

# Documento técnico EUROBOT 2007 - Robot Mr. Proper

Arcos Moreno, Rubén – Arroyo Sierra, Sergio – Baliñas Santos, Javier – Díaz Collazo, Adrián  
Inglés Garcés, Mario – Salazar Arcucci, Marcelo – Salazar Arcucci, Diego

## 1. Resumen

Este documento detalla tanto el trabajo realizado por el equipo CALCE-TEAM como el funcionamiento de los diversos dispositivos de un robot presentado para la prueba de Eurobot Open 2007 (Ver referencias [3]), prueba en la que dicho robot ha de reciclar latas, pilas, y botellas. Este documento se ha dividido en tres partes (mecánica, electrónica y programación) para lograr una mayor claridad con un gran detalle de las distintas partes.

## 2. Diseño Mecánico

Todo el diseño de mecanismos tanto internos como externos se ha diseñado íntegramente con Catia (Ver imágenes 1 y 2) con lo que hemos conseguido ahorrar mucho tiempo a la hora de construir ya que hemos previsto muchos problemas que podíamos llegar a tener.

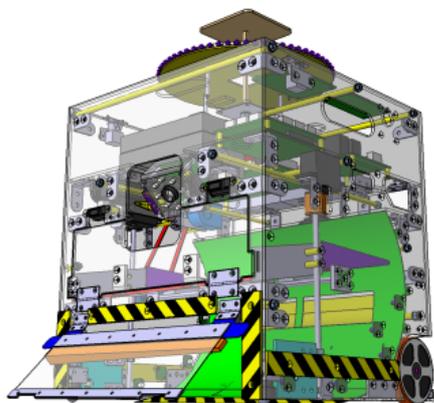


Figura 1. Robot diseñado con Catia Dassault Systems

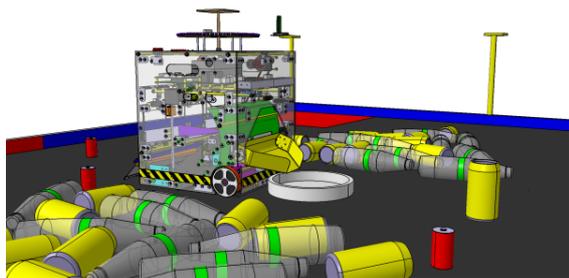


Figura 2. Robot en el campo de juego

### 2.1. Sistema de tracción

Nuestro robot está impulsado por dos motores paso a paso STEP-SYN 103H71024-1041 (Ver imagen 3), con unas ruedas de 70 mm de diámetro, lo cual hace que tengamos suficiente par para poder moverlo y también conseguimos una buena velocidad. Al usar motores paso a paso no solo estamos evitando el uso de encoders sino que también estamos reduciendo la complejidad de la programación del control de dichos motores.



Figura 3. Motor STEP-SYN 103H7124-0740

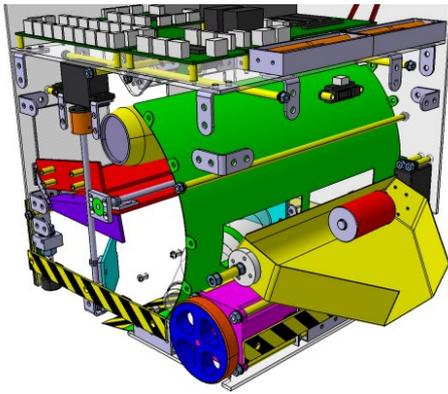
### 2.2. Mecanismo de pala central

Este es el mecanismo que se encarga de elevar los distintos componentes (Latas, botellas, y pilas) y clasificarlas adecuadamente, para ello se ha colocado en su parte lateral una polea de gran diámetro, guiada con un sistema de correa a otra polea motriz mas pequeña, el motor que mueve dicho mecanismo consta de una caja reductora de 1:18, lo que quiere decir que aplicando esta reducción y la de las poleas el motor tiene que dar aproximadamente 23 vueltas para que la pala de un giro de 180 grados, todo esto se traduce en poca velocidad y en un gran par, necesario para levantar los residuos anteriormente comentados. Para separar las pilas del resto de elementos se ha colocado en el tambor una especie de ventana por la cual cuando pasan las pilas por esa posición caen hacia un tobogán trasero que se explicará mas adelante.

### 2.3. Mecanismo de tobogán trasero

Este mecanismo es el encargado, mediante un servo-motor Futaba S3003, de tirar las pilas en la cuba para dicho propósito, una vez detectada la pila dentro del tobogán y activada

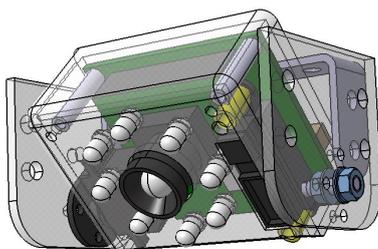
la señal del servo, se girará hacia atrás dejando rodar la pila y consiguiendo encestarla (Ver figura 4). Este mecanismo está pensado para que sólo pueda entrar una pila por vez, ya que si intentamos meter mas corremos riesgo de que no pasen y se vallan a la otra bandeja.



**Figura 4. Tobogán trasero.**

## 2.4. Mecanismo de CMU-CAM

Con este mecanismo se pretende rentabilizar el uso de la CMU-CAM, es decir que nos sirva para detectar colores tanto en el campo (fuera del robot) como dentro del robot (latas o botellas que se encuentren en la bandeja). Esta camara se ha colocado sobre una carcasa de metacrilato que tiene en su parte lateral un microservo-motor futaba S3110 que puede hacer que la camara gire unos 45 grados y nos detecte los diferentes colores tanto dentro como fuera del robot (Ver figura ??).



**Figura 5. Mecanismo de CMU-CAM**

## 2.5. Mecanismo tapa delantera

Este mecanismo se activa una vez que se detecta que nos encontramos frente a la papelera en la que debemos tirar el residuo, incorpora unas aletas para que no caigan dos objetos seguidos, lo que indica que el último en caer sería detectado. Para la apertura de esta tapa se ha utilizado un servomotor Futaba S3003 y un dos palancas unidas por un sedal de nylon.

## 3. Diseño Electrónico

### 3.1. AlcaDsPIC

Esta placa (Ver figura 6 y referencia [4]) es el cerebro de nuestro invento, diseñada para el taller de robótica que organiza cada año en la Campus Party el Departamento de Electrónica (Ver referencias [1]) de la Universidad de Alcalá (Ver referencias [2]), tiene las siguientes características (Ver referencia [4]):

- Procesador dsPIC30F6010A de la familia dsPIC de Microchip.
- 4 Leds configurables por el usuario.
- 4 microinterruptores que sirven como entradas digitales de selección para el usuario.
- 1 potenciómetro conectado a una entrada analógica utilizable por el usuario.
- 2 Puertos serie de propósito general, uno de ellos se utiliza para programar el microcontrolador mediante un Bootloader previamente cargado, una vez programado conectaremos uno de los puertos serie al sistema de balizas y el otro al sistema de identificación de colores (CMU-CAM)..
- Módulo de detección de señales de encoder en cuadratura con un contador interno de 16 bits, el cual nosotros lo usaremos para saber la posición a la que se encuentra la pala.
- 1 conector pensado para conectar un display LCD de 16x2 caracteres cuyos pines también se pueden utilizar para entrada de captura y puertos de entrada/salida digital
- 1 conector para conectar la tarjeta ALCAdSPIC a la tarjeta de potencia ALCAdriver que incluyen 8 líneas de salida PWM, 4 de adquisición de datos analógicos y 4 auxiliares.
- 1 conector I2C para comunicarse con otros dispositivos que utilicen la misma interfaz.
- 6 conectores para conectar 6 servomotores de radio-control
- Varios conectores de propósito general



**Figura 6. AlcaDsPIC**

### 3.2. AlcaDriver

En esta tarjeta se encuentran todos los recursos de potencia para controlar motores y otros dispositivos externos como relés, contactores, solenoides, etc (Ver figura 7 y referencia [4]). También se ha incorporado un reductor de tensión para alimentar a servomotores de radiocontrol a diferentes tensiones. Se pueden destacar las siguientes características de la tarjeta ALCAdriver:

- 4 puentes en H realizado con parejas de transistores unipolares discretos (MOSFET) capaces de soportar hasta 4A de corriente en régimen permanente y hasta 20A de pico cada uno con medida de corriente independiente de cada puente. Con cada puente en H se puede controlar un motor de continua en velocidad y sentido y dos motores de continúa en sólo velocidad. Además esta disponible la posibilidad de conectar varios puentes en H en paralelo, con lo cual se pueden obtener diferentes configuraciones para el correcto funcionamiento de estos, son atacados mediante un driver (TC4427). Nosotros utilizaremos 2 puentes en H para cada motor paso a paso.
- 4 salidas digitales en colector abierto con capacidad de absorber hasta 200 mA, cada una pensadas para conectar externamente relés o contactores, aquí es donde conectaremos el motor que mueve la para para recolectar mareriales.
- Un reductor de tensión de alimentación configurable basado en diodos en serie para alimentar a servomotores de radio-control, aquí es donde conectaremos la mayoría de los servos para mover los diversos mecanismos.

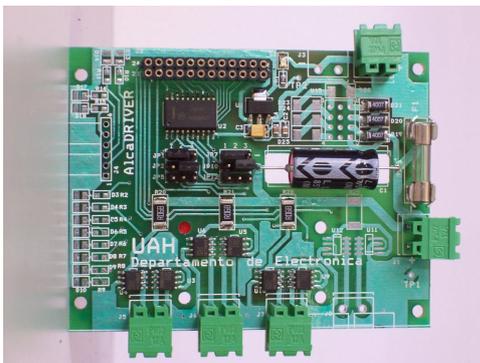


Figura 7. AlcaDriver

### 3.3. Sistema de balizas

El siguiente sistema hardware se compone de las siguientes partes (Ver referencias [6]):

- Sensor infrarrojo (agrupado en una corona) (Ver figura 8 y referencia [7]), se compone de 64 diodos que funcionan como receptores de infrarrojos, y que se disponen en círculo, proporcionando una resolución física al

sistema de 5.625°. El sensor, el cual va situado sobre una plataforma móvil, nos proporciona la medida de la intensidad de las balizas en un rango de 360°, y nos da la información del ángulo en que percibe la máxima tensión de cada una de las balizas, y realiza la transferencia de esa información por medio del RS-232 al dispositivo que se encarga de procesarla, ya sea el microcontrolador, un PC empujado, etc.

- Una red compuesta de un máximo de 4 balizas activas las cuales son controladas por 4 AlcaCNY (Ver figura 9 y referencia [7]) La tarjeta de sensores está pensada para ser usada como sistema sensorial de robots velocistas y seguidores de líneas (rastreadores). Incluye 10 sensores de infrarrojos reflectivos CNY70 y un microcontrolador PIC 18F44J10 que realiza las medidas de reflexión de forma analógica.

Como balizas emisoras colocadas en el campo de juego y en el robot oponente colocaremos diodos led emisores granpinados a los bornes de los CNY70's, con ello conseguimos que cada una de las balizas emita una señal que porta información característica, emitiendo en cada baliza a una señal PWM de determinada frecuencia, esto nos sirve para desde la corona receptora sepa que baliza está emitiendo, dicha señal PWM permite que todas y cada una de las balizas emitan a la misma potencia, debido a que el tiempo en alto durante el cual se alimenta a los diodos es el mismo para todos.. La citada excitación aprovecha la intensidad que irradia, y que es capaz de emitir el diodo cuando se le ha polarizado con corrientes elevadas de aproximadamente 1 A, y al menos durante un corto periodo de tiempo, unos 100  $\mu$ s y todo esto manteniendo un consumo aceptable. La frecuencia a la que emite las balizas se mueve en un rango de 4 a 7 KHz.

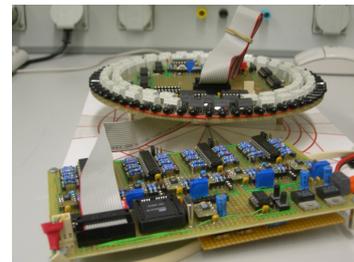


Figura 8. Baliza receptora

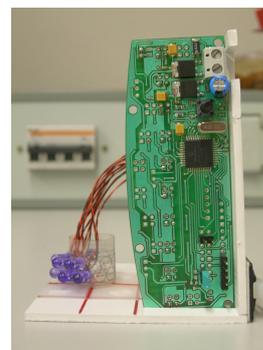


Figura 9. Balizas emisoras

### 3.4. Sistemas sensoriales

#### 3.4.1. Sensor óptico CMU-CAM

Para detectar y diferenciar colores dentro y fuera del robot se va a utilizar una cámara CMOS de bajo coste y buen rendimiento (Ver figura 10)), esta cámara es capaz de:

- Comunicarse (recibir comandos y devolver información) utiliza el estándar RS-232.
- Analizar 17 tramas por segundo.
- Determinar la posición de un color o forma según su color o brillo.
- Separar el nivel de color de una imagen (RGB).
- Detectar y seguir el primer objeto que vea.
- Puede controlar, a través de generadores de PWM internos, 5 servomotores.
- Volcar la imagen completa por el puerto serie (aunque este proceso tarda un par de segundos).
- Enviar el mapa de bits de una imagen mostrando la forma del objeto a seguir.

Cuando la cámara esté orientada hacia la parte interior del robot se encenderán unos LED's blancos para compensar la diferencia de luz que pueda haber, y así poder ayudar a la cámara a distinguir colores en la parte interna del robot.

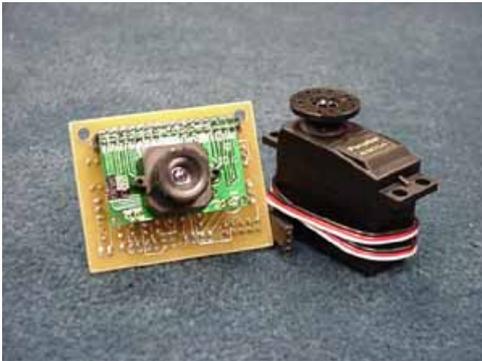


Figura 10. CMU-CAM

#### 3.4.2. Sensor de distancia GP2D120

Aunque la utilización de estos sensores de momento está pensado como una posible ampliación, su utilización está pensada para detectar al robot oponente y para detectar la presencia de latas o botellas en la bandeja principal.



Figura 11. GP2D12

#### 3.4.3. Sistema sensorial de detección de contacto

Este sistema, implementado en la parte de contacto exterior e interior, se basa en un circuito alimentado a 5V, y con un chip integrado LM317-T092 (Ver referencias [5] y esquema 13), que proporciona al circuito 20 mA de intensidad. A su vez el circuito consta de cuatro resistencias con micropulsadores en paralelo (Ver figura 12), a cada una de las cuales se le ha asignado una cierta posición a nivel bit, así, habiendo cuatro resistencias, R1, R2, R3, R4.

Realizando la activación de un pulsador que lleva asignada cada resistencia, conseguimos que en función del peso de cada combinación hallemos, multiplicando este numero por el de la tensión de 5V, y dividiéndolo por la cantidad de combinaciones que se pueden dar, quitando el 0, nos da un valor de tensión, según que resistencia cortocircuitemos (sus bornas).

Aplicando la ley de Ohm y teniendo la tensión que pasa por cada resistencia, y la corriente constante en el circuito, nos da un valor necesario de resistencia para que funcione bien el circuito, independientemente de que resistencia pulsemos.



Figura 12. Micropulsador

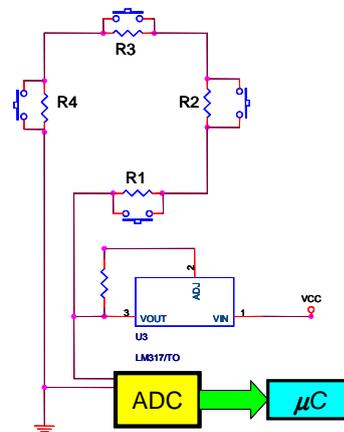


Figura 13. Circuito del sistema sensorial por bumpers

### 3.5. Sistema de alimentación

El sistema de alimentación es el encargado de fijar la tensión de funcionamiento del sistema. Para alimentar todos estos sistemas se utilizan 2 baterías de plomo de 12v y 3,3 A/h, posteriormente a esto se encuentran los reguladores que se encargan de bajar la tensión a 7,2 v que es la tensión de entrada de las tarjetas de inteligencia. La tarjeta central trabaja

a una tensión de alimentación de 5 V, mediante el regulador LM1117/5V podemos alimentar la tarjeta en un rango de 6 a 12 v, y será este regulador el que se encargue de fijar los 5v. En cuanto a la Alcadriver tendremos que alimentarla a 6v, ya que nos interesará sobrealimentar los motores paso a paso con una señal PWM para obtener mas par (los motores admiten una tensión aproximada de 4v). En cuanto a los servomotores deben ir alimentados a un máximo de 6 v. Las balizas emisoras han de llevar su propia alimentación, ya que son externas al robot, estas se alimentan a 7,2 voltios, mientras que el sistema central de recepción (corona) se alimenta con 12v. El puente en H del motor de la pala ha de alimentarse a 12 voltios ya que requiere un gran par.

#### 4. Diseño Software

La programación a implementar se realizara por medio de máquinas de estados, con el fin de hacer una programación rápida y fluida, sin tener que estar esperando un suceso alguno, sino que si este no encuentra dicho suceso, se pasará a la siguiente instrucción. Cuando todas las máquinas de estados se hayan controlado se volverán a repetir todas las máquinas (Ver esquema 14).



Figura 14. Esquema general de las máquinas de estado

En cuanto a la comunicación de las distintas máquinas de estado se emplean variables globales.

#### 5. Sistema de posicionamiento

##### 5.1. Medida de ángulos

Es una de las aplicaciones de nuestro sistema de posicionamiento, esta se basa en que tras la emisión de las balizas

recoge y analiza la señal que ha sido enviada por éstas, basándose para calcular el ángulo en un mínimo de dos focos y un máximo de tres. Partiendo del caso en que la corona debe detectar tres focos emisores, y mediante los tres ángulos que se crean se sepa posicionarse, existe el caso en que el robot solo pueda ver dos focos, aquí surgiría un problema, ya que no sabríamos la posición exacta del robot en el terreno de juego. Es aquí, donde entra el método de distancias.

##### 5.2. Medida de distancias

Se basa en calcular la relación que se crea entre la potencia de luz infrarroja que detecta el receptor, con la distancia a la que se encuentra el emisor del receptor. Esto ve su utilidad claramente reflejada en el caso anterior, en que solo detectaba la corona dos emisores, y no sabía posicionarse, para solventar esto, este método complementa al anterior, en que se median los ángulos, y teniendo un ángulo, y la distancia a la que se encuentra al menos un emisor, de un receptor, ya sabemos donde se encuentra nuestro robot, además, esto se puede completar, si hubiera problemas, con el sistema de posicionamiento por odometría.

##### 5.3. Odometría

La posición del robot respecto a un sistema de referencia inicial es uno de los parámetros más importantes de los que debe disponer un robot móvil.

Se conoce como “odometría” a las técnicas de posicionamiento que emplean información de sensores para obtener una aproximación de la posición real a la que se encuentra un sistema móvil, en un determinado instante, respecto a un sistema de referencia inicial.

Son suficientes tres parámetros (X, Y,  $\theta$ ) para conocer la posición de un sistema móvil: posición respecto al eje "x", respecto al eje "y" ángulo respecto al eje "x" (Ver figura 15).

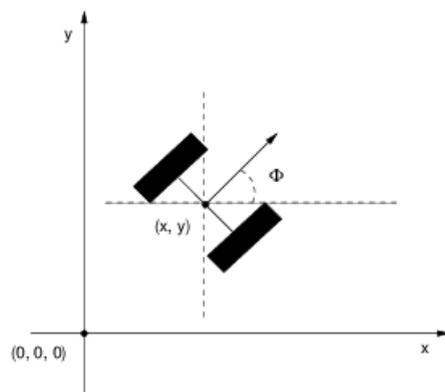


Figura 15. Esquema de representación de la odometría.

El robot es capaz de conocer su posición actual a partir de la distancia recorrida por cada una de sus ruedas. Para ello, accede regularmente a las lecturas de los encoders (en nuestro caso, como no utilizaremos encoders, tomaremos como

referencia la cantidad de pasos que ha girado el motor) para determinar cuál ha sido el desplazamiento lineal de cada una de las ruedas. Posteriormente, mediante el empleo de una aproximación trigonométrica y conociendo la posición anterior, puede calcular una aproximación a la nueva posición actual real.

## 6. Agradecimientos

Como es de esperar un proyecto de esta envergadura solo puede ser realizado con el esfuerzo de mucha gente, entre la cual queremos destacar y agradecer a José Salazar Pérez (Syamatic) por la fabricación de piezas y consejos, a Julio Pastor Mendoza por su buena disposición, su interés por el proyecto y la organización del equipo, al Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá por brindarnos un lugar donde poder trabajar. También queremos agradecer a todos los que han ayudado de forma desinteresada en el desarrollo de este proyecto.

## Referencias

- [1] Página web del Departamento de Electrónica  
[www.depeca.uah.es](http://www.depeca.uah.es) 2
- [2] Página web de la Universidad de Alcalá de Henares  
[www.uah.es](http://www.uah.es) 2
- [3] Página web oficial de Eurobot  
[www.eurobot.org](http://www.eurobot.org)  
1
- [4] Página web del kit Speed runner utilizado en nuestro robot, las características tanto librerías de funciones, característica de placas como de sus componentes han sido copiadas total y/o parcialmente de los documentos originales contenidos en dicha página.  
<http://www.depeca.uah.es/alcabot/campusparty2006/> 2, 3
- [5] Página web en la que podemos encontrar las hojas de datos del componente LM117  
[www.national.com/ds/LM/LM117.pdf](http://www.national.com/ds/LM/LM117.pdf)  
4
- [6] Documento redactado por Julio Pastor y Javier Baliñas, en el que se muestran las especificaciones del sistema de posicionamiento.  
<http://www.depeca.uah.es/docencia/LibreEleccion/IDMRM/repositorio/SistemaBalizasElectrococo.pdf> 3
- [7] Trabajo de fin de Carrera de Javier Baliñas Santos 2006, Sistema de posicionamiento basado en triangulación y trilateración. 3