

CAPÍTULO VI

SISTEMA DE PATEO

6.1 Introducción

El fin de este sistema es impulsar la bola lejos del robot que tenga posesión de la misma. En el juego de fútbol para robots esta habilidad es muy importante; sirve para hacer pases, tiros a gol, saques de esquina y cualquier acción que incluya movimiento de la bola sin un robot. La acción de patear una bola es en tres dimensiones, se puede patear en cualquier dirección sobre el plano horizontal y también se le puede dar una elevación para sobrepasar algún obstáculo como puedes ser un robot contrincante.

6.2 Metas Específicas del Sistema

- Desarrollar dos clases de pateo: terrestre y aéreo, este último que tenga la capacidad de librar un robot de 15 cm de altura a una distancia de 40 cm.
- Variación en la fuerza de pateo, logrando velocidades de hasta 6 m/s.
- Tiros precisos (margen de error pequeño).
- Diseño compacto.

6.3 Idea Inicial

Para que la bola salga disparada rectamente y sin elevación se le tiene que golpear en la parte media de la bola respecto al plano horizontal y vertical. De igual manera, para que un tiro tenga elevación se tiene que bajar el punto de impacto respecto a la horizontal. Una forma de dar elevación a la bola es que la cara del pateador esté parcialmente en ángulo, entonces, cuando se desee un tiro sin elevación se golpea con la cara plana y cuando se desea un tiro aéreo se golpea con la cara en ángulo. En la figura 6.3.1 se muestra el bosquejo de un posible sistema de pateo.

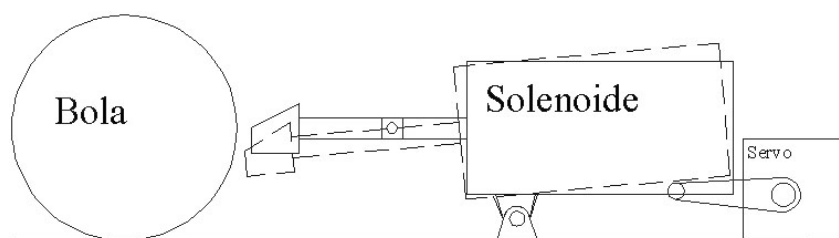


Figura 6.3.1 Sistema de Pateo

Se desea que el golpe con elevación tenga la habilidad de superar un robot de 15 cm de altura a una distancia mínima de 40 cm y que la bola llegue hasta 1.5 m. Esta idea se ilustra en la figura 6.3.2. La velocidad en tiros normales sin elevación ha sido de 5 a 6 m/s así que se desea tener esas velocidades en este sistema. Hay varias formas de dar elevación a la bola. Uno de ellos, ya mencionado, es el golpeador con una cara en ángulo, otra es bajando el mecanismo con el golpeador para que el punto de impacto quede en la mitad inferior de la bola. [29]

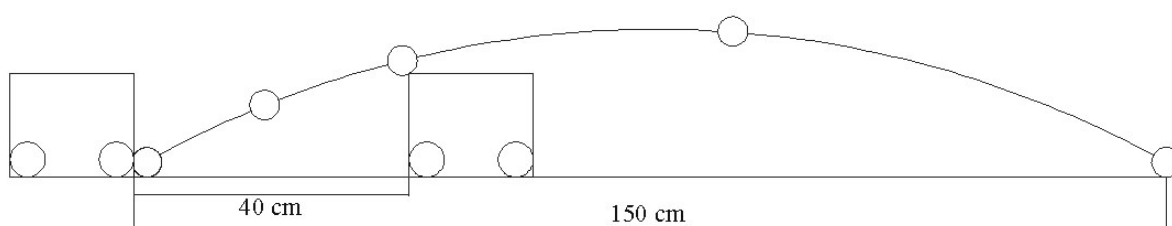


Figura 6.3.2 Alcance del Pateo Aéreo.

Se desea tener un pateador el cual no se flexione con el impacto para que la bola salga en la dirección que se desea. Para esto se está pensando en aluminio ya que es más resistente al impacto que la mayoría de los polímeros y es un metal ligero. [2]

6.4 Configuración

Hay varios mecanismos que se pueden usar para esta aplicación. Uno de ellos puede ser un sistema de elásticos, que al momento de querer patear la bola sueltan los mismos. Otro sistema semejante, que se muestra en la figura 6.4.1, sería con resortes, que al momento de soltar el seguro, el resorte empujaría el pateador.

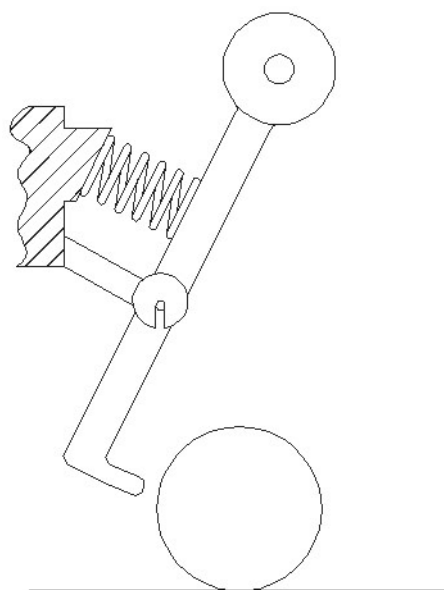


Figura 6.4.1 Sistema de Resorte

Ya que el robot va a cargar consigo baterías para los demás sistemas, también se podría usar un solenoide o motor con una paleta que patee la bola. En la tabla 6.4.1 se presenta la matriz de selección para las propuestas mencionadas. Los criterios que se tomaron en cuenta son: la complejidad del sistema, el número de piezas que tiene el sistema, el tiempo muerto entre tiros consecutivos, el tiempo de respuesta desde que se da la orden de tiro hasta que se patea la bola, la energía requerida por el sistema y el espacio que ocupa el sistema. La escala es de 1 a 4, siendo 4 la mejor aplicación para el criterio evaluado.

Tabla 6.4.1 Matriz de Selección para el Sistema de Pateo.

Criterio \ concepto	Elásticos	Resortes	Solenoide	Motor
Complejidad	2	1	4	3
No. Piezas	3	1	4	2
Tiempo Entre tiros	2	1	4	3
Vel. Respuesta	3	3	4	1
Energía requerida	3	3	1	2
Espacio ocupado	1	3	2	4
TOTAL	14	12	19	15

Entre todas estas opciones el solenoide es el más compacto, simple y eficiente de los sistemas, por lo tanto, obtuvo el mayor puntaje. La forma más sencilla de posicionar un solenoide es alineado con el pateador, pero esto haría al sistema muy largo y podría haber interferencia con el sistema de locomoción. Se analizará la posibilidad de poner el solenoide perpendicular al golpeador, ya sea horizontal o vertical. Pero sería un mecanismo complejo y contribuiría más a la inercia de todo el robot. Una ventaja de poner el solenoide alineado con el pateador es que no necesita una extensión para alcanzar la bola y esto es menos masa a mover.

6.5 Diseño Detallado

6.5.1 Golpe Aéreo

El hacer que la bola se levante del suelo consiste en golpear a ésta en la mitad inferior de la bola. Para lograrlo, como ya se ha mencionado, se puede:

- Tener un pateador con cara en ángulo.
- Inclinar el mecanismo completo en un ángulo preciso.
- Un segundo solenoide para el golpe aéreo.
- Subir y bajar verticalmente el mecanismo completo.
- La cara del pateador que sea la mitad en ángulo y la otra mitad plana

A continuación, en la tabla 6.5.1, se presenta la matriz de decisión para el mecanismo a usar para el golpe aéreo del sistema de pateo. La escala es de 1 a 4, siendo 4 la mejor aplicación para el criterio evaluado.

Tener un pateador con cara en ángulo no resuelve por completo el tener dos formas de tiro. Implementar un segundo solenoide representa más peso y volumen. Inclinar todo el mecanismo para poder golpear la bola en el ángulo deseado representa la forma más sencilla

de cumplir el objetivo. Subir y bajar el mecanismo verticalmente sería lo ideal, sin embargo, es casi lo mismo que inclinarlo solo que requiere un mecanismo más complejo.

Tabla 6.5.1 Matriz de Decisión Para el Golpe Aéreo.

Criterio \ concepto	Cara en ángulo	Inclinación	Subir/bajar	2° solenoide
Complejidad	1	3	1	4
Peso	4	3	2	1
Tiempo Entre tiros	3	2	1	4
Vel. Respuesta	3	3	2	4
Precisión y Exactitud	2	4	4	2
Espacio ocupado	4	3	2	1
TOTAL	17	18	12	16

6.5.2 Diferencia Longitudes de Pateo

Se desea que la longitud de pateo (desplazamiento del pateador) sea la más corta para que ocupe el menor espacio posible, pero esto dependerá principalmente del solenoide. Algo más que se debe de tomar en cuenta son los distintos puntos de impacto que se tiene. Como es una esfera lo que se está golpeando, mientras el golpe se desplace del centro la longitud necesaria para golpear la pelota será mayor.

Pruebas físicas realizadas por equipos participantes [29], muestran que si el pateador golpea la bola cerca al suelo, la bola solo saltará sin tener gran elevación ni avance. Se determinó que para lograr un tiro aéreo satisfactorio la altura mínima es de 0.5 pulg. (12.7mm) respecto al suelo.

Ya que el sistema cuenta con dos tipos de pateo el mecanismo tiene dos trayectorias. Una para el pateo terrestre, en la cual, todo el mecanismo está en posición horizontal. Y para el tiro aéreo, el cual, le da una inclinación a todo el mecanismo. Lo que son el eje del solenoide y el pateador, siempre se mueven en la misma dirección respecto al mecanismo. El servomotor es el encargado de posicionar el mecanismo en el ángulo correcto para el tiro aéreo. Este

posicionamiento se podría lograr con otro solenoide, el cual tendría una respuesta más rápida. Sin embargo, al usar un servomotor se cuenta con la posibilidad de variar el ángulo de inclinación, el cual, facilita la calibración del mecanismo para un tiro óptimo. Así que en teoría, con el servomotor se cuenta con una infinidad de trayectorias. El número de trayectorias posibles están determinadas por la precisión del servomotor. Cabe destacar que el sistema de pateo, patea en una sola dirección. La parte frontal del robot tiene que estar apuntando hacia donde quiere tirar.

6.5.3 Análisis de Fuerzas

Se requiere un análisis de fuerzas para entender el funcionamiento del sistema. Un modelo matemático del sistema de pateo, donde se asume que el golpe es instantáneo, en lugar de que el pateador empuje a la bola. En la figura 6.5.3.1 se muestra el diagrama de cuerpo libre.

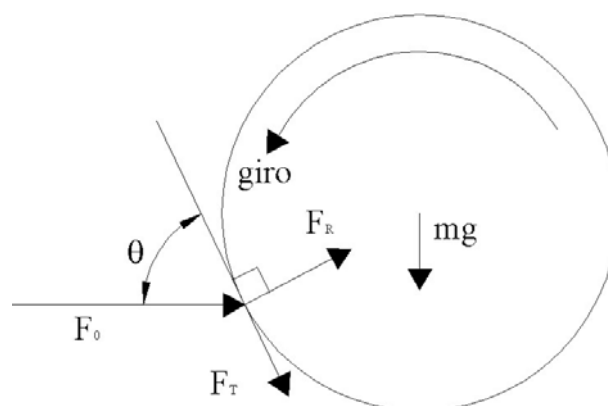


Figura 6.5.3.1 Diagrama de Cuerpo Libre de la Bola

Donde F_0 es la fuerza con la que el pateador golpea la bola, F_R y F_T son vectores resultantes, “ mg ” es la masa de la bola multiplicada por la gravedad y “ θ ” es el ángulo de la fuerza F_0 respecto a la tangente de la bola en el punto de impacto. Analizando el diagrama de cuerpo libre, al momento del impacto se crean dos vectores resultantes, F_R y F_T . El vector F_R es perpendicular a la superficie de impacto y es el responsable de dar empuje y elevación a la bola. Su magnitud y dirección están ligadas al ángulo de contacto “ θ ”. Cuando el ángulo se

reduce, el vector F_R disminuye y el vector F_T aumenta. Este último, es tangencial respecto a la superficie de impacto y apunta hacia el suelo por dos razones. Primero, se está golpeando la bola en la parte inferior; y segundo, se asume que la bola gira en contra de las manecillas del reloj, ya que está siendo manipulada por el sistema de control de bola, el cual se explica en el capítulo 5. El efecto que tiene este vector sobre la bola es que aumenta la velocidad de giro de la misma. No existen vectores entre el suelo y la bola ya que se está analizando un golpe aéreo y se da por hecho que las fuerzas actúan instantáneamente. Por ende, la bola se eleva del suelo al momento del impacto. Para estimar la fuerza del pateador se usa la siguiente ecuación:

$$f = \frac{v * m}{t} \quad [6.5.3.4]$$

“ m ” es la masa, [kg]

“ v ” es la velocidad, [m/s]

“ t ” es el tiempo, [s]

En este caso $m= 0.046$ kg, $v= 6.0$ m/s y $t= 0.1$ s

El resultado es 2.76 N, con dirección de izquierda a derecha por convención como lo muestra la figura 6.5.3.2, sin embargo, la bola se moverá en la misma dirección en la que el pateador se mueva. En realidad el pateador está en contacto con la bola por un periodo relativamente largo, por esto se dice que empuja la bola. En este caso se ilustra en la figura 6.5.3.2.

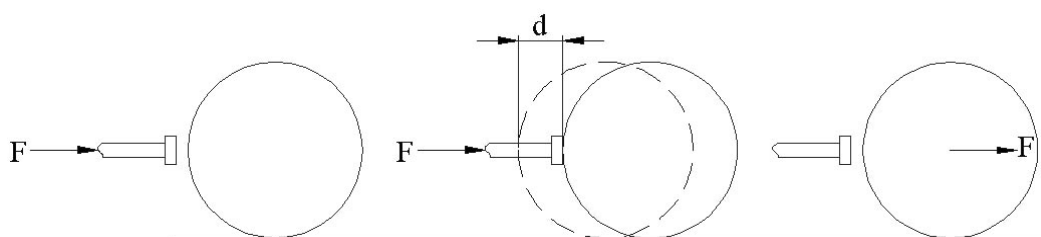


Figura 6.5.3.2 Caso Real del Contacto Entre el Pateador y la Bola

El trabajo realizado en este caso se calcula con la siguiente fórmula:

$$W = F * d$$

$$F = m * a$$
[6.5.3.5]

“*d*” es la distancia, [m]

“*m*” es la masa [kg]

“*a*” es la aceleración [m/s²]

Si se reduce el peso del pateador, también se podrá acelerar mas rápido y por ende obtener mayor fuerza. [2][9]

6.5.4 Selección del Solenoide

El solenoide es el elemento que impulsa al pateador, se busca un solenoide compacto para que pese lo menos posible y ocupe menos espacio, pero sin sacrificar fuerza. El mercado está estandarizado y todos los fabricantes cuentan con los mismos productos en cuestión de dimensiones. Se encuentra BICRON Electronics Company la cual dispone con seis tamaños de solenoides con una amplia gama de fuerzas. Magnetic Sensor Systems cuenta con un mayor número de tamaños y de opciones para cada modelo. Al igual que éstas dos compañías se encuentra Ledex® y Decco® entre otras. El solenoide de 1”dia. x 2” (25.4 dia. x 50.8mm) de cualquier compañía es la primera opción para esta aplicación, ya que entra en el espacio entre los dos motores delanteros de las ruedas. En comparación con el solenoide que le sigue hacia abajo de 0.75” de diámetro (19 mm), que aunque cumple con la fuerza necesaria de 2.76 N, se busca tener la mayor posible. En la tabla 6.5.4.1 se muestran las principales propiedades del mejor candidato de cada compañía. [12][14][18][29][33]

Tabla 6.5.4.1 Solenoides Candidatos

	Bicron	Ledex	Decco	Mag. Sen. Syst.
Dimensiones (pulg.)	1x2.05	1x2	7/8x1.632	1x2
Fuerza (onza)	30	50	24	60
Desplazamiento (pulg.)	0,5	0,5	0,5	0,5
Antirotación del eje	-	si	-	-

El solenoide que se seleccionó es el Ledex® modelo 195207-528 el cual mide 1 pulg. de diámetro y 2 pulg. de largo, la principal razón para seleccionar este solenoide es que cuenta con una cara plana para impedir la rotación del eje. El cual hará que el pateador no necesite un par de guías para mantener su posición correcta. Información más detallada como tablas y gráficas se presentan en el apéndice B tabla 6.

6.5.5 Diseño del Pateador

El diseño del pateador es un punto clave del sistema porque es el elemento que está en contacto directo con la bola. El sistema de control de bola se encargará de mantener a ésta cerca al robot para que el sistema de pateo cumpla su cometido. Otra función que tiene el sistema es centrar la bola para lograr un tiro preciso, sin embargo, se puede presentar el caso en donde el robot tenga que patear la bola de inmediato, y por falta de tiempo no logre centrarla, no obstante, sí tenga contacto con la barra de driblar. Por esta razón, el pateador debe ser lo más largo posible para cubrir la longitud de la barra de driblar, la cual es de 76 mm. Como ya se determinó anteriormente, el sistema consiste en un solo solenoide como medio de propulsión, así que el pateador solo tendrá un soporte. En el diseño se deben tomar en cuenta las fuerzas de impacto, ya que el pateador sufrirá deformación elástica y esto contribuirá negativamente a la exactitud y precisión de los tiros. [2]

Realizando una lluvia de ideas, la primera y más sencilla forma que puede tener el pateador es en forma de “T”, no obstante, como se muestra en la figura 6.5.1 inciso “a”, los brazos de la “T” no tienen soporte alguno y se flexionan negativamente (hacia los extremos). En la figura 6.5.1 se muestra exagerada la flexión, sin embargo, si se presenta y se debe tomar en cuenta.

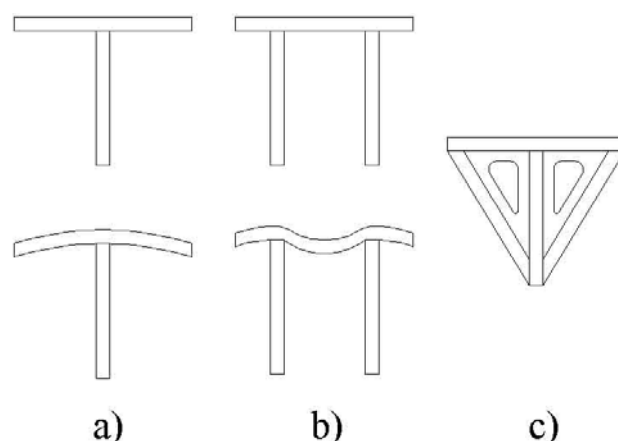


Figura 6.5.1 Ideas de Pateadores

b) en la figura 6.5.1 muestra un pateador con doble soporte, el cual presenta una flexión positiva, la cual significa que la bola se mantiene al centro. c) de la figura 6.5.1, se ve el diseño más rígido de los tres, ya que tiene tres soportes y concentran toda la fuerza en un solo punto. Además de la estructura triangular, del inciso c), se puede implementar un diseño de costilla con membrana, la cual proporcionará aún mayor rigidez. El pateador se sujetará al solenoide mediante un tornillo especificaciones del diseño y sus dimensiones se encuentran en el apéndice C, plano RC-04-01-00. [29]

6.6 Selección de Servomotor

Un servomotor es un dispositivo electromecánico en el cual una entrada eléctrica determina la posición de la armadura de un motor. La función del servo en este sistema es la de posicionar al solenoide en el ángulo correcto para el tiro deseado. Futaba® es de los principales fabricantes de dispositivos de control remoto para la industria del entretenimiento, cuenta con una gran variedad de servomotores. Las cualidades del servo que se requieren para esta aplicación no son demandantes, por que tiene que cargar parcialmente al solenoide y su base, la cual se estima que su masa en conjunto será de 0.250 kg. Por lo tanto, será lo más pequeño

y ligero posible. El Futaba® S3110 Micro de 4.8V, 0.1598 N*m (22.203 oz-in), 7.6gr con dimensiones de 22.8mm x 10.1mm x 20.3mm, será mas que suficiente para el acometido. [19]

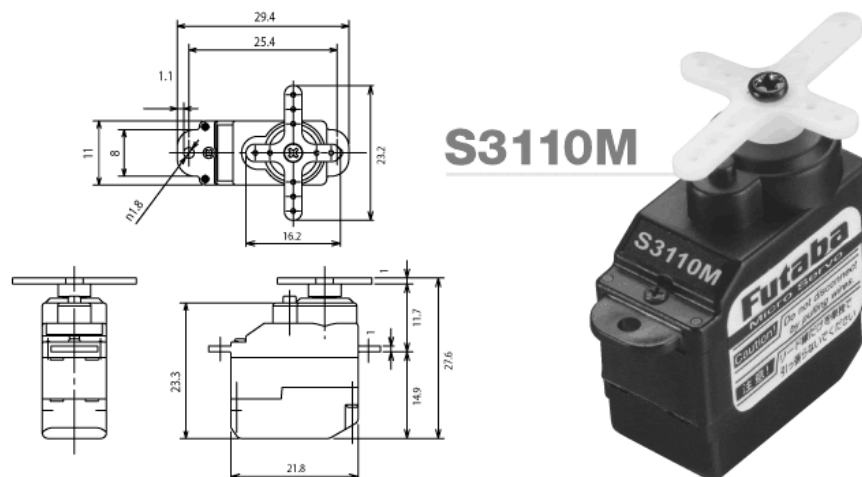


Figura 6.6.1 Servomotor

6.7 Soporte

El solenoide actúa rápidamente y puede alcanzar grandes fuerzas en comparación a su tamaño, por esto, el material del soporte es aluminio 6061-T6, el mismo que el seleccionado para el sistema locomotriz. Otra ventaja de usar aluminio en el soporte es que disipa el calor generado por el solenoide. El soporte está conformado por dos apoyos; el delantero, que tiene un grado de libertad y es el punto de giro para poner en ángulo al solenoide para el tiro aéreo; y el soporte trasero, que está controlado por el brazo del servomotor. Los planos del soporte se presentan en el apéndice C, plano RC-04-02-00. [18]

6.8 Energía y Control del Sistema

El sistema de pateo cuenta con dos elementos eléctricos, el solenoide y el servomotor. Este último, no requiere de ningún sistema eléctrico/electrónico especial para su control, ya que el conector del servomotor tiene dos pins para energía y uno para señal. En cambio, al solenoide se le tiene que diseñar un sistema eléctrico para controlarlo.

El solenoide crea un campo magnético que está relacionado con la cantidad de corriente que pasa a través de su embobinado y el número de vueltas que éste tiene. Por lo tanto, el control está en función de la corriente. La dinámica del sistema es la siguiente. Se manda el comando de patear al microcontrolador (cerebro del robot), se posiciona el servomotor para el tipo de pateo y se manda la señal al circuito del solenoide, que demanda la máxima corriente posible al instante, para lograr el tiro más fuerte posible.

En la figura 6.8.1 se presenta un posible circuito para el solenoide. Los valores, los elementos y el acomodo de los mismos no fueron calculados ni analizados, este diagrama es sólo para dar una idea de como sería el sistema eléctrico. El transformador recibe 15V de las baterías aproximadamente y lo convierte a una fuente de 120V. La resistencia de 150 ohm sirve para asegurar que el transformador esté siempre con corriente. Los dos capacitores de 1.8 mF almacenan energía para ser usada por el solenoide. El interruptor que se muestra en la parte inferior derecha del esquema es realmente un Transistor de Efecto de Campo (FET), que al momento que recibe la señal digital del microcontrolador cierra el circuito. El diodo es tipo “flyback” y su función es la de mantener el voltaje del FET por debajo de 100V, para tener un funcionamiento apropiado. Como se aprecia, el circuito es normalmente abierto.

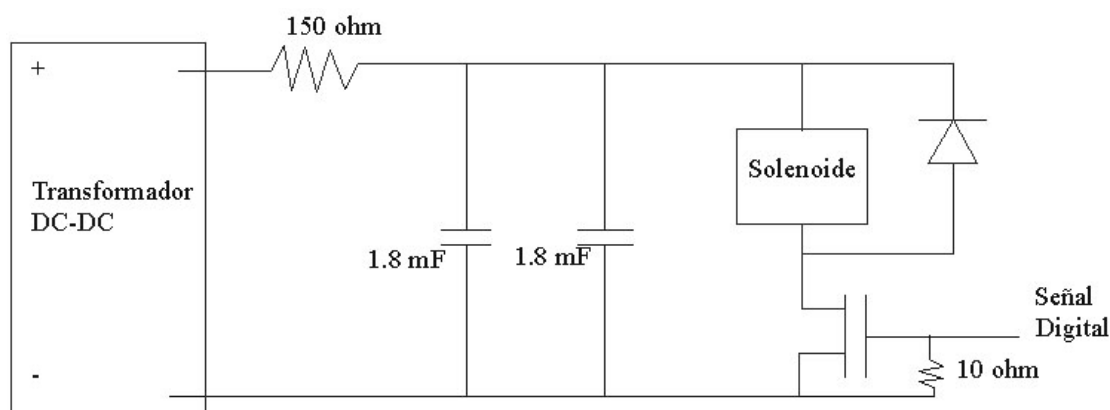


Figura 6.8.1 Circuito del Solenoide

Estimar el consumo de electricidad por parte del sistema de pateo es algo difícil de hacer, ya que es un sistema intermitente. Va a depender mucho del algoritmo que controle al robot, si es un robot delantero es probable que patee más que el portero. Por lo tanto, no se hará ninguna modificación al voltaje y amperaje que usan los demás sistemas, tomando en cuenta la demanda instantánea de corriente de este sistema. [18][29]

6.9 Resumen

El sistema de pateo es relativamente sencillo ya que no cuenta con varios elementos, sin embargo, es un sistema de precisión. La diferencia entre el tiro terrestre y el aéreo es de 11° de inclinación del solenoide aproximadamente, el cual se obtiene mediante la distancia del eje de giro del solenoide y el punto de impacto en la bola para el tiro aéreo. Por lo tanto, la rigidez y las tolerancias del sistema son importantes. Los elementos del sistema se presentan a continuación.

Componentes a comprar.

- 1 solenoide Ledex® modelo 195207-626. (apéndice A, tabla 6)
- 1 servomotor Futaba® S3110 Micro de 4.8V. (apéndice A, tabla 12)
- 4 tornillos allen M3x0.5 10 mm. (apéndice A, tabla 9)

Componentes a manufacturar.

- Pateador de estructura triangular. (apéndice C, plano RC-04-01-00)
- Soporte principal. (apéndice C, plano RC-04-02-00)
- Eje (apéndice C, plano RC-04-05-00)
- Soportes laterales (apéndice C, plano RC-04-03-00 y RC-04-04-00)

6.10 Resumen General del Diseño Detallado

El robot está conformado por tres sistemas. El sistema de locomoción, el sistema de control de bola y el sistema de pateo. Los cuales pueden trabajar independientemente, sin embargo, al trabajar como una unidad, forman un robot capaz de jugar fútbol.

El sistema de locomoción es un sistema de transporte omnidireccional, lo cual quiere decir que tiene dos grados de libertad lineales y uno de rotación. Es un sistema versátil ya que no importa en que dirección el robot esté viendo, éste puede moverse en cualquier dirección. El sistema está compuesto por cuatro ruedas omnidireccionales Transwheel® Cat-Trak®, las cuales están fabricadas con hule sintético para un mejor agarre con el suelo. Cada rueda es impulsada por un motor Maxon® EC45 de 30W, la relación entre el motor y la rueda es de 2.3:1. Este sistema tiene la capacidad de acelerar al robot a 9.8 m/s^2 y alcanzar su velocidad máxima de 4 m/s en aproximadamente 0.4 segundos.

El sistema de control de bola basa su funcionamiento en transmitir una fuerza de giro a la bola mediante fricción, la cual hará que la bola esté siempre en contacto con el robot. El mecanismo consiste en una barra horizontal con una muesca en la parte central para proporcionar dos puntos de apoyo a la bola y así lograr un mejor control. La barra tiene un recubrimiento de elastómero termoplástico Santoprene® para aumentar la fricción entre la barra y la bola al igual que amortiguar impactos. El motor que impulsa la barra es un Maxon® EC-max 16 con un reductor planetario y un juego de engranes para conectar la flecha del reductor con la barra. La velocidad máxima de la barra es de 2,124 rpm.

El sistema de pateo está conformado por un solenoide Ledex® de 1" de diámetro y 2" de largo y cara plana para antirotación del mismo. El pateador es de aluminio, el diseño consiste en una estructura triangular con costillas. El sistema tiene la posibilidad de cambiar el ángulo con el

que pateo la bola. Esto es posible mediante un servomotor Futaba® S3110 Micro de 4.8 V el cual soporta al solenoide por la parte de atrás y lo inclina cuando es necesario.

En la tabla 6.10.1 se enlistan todas las piezas y los componentes que se requieren en el robot.

Todos los planos de las piezas a fabricar se encuentran en el apéndice C y todas las tablas se encuentran en el apéndice A.

Tabla 6.10.1 Lista de Piezas y Componentes

Pieza / Componente	Asignación	Referencia
Sistema Locomotriz		
Soporte derecho	1	RC-02-03-00
Soporte izquierdo	2	RC-02-02-00
Flecha	3	RC-02-01-00
Rodamiento	4	Tabla 5
Engrane piñón	5	Tabla 4
Engrane rueda	6	Tabla 4
Rueda	7	Tabla 8
Motor	8	Tabla 1
Sistema de Control de Bola		
Eje	9	RC-03-01-02
Soporte derecho	10	RC-03-01-02
Soporte izquierdo	11	RC-03-01-04
Soporte motor	12	RC-03-02-01
Soporte Reductor	13	RC-03-02-02
Hule	14	RC-03-01-01
Engrane piñón	15	Tabla 4
Engrane	16	Tabla 4
Anillo retén	17	Tabla 10
Motor	18	Tabla 2
Reductor	19	Tabla 3
Sistema de Pateo		
Soporte	20	RC-04-02-00
Soporte derecho	21	RC-04-03-00
Soporte izquierdo	22	RC-04-04-00
Eje	23	RC-04-05-00

Tabla 6.10.1 (Continuación)

Pateador	24	RC-04-01-00
Solenoides	25	Tabla 6
Servo	26	Tabla 12
Chasis y Piezas Comunes		
Plato inferior	27	RC-01-02-00
Plato intermedio	28	RC-01-03-00
Plato superior	29	RC-01-04-00
Extensión	30	RC-01-01-00
Batería	31	Tabla 11
Tornillo	32	Tabla 9
Pasador	33	Tabla 10

Subsistemas de Ensamble	
Módulo derecho	34
Moódulo izquierdo	35
Barra de driblar	36
Módulo barra	37
Módulo motor	38
Soporte servo	39
Sist. Pateo	40
Parte inferior	41
Cuerpo Robot	42
Robot	43

El control de cada robot, así como del equipo, se puede hacer de varias formas. Existen en el mercado programas para controlar robots y en especial para simularlos. Ejemplo de estos programas es el simulador de Khepera, el cual es un robot móvil de dos ruedas. En la figura 6.10.1 se muestra la pantalla de simulación donde se presenta una vista superior del robot dentro del ambiente y a la derecha se muestra el robot con sus sensores y motores.

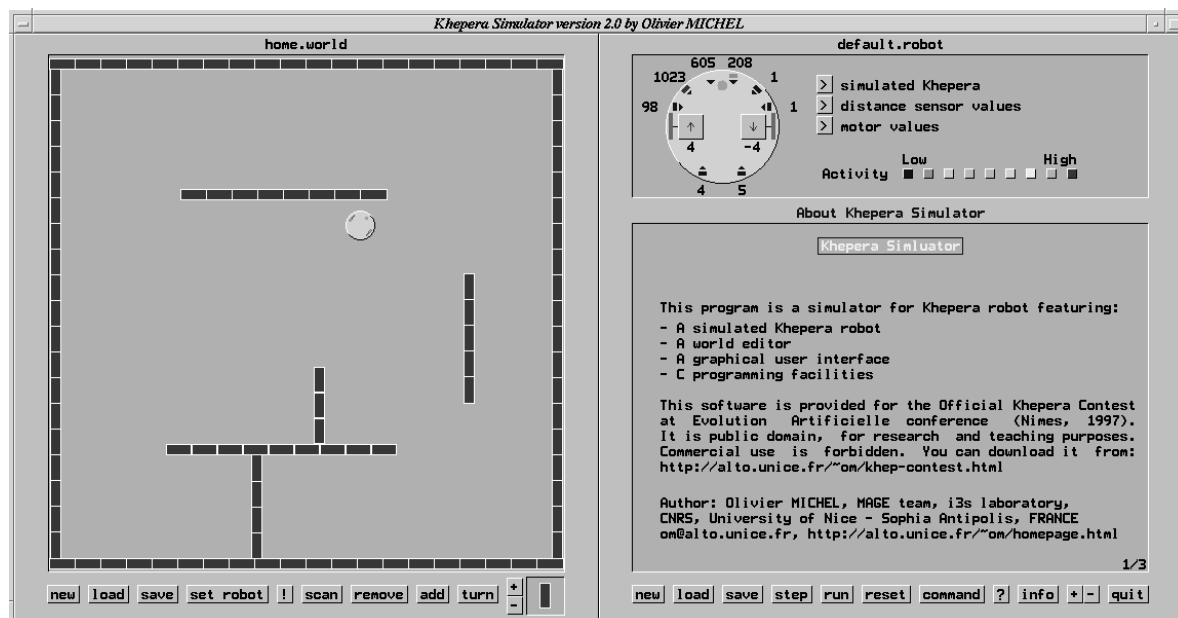


Figura 6.10.1 Simulador de Khepera

Cualquiera de estos programas se podría adaptar para la aplicación deseada, sin embargo, la competencia demanda un programa ágil, ya que tiene que trabajar en tiempo real, analizando las imágenes tomadas desde la parte superior del campo de juego y transmitiendo la siguiente jugada. Realizando esta operación 60 veces por segundo. Así que, es preferible hacer un programa especial para esta aplicación.

El programa se basará en la forma de operación del robot, ya que puede tener manipuladores de secuencia fija o variable. Pueden ser de repetición o aprendizaje, con control por computadora o robots inteligentes. Los robots para este tipo de competencia entran en la clasificación de robot inteligente, ya que es controlado por una computadora pero tiene sensores que le permiten interactuar con el medio que lo rodea y tomar dediciones en tiempo real en base a un programa

Una posible forma de controlar el robot es mediante un FPGA (Field Programmable Gate Array), el cual, es un tipo de chip lógico programable capaz de soportar miles de “gates” lo cual lo hace muy rápido. El problema que presenta usar este chip es que su costo es elevado y se tiene que programar en VHDL (Virtual Hardware Design Language), el cual, representa tener un alto conocimiento de los dispositivos que se van a controlar. Este lenguaje sirve para describir, no programar. Describir hardware de tal manera que puede poner literalmente lo que se desea en un FPGA. Esta opción es cara y difícil de programar, sin embargo, se tendría un desempeño excelente.

Otra opción son los microprocesadores, los cuales son baratos y fáciles de programar, y con un desempeño muy bueno si se usan correctamente. Lo que puede crear una gran diferencia en la rapidez del programa es la capacidad de toma de decisiones de cada robot. Como se muestra en la figura 6.10.2 el módulo de reconocimiento por visión (MRV) pasa la información al módulo de inteligencia artificial (MIA), el cual, crea la estrategia y le da

órdenes a cada robot. La desventaja de este sistema es que si algún robot detecta la bola tiene que esperar a que MIA le diga que hacer. Otra opción es que cada robot tenga el MIA integrado, ya sea parcialmente o en su totalidad para que realmente el programa sea rápido y se pueda combinar con las señales recibidas por los sensores de cada robot. Así, se lograría una respuesta rápida y se tendrían robots realmente autónomos. En este sistema los robots deben ser capaces de comunicarse entre si para coordinarse y hacer jugadas.

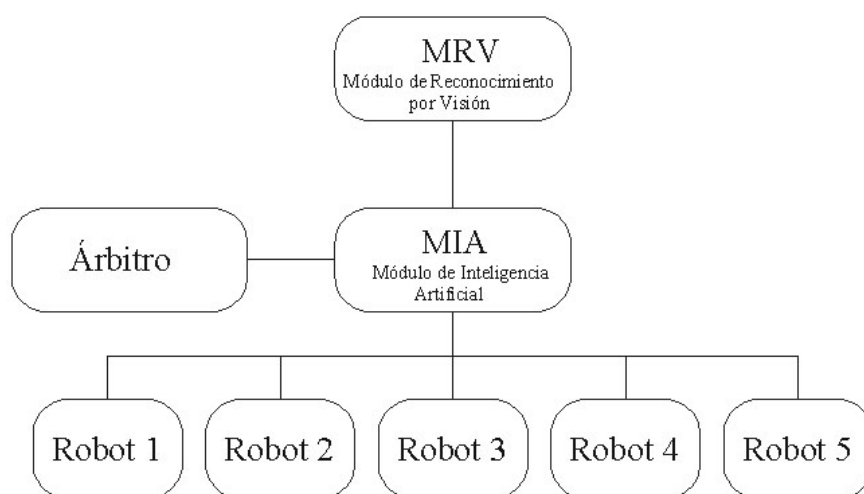


Figura 6.10.2 Estructura de Operación Centralizada

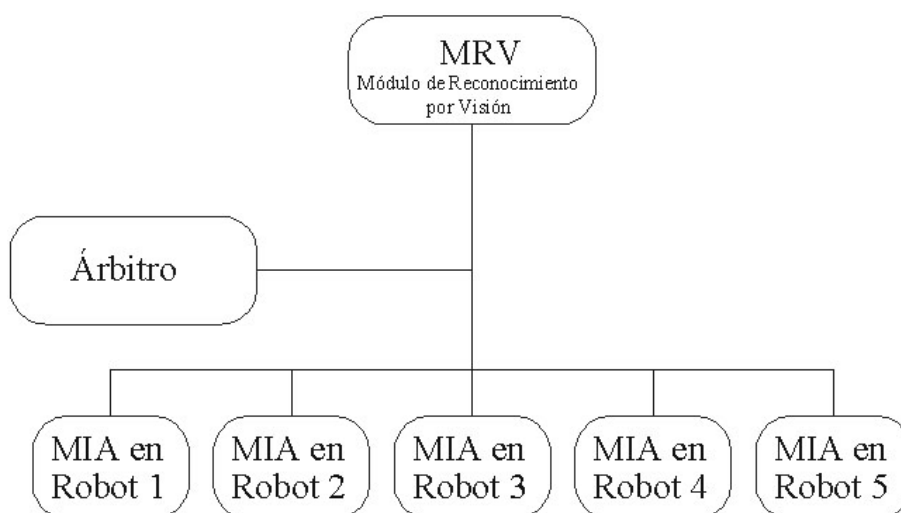


Figura 6.10.3 Estructura de Operación Individual