchas imágenes capturadas pueden poseer ruido, por lo que los elementos detectados pueden distar sustancialmente de los elementos realmente observados por la cámara del robot.

## III. ESPACIO DE COLOR Y PARÁMETROS DE LA CÁMARA

Una de las principales ventajas del procesador con el que viene equipado el robot AIBO es el filtrado Hardware de color. El espacio de color[7] usado por el robot es  $YCbCr$ , el cual se puede observar en la Fig. 1.  $Y$  es la componente de luminancia y  $Cb$  y  $Cr$  de crominancia.  $YCbCr$  es una

<sup>1</sup><http://www.robocup.org/>

forma común de codificar el espacio  $RGB$ . Cualquier color  $RGB$  puede transformarse en  $YCbCr$  y viceversa. Todos los filtros deben establecerse definiendo los límites superiores e inferiores de las tres componentes de color. Cada píxel con todos sus valores  $Y$ ,  $Cb$  y  $Cr$  dentro de los límites de un filtro  $F$  es asignado a dicho filtro. Un píxel puede pertenecer a uno, ninguno e incluso a varios filtros.

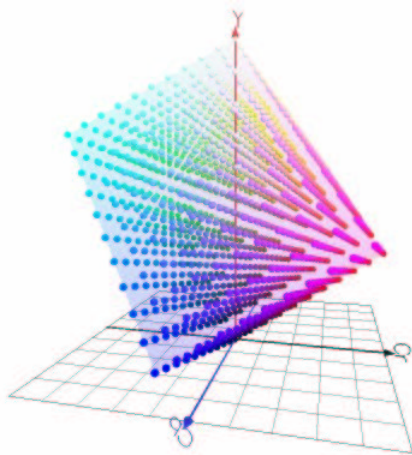


Fig. 1. Espacio de color  $YCbCr$

Se pueden establecer tres parámetros de la cámara:

- Balance de Blancos (Modo Interior, Exterior o Fluorescente)
- Ganancia de la cámara (Baja, Media o Alta)
- Velocidad de obturación (Lenta, Media o Rápida)

La ganancia de la cámara suele establecerse con el valor alto y no se obtienen cambios importantes usando los diferentes valores. La velocidad de obturación es un parámetro importante y su valor óptimo depende del brillo o luminosidad del entorno[8]. Con una luminosidad de entorno baja o media, la velocidad de obturación debe ser rápida, con una elevada luminosidad la velocidad debe reducirse a un valor medio, y solamente con una iluminación extremadamente alta, la velocidad debe ser baja. A mayor velocidad de obturación, las imágenes obtenidas por la cámara son más sensibles a brillos o valores altos de luminosidad. Los tres parámetros de balance de blancos son los adecuados para los entornos de exterior, interior y habitaciones de interior iluminadas con luces fluorescentes. El modo de balance de blancos exterior obtiene imágenes azuladas algo alejadas de las imágenes reales, por lo que no ha sido usado. Tanto el balance de blancos de interior como fluorescente obtienen buenos resultados para entornos de interior, pero seleccionamos el balance de blancos fluorescente por obtener mejores resultados dentro del entorno seleccionado.

Todos los experimentos fueron realizados con un valor de ganancia alto y con balance de blancos de cámara fluorescente. El primer experimento se realizó con velocidad de obturación rápida para todo el experimento, mientras que para el segundo, esta velocidad fue establecida de forma dinámica en base a la

luminosidad de la imagen.

#### IV. FILTROS DE COLOR Y POST-PROCESAMIENTO

El filtrado hardware de color es una vía rápida para dividir la imagen original en imágenes filtradas por color, pero esta propuesta posee algunos problemas. El filtrado se realiza de forma determinista, sin tener en cuenta los píxeles de alrededor. Este razonamiento determinista no es el adecuado para entornos ruidosos, dentro de los cuales, el valor obtenido de los colores puede estar distorsionado y algunos píxeles que no deberían pasar los filtros los superarían, y viceversa.

Por tanto, parece necesario un nuevo procesamiento que tenga en cuenta los píxeles cercanos, pero que mantenga unos bajos requisitos computacionales. Para llevar a cabo este procesamiento necesitamos realizar dos pasos, de forma que el primero realiza el filtrado de forma determinista, y el segundo procesa cada píxel usando los píxeles circundantes. Este paso elimina los píxeles que han superado un filtro pero que no poseen ningún píxel alrededor que también lo haya superado, y añade píxeles no seleccionados por el filtro pero circundados por una gran cantidad de píxeles que sí lo han superado.

El procesamiento seleccionado examina cada píxel y los píxeles cercanos usando una rejilla cuadrada de tamaño  $s$ . El número de píxeles examinados con una rejilla de tamaño  $s$  es  $((1 + 2 \times s)^2) - 1$ .

Hemos estudiado rejillas con tamaños  $s$  de 1, 2 y 3, las cuales examinan 8, 24 y 48 píxeles respectivamente. Una rejilla de tamaño  $s$  igual a 2 ( $5 \times 5$ ) se muestra en la Fig.2, donde las casillas sombreadas se corresponden con píxeles que han superado el filtro. Cada píxel posee un número, el cual es la diferencia absoluta  $x + y$  entre el píxel actual y el píxel central que está siendo examinado. Esta distancia absoluta se usa para obtener un valor asociado a cada píxel utilizando los píxeles cercanos. Para obtener un valor que nos indique si un

4	3	2	3	4
3	2	1	2	3
2	1	0	1	2
3	2	1	2	3
4	3	2	3	4

Fig. 2. Rejilla  $5 \times 5$

píxel está rodeado o no por una gran cantidad de píxeles se define el valor  $V$ , obtenido mediante la ecuación 1. Dentro de la ecuación,  $x$  e  $y$  son las coordenadas absolutas del píxel que esta siendo probado,  $s$  es el tamaño de la rejilla (puede ser 1, 2, 3...),  $i$  y  $j$  son los índices usados para examinar los píxeles de alrededor y  $F$  es una variable cuyo valor es 1 si el píxel  $(i, j)$  ha pasado satisfactoriamente el filtro o 0 en otro caso. Para la Fig. 2, el valor  $V$  es  $4*1+4*1/2+4*1/3+4*1/4 = 8.\hat{3}$ . Una vez somos capaces de obtener un valor  $V$  por píxel, debemos definir un límite superior que determine cuando añadir un

píxel que no haya superado un filtro y un límite inferior que decida cuando eliminar el píxel de la muestra de píxeles que han superado el filtro. Los límites deben ser establecidos con cautela, y sus valores pueden ser altamente restrictivos con el objetivo de evitar añadir o eliminar píxeles. Si los límites se configuran correctamente, de forma que eliminen correctamente píxeles ruidosos, los filtros de color se pueden establecer forma menos restrictiva, con el objetivo de facilitar la detección de objetos.

$$V = \sum_{i=x-s}^{x+s} \sum_{j=y-s}^{y+s} 1/(abs(x-i) + abs(y-j)) \times F \quad (1)$$

El uso de este planteamiento nos permite obtener unas imágenes resultado que no estén tan influenciadas por el ruido como las originales. La Fig.3 muestra el proceso completo de filtrado para el color azul, donde solamente los píxeles entre los límites superiores e inferiores de los filtros pasan el primer filtrado, pero que tras el paso adicional usando una rejilla de 3x3, se obtiene la imagen inferior derecha, la cual no posee píxeles que realmente no pertenecen a la portería azul.



Fig. 3. Proceso de filtrado

## V. CALIBRACIÓN AUTOMÁTICA DE LOS FILTROS

Los filtros de color se establecen mediante unos límites superiores e inferiores, los cuales pueden permanecer estáticos o dinámicos a lo largo de la ejecución que utilice el sistema de visión. Si los filtros son dinámicos, es necesario un conocimiento adicional para establecer en tiempo real los valores de los límites de los filtros. Una selección correcta de los filtros es esencial, por lo que resulta más que aconsejable una calibración automática de los filtros. Dentro del entorno seleccionado, los cambios de iluminación son los factores más influyentes, con una gran repercusión para el sistema de visión. Esto se debe a que todos los elementos poseen el mismo código de color, pero el valor recibido puede variar con las condiciones de iluminación, lo que hace necesario estudiar la luminosidad de las imágenes capturadas para seleccionar los mejores límites de los filtros. Sin embargo, evaluar la imagen entera no es conveniente, dado que los elementos captados por el robot varían, y muchos elementos con baja luminosidad, como algunas partes de otros robots, pueden ser capturados. La propuesta se centra en utilizar el filtro de césped para estimar las condiciones globales de iluminación, dado que este filtro es el único que casi siempre recoge un número suficiente de

píxeles para extraer información. Con un filtro de césped no excesivamente restrictivo, la luminosidad media de la muestra se puede estudiar para estimar las condiciones de iluminación del entorno.

Algunos elementos se pueden diferenciar fácilmente con unas condiciones óptimas de iluminación, pero pueden confundirse con peores condiciones. Con el conocimiento de la luminosidad media del entorno, los filtros se pueden ajustar para obtener resultados óptimos. A través de diferentes estudios empíricos con diferentes condiciones de iluminación, podemos obtener los valores máximos y mínimos de los límites de cada filtro. Esos valores no pueden ser rebasados, pero los límites deben ser modificados para obtener los filtros más restrictivos posibles que permitan realizar de forma correcta la detección de objetos.

La Fig. 4 muestra los colores amarillo y azul esperados, y los colores obtenidos en dos entornos distintos. Con unas malas condiciones de iluminación (tercera columna), los filtros deben ser lo suficiente permisivos para detectar todos los objetos, mientras que con mejores condiciones (segunda columna), los límites de los filtros se pueden restringir para reducir los efectos del ruido.



Fig. 4. Colores esperados y obtenidos

Todos los límites se seleccionan extrayendo las características del filtro del césped, el cual también debe calibrarse de forma automática. De esta manera, con el valor medio obtenido de la componente Y del filtro de césped, se seleccionan los límites para el resto de filtros.

## VI. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS FILTROS

La cámara del robot puede obtener 30 imágenes por segundo, pero 30 calibraciones por segundo acarrearían un excesivo coste computacional. La solución propuesta consiste en evaluar la calidad de las imágenes capturadas por la cámara del robot, con el objetivo de obtener una métrica por filtro, la cual tendrá el valor de 1 para una selección óptima del filtro y 0 para una pésima selección.

La métrica de calidad se obtiene mediante el conocimiento del dominio, evaluando las distribuciones de color y la verosimilitud de la información obtenida. La evaluación se realiza de forma separada para cada filtro, dado que algunos colores pueden depender de los cambios de iluminación en mayor medida que otros, por lo que un filtro puede funcionar correctamente mientras otros lo hagan de forma errónea.

Se ha realizado un estudio exhaustivo de los elementos que son detectados mediante los filtros de color, así como de la información que esperamos obtener con cada una de las

detecciones.

Algunos estudios para obtener la calidad de los filtros se realizan sin tener en cuenta los elementos detectados, evaluando la información obtenida desde los filtros de color ( $x$  e  $y$  media de la distribución, número de píxeles añadidos o eliminados por el paso adicional, valores medio  $YCbCr$ , etc.). Otros estudios se realizan tras la detección de un elemento, como las porterías o balizas. Algunos de estos estudios son:

- Solamente una portería azul/amarilla: El número de píxeles azules/amarillos debe ser superior al número de píxeles amarillos/azules. La desviación media obtenida para la componente  $x$  de la distribución de píxeles azul/amarilla debe ser superior a la desviación obtenida para la componente  $y$ , excepto cuando una gran altura sea detectada.
- Solamente una baliza: El número de píxeles amarillos y azules deben ser similares, así como el valor medio de la componente  $x$  y las desviaciones de las componentes  $x$  e  $y$ . El valor medio de la componente  $y$  debe ser superior para el color norte de la baliza.
- Portería azul/amarilla y baliza: El número de píxeles azules/amarillos debe ser mayor que para los amarillos/azules. La desviación típica de la componente  $x$  azul/amarilla debe ser superior a la desviación obtenida para la componente  $y$ . El valor medio  $x$  de ambas distribuciones debe estar separado.
- Ningún elemento detectado: La distribución de filtros azul y amarilla no deben tener un elevado número de píxeles.
- Siempre: Algunos estudios básicos son realizados siempre para evaluar la calidad del filtro de césped.

Tras este paso, se habrá obtenido un valor o métrica de calidad por filtro. Todos estos valores continuos son evaluados en tiempo real para decidir si es necesario establecer de nuevo alguno de los filtros. El valor de cada uno de los filtros se encuentra entre cero y uno, y el límite seleccionado a partir del cual un filtro será establecido de nuevo depende de los recursos computacionales disponibles, y de las variaciones de entorno esperadas.

## VII. PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

El algoritmo final de procesamiento de la imagen se puede observar en la Fig. 5, donde se muestra como mientras los filtros son aplicados, algunas características de las imágenes se extraen y evalúan. Esta extracción se realiza en paralelo a la detección de objetos, y tras realizar la evaluación de la calidad se debe tomar la decisión de establecer o no de nuevo los límites de los filtros, así como de cambiar la velocidad de obturación. Tras tomar estas decisiones, algunos filtros pueden ser establecidos de nuevo, la velocidad de obturación puede cambiar, o el proceso puede continuar con los mismos valores de filtros y velocidad de obturación sin ninguna variación.

Siempre que alguno de los filtros azul, amarillo o blanco se establecen de nuevo, el filtro del césped debe establecerse también. Esto se debe a que los límites son establecidos en base a las características del color césped, y los límites de este filtro deben ser los correctos. La evaluación de la calidad

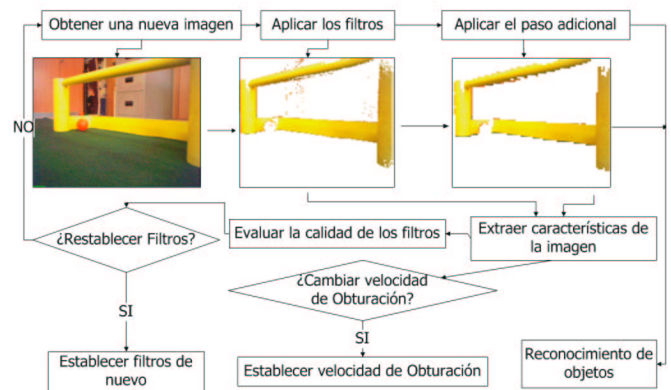


Fig. 5. Algoritmo de procesamiento de la imagen

de los filtros se realiza siempre que una imagen se capturada, pero se puede realizar una aproximación con un menor número de comprobaciones por segundo, dado que si conocemos que las condiciones del entorno no son demasiado variables, una o dos evaluaciones por segundo podrían ser suficientes.

## VIII. EXPERIMENTOS

Con el objetivo de evaluar el algoritmo desarrollado se realizaron diversos experimentos sobre el entorno explicado en la sección II. El sistema anterior de Visión fue usado principalmente para realizar el reconocimiento de las marcas del campo y otros elementos (la pelota, oponentes) y obtener la información necesaria para el proceso de autocalización. Una forma sencilla de evaluar el sistema desarrollado consistió en comparar el proceso de autocalización obtenido con el anterior sistema de Visión. A pesar de contar con un proceso formal para realizar el proceso de autocalización (Markov en nuestro caso), las pruebas se realizaron usando únicamente la información obtenida con Visión. La pose del robot se corresponde con la posición y orientación del mismo ( $x, y, \theta$ ).

### A. Entorno

Las pruebas fueron realizadas dentro de un entorno Robocup, con el césped, balizas y porterías oficiales, y todos los experimentos se realizaron con robots AIBO, equipados con cámaras de visión y tarjetas de red inalámbricas. El método de procesamiento de imágenes devuelve una distribución de probabilidad usada para obtener la pose absoluta ( $x, y, \theta$ ) ocupada por el robot. Las pruebas se realizaron sobre el proceso de autocalización, por ser éste módulo uno de los puntos clave en los desarrollos para robots móviles, además de por la gran influencia que poseen los cambios de iluminación en el proceso de autocalización.

### B. Experimento 1

El primer experimento consistió en un recorrido a lo largo del campo de fútbol, el cual puede observarse en la Fig. 6. El mismo recorrido se realizó 6 veces, evaluando las dos configuraciones diferentes (filtros estáticos o dinámicos). Al principio de cada recorrido, los filtros se establecieron de forma óptima en base a la iluminación actual del entorno.



Para realizar la calibración automática, la métrica de bondad para cada filtro se evaluó de forma continua, y cuando su valor rebasó el umbral inferior, los límites del filtro fueron restablecidos. Las condiciones de iluminación fueron cambiadas de forma artificial a lo largo de todos los recorridos, de forma que al llegar al punto etiquetado como 2 en la Fig. 6, la luminosidad aumentó por encima del nivel inicial. Sin embargo, al llegar a la posición etiquetada como 4 en la Fig. 6, la luminosidad descendió a unos valores inferiores a los iniciales, para mantenerse así hasta el final del recorrido.

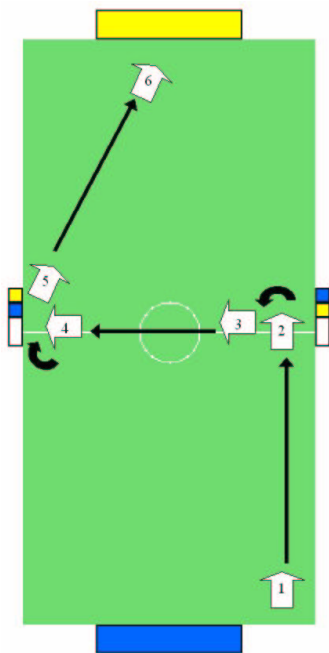


Fig. 6. Recorrido del robot para el experimento 1

La Fig. 7 muestra las diferentes condiciones de iluminación, donde la imagen superior de la izquierda se obtuvo con las condiciones mantenidas entre las situaciones 1 y 2. La imagen superior de la derecha muestra las condiciones entre los puntos 2 y 4, y finalmente, la imagen inferior muestra las condiciones mantenidas desde el paso 4 hasta el final del experimento. Como puede observarse, las condiciones iniciales de iluminación se encuentran en un punto intermedio de luminosidad entre las otras dos condiciones, por lo que para un establecimiento estático de los filtros, la mejor selección se corresponde con la selección inicial realizada.

La diferencia entre la pose estimada se almacenó mientras el experimento fue llevado a cabo, con el objetivo de evaluar el proceso de autocalización. El recorrido se realizó tres veces con filtros estáticos y otras tres con filtros dinámicos. La tabla I muestra el error medio obtenido tanto para la estimación del ángulo como para la posición.

Puede observarse como el uso de filtros dinámicos reduce el error para la estimación de la posición en un 16.06% y para el ángulo en un 12.29%.



Fig. 7. Imágenes tomadas con las diferentes condiciones de iluminación

TABLE I  
ERROR MEDIO PARA LA POSICIÓN Y ORIENTACIÓN EN EL EXPERIMENTO 1

Configuración	Media	SD	Configuración	Media	SD
Estática	90.57	51.44	Estática	37.02	38.63
Dinámica	73.30	44.00	Dinámica	32.47	37.44
Error de posición (cm)			Error de ángulo (grados)		

### C. Experimento 2

El segundo experimento se realizó en unas condiciones extremas de iluminación, altamente variables. Partiendo de unas pobres condiciones de iluminación, con una luminosidad muy pobre, la luminosidad del entorno incrementó a medida que el experimento fue realizándose. Las diferencias de iluminación se pueden observar en la figura 8, donde las imágenes de la izquierda se corresponden a las imágenes capturadas con una velocidad de obturación rápida, y las de la derecha a las capturadas con una velocidad de obturación media. Las imágenes superiores son tomadas con la mayor luminosidad, las del medio con luminosidad media y las imágenes inferiores con los valores más bajos de luminosidad.

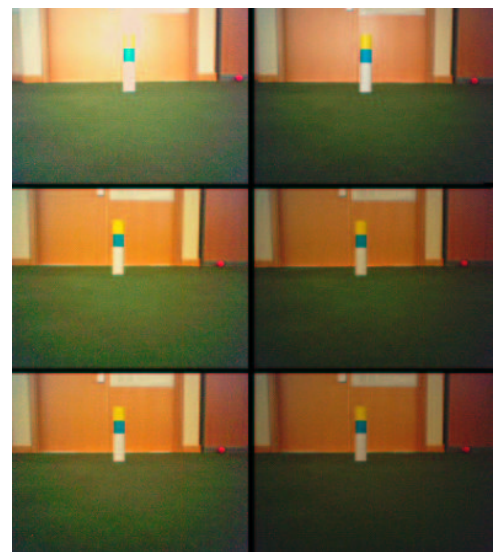


Fig. 8. Imágenes tomadas con diferentes condiciones de iluminación y velocidades de obturación

La velocidad de obturación se estableció de forma dinámica a lo largo del experimento, estableciendo su valor en base

al valor medio de la componente  $Y$  de la distribución de píxeles devuelta por el filtro de césped. La figura 9 muestra el recorrido realizado por el robot a lo largo del experimento, el cual fue repetido para cada una de las condiciones de iluminación, de forma que cada ejecución del experimento consistió en tres recorridos completos entre la baliza derecha e izquierda. De forma análoga al primer experimento, se almacenó la posición real y estimada mientras el experimento fue llevado a cabo. Los cambios de iluminación se realizaron en los momentos etiquetados como 3 y 5.

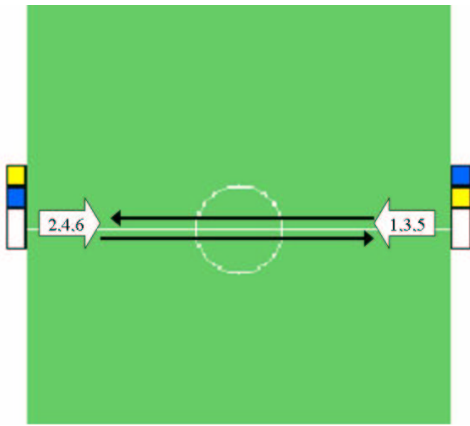


Fig. 9. Recorrido del robot para el experimento 2

La tabla II muestra los resultados obtenidos, donde el error que se obtuvo con la selección estática de filtros descendió en un 15.45%.

TABLE II  
ERROR MEDIO PARA LA POSICIÓN EN EL EXPERIMENTO 2

Configuración	Media	SD
Estática	53.07	28.37
Dinámica	44.87	25.09

Para un análisis más profundo, los resultados se dividieron en tres conjuntos de datos, cada uno para las tres diferentes condiciones de iluminación y los tres recorridos. Estos mini recorridos fueron nombrados como 1a para el recorrido entre las posiciones 1 y 3, 1b para el recorrido entre 3 y 5 y 1c para el recorrido final. Como se puede observar, para la configuración estática de filtros, el error medio aumenta entre los recorridos 1a y 1b y entre los recorridos 1b y 1c. Para la configuración dinámica, el error solamente aumenta de forma notoria en el recorrido 1c, donde la detección de objetos se dificulta por las condiciones extremas.

TABLE III  
ERROR MEDIO Y VARIACIÓN PARA LOS DISTINTOS RECORRIDOS DEL EXPERIMENTO 2

Configuración	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Estática	45.95	26.58	51.82	28.90	61.01	26.86
Dinámica	41.62	21.44	40.71	23.60	50.76	30.10
Variación (%)	10.4	19.34	21.44	18.34	16.80	-12.07
	Recorrido 1a		Recorrido 1b		Recorrido 1c	

Las mejoras obtenidas para los recorridos 1b y 1c (18.34 y 16.80) son superiores a las obtenidas para el recorrido 1a (10.4), dado que durante el primer recorrido se mantuvieron las mismas condiciones de iluminación y solamente fueron necesarios pequeños cambios en los límites de los filtros, debidos a pequeñas variaciones de luz en las distintas zonas del terreno de juego, obtenidas con las mismas condiciones de iluminación.

## IX. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El artículo recoge un nuevo sistema de Visión capaz de trabajar en entornos hostiles con condiciones difíciles de luminosidad, incluyendo cambios de iluminación. El sistema posee una calibración automática de los filtros de color, los cuales son usados para realizar el reconocimiento de objetos. Esta calibración se realiza únicamente cuando es necesaria, para lo cual usamos una métrica de bondad que en todo momento recoge la calidad de los filtros establecidos. De acuerdo a los resultados obtenidos, la propuesta mejora el sistema anterior de Visión y le permite trabajar con entornos más hostiles de forma eficiente. Como trabajo futuro, se ha propuesto mejorar las técnicas utilizadas para tener en cuenta la mayor cantidad de información posible de una imagen a la hora de establecer los filtros de forma dinámica. Además, también se ha planteado trabajar con otros espacios de color, como YUV, así como utilizar métodos formales, utilizando técnicas de aprendizaje automático. Otros entornos más complicados y aplicaciones del módulo de Visión distintas a la autocalibración serán estudiados también.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Consejería de Educación y Ciencia) y los fondos FEDER mediante los proyectos PCI08-0048-8577 y PBI-0210-7127.

## REFERENCES

- [1] T. Rofer, R. Brunn, I. Dahm, M. Hebbel, J. Hoffmann, M. Jungel, T. Laue, M. Lotzsch, W. Nistico, and M. Spranger, "GermanTeam 2004," *Team Report RoboCup*, 2004.
- [2] H. Kitano, S. Tadokoro, I. Noda, H. Matsubara, T. Takahashi, A. Shinjou, and S. Shimada, "RoboCup Rescue: search and rescue in large-scale disasters as adomain for autonomous agents research," *Systems, Man, and Cybernetics, 1999. IEEE SMC'99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on*, vol. 6, 1999.
- [3] J. Borenstein, H. Everest, and L. Feng, *Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning*, 1996.
- [4] Z. Wasik and A. Saffiotti, "Robust color segmentation for the robocup domain," *Pattern Recognition, Proc. of the Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 2, pp. 651-654, 2002.
- [5] B. Horn, *Robot Vision*. MIT Press, 1986.
- [6] R. T. Committee, "Robocup four-legged league rule book," RoboCup Technical Committee, Tech. Rep., 2007.
- [7] J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, and J. F. Hughes, *Computer graphics: principles and practice*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1990.
- [8] D. Farrington, "Method and apparatus for compensating for shutter speed variations," Oct. 26 1994, eP Patent 0,438,045.