

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

Escuela Politécnica Superior

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

Laboratorio de Sistemas Inteligentes



DISEÑO DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN Y DRIBBLER DE UN MICROROBOT

PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniería Industrial: Automática y Electrónica Industrial

Autor: José Luis Martín Gómez

Tutor: José María Armingol Moreno

Leganés, enero de 2012





AGRADECIMIENTOS

A mi familia y, especialmente, a mis padres.





ÍNDICE

ÍNDICE	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
GLOSARIO	14
CAPÍTULO 1.....	15
1.- INTRODUCCIÓN.....	15
1.1.- BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA	15
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
1.3.- OBJETIVOS.....	18
1.3.1.- Objetivo global del proyecto	18
1.3.2.- Objetivo particular del proyecto	19
1.4.- FASES DE DESARROLLO	19
1.5.- MEDIOS EMPLEADOS	19
1.6.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	20
CAPÍTULO 2.....	21
2.- REGLAS DEL JUEGO	21
2.1.- LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO	22
2.2.- LEY 2 - EL BALÓN	25
2.3.- LEY 3 - EL NÚMERO DE ROBOTS.....	26
2.4.- LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA	27
2.5.- LEY 5 - EL ÁRBITRO	32
2.6.- LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE	36
2.7.- LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO.....	36
2.8.- LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO	38



2.9.- LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO	40
2.10.- LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO.....	41
2.11.- LEY 11 - FUERA DE JUEGO	41
2.12.- LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDeportiva	41
2.13.- LEY 13 - TIROS LIBRES.....	45
2.14.- LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI	46
2.15.- LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA	48
2.16.- LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA.....	49
2.17.- LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA	50
2.18.- APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA	51
2.19.- APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN	53
CAPÍTULO 3.....	54
3.- COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180	54
3.1.- SISTEMA DE VISIÓN.....	55
3.2.- SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	55
3.3.- SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO	56
3.4.- ROBOTS	56
3.5.- LOS PARTIDOS F180	57
3.6.- ARQUITECTURA DEL MICROROBOT F180	57
3.6.1.- Sistema de procesamiento.....	58
3.6.2.- Sistema de locomoción	59
3.6.2.1.- El desplazamiento diferencial.....	59
3.6.2.2.- Ruedas directrices o triciclo.....	60
3.6.2.3.- Tracción síncrona.....	61
3.6.2.4.- Tracción Ackerman	62
3.6.2.5.- El desplazamiento omnidireccional.....	63



3.6.3.- Sistema de alimentación	64
3.6.4.- Estructura	65
3.6.5.- Sistema disparador	65
3.6.6.- Sistema dribbler.....	66
CAPÍTULO 4.....	68
4.- SISTEMA DE LOCOMOCIÓN	68
4.1.- ANALISIS DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2010.....	68
4.1.1.- Ruedas del prototipo 2010.....	69
4.1.2.- Motores del prototipo 2010.....	70
4.1.3.- Solución acoplamiento rueda y motores 2010	70
4.1.4.- Análisis configuración del sistema de locomoción 2010	70
4.2.- SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2011.....	71
4.2.1.- Ruedas del prototipo 2011.....	71
4.2.2.- Solución acoplamiento ruedas y motores 2011.....	74
4.2.3.- Motores del prototipo 2011.....	73
4.2.4.- Análisis configuración del sistema de locomoción 2011	75
4.2.4.1.- Configuración tres ruedas omnidireccionales	75
4.2.4.2.- Modelo cinemático.....	77
4.2.4.3.- Control PWM	84
4.3.- MEJORAS IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN	86
4.4.- SITUACIÓN DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN EN EL MICROROBOT 2011.....	87
CAPÍTULO 5.....	88
5.- SISTEMA DRIBBLER	88
5.1.- ANALISIS DEL SISTEMA DRIBBLER DEL PROTOTIPO 2010	88
5.1.1.- Motor dribbler 2010.....	88



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

5.1.2.- Sistema transmisión 2010	89
5.1.3.- Soportes dribbler 2010.....	89
5.1.4.- Barra dribbler 2010	90
5.2.- SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL SISTEMA DRIBBLER DEL PROTORIPO 2011.	91
5.2.1.- Motor Dribbler 2011	91
5.2.2.- Sistema transmisión 2011	92
5.2.3.- Soportes Dribbler 2011	93
5.2.4.- Barra dribbler 2011	93
5.3.- MEJORAS IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DRIBBLER	96
5.4.- SITUACIÓN DEL SISTEMA DRIBBLER EN EL MICROROBOT 2011.....	97
CAPÍTULO 6.....	98
6.- CONCLUSIONES Y FUTURAS MEJORAS	98
6.1.- CONCLUSIONES	98
6.2.- MEJORAS PARA EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN.....	99
6.3.- MEJORAS PARA EL SISTEMA DRIBBLER.....	100
CAPÍTULO 7.....	101
7.- PRESUPUESTO.....	101
7.1.- COSTE MATERIAL	101
7.1.1.- Sistema de control.....	101
7.1.2.- Sistema locomotor	101
7.1.3.- Sistema de disparo	102
7.1.4.- Sistema Dribbler	102
7.1.5.- Alimentación	103
7.1.5.1.- Batería.....	103
7.1.5.2.- Placa de alimentación.....	103
7.1.6.- Estructuras.....	103



7.1.7.- Cableado y conexionado	104
7.2.- COSTE DE PERSONAL.....	104
7.3.- PRESUPUESTO FINAL.....	104
CAPÍTULO 8.....	105
8.- BIBLIOGRAFÍA	105
CAPÍTULO 9.....	110
9.- ANEXOS.....	110
ANEXO A: Hojas de características Rabbit RCM5600W	111
ANEXO B: Hojas de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada.....	115
ANEXO C: “Inventor’s Guide Insert” rueda omnidireccional modelo VEX 2.75" .	133
ANEXO D: Hoja de características batería Turnigy 14,8V y 3300mAh	135
ANEXO E: Hojas de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211	136
ANEXO F: Esquema eléctrico placa de alimentación	139
ANEXO G: Hojas de características motor MFA-941D41	140
ANEXO H: Hojas de características IRF530.....	142
ANEXO I: Plano detallado de la base del robot	147
ANEXO I: Plano detallado de los soportes del dribbler.....	150
ANEXO J: Plano detallado tapa superior del robot	148
ANEXO K: Plano detallado de las escuadras de los motores	149
ANEXO M: Plano detallado soporte del solenoide	151
ANEXO N: Plano detallado casquillo ruedas	152
ANEXO Ñ: Esquema de conexión al módulo I/O RCM5600W.....	153
ANEXO O: Major Rule Changes for 2012 proposal.....	154



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Logotipo de la RoboCup.....	16
Figura 2.1. Dimensiones del campo de juego.....	22
Figura 2.2. Portería en detalle.....	24
Figura 2.3. Dimensiones máximas robot.....	27
Figura 2.4. Área mínima superior del robot.....	28
Figura 2.5. Patrón estándar para RoboCup 2010.....	29
Figura 2.6. Asignaciones del color estándar para RoboCup 2010.....	29
Figura 2.7. Sistema de regateo.....	30
Figura 2.8. Cómo se debe coger la pelota.....	44
Figura 3.1. Arquitectura del sistema.....	55
Figura 3.2. Partes funcionales de un robot F180.....	57
Figura 3.3. Módulo de control desarrollado por LSI-Eurobot 2008.....	58
Figura 3.4. Controlador comercial RCM4400-Rabbit.....	58
Figura 3.5. Tracción diferencial.....	59
Figura 3.6. Ruedas directrices.....	61
Figura 3.7. Tracción síncrona.....	62
Figura 3.8. Tracción Ackerman.....	62
Figura 3.9. Ruedas omnidireccionales en robótica.....	63
Figura 3.10. Ejemplo de plataforma de Killough.....	64
Figura 3.11. Baterías de diferentes tecnologías.....	64
Figura 3.12. Estructura de un robot F180.....	65
Figura 3.13. Opción de sistema de disparo para robot F180.....	66



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Figura 3.14. Modelo de sistema dribbler	67
Figura 3.15. Dribbler RoboRoos.....	67
Figura 4.1. Rueda omnidireccional 2051K y dimensiones.....	69
Figura 4.2. Motor EC45 FLAT BRUSHLESS 30W con electronic integrada.....	70
Figura 4.3. Acoplamiento rueda-motor prototipo 2010	70
Figura 4.4. Disposición de los motores en prototipo 2010.	71
Figura 4.5. Rueda omnidireccional 2052 y dimensiones.....	72
Figura 4.6. Rueda omnidireccional seleccionada VEX 2.75''	72
Figura 4.7. Rango de funcionamiento $n = fM$	73
Figura 4.8. Solución acoplamiento rueda-motor	75
a) Casquillo y componentes	75
b) Vista frontal de la rueda con casquillo incorporado	75
c) Vista trasera de la rueda con casquillo incorporado	75
d) Montaje completo	75
Figura 4.9. Diagrama de diferentes movimientos omnidireccionales I	76
Figura 4.10. Configuración con tres ruedas omnidireccionales	77
Figura 4.11. Esquema cinemático del robot.....	78
a) Estructura cinemática genérica	78
b) Estructura cinemática particularizada	78
Figura 4.12. Diagrama de diferentes movimientos omnidireccionales II	83
Figura 4.13. Modulación por ancho de pulsos	85
Figura 4.14. Situación de los motores y ruedas en la base del robot 2011	87
Figura 4.15. Ubicación del sistema de locomoción	87
Figura 5.1. Motor dribbler 2010	88



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Figura 5.2. Elementos dribbler 2010	89
Figura 5.3. Circuito de activación del dribbler 2010 y 2011	89
Figura 5.4. Soporte para el Dribbler prototipo 2010.....	90
Figura 5.5. Dribbler 2010	90
Figura 5.6. Rodillos dribbler 2010.....	90
Figura 5.7. Barra dribbler 2010.....	91
Figura 5.8. Motor con reductora MFA/Como Drills 941D41	92
Figura 5.9. Engranajes de transmisión 2011	92
Figura 5.10. Soportes de fijación del dribbler 2011	93
Figura 5.11. Eje o barra del dribbler 2011	94
Figura 5.12. Requisitos de altura de la barra del dribbler	94
Figura 5.13. Detalle elementos del dribber y montaje final 2011.....	96
Figura 5.14. Ubicación del sistema de dribbling.....	97



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Comparación sistemas de disparo.....	66
Tabla 4.1. Características rueda omnidireccional 2051K	69
Tabla 4.2. Características rueda VEX 2.75''	73
Tabla 4.3. Parámetros configuración cinemática	79



GLOSARIO

ABS: Acrilonitrilo Butadieno Estireno.

DM: Densidad Media.

IA: Inteligencia Artificial.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

I/O: Input/Output.

I.R.P.F: Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas.

LiPo: Litio Polímero.

LSI: Laboratorio de Sistemas Inteligentes.

PFC: Proyecto Fin de Carrera.

PWM: Pulse Width Modulation.

SSL: Small Soccer League.

UC3M: Universidad Carlos III de Madrid.

Unidades

V: Voltio.

W: Vatio.

mAh: miliamperios/hora.

€: Euro.

mm: milímetros.

rpm: revoluciones por minuto.

mA: miliamperios.

€/m: euros/metro.

rad: radianes.

g: gramos.

mNm: miliNewtons/metro.



CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo, se tratará de mostrar a groso modo la evolución histórica de la competición en la cual participará en el futuro el prototipo diseñado e implementado, una vez construidas y desarrolladas completamente todas sus funciones. A continuación, se justifica la realización de este proyecto describiéndose el objetivo global, el objetivo particular a desarrollar y el alcance del trabajo o medios utilizados.

El objetivo de este proyecto es, partiendo del prototipo de robot creado por el equipo LSI Robosoccer 2010, comprobar la funcionalidad de los sistemas que lo componen decidiendo cuáles de ellos son óptimos para las futuras generaciones y, en caso de no serlo, desarrollar modificaciones o crear nuevos diseños que cumplan con los requisitos exigidos. Con tal propósito, en los diferentes capítulos del documento se describirá el estado inicial del sistema que compone el robot y, posteriormente, las mejoras, modificaciones o nuevos diseños desarrollados para la nueva generación.

1.1. BREVE EVOLUCIÓN HISTÓRICA

En los últimos, años la humanidad ha presenciado grandes avances en el campo de la robótica y la inteligencia artificial. En el año de 1997 sucedieron dos grandes hechos que pueden ser considerados como un punto de inflexión: en mayo, Deep Blue de IBM derrotó al campeón mundial de ajedrez y el 4 de julio la misión Pathfinder de la NASA hizo llegar exitosamente a Marte al Sojourner, un vehículo robótico de exploración. Ese mismo año tuvo lugar un evento por demás singular: más de cuarenta equipos se reunieron para formar parte del primer campeonato mundial de fútbol robótico.

El origen de esta extraña competición se encuentra en el documento “On Seeing Robots” [1] publicado en 1992 por Alan Mackworth de la UBC Canadá. Desde ese momento su equipo de investigación publicó sendos trabajos relacionados con el objetivo de crear robots capaces de desarrollar un deporte como el fútbol. Al mismo tiempo, un grupo de investigadores japoneses organizó en octubre de 1992 un taller sobre los grandes retos de la inteligencia

artificial; en el que se discutió la posibilidad de utilizar el fútbol como plataforma de desarrollo para la ciencia y la tecnología.

En junio de 1993, tras una serie de estudios de viabilidad tecnológica y financiera, los japoneses Minoru Asada, Yasuo Kuniyoshi y Hiroaki Kitano decidieron lanzar una competición robótica, llamada originalmente Robot J-League, en honor a la recientemente creada liga de fútbol profesional de Japón. Unos meses después, la comunidad científica mundial propuso que el proyecto recién creado tuviera alcance mundial. Así nació “The Robot World Cup Initiative”, mejor conocido como el proyecto RoboCup.

Más tarde, se creó la Federación RoboCup como una organización internacional registrada en Suiza. La federación se encarga de dirigir el esfuerzo de la comunidad científica mundial para promover la ciencia y la tecnología a través de robots y agentes de software que juegan fútbol. La figura 1 muestra el logotipo de la Federación RoboCup.



Figura 1.1. Logotipo de la RoboCup

El proyecto tiene un objetivo ambicioso, se pretende que con la tecnología desarrollada en el año de 2050 un equipo de robots autónomos humanoides sea capaz de derrotar en un partido de fútbol a la selección humana campeona del mundo de ese tiempo. Para lograrlo se han creado varias líneas de investigación que promuevan el desarrollo tecnológico y de sistemas inteligentes y colaborativos.

Las competiciones de fútbol de robots tienen como finalidad la investigación y el desarrollo de un equipo de robots autónomos, pero que buscan un fin común enfrentándose a un entorno dinámico y en continuo cambio; de tal forma que pueden alcanzar los objetivos cooperando entre ellos. Todas las soluciones ante las adversidades particulares que supone un campeonato de fútbol de robots, son soluciones válidas para cualquier otro contexto, como por ejemplo el rescate de una persona en una situación de peligro.

Actualmente existen diferentes campeonatos de fútbol de robots. Las diferentes ligas atienden a la morfología del robot y siguen diferentes conjuntos de reglas. Dentro de RoboCup Soccer existen cinco categorías de competiciones, cada una con características muy particulares, y son:

- Liga de simulación, donde no existen robots físicos, sino que se trata de 11 agentes virtuales que se enfrentan en un terreno de juego virtual. Cada agente envía información a un servidor de simulación y recibe datos sobre su posición y del ambiente.



- Liga de robots de tamaño pequeño (Small Size), también conocida como SSL por sus siglas en inglés aunque su nombre oficial es F180 (El nombre F180 proviene de los 180mm de diámetro máximo de los robots). Dos equipos de 5 robots cada uno, de un tamaño no mayor a un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de alto, juegan al fútbol en un campo de 6050x4050 mm con una pelota de golf de color naranja. Los robots son totalmente autónomos y un sistema central de visión obtiene la información del ambiente y de los robots, mientras un sistema de control envía instrucciones de manera inalámbrica a los robots.
- Liga de robots de tamaño medio, formado por 4 robots con sensores de abordo para obtener información del ambiente y un sistema de visión local.
- Liga de robots con cuatro patas, en el que cuatro robots cuadrúpedos (SONY AIBO) disputan el encuentro, que al igual que en la anterior poseen sensores de abordo y sistema de visión local y se comunican entre ellos.
- Liga de robots humanoides. Es la única liga en donde los robots, en este caso con forma humana, se permite la intervención humana.

El presente documento se centra en el diseño y construcción de un robot prototipo para la liga de robots de tamaño pequeño (Small Size League). En esta competición participan hasta cinco pequeños robots por equipo con un tamaño máximo descrito en la normativa del juego. Los robots deben ser capaces de conocer cuál es su posición dentro del terreno de juego, dónde se encuentra la pelota, cuál es su trayectoria y si está bajo el control de un robot del mismo equipo o del equipo contrario, de esquivar obstáculos móviles (los robots tanto de un equipo como de otro), interceptar la pelota en su trayectoria, realizar pases, disparos, ejecutar jugadas, etc; respetando las normas del concurso.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) de la UC3M es un centro de investigación enfocado en el desarrollo de tecnología en las áreas de inteligencia artificial, visión por computador, comportamientos autónomos, comunicaciones inalámbricas, colaboración de agentes y robótica. En él, los alumnos de las distintas ingenierías de la universidad participan en proyectos motivados por competiciones nacionales e internacionales tales como EUROBOT, donde el LSI alcanzó, como mejores resultados, la victoria a nivel nacional y un cuarto puesto a nivel internacional en el año 2008.

Como se ha descrito en la introducción del documento, el objetivo último de la competición es crear un equipo de robots que sean capaces de ganar en un partido de fútbol al equipo campeón del mundo del año 2050. Con esta finalidad, se comienzan a desarrollar



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

diversas tipologías, haciendo competiciones de distinta índole y más concretamente la Robocup Small Soccer League. El objetivo es formar parte de este certamen de manera competitiva, una vez que el equipo completo de 5 robots autónomos haya sido implementado y depurado. Cabe destacar que el departamento de informática de la universidad toma parte en el proyecto global desarrollando tácticas y estrategias implementadas en el computador maestro que proporcionará órdenes a través de la red Wi-Fi a todos y cada uno de los 5 robots. Este ordenador maestro recibirá información del sistema de visión situado en la parte superior del terreno de juego y de los propios robots que conformen su equipo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo global del proyecto

El objetivo global del proyecto se centra en el diseño y la construcción de un microrobot que sirva como banco de pruebas antes de construir el resto de microrobots que conforman el equipo de robosoccer del LSI de la UC3M. El desarrollo de la solución engloba los módulos que forman parte del robot comenzando por la adquisición de información, el procesamiento de esta y su correcta ejecución en los diferentes sistemas del microrobot o dispositivos actuadores de los motores, disparo y dribbling.

Por tanto, el objetivo global que persigue el LSI es desarrollar un microrobot con:

- Un sistema de procesamiento de datos y de comunicaciones, compuesto por una placa base que incorpora un microprocesador, un sistema de comunicación Wi-Fi y un módulo de entradas/salidas para señales tanto analógicas como digitales.
- Un sistema de locomoción multidireccional compuesto por un conjunto de ruedas omnidireccionales, capaces de moverse en todas direcciones independientemente de su orientación.
- Un sistema de alimentación que energice a todos los sistemas del robot proporcionándole autonomía y permitiendo un movimiento libre sin necesidad de estar conectado a un sistema de alimentación externo.
- La programación necesaria para el control de la velocidad, dirección de los motores, dribbling y disparo de la pelota.
- Un sistema de disparo óptimo para que el robot pueda pasar y disparar en el momento oportuno.
- Un circuito elevador para posibilitar un disparo potente.
- Un sistema de dribbling para que el robot pueda mantener la pelota mientras se desplaza en la dirección necesaria, pivota o regatea o esquiva a algún robot.
- Una estructura sólida en la que poder albergar los sistemas anteriores y una carcasa externa que cumpla con la reglamentación de la competición y que identifique de forma única e inequívoca cada robot.



1.3.2. Objetivo particular del proyecto

Este proyecto trata de la optimización, modificación y desarrollo de los sistemas del microrobot prototipo del año 2010 que se detallan a continuación:

- Sistema de locomoción.
- Sistema dribbler.

En los casos en los que se quede de manifiesto que las soluciones desarrolladas con anterioridad no son óptimas, se propone, diseñar e implementar una nueva solución que elimine las carencias detectadas, cumpliendo en todo momento con las exigencias de la normativa de la competición.

1.4. FASES DE DESARROLLO

En el desarrollo de este proyecto han sido necesarias las siguientes fases:

- Fase conceptual: esta fase consiste en la familiarización con el objeto del proyecto, es decir, con todo lo relacionado a la competición para la que se construye en microrobot, la normativa exigible, experiencia en competiciones similares y toda aquella información de utilidad.
- Fase de prueba: en esta fase se realizan las pruebas necesarias al prototipo del año 2010 para detectar las carencias existentes, fallos de diseño o áreas con potencial de mejora antes de comenzar el diseño e implementación del prototipo de 2011.
- Fase de desarrollo: fase dedicada al desarrollo conceptual y físico del nuevo microrobot basándose en los resultados de la fase anterior y la información obtenida en la primera fase.
- Fase final: fase de pruebas del nuevo microrobot e integración con el sistema de visión y el sistema global o maestro desarrollado por el sistema informático. En esta fase se da soporte al departamento de informática en relación al funcionamiento del microrobot.

1.5. MEDIOS EMPLEADOS

Para el desarrollo de este proyecto se ha contado, en primer lugar, con una de las instalaciones del departamento de ingeniería de sistemas y automática, en concreto, con el laboratorio de sistemas inteligentes (LSI) y con todos los equipos e instrumentos disponibles en el, ya sean herramientas, equipos de medida, equipos informáticos...

Por otra parte, para la compra o fabricación de los componentes utilizados y montados en el microrobot se cuenta con el soporte técnico y de asesoramiento del equipo de oficina técnica que cuenta con una gran experiencia en este tipo de proyectos debido a que han estado involucrados en multitud de trabajos de esta naturaleza.



Por último y cómo punto de partida para el desarrollo del proyecto, se cuenta tanto con el microrobot desarrollado en el año 2010 como con toda la información técnica recopilada por las generaciones precedentes involucradas en el proyecto global de conseguir un equipo de robosoccer capaz de participar en la competición Small Soccer League (SSL)

1.6. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

El documento está estructurado en forma de capítulos de la siguiente manera:

- Capítulo 1 – Introducción: datos de interés de la competición, objetivos del proyecto y datos sobre el desarrollo de este documento.
- Capítulo 2 – Reglas del juego: normativa de la competición para la que se desarrolla el microrobot.
- Capítulo 3 – Composición del microrobot F180: descripción de los sistemas necesarios para construir un robot capaz de competir en la Small Soccer League.
- Capítulo 4 – Sistema de locomoción: descripción del sistema del microrobot de 2010 y del desarrollado en este proyecto. Además incluye las mejoras obtenidas y la situación del sistema una vez montado en el microrobot
- Capítulo 5 – Sistema dribbler: descripción del sistema del microrobot de 2010 y del desarrollado en este proyecto. Además incluye las mejoras obtenidas y la situación del sistema una vez montado en el microrobot
- Capítulo 6 – Conclusiones y futuras mejoras: detalle de los resultados obtenidos y proposición de ideas o tareas de mejoras de los sistemas desarrollados en este proyecto
- Capítulo 7 – Presupuesto: coste tanto del material como del personal necesario para diseñar y construir el microrobot.
- Capítulo 8 – Bibliografía: documentos utilizados para el desarrollo del microrobot y de este documento y páginas web de información o compra de material.
- Capítulo 9 – ANEXOS: información necesaria para la construcción y manejo del microrobot como pueden ser las hojas de características de los componentes o los planos de las piezas mecánicas.



CAPÍTULO 2

2. REGLAS DEL JUEGO

A continuación se describen detalladamente las reglas de juego que se deben cumplir y respetar estrictamente para obtener la homologación previa a la competición. Es importante conocer detalladamente el reglamento de la competición ya que de ellas dependen, en su práctica totalidad, los diseños y soluciones adoptadas en este proyecto.

Cumpliendo con el reglamento vigente y teniendo en cuenta la experiencia obtenida con el desarrollo de los prototipos anteriores se desarrollará, en los capítulos posteriores, la solución adoptada para cada uno de los sistemas que componen el robot.

- LEY 1 - El terreno de juego
- LEY 2 - El balón
- LEY 3 - El número de robots
- LEY 4 - El equipo de robótica
- LEY 5 - El árbitro
- LEY 6 - El árbitro asistente
- LEY 7 - La duración del partido
- LEY 8 - El inicio y la reanudación de juego
- LEY 9 - El balón en juego y parado
- LEY 10 - El método de puntuación
- LEY 11 - Fuera de juego
- LEY 12 - Faltas y conducta antideportiva
- LEY 13 - Tiros libres
- LEY 14 - El tiro de penalti
- LEY 15 - El saque de banda
- LEY 16 - El saque de puerta
- LEY 17 – El saque de esquina
- Apéndice A - Reglas de Competencia
- Apéndice B – Expertos en Visión

Notas

Las referencias al género masculino en las leyes con respecto a los árbitros, árbitros asistentes, el equipo y los miembros y funcionarios, se aplican por simplificación y se aplican tanto a hombres y mujeres.

2.1. LEY 1 - EL TERRENO DE JUEGO

Dimensiones

El campo de juego debe ser rectangular. Las dimensiones incluyen las líneas de contorno.

Longitud: 6050mm

Anchura: 4050mm



Figura 2.1. Dimensiones del campo de juego.

La superficie del campo

La superficie de juego es de color verde, de fieltro o moqueta. El suelo debajo de la alfombra debe estar nivelada, plana y dura.

La superficie del campo se aumentará 675 mm más allá de las líneas fronterizas por todo el contorno. Los 425mm del exterior de esta zona de escape se utilizan para el paso a pie del árbitro designado a esta la zona (véase la Ley 5). En el borde de la superficie del campo, una pared de 100 mm de altura impedirá que la pelota y los robots salgan fuera del borde exterior.



Líneas del campo

El campo de juego está marcado con líneas. Las líneas pertenecen a las áreas, de las que son las fronteras.

Los dos lados más largos se llaman los límites de contacto (las bandas). Los dos lados más cortos se llaman límites de gol.

Todas las líneas son de 10 mm de ancho y pintado de blanco.

El campo de juego se divide en dos mitades por una línea en mitad del campo.

La marca de centro se indica en el punto medio de la línea del centro. Un círculo con un diámetro de 1000mm se caracteriza a su alrededor.

El Área de Defensa

Un área de la defensa se define en cada extremo del campo de la siguiente manera:

Dos cuartos de círculo con un radio de 500mm se dibujan en el terreno de juego. Estos cuartos de círculo están conectados por una línea paralela a la línea de meta. La configuración exacta se muestra en la figura 2.1.

La zona delimitada por este arco y la línea de meta es el área de defensa.

Punto de penalti

Dentro de cada área de la defensa se marca un punto de penalti que se sitúa a 450 mm desde el punto medio entre los postes y equidistante a ellos. La marca es un círculo de 10 mm de diámetro de pintura blanca.

Porterías

Las porterías deben ser puestas en el centro de cada límite de gol.

Constan de dos paredes laterales verticales de 160mm, unidas por la detrás por una pared vertical de 160 mm.

La cara interna de la meta tiene que ser cubierta con un material absorbente de energía como la espuma para ayudar a absorber los impactos de las bolas y disminuir la velocidad de las desviaciones. Respecto a las porterías, las paredes, los bordes, y las tapas son de color blanco.

Hay una barra redonda de acero con forma de cruz que recorre la parte superior de la portería y está dispuesta en paralelo a la línea de meta. No tiene de más de 10mm de diámetro, pero es lo suficientemente fuerte para desviar el balón. La parte inferior de la barra está a 155mm de la superficie del campo, la barra es de color oscuro para reducir al mínimo la interferencia con los sistemas de visión. La parte superior de la meta está cubierta por una red fina para evitar que la bola pueda entrar en la portería desde arriba. Se sujeta de forma segura a la barra y las paredes de la portería.

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

La distancia entre las paredes laterales es de 700mm. La meta es de 180mm de profundidad. La distancia desde el borde inferior del larguero a la superficie de juego es de 150mm.

El piso interior de la portería es el mismo que el resto de la superficie de juego.

Las paredes de la portería son de 20mm de espesor.

Las porterías deben estar ancladas firmemente a la superficie de terreno.

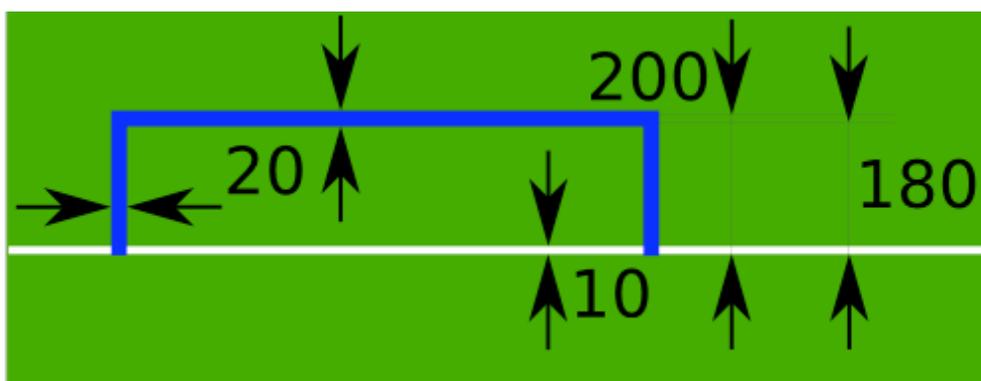


Figura 2.2. Portería en detalle.

Equipo para montaje de las cámaras

La barra de montaje tendrá de 4 m de longitud sobre el terreno. La barra se coloca por encima de la línea media del campo de meta a meta. La barra debe montarse de forma segura para que no se descuelgue bajo una fuerza externa pequeña, y no debe doblarse o torsionarse de manera significativa cuando el peso del equipo de vídeo sea añadido.

Sistema de visión compartida

Cada campo está provisto de un sistema centralizado de visión compartida y un conjunto de cámaras compartidas. Este equipo de visión compartida utiliza el software "SSL-Vision" para comunicar los datos de localización a los equipos vía Ethernet en formato paquete que será anunciado por los desarrolladores del sistema compartido de visión antes de la competición. Los equipos tendrán que asegurarse de que sus sistemas son compatibles con la salida del sistema compartido de visión y de que sus sistemas son capaces de manejar las propiedades típicas de los datos de sensorización del mundo real proporcionados por el sistema de visión compartida (incluyendo ruido, retraso, o detecciones ocasionales fallidas y errores de clasificación).

Además del equipo de visión compartida, los equipos NO pueden montar sus propias cámaras u otros sensores externos, a menos que sean específicamente anunciados o permitidos por los respectivos organizadores de la competición.

El sistema de visión compartida en cada campo está bajo mantenimiento de uno o más expertos de visión. El proceso de selección de estos expertos será comunicado por los organizadores de la competición. El Apéndice B describe las labores de los expertos de visión.



Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local, debe procurar proporcionar uniformes, las condiciones de luz difusa de la aproximadamente 500 LUX o más brillante. No se utilizará un equipo especial de iluminación especial para proporcionar estas condiciones. El brillo no está garantizado ni se espera que esté completamente uniforme a través de la superficie del campo. Se espera que los equipos sean autosuficientes para hacer frente a las variaciones que se produzcan cuando se utiliza la iluminación ambiente. El comité organizador dará a conocer detalles de la iluminación de acuerdo a la competencia tan pronto como sea posible.

Decisión 2

Ningún tipo de publicidad comercial, ya sea real o virtual, está permitido en el terreno de juego y el equipo de campo (incluidas las redes y las áreas que delimitan) desde el momento en que los equipos entran en el terreno de juego hasta el descanso y desde éste hasta el momento en que vuelven a entrar en el terreno de juego hasta el final del partido. En particular, ningún material de publicidad de cualquier tipo puede aparecer dentro de los objetivos o las paredes. Los equipos ajenos (cámaras, micrófonos, etc) también se ajustarán a estas normas.

Decisión 3

El color específico y la textura de la superficie no se especifica y puede variar de una competencia a otra (como los campos de fútbol reales pueden variar). La superficie por debajo de la alfombra será nivelada y dura. Ejemplos de las superficies aprobadas incluyen: cemento, linóleo, pisos de madera, madera contrachapada, mesas de ping-pong y tableros de partículas. Moqueta o superficies acolchadas no están permitidas. Todo el esfuerzo será hecho para asegurar que la superficie sea plana, sin embargo, corresponde a los equipos individuales el diseño de sus robots para hacer frente a la ligera curvatura de la superficie.

2.2. LEY 2 - EL BALÓN

Calidades y Medidas

La pelota es una pelota de golf estándar de color naranja. Esta será:

- esférica
- de color naranja
- de aproximadamente 46 g de la masa
- de aproximadamente 43 mm de diámetro

Sustitución de una pelota defectuosa

Si el balón se vuelve defectuoso durante el transcurso de un partido:



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- el partido se detiene
- el partido se reanuda mediante la colocación de la bola de sustitución en el lugar donde la primera bola se convirtió en defectuosa.

Si la pelota se vuelve defectuosa mientras no está en juego, es decir, durante un saque inicial, saque de puerta, saque de esquina, u tiro libre, un penalti o un saque de banda; el partido se reanuda de acuerdo a esa situación.

El balón no puede ser cambiado durante el partido sin la autorización del árbitro.

2.3. LEY 3 – EL NÚMERO DE ROBOTS

Robots

Un partido se juega con dos equipos, cada uno compuesto de no más de cinco robots, uno de las cuales deberá ser el portero. Cada robot debe ser claramente numerado de modo que el árbitro puede identificarlo durante el partido. El portero debe ser designado antes del comienzo del partido. Un partido no puede comenzar a menos que ambos equipos designen antes un portero.

Intercambio

Los robots pueden ser intercambiados. No hay límite en el número de intercambios.

Procedimiento de intercambio

Para el intercambio de un robot, las siguientes condiciones deben ser observadas:

- intercambio sólo puede hacerse durante una interrupción del juego.
- el árbitro ha sido informado antes de que el intercambio se haga.
- el robot de intercambio entra el campo de juego después de que el robot a sustituir ha sido eliminado.
- El robot intercambiado entra en el campo de juego en la línea del centro.

Cambiar el portero

Cualquiera de los otros robots pueden cambiar de lugar con el portero, siempre que:

- el árbitro esté informado antes de efectuarse la modificación.
- el cambio se realiza durante una interrupción en el partido.

Robots Expulsados

Un robot que ha sido expulsado se puede intercambiar por otro robot que sale del campo.

Las decisiones del Comité Técnico F180

Decisión 1

Cada equipo debe tener un único controlador de robot encargado de realizar el intercambio y del robot cuando sea necesario. No hay otros miembros del equipo que puedan invadir el área que rodean el campo. El movimiento de los robots por el controlador no está permitido.

2.4. LEY 4 - EL EQUIPO DE ROBÓTICA

Seguridad

Un robot no debe tener nada en su construcción, que sea peligroso para sí mismo, otro robot o para los mismos seres humanos.

Forma

El robot debe entrar en un cilindro de 180mm de diámetro y tener una altura de 150mm o menor. Adicionalmente, la parte superior de robot debe aferrarse al tamaño y forma del Patrón Estándar como se describe más abajo en esta misma Ley.

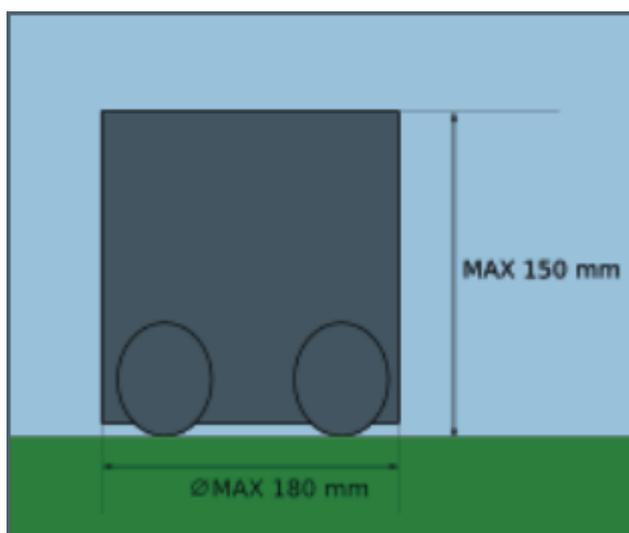


Figura 2.3. Dimensiones máximas robot.

Locomoción

Las ruedas del Robot (u otras superficies que entren en contacto con la superficie de juego) deben ser hechas de un material que no dañe la superficie de juego.

Comunicación inalámbrica

Los robots pueden utilizar la comunicación inalámbrica con las computadoras o las redes situadas fuera del campo.

Color del equipo

Antes del partido, a cada uno de los dos equipos se le asignará un color, siendo amarillo o azul. Todos los equipos tienen que ser capaces de ser de color amarillo y azul. El color de equipo asignado es usado como la marca central de todos los robots del equipo. El layout detallado del marcador está descrito en la siguiente sección “Patrón Estándar”.

Patrón estándar

Todos los equipos participantes deben llevar la pegatina dada según los requerimientos de operación del sistema de visión compartida (ver Ley 1). En concreto, los equipos deben usar un determinado conjunto de colores y patrones estandarizados en la parte superior de su robot.

Para asegurar la compatibilidad con los patrones estandarizados del sistema compartido de visión, todos los equipos deben asegurarse de que todos sus robots tienen una superficie plana en su parte superior con espacio suficiente disponible. El color de la parte superior del robot será de color negro o gris oscuro y tener un acabado mate (no brillante) para reducir los deslumbramientos. El patrón estándar del SSL-Vision está garantizado para reconocer un círculo de 85mm de radio que cortará la parte frontal del robot a una distancia de 55mm desde el centro, como se muestra en la Figura 2.4. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot cabe perfectamente en esta área.

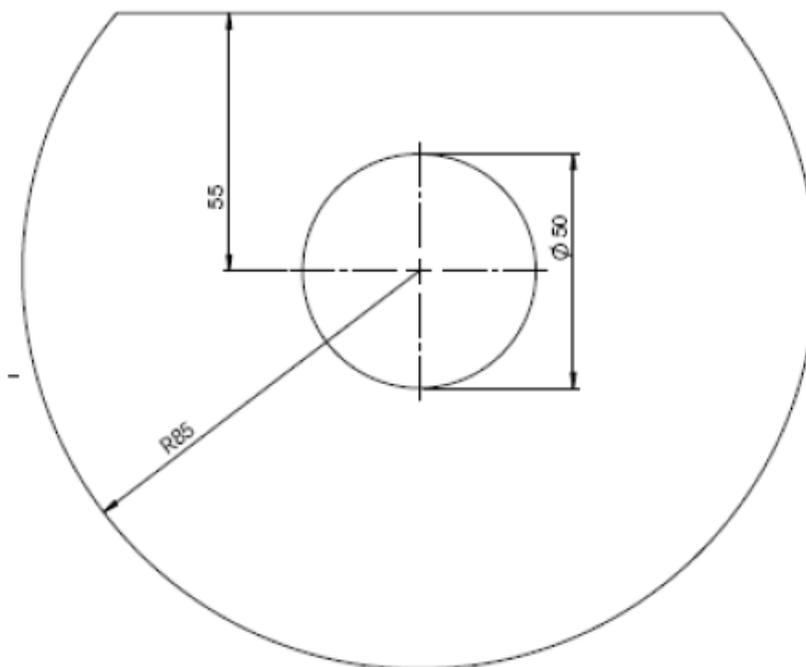


Figura 2.4. Área mínima superior del robot.

El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2011 se muestra en la Figura 2.5. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Por consiguiente, los equipos deben asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Figura 2.5.

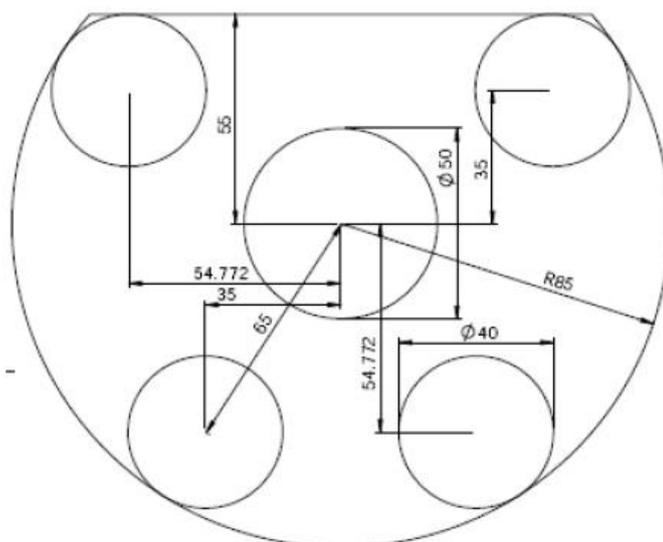


Figura 2.5. Patrón estándar para RoboCup 2010.

Cada robot debe utilizar el patrón estandarizado con una única combinación de colores seleccionada desde el conjunto estandarizado entre las posibles combinaciones de colores. No puede haber dos robots que usen la misma combinación de colores. El color del punto central determina el equipo y su color será o azul o amarillo.

El papel de colores estandarizado o cartulina con los colores requeridos será dado en la competición. El conjunto legal de asignaciones de colores se muestra en la Figura 2.6. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

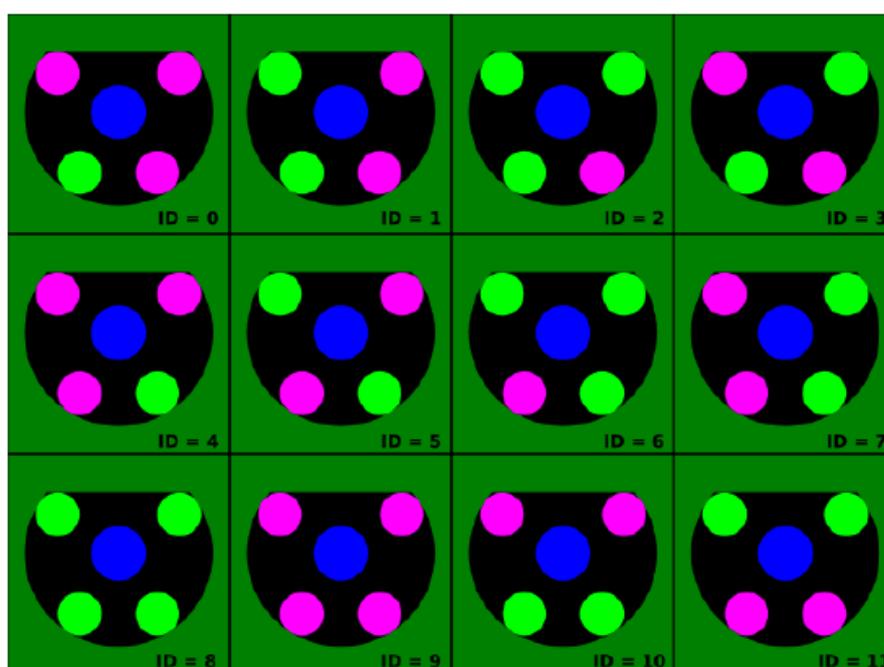


Figura 2.6. Asignaciones del color estándar para RoboCup 2010.

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Se recomienda a los equipos seleccionar la asignación de colores con ID 0-7 ya que se ha comprobado experimentalmente que son más estables, así como que no hay riesgo de que los dos puntos de la parte trasera se confundan con los otros.

Autonomía

El equipo de robots será plenamente autónomo. Las operaciones humanas están permitidas, no se permite introducir información en el equipo durante un partido, excepto en el descanso o durante un tiempo de espera.

Regateo

Los dispositivos que ejercen activamente un movimiento en la bola, para mantener la bola en contacto con el robot, se permiten bajo ciertas condiciones. El giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo. No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales para mantener la bola en contacto con el robot en los lados del mismo. El uso de dispositivos de regateo también está restringido por la Ley 12, libre indirecto.

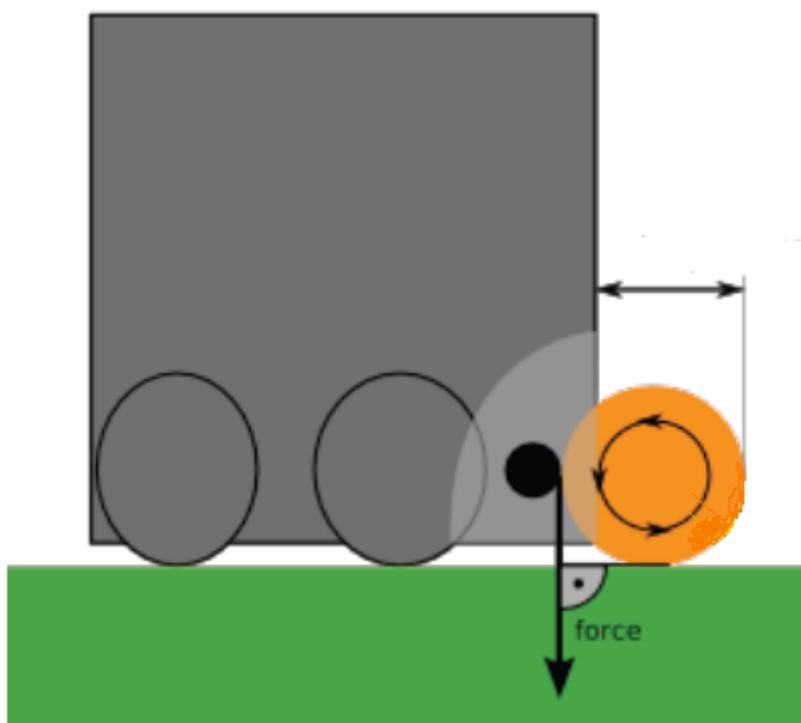


Figura 2.7. Sistema de regateo.

Infracciones / Sanciones

Para cualquier infracción de la presente Ley:

- el juego no necesita ser detenido.
- el robot infractor es instado por el árbitro a abandonar el terreno de juego como medida correctora para su equipo.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para sancionar a su equipo no vuelve a entrar sin el permiso del árbitro.
- el árbitro comprueba que el equipo del robot es correcto antes de permitir que vuelva a entrar en el terreno de juego.
- al robot sólo se le permite volver a entrar en el terreno de juego cuando el balón está parado.
- un robot que ha sido obligado a abandonar el terreno de juego debido a una infracción de la presente ley y que entra (o vuelve a entrar) al terreno de juego sin el permiso del árbitro es amonestado y se le muestra la tarjeta amarilla.

Reanudación del juego

Si el juego es detenido por el árbitro debido a que se hace necesario toma alguna precaución; el partido se reanudará con un tiro libre indirecto a lanzar por un robot de la parte contraria, desde el lugar donde se encontraba el balón cuando el árbitro detuvo el partido.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Los participantes que utilizan las comunicaciones inalámbricas notificarán al comité organizador local el método de comunicación inalámbrica, potencia y frecuencia. El comité organizador local será notificado de cualquier cambio después de la inscripción tan pronto como sea posible.

Con el fin de evitar la interferencia, un equipo debe ser capaz de seleccionar entre dos frecuencias portadoras antes del partido. El tipo de comunicación inalámbrica se ajustará a las normas legales del país donde se celebre la competición. El cumplimiento de las leyes locales es responsabilidad de los equipos que compiten, no de la Federación RoboCup. El tipo de comunicación inalámbrica puede también ser restringido por el comité organizador local. El comité de organización local dará a conocer cualquier restricción a la comunidad lo antes posible.

Decisión 2

Los dispositivos de golpeo y disparo están permitidos.

Decisión 3

Puntas de metal y Velero, con el propósito de la locomoción, están específicamente prohibidos.

Decisión 4

La comunicación inalámbrica Bluetooth no está permitida.



Decisión 5

Los colores oficiales serán proporcionados por el comité organizador. Los equipos deben usar los colores oficiales a menos que ambos equipos no estén de acuerdo.

Decisión 6

Adhesivos, como pegamento o cinta no puede ser utilizado con fines de control del balón o para construir dribladores (sistemas de regateo). El uso de dispositivos que utilizan por ejemplo un adhesivo para adherir la pelota a un robot se consideran una violación de la Regla 12, Decisión 4, por "la eliminación de todos los grados de libertad de la pelota". Además, el uso de adhesivos para cualquier propósito en el robot que provoque residuos sobre el balón o el campo, se considera como daño y son sancionados según la Ley 12.

Decisión 7

Un chequeo de las normas se realiza en todos los robots en la competición antes del primer partido. Si algún componente de cualquier robot se considera que infringe una norma debe ser modificado para ser compatible antes de que pueda participar en los partidos.

2.5. LEY 5 - EL ÁRBITRO

La autoridad del árbitro

Cada partido es controlado por un árbitro que tiene plena autoridad para hacer cumplir las Reglas de Juego en relación con el partido para el que ha sido nombrado.

Atribuciones y Deberes

El árbitro:

- Hace cumplir las Leyes del Juego.
- Controla el partido en colaboración con los árbitros asistentes.
- Se asegura de que cualquier pelota utilizada cumpla los requisitos de la Ley 2.
- Asegura que el equipo de robótica cumple con los requisitos de la Ley 4
- Informa a los árbitros asistentes de cuando comienzan y terminan los períodos de tiempo, de conformidad con la Ley 7.
- Detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Detiene el partido si, en su opinión, es probable que un robot cause daños graves a los seres humanos, otros robots o a sí mismo y asegura que se retira del terreno de juego.
- Colocar la bola en una posición neutral, si se queda atrapada durante el juego.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- Permite que el juego continúe si el equipo contra el que se ha cometido una falta se beneficia de tal ventaja y penaliza la falta original si no se produce dicha ventaja en ese momento.
- Castiga con la pena máxima cuando un robot comete más de una falta en el mismo tiempo.
- Toma medidas disciplinarias contra los robots infractores y puede expulsarlos. No está obligado a tomar esta medida inmediatamente, pero debe hacerlo cuando la pelota sale del terreno de juego.
- Toma medidas contra los responsables del equipo que no se comporten de una manera responsable puede a su discreción, expulsarlos del terreno de juego y sus alrededores inmediatos.
- Actúa con el asesoramiento de los árbitros asistentes en relación con incidentes que no ha visto
- Garantiza que ninguna persona no autorizada invada el terreno de juego.
- Reanudará el partido después de haber sido detenido.
- Proporciona al comité técnico un informe del partido que incluye información sobre cualquier medida disciplinaria adoptada contra los responsables del equipo y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Comprueba el estado del sistema de visión compartida con el/los experto(s) en visión (ver Apéndice B) antes de cada partido.
- Consiga confirmación del Experto(s) en visión de que ambos equipos reciben los datos de localización del sistema compartido de visión correcta y exactamente.
- Para el juego cuando el/los Experto(s) en visión lo digan durante un partido y deje que el/los Experto(s) en visión diagnostiquen y arreglen el problema. Si el/los Experto(s) en visión confirman que el problema está resuelto entonces el juego será reanudado inmediatamente.

Decisiones del árbitro

Las decisiones del árbitro sobre hechos relacionados con el partido son determinantes.

El árbitro sólo puede cambiar una decisión al darse cuenta de que es incorrecta o, a su discreción, debido al consejo de un árbitro asistente, siempre que no haya reanudado el juego.

Equipo de señalización del Árbitro

El dispositivo necesario se suministra para convertir las señales del árbitro en serie y Ethernet. Las señales de comunicación se transmiten a ambos equipos. Los equipos serán operados por el árbitro asistente. Los detalles del equipamiento serán suministrados por la organización local de Comité antes de la competición.

Señales del Árbitro

Durante un partido, el árbitro de la señal de inicio y fin del juego en la forma habitual. El árbitro asistente enviará señales que reflejarán las decisiones del árbitro a cada uno de los



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

equipos. Ninguna interpretación de las señales del árbitro por los operadores humanos está permitida.

La señal del silbato indica que el árbitro ha parado el juego, y que todos los robots deben separarse 500mm de la pelota para que el árbitro pueda colocar el balón para reiniciar el sistema. Todos los robots tienen la obligación de 500mm de la bola mientras ésta se mueve a la posición de reiniciar.

Cuando se produce un gol (Ley 10), o una precaución o se produce una salida de la pelota del campo de juego (Ley 12), una señal de información es enviada a los equipos para indicar la decisión del árbitro.

La señal de reinicio indicará el tipo de reinicio.

Los robots deben moverse a posiciones legales a la recepción de esta señal. Para reiniciar otras acciones que no sean un saque inicial (Ley 8) o un penalti (Ley 14), el robot que saque puede patear el balón cuando esté listo, sin esperar más señales del árbitro.

Para un saque inicial (Ley 8), o un penalti (Ley 14), una señal de arranque será enviada para indicar que el Robot que lance puede proceder. Esta señal será distinta a otros tipos de señales de reinicio del juego.

Señales que indiquen los períodos de tiempo de espera y el tiempo perdido también se enviará cuando sea necesario.

Se considerará que el árbitro ha dado una señal cuando el árbitro asistente envíe esta señal a los equipos mediante las comunicaciones.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El árbitro (o en su caso, un árbitro asistente) no es responsable de:

- cualquier tipo de perjuicio sufrido por un componente del equipo o un espectador
- cualquier daño a la propiedad de cualquier tipo.
- cualquier otra pérdida sufrida por cualquier persona, club, empresa, asociación u otro organismo, que es debido o que puede ser debido a cualquier decisión que se tome en virtud de los términos de las leyes del juego o en el caso de los procedimientos normales requeridos para conservar, reproducir y controlar un partido. Esto puede incluir:
 - La decisión de que la condición del terreno de juego o sus alrededores son tales como para permitir o no a la permitir que un partido que tenga lugar.
 - La decisión de abandonar un partido por cualquier razón.
 - Una decisión en cuanto a la condición de los accesorios o equipos utilizados durante un partido como el campo y la pelota.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- La decisión de detener o no detener un partido debido a la interferencia del espectador o cualquier problema en el área de los espectadores.
- La decisión de detener o no detener el juego para permitir que un robot dañado pueda ser eliminado del campo de la jugar para su reparación.
- La decisión de solicitar o insistir en que un robot dañado se retire del terreno de juego para su reparación.
- La decisión de permitir o no permitir ciertos colores.
- La decisión (en la medida en que esta puede ser su responsabilidad) para permitir o no permitir a las personas (incluyendo el equipo o funcionarios del estadio, oficiales de seguridad, fotógrafos u otros medios, representantes, etc.) estar presentes en las inmediaciones del campo de juego
- Cualquier otra decisión que pueda tomar de acuerdo con las Reglas de Juego o de conformidad con sus obligaciones bajo los términos de la Federación RoboCup o las normas o regulaciones bajo las cuales se juega el partido.

Decisión 2

Los hechos relacionados con el partido serán incluidos tanto si se marca un gol o no, así como el resultado del encuentro.

Decisión 3

El árbitro debe usar un bastón negro, o algún otro dispositivo al reposicionamiento de la bola para reducir el riesgo de interferencias con los sistemas de visión.

Decisión 4

El árbitro podrá ser asistido por aplicaciones de autónomas de arbitraje proporcionados por uno o ambos de los equipos que compiten, si ambos equipos están de acuerdo.

El árbitro podrá ser asistido por una aplicación autónoma o semi-autónoma proporcionada por un equipo que no participe en el partido, según el criterio del árbitro; teniendo en cuenta que la aplicación deberá ser operada y monitorizada de manera neutral.

Decisión 5

La región externa de la superficie del campo que es más allá de 250mm de distancia de la línea divisoria es utilizada como zona de paseo designado por el árbitro y/o el árbitro asistente durante el juego.

Los equipos deben controlar a sus robots para permanecer fuera de esta zona para no interferir con los árbitros.

Los árbitros no son responsables de cualquier obstrucción a los robots o sistemas de visión dentro de esta área.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Sin embargo, los árbitros deberán llevar ropa y zapatos que no contengan ningún color reservado para la bola o los marcadores de los robots.

2.6. LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE

Deberes

El árbitro asistente nombrado, cuyas funciones, sin perjuicio de la decisión del árbitro, son las siguientes:

- actuar como cronometrador y llevar un registro del partido.
- operar el equipo de comunicaciones para transmitir las señales del árbitro sobre los enlaces de comunicaciones.
- supervisar a los operadores de robots para evitar que señales ilegales sean enviadas a los robots.
- indicar cuándo se solicita un intercambio.
- indicar cuando una mala conducta o cualquier otro incidente se ha producido fuera de la vista del árbitro.
- indicar cuándo se comete una si los asistentes se acercan más a la acción que el árbitro (esto incluye, en determinadas circunstancias, las faltas cometidos en la defensa del área)
- indicar si, en los penaltis, el guardameta se ha movido hacia delante antes de que el balón ha sido golpeado y si el balón ha cruzado la línea de meta.

Asistencia

Los árbitros asistentes también ayudar al árbitro a controlar el partido, de conformidad con las Leyes de del juego. En el caso de una interferencia indebida o conducta incorrecta, el árbitro dará liberar a un árbitro asistente de sus funciones y para un informe para comité organizador.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Un segundo árbitro asistente se utilizará siempre que sea posible. El árbitro asistente de segunda ayuda al árbitro en la colocación del balón en el campo, así como ayuda a vigilar el cumplimiento de todas las leyes y procedimientos.

2.7. LEY 7 - LA DURACIÓN DEL PARTIDO

Períodos de juego

El partido tiene dos periodos iguales de 10 minutos, salvo mutuo acuerdo el árbitro y los dos equipos. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de juego (por ejemplo, para reducir



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

cada mitad a 7 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes el inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Intermedio

Los equipos tienen derecho a un intermedio a mitad del tiempo medio de un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Las normas de competencia deben indicar la duración del intermedio o descanso. La duración del descanso puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

A cada equipo se le otorga cuatro tiempos de espera al comienzo del partido. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. Por ejemplo, un equipo puede pedir tres tiempos de espera de un minuto de duración y, posteriormente, sólo tienen un tiempo de espera de hasta dos minutos de duración. Los tiempos de espera sólo pueden ser consumidos durante una interrupción del juego. El tiempo es controlado y registrado por el árbitro asistente.

Indemnización por el tiempo perdido

Se tiene en cuenta cualquier período de tiempo perdido para todos a través de: evaluación de los daños a los robots, la eliminación de los robots dañados en el terreno de juego y cualquier otra causa que suponga la pérdida de tiempo. La indemnización por el tiempo perdido es a discreción del árbitro.

Tiempo Extra

Las normas de competencia podrán prever dos tiempos suplementarios iguales a jugar. Las condiciones de la Ley 8 serán aplicadas.

Abandonar el partido

Un partido abandonado se repite a menos que las normas de competencia dispongan otra cosa.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

El comité organizador local hará todo lo posible para proporcionar acceso a los equipos de la competición al menos dos horas antes del inicio de la competición. También se esforzará por permitir al menos una hora de tiempo de configuración antes de cada partido. Los participantes deben ser conscientes, sin embargo, que puede ocurrir que este tiempo no se pueda proporcionar.



Decisión 2

Dentro de estas reglas, el término "interrupción del juego" se usa para describir los momentos en que el modo de juego se encuentra en un estado detenido. El juego no se considera parado si los robots se detienen cuando se les permite golpear la pelota.

Por ejemplo, el juego se detiene después de que la señal de saque ("kickoff") se ha producido, pero no continúa parado después de la correspondiente señal de "listos" ("ready"). De igual manera, el juego no continuará parado después de una señal de tiro libre "Freekick".

2.8. LEY 8 - INICIO Y REANUDACIÓN DEL JUEGO

Preliminares

Si ambos equipos tienen una frecuencia preferida común para las comunicaciones inalámbricas, el comité organizador local asignará la frecuencia para la primera mitad del partido. Si ambos equipos tienen un color preferido común, el comité organizador local asignará el color de la primera la mitad del partido.

Se lanza una moneda y el equipo que gane el sorteo decidirá qué portería atacará en la primera la mitad del partido.

El otro equipo realiza el saque para comenzar el partido.

El equipo que gane el sorteo tiene el saque inicial para comenzar la segunda mitad del partido.

En la segunda mitad del partido, los equipos cambian de campo.

Si los equipos no están de acuerdo para cambiar campos, pueden permanecer en los mismos que el primer tiempo con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una frecuencia común predefinida para las comunicaciones inalámbricas, los equipos deberían cambiar la asignación de esa frecuencia para la segunda mitad del partido. Los equipos pueden acordar no cambiar la asignación de la frecuencia predefinida para la segunda mitad del encuentro con el consentimiento del árbitro.

Si ambos equipos tienen una marca común de color preferido, los equipos deben cambiar los colores de marcado en la segunda mitad del partido. Si los equipos no están de acuerdo para cambiar la marca de colores, no la cambiarán el consentimiento del árbitro.

Saque desde el centro del campo

Un saque desde el centro del campo es una forma de iniciar o reiniciar el juego:

- en el inicio del partido.
- después de que un gol haya sido anotado.
- al comienzo de la segunda mitad del partido.
- al comienzo de cada período de tiempo adicional, cuando proceda.

Un gol puede ser anotado directamente desde el saque inicial.



Procedimiento

- Todos los robots se encuentran en su propia mitad del campo.
- Los oponentes del equipo que toman el pisetazo de salida están por lo menos a 500mm de la bola hasta que el balón esta en el juego.
- El balón está parado en el centro del campo hasta que el árbitro da la señal de saque.
- El árbitro da la señal de saque.
- La pelota está en juego cuando es pateado y se mueve hacia delante.
- El lazador no podrá toca el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.

Después de que un equipo anota un gol, el pisetazo de salida es tomado por el otro equipo.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de los saques de salida el procedimiento será:

- el saque de salida se repite.

Situando la pelota

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Procedimiento

Es necesario colocar la pelota, por parte del árbitro, tras un paro temporal para reanudar el partido, mientras la bola está en juego, por cualquier razón no mencionada en otras partes de las leyes del juego.

Infracciones / Sanciones

La pelota se coloca de nuevo:

- si un robot está a menos de 500 mm de la pelota antes de que el árbitro de la señal.

Circunstancias especiales

Un tiro libre concedido al equipo defensor dentro de su propia área de defensa se realiza desde la posición de tiro cercana a donde se produjo la infracción, elegida por el propio equipo.

Un tiro libre concedido al equipo atacante en el área de defensa de sus oponentes es lazado desde la posición legal predefinida de tiro libre más cercana al lugar donde se produjo la infracción.



Una pelota que esté en condiciones de reiniciar el partido después de que la jugada ha sido detenida temporalmente en el interior de la zona defensiva se coloca sobre la posición legal de tiro libre más cercana a donde se encontraba el balón cuando la jugada se detuvo.

2.9. LEY 9 - EL BALÓN EN JUEGO Y PARADO

Balón parado

La pelota está parada cuando:

- ha cruzado los límites del campo sea por el suelo o por el aire.
- el juego ha sido detenido por una señal del árbitro.

Cuando la bola sale fuera de juego, los robots deben seguir estando a 500 mm de la bola mientras ésta se coloca, hasta que la señal de reinicio es dada por el árbitro.

Balón en juego

La pelota está en juego en cualquier otro momento.

Infracciones / Sanciones

Si, en el momento en que el balón entra en juego, un miembro del equipo que saca esta a una distancia inferior de 200mm de la zona de defensa del oponente:

- si un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario, el tiro se lanzará desde la ubicación en la que se encontraba la pelota cuando se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador toca el balón por segunda vez antes de que lo haya tocado a otro robot:

- se concede tiro libre indirecto al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de que el balón entra en juego, el pateador deliberadamente sostiene el balón antes de que lo haya tocado otro robot:

- un tiro libre directo es concedido al equipo contrario, el lanzamiento será desde el lugar donde se produjo la infracción (véase la Ley 13).

Si, después de darse una señal para reiniciar el juego, el balón no entra en juego en 10 segundos, o la falta de progreso indica claramente que la pelota no entrará en juego en 10 segundos:

- el juego se detiene por una señal del árbitro,
- todos los robots tienen que moverse a 500mm de la pelota, y
- se indica un saque neutral.



Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Para todos los reinicios en que las leyes establecen que la pelota está en juego bien sea golpeándola o regateando, los robots deben claramente hacer lo posible para que ésta se mueva. Se entiende que la pelota puede permanecer en contacto con el robot o ser golpeada por el robot varias veces a corta distancia, pero bajo ninguna circunstancia el robot mantendrá el contacto o se mantendrá tocando la pelota después de haber recorrido una distancia de 50mm, a menos que el balón haya tocado antes a otro robot.

Los robots pueden utilizar los dispositivos de regateo y patada en los lanzamientos de las faltas.

Decisión 2

La zona de exclusión de 200mm de la zona de la defensa del oponente se designa para permitir a la defensa de los equipos tomar una posición defensiva contra un lanzamiento sin la interferencia de los oponentes. Este cambio se ha añadido para ayudar a los equipos de defensa contra saques de esquina en los que los equipos usan un “saque-elevado” y la pelota pasa directamente a la zona de defensa.

2.10. LEY 10 – MÉTODO DE TANTEO

Puntuación de Gol

Se marca un gol cuando el conjunto de la pelota pasa por encima de la línea de meta, entre las paredes de meta o por debajo del travesaño, sin que se haya cometido una infracción de las reglas de juego con anterioridad por parte del equipo que anotar el gol.

Equipo ganador

El equipo que anota el mayor número de goles durante un partido es el ganador. Si los dos equipos marcan un número igual de goles, o si no marcó ningún gol, el partido se da como empatado.

Las normas de competencia

Para los partidos que terminan en un empate, las normas de competencia podrán estipular un tiempo suplementario, u otro método aprobado por la Federación RoboCup para determinar el ganador del partido.

2.11. LEY 11 - FUERA DE JUEGO

La regla del fuera de juego no se usa en esta competición.

2.12. LEY 12 - FALTAS Y CONDUCTA ANTIDEPORTIVA

Las faltas y la conducta antideportiva se sancionan como sigue:



Tiro libre directo

Un tiro libre directo es concedido al equipo adversario si un robot comete cualquiera de las siguientes cuatro infracciones:

- Hacer contacto sustancial con un oponente.
- Retener un oponente.
- Sostener el balón deliberadamente (excepto para el guardameta dentro de su ámbito de la defensa propia).
- El segundo robot de la defensa y ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma que afecte sustancialmente el juego.

Un tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.

Tiro de Penalti

Un tiro de penalti se otorga si alguna de las anteriores cuatro infracciones es cometida por un robot dentro del área de defensa propia, independientemente de la posición de la pelota, siempre y cuando ésta esté en juego.

Tiros libres indirectos

Un tiro libre indirecto se concede al equipo contrario si el guardameta, dentro de su propia área defensiva, comete cualquiera de las siguientes infracciones:

- Transcurren más de quince segundos mientras sostiene la pelota antes de liberarla de su posesión.
- tiene el balón de nuevo después de haber sido liberado de su posesión y no lo ha tocado otro robot.

Un tiro libre indirecto además es concedido al equipo adversario si un robot:

- entra en contacto con el portero y el punto de contacto está en el área de defensa.
- conduce el balón a una distancia superior a 500mm
- tocó la pelota de tal manera que la parte superior de la bola alcanza una altura superior a 150mm respecto del suelo y el balón entra en la meta de su oponente, salvo que haya sido tocado previamente por un compañero de equipo, o que manteniéndose en contacto con el suelo alcance dicha altura y entre en la meta de su oponente debido a un rebote.
- pateo la pelota de tal manera que supera los 10 m/s de velocidad.
- comete cualquier otra infracción, que no se haya mencionado anteriormente en la Ley 12, por la que se interrumpirá el juego por precaución o para expulsar al robot.

El tiro libre se lanza desde donde se cometió la falta.



Sanciones disciplinarias

Un equipo será amonestado y recibirá la tarjeta amarilla si un robot comete cualquiera de las siguientes infracciones:

1. es culpable de conducta antideportiva.
2. es culpable de graves y violentos contactos.
3. infringe persistentemente las Reglas de Juego.
4. retrasa la reanudación del juego.
5. no respetar la distancia reglamentaria cuando el juego se reanudará con un saque de meta, saque de esquina o tiro libre.
6. modifica o provoca daños en el campo o pelota.
7. deliberadamente entra o se desplaza dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe moverse inmediatamente fuera y ser sacado del campo. Después de dos minutos de juego (según lo medido por el árbitro asistente utilizando el tiempo de juego oficial) el robot puede entrar de nuevo en el campo en la próxima parada del juego.

Expulsión de sancionados

Un equipo recibe la tarjeta roja si uno de los robots o el equipo es culpable de un comportamiento antideportivo grave. El número de robots en el equipo se reduce en uno después de cada tarjeta roja.

Decisiones del Comité Técnico de la Liga Small Size

Decisión 1

Contacto importante es el contacto suficiente para desalojar al robot de su orientación actual, posición o movimiento en el caso de que se esté moviendo. Cuando los dos robots se mueven a velocidades similares, y la causa de contacto no es evidente, el árbitro permitirá que el juego continúe. Esta ley está diseñada para proteger a los robots que son lentos o permanecen quietos en el momento del contacto, y por tanto deben ser detectados por los sistemas de evasión de obstáculos.

Decisión 2

Las precauciones para evitar contactos graves y violentos son una manera de desalentar a los equipos al ignorar el espíritu del principio de no contacto. Como ejemplos de infracciones amonestables se incluyen el movimiento incontrolado, las malas evasiones de obstáculos, empujar o girar rápidamente mientras se está junto a un oponente. En un escenario típico, el árbitro podrá advertir al equipo, y se espera que se modifique su sistema a fin de reducir la violencia de su juego. Si el árbitro aún no está satisfecho, dictará una amonestación.

Decisión 3

Un robot que se coloca en el campo, pero claramente no es capaz de moverse, será sancionado por conducta antideportiva.

Decisión 4

Un robot que está reteniendo el balón, si toma el control total del balón mediante la eliminación de todos sus grados de libertad, por lo general, la fijación de un balón en el cuerpo o rodear un balón con el cuerpo para prevenir el acceso de otros. El 80% de la superficie de la bola cuando se ven desde arriba debe estar fuera de la parte convexa que rodea el robot. Otro robot debe ser capaz de quitar el balón a otro robot que posee la pelota. Esta limitación se aplica también a todos los dispositivos de regateo y patada, incluso si tal infracción es momentánea.

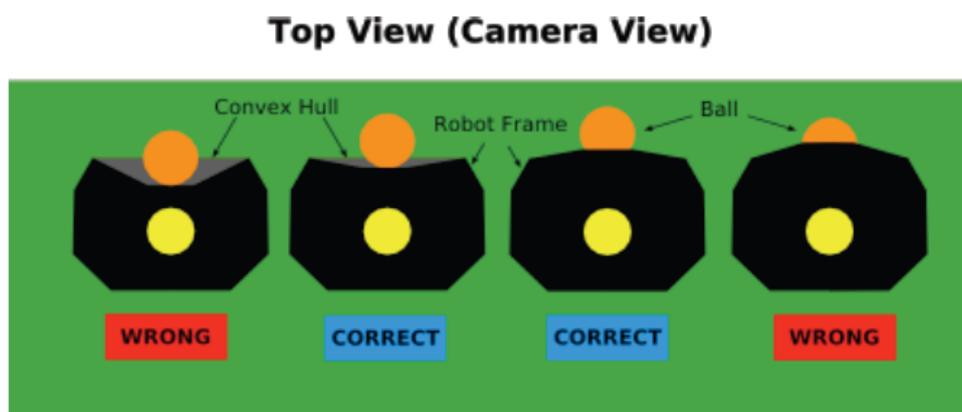


Figura 2.8. Cómo se debe coger la pelota.

Decisión 5

Un robot comienza el regateo cuando tiene contacto con el balón y se detiene el regateo cuando hay una separación observable entre la pelota y el robot.

La restricción de la distancia en el regateo se añadió para evitar que un robot con una mecánica superior pudiera tener un indiscutible control de la pelota en el ataque. La restricción de la distancia, no obstante, permite a los atacantes dar y recibir pases, girar con el balón, y detenerse con la pelota. Los sistemas de regateo se pueden utilizar para regatear a grandes distancias con el balón, siempre y cuando el robot pierda periódicamente la posesión, tales pérdidas pueden ser: patear la pelota delante de él, como hacen a menudo los jugadores de fútbol humano. El comité técnico espera que la regla de distancia sea auto-forzada, es decir, que los equipos dispongan de un software que la cumpla con antelación, y se les pueda pedir una demostración previa a una competición.

Los árbitros, sin embargo, podrán seguir señalando faltas y pueden señalar amonestaciones (tarjeta amarilla) por situaciones de violación sistemática de dicha regla.

Decisión 6

La limitación de velocidad de disparo de la pelota ha sido añadida para prevenir que un robot con un disparo mecánicamente superior tenga demasiada ventaja sobre sus oponentes, o patear la pelota a una velocidad no apta para los espectadores. También se cree que esto ayudará a fomentar el juego en equipo frente a la capacidad individual del robot.



Decisión 7

La norma sobre la subida al marcador cuando el lanzamiento ha sido producido mediante un tiro parabólico o “picado de la pelota”. Esta norma se redacta debido a que en las competiciones anteriores hubo algunas confusiones que se produjeron después de que los robots picaran la pelota y se produjeran goles en propia puerta. Por esta razón, una interpretación estricta de esta regla, es dada aquí:

- Si un robot lanza la pelota picada (no importa a qué altura se desplace) a un compañero de equipo y la bola posteriormente, entra en propia meta, el tanto se dará como válido para el equipo oponente.
- Si un robot pica pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en la propia meta, después de permanecer por debajo de 150mm de altura todo el tiempo después haber tocado al robot oponente, el equipo oponente también obtiene un tanto.
- Si un robot pica la pelota por encima de un adversario y el balón, posteriormente entra en propia meta después de haber estado por encima de 150mm durante algún tiempo (y no habiendo estado en contacto permanente con el suelo después), después de tocar al robot oponente, el equipo oponente no puntúa.

Decisión 8

La infracción cometida al entrar deliberadamente en la zona de tránsito del árbitro fue añadido para desalentar a los equipos de la conducción de vehículos por esta zona para obtener ventajas tácticas. En particular, debe prevenir que los equipos exploten el hecho de que otros equipos no podrían tener cobertura de visión del árbitro caminando por dicha área. Se entiende que en ocasiones un robot puede entrar en la zona si está fuera de control, o si ha sido empujado a esta área. Estos casos no deben ser considerados infracciones. Sin embargo, la decisión final en cuanto a lo que constituye una violación deliberada del reglamento se deja al árbitro.

2.13. LEY 13 - TIROS LIBRES

Tipos de Tiros Libres

Serán directos o indirectos.

Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parada cuando se comete la falta y el lanzador no puede tocar el balón por segunda vez hasta que lo haya tocado otro robot.

El tiro libre directo

- si un tiro libre entra directamente en la meta del oponente, se concede un gol.
- si un tiro libre entra directamente a gol en propia meta, se concede un gol al equipo oponente.



El balón entra en la meta

Se concede un gol solamente si el balón toca posteriormente a otro robot antes de que entre el balón en la portería.

- si un tiro libre indirecto entra directamente en la meta del oponente, se concede un saque de puerta.
- si un tiro libre indirecto entra directamente en la propia meta del equipo, se concede un saque de esquina al equipo contrario.

Procedimiento para los tiros libres

Si el tiro libre se concede dentro del área de defensa, el tiro libre se lanza desde un punto a 600mm de la línea de gol y a 100mm desde la línea de contacto más cercana a donde se produjo la infracción.

Si el tiro libre es concedido al equipo atacante a 700mm de la zona de defensa, la pelota está se traslada al punto más cercano a 700mm desde el área de defensa.

Por el contrario, el tiro libre se lanza desde el lugar donde se produjo la infracción.

Todos los robots oponentes se colocarán a una distancia mínima de 500mm de la pelota.

La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Si, cuando se lanza un tiro libre, el oponente más cercano a la bola no se encuentra a la distancia requerida:

- el tiro se repetirá

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.

2.14. LEY 14 - EL TIRO DE PENALTI

Un tiro de penalti se otorga contra un equipo que cometa una de las cinco infracciones por las que se concede un tiro libre directo, dentro de su área de defensa y mientras la bola está en juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un tiro de penalti.

El tiempo adicional permitido para un tiro de penalti se añadirá al final de cada mitad o al final de los períodos de tiempo extra



Posición de la bola y los Robots

El balón:

- se coloca en el punto de penalti.

El robot de lanza el penalti:

- está debidamente identificado

El guardameta defensor:

- se mantiene entre los postes de la portería, toca la línea de meta, y la cara externa de la meta, hasta que el balón ha sido pateado. Se le permite el movimiento antes de que el balón haya sido golpeado, siempre y cuando no se infrinja alguna de estas restricciones.

Los robots que no sean los lanzadores se encuentran:

- dentro del campo de juego.
- detrás de una línea paralela a la línea de gol y a 400mm detrás del punto penalti.

El árbitro

- no da la señal de lanzamiento de penalti hasta que los robots han tomado posición de conformidad con la Ley.
- decide cuando un tiro penal se ha completado.

Procedimiento

- el robot que lanza el penalti, golpea la pelota hacia delante.
- no toca el balón por segunda vez hasta que haya sido tocado por otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve hacia delante.

Cuando un tiro de penalti se lanza durante el curso normal del juego, o el tiempo se ha ampliado en la primera mitad o al final del partido para permitir que un lanzamiento de penalti sea lanzado. Se concede un gol si entra directamente o si antes de que el balón pase entre los postes y por debajo del travesaño:

- la pelota toca uno o ambos postes de la portería y/o el travesaño, y/o el portero.

Infracciones / Sanciones

Si el árbitro da la señal de un tiro de penalti y, antes de que el balón esté en juego, se produce una de las siguientes situaciones:

El robot que lanza el penalti infringe las Reglas del Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

El guardameta infringe las Reglas de Juego:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el tiro.

Un compañero del robot que lanza, penetra en el área de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se repetirá el tiro.
- si el balón no entra en la meta, el lanzamiento no se repetirá.
- si el balón rebota en el guardameta, el travesaño o el poste de la meta y es tocado por el presente robot, el árbitro interrumpirá el juego y reanudará el partido con un tiro libre indirecto a favor del equipo que defiende.

Un compañero del guardameta penetra en la zona de los 400mm detrás del punto de penalti:

- el árbitro permitirá que continúe la jugada.
- si el balón entra en la meta, se concede un gol.
- si el balón no entra en la meta, se repetirá el lanzamiento.

Un robot de ambos equipos, de la defensa y el equipo atacante, infringen las Reglas de Juego:

- el tiro se repetirá.

Si, tras el cumplimiento de la pena:

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

El balón es tocado por un agente externo, y se mueve hacia delante:

- el tiro se repetirá.

El balón rebota en el terreno de juego tras tocar al guardameta, el travesaño o los postes, y es entonces tocado por un agente externo:

- el árbitro detiene el juego.
- juego se reanudará con un toque neutral en el lugar donde la pelota tocó al agente externo (véase la Ley 13).

2.15. LEY 15 - EL SAQUE DE BANDA

Un saque de banda, es un método de reinicio el juego.

Un gol no puede ser marcado directamente desde un saque de banda.

Un saque de banda se concede:

- cuando la totalidad de la pelota pasa por encima del límite de contacto (línea de banda), ya sea por tierra o por aire.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- desde el punto, a 100mm, perpendicular a la línea de banda donde la pelota cruzó el límite.
- a los opositores del último robot que toca el balón.

Procedimiento

- El árbitro pone el balón en la posición designada.
- Todos los robots oponentes se distancian por lo menos 500mm de la pelota.
- La pelota está en juego cuando es pateada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Cuando un saque de banda se realiza, un oponente está más cercano a la bola de la distancia requerida:

- el saque de banda se repetirá.

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.

2.16. LEY 16 - EL SAQUE DE PUERTA

Un saque de puerta es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente por un saque de puerta, pero sólo si entra en la portería contraria.

Un saque de puerta es otorgado cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber sido tocada por un robot del equipo atacante, pasa por encima de la línea de límite de gol ya sea por tierra o aire, y no se concede un tanto de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- la pelota es pateada desde el punto a 500mm de la línea de gol y 100mm de la línea de banda más cercano a donde la pelota pasó por la línea de gol.
- los opositores siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumeran en la Ley 9 se tratará en consonancia

Para cualquier otra infracción de la presente Ley:

- el tiro se repetirá.



2.17. LEY 17 - EL SAQUE DE ESQUINA

Un saque de esquina es un método de reinicio el juego.

Un gol puede ser anotado directamente de un saque de esquina, pero solamente contra el equipo contrario.

Un saque de esquina se concede cuando:

- la totalidad de la pelota, después de haber tocado un robot del equipo defensor, pasa por encima de la línea de gol, ya sea por tierra o aire, y no se concede un gol de conformidad con la Ley 10.

Procedimiento

- la pelota es golpeada desde la esquina más cercana, a 100mm en la línea de gol y de la línea de banda.
- los contrarios siguen estando a 500mm de la bola hasta que el balón está en juego.
- el lanzador no puede jugar el balón por segunda vez hasta que haya tocado a otro robot.
- la pelota está en juego cuando es golpeada y se mueve.

Infracciones / Sanciones

Toda infracción que se enumera en la Ley 9 se tratará en consonancia.

Para cualquier otra infracción:

- el tiro se repetirá.



2.18. APÉNDICE A - REGLAS DE COMPETENCIA

Este apéndice describe los procedimientos adicionales para la Small Size League.

Tiempo Extra

Si el resultado del partido es de empate después del final del segundo período y el partido necesita terminar con un claro ganador, se jugará un tiempo extra (como se indica en las leyes 7 y 10). Antes de la primera mitad del tiempo extra, habrá un intervalo que no deberá exceder de 5 minutos.

Períodos de juego durante el tiempo extra

El tiempo extra dura dos períodos iguales de 5 minutos, salvo mutuo acuerdo entre el árbitro y los dos equipos participantes. Cualquier acuerdo para alterar los períodos de tiempo extra (por ejemplo, para reducir cada mitad a 3 minutos a causa de un horario limitado) debe hacerse antes del inicio del juego y deben cumplir con las normas de competencia.

Descanso

Los equipos tienen derecho a un descanso en el intervalo entre las dos mitades del tiempo extra. El plazo de tiempo no debe exceder de 2 minutos.

La duración del descanso en dicho intervalo de tiempo puede ser modificado únicamente con el consentimiento de ambos equipos y el árbitro.

Tiempos de espera

Cada equipo tiene asignado dos tiempos de espera en el comienzo del tiempo extra. Se permite un total de 5 minutos para todos los tiempos de espera. El número de tiempos de espera y el tiempo, no utilizados en el juego regular, no se agregan. Los tiempos de espera en el tiempo extra siguen las mismas reglas que en el juego regular (indicado en la ley 7).

Tanda de penaltis

Si el partido termina en empate después del final de la segunda parte de la prórroga, el resultado final se decidirá en los penaltis.

Preparación

Antes del inicio de los penaltis, habrá un intervalo que no deberá exceder de 2 minutos. Este tiempo se designa para ser utilizado por los equipos en el diálogo con el árbitro y sus asistentes para comprobar que la posición del portero es correcta (en la línea) y que todas las demás normas se cumplen como se indica en la ley 14. El árbitro determina (por ejemplo, lanzando una moneda), qué equipo defiende la portería, así como qué equipo tiene que lanzar el primer penalti.



Procedimiento

Durante los tiros desde el punto de penalti, un máximo de 2 robots por equipo estarán en el campo con el fin de evitar interferencias. Los tiros desde el punto penalti se harán alternativamente por parte de ambos equipos hasta que cada equipo haya lanzado 5 sanciones. Si se toma una decisión para un equipo, los lanzamientos se interrumpirán por decisión del árbitro. Para todos los lanzamientos, se aplican las normas de la ley 14. Un segundo tiro (por ejemplo, si la pelota rebota en la portería o un poste de la portería o el robot que lanza recupera la pelota) no puntuará; ya que el penalti no será válido si el lazador vuelve a tocar la pelota después del primer disparo. Durante los lanzamientos, desde el punto penalti no habrá tiempos muertos. Los robots pueden ser intercambiados entre los lanzamientos siguiendo las reglas de intercambio de la ley 3. Como el intercambio de los campos entre ambos equipos costaría demasiado tiempo y se forzaría a los equipos a variar sus sistemas, se usarán ambas porterías.

Si después de 10 tiros no hay un vencedor, cada equipo tiene un lanzamiento de penalti en el mismo orden en que lo hicieran anteriormente. Este procedimiento (un penalti por equipo) se continúa hasta que haya un vencedor.



2.19. APÉNDICE B – EXPERTOS EN VISIÓN

Durante las competiciones, los expertos en visión están a cargo del sistema compartido de visión de cada campo. La asignación y tiempo de su período de servicio es designado por los organizadores de la competición. Esto deber hecho de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

Deberes

El experto en visión tiene el deber de:

- Comprobar el hardware del sistema compartido de visión e informar de cualquier problema relacionado con esto al TC/ organizadores locales.
- Hacer el proceso de calibración del SSL-Vision cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Vision cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Vision correctamente.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos partidos utilizan los correctos patrones estandarizados, que la altura de sus robots está calibrada con exactitud y que los datos de localización recibidos son correctos.
- Vigilar el estado del sistema compartido de visión durante el partido y reportar inmediatamente cualquier tipo de problema al árbitro.
- Recibir las quejas de los equipos sobre el sistema de visión compartido durante el partido y, si fuera necesario, preguntar al árbitro para parar el juego de tal forma que se pueda diagnosticar y solucionar el problema.
- Avisar al árbitro si hay alguna queja no solucionable de algún equipo acerca del sistema de visión. En este caso, el árbitro, tiene la autoridad definitiva para fallar en cualquier modo con respecto sus poderes y deberes (ver Ley 5), incluyendo la habilidad para avisar y(o sancionar a los equipos de mal comportamiento si las exigencias de los equipos son infundadas y continúan obstruyendo el juego (ver Sanciones Disciplinarias en Ley 12).



CAPÍTULO 3

3. COMPOSICIÓN DEL MICROROBOT F180

Este capítulo expone una breve descripción de la arquitectura de sistema global para ayudar al lector a entender la funcionalidad de cada una de sus partes y, por tanto, de los posteriores capítulos del proyecto.

Como se ha visto anteriormente en la reglamentación un equipo de fútbol consta de un máximo de 5 robots. Cada uno de ellos debe poderse introducir en un cilindro de 180 mm de diámetro y 150 mm de altura en caso de la implementación de visión global (la que nos ocupa) y 225 mm en caso de visión local. Para el caso de visión global se coloca una cámara sobre la barra situada sobre el campo a 4m de altura. En el transcurso del encuentro los robots utilizan comunicación inalámbrica mediante la cual un computador central, que está fuera del campo, les envía información sobre su posición, la estrategia del juego, la posición de sus compañeros de juego, la posición de la pelota, la posición de los robots del equipo contrario...

A grandes rasgos, la arquitectura global puede ser dividida en cuatro subsistemas para un mayor detalle:

1. Sistema de visión.
2. Sistema de inteligencia artificial.
3. Sistema de control del árbitro.
4. Los propios robots.

A continuación se muestra el esquema de los subsistemas enumerados anteriormente.

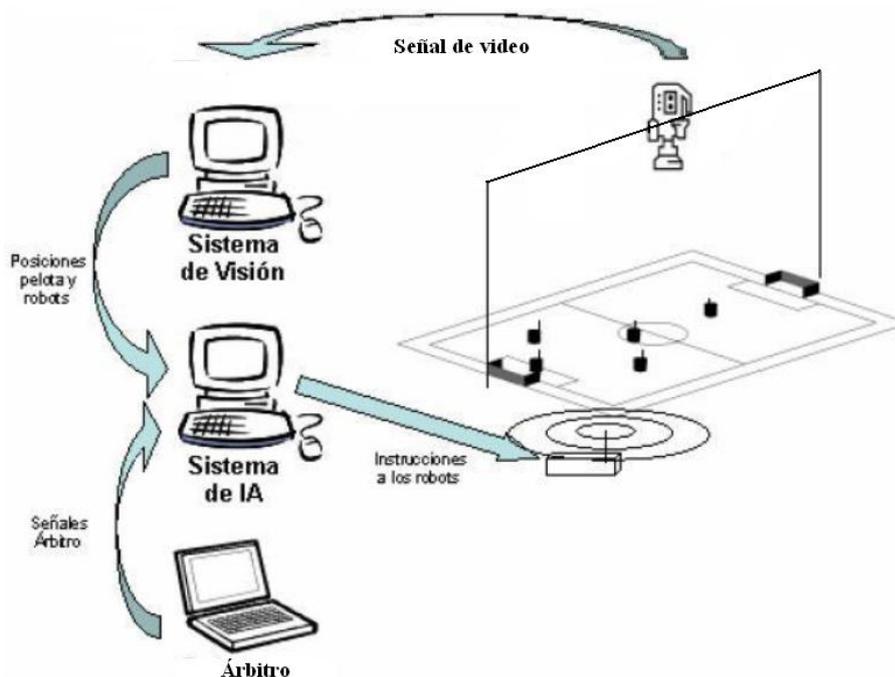


Figura 3.1. Arquitectura del sistema.

Generalmente el sistema de visión y el sistema de inteligencia artificial están dentro de un mismo ordenador.

3.1. SISTEMA DE VISIÓN

El objetivo del sistema de visión es calcular la posición y orientación de los robots en el terreno de juego. Recibe información por medio de una o varias cámaras de video, procesa las imágenes para identificar a los objetos de interés y envía sus resultados al sistema de inteligencia artificial.

3.2. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El sistema de inteligencia artificial recibe la posición y orientación de los robots del equipo y la posición de la pelota y los robots contrarios. Además, el árbitro del partido utiliza un sistema de control para informar al sistema de inteligencia artificial del estado del partido y enviar eventos que afectan el desarrollo del encuentro. La función principal del sistema inteligencia artificial consiste en tomar decisiones estratégicas que afectan el comportamiento de los robots en el encuentro, así como responder a los comandos que el control del árbitro le envía. El sistema de inteligencia artificial envía instrucciones a los robots por medio de un módulo de comunicación inalámbrica.



3.3. SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO

El personaje del árbitro se encarga de vigilar que el partido transcurra según la reglamentación establecida usando un silbato y su voz. El asistente, según esas indicaciones opera sobre un sistema para controlar el estado del juego enviando las correspondientes señales a los sistemas de inteligencia artificial de los equipos.

3.4. ROBOTS

Los robots se encargan de jugar al fútbol y para lograrlo deben ofrecer las siguientes funcionalidades básicas:

- Deben ser capaces de desplazarse dentro de la cancha según la dirección y velocidad que determine el sistema de inteligencia artificial.
- Requieren golpear la pelota a diferentes velocidades para enviar pases y marcar goles.
- Necesitan controlar y mantener el contacto con la pelota, de modo que se puedan desplazar sin perderla.
- Requieren ser capaces de bloquear tiros del equipo contrario para evitar pases y goles.
- Deben recibir la información enviada por el sistema de inteligencia artificial, procesarla y ejecutarla.
- Ser capaces de enviar los datos que requiera el sistema de inteligencia artificial.

Para que cada uno de los robots ejecute las instrucciones que el sistema de inteligencia artificial envía, se requiere que los robots tengan un módulo de comunicación inalámbrica para recibir la información del sistema de inteligencia artificial, un dispositivo de procesamiento central que, de acuerdo con un programa residente en la memoria del robot, interpreta los comandos recibidos por el sistema de inteligencia artificial y envía señales hacia los circuitos de potencia para activar los dispositivos de movimiento del robot, de control y golpeo de la pelota.

La figura 3.2 representa un diagrama de los componentes principales de un robot F180.

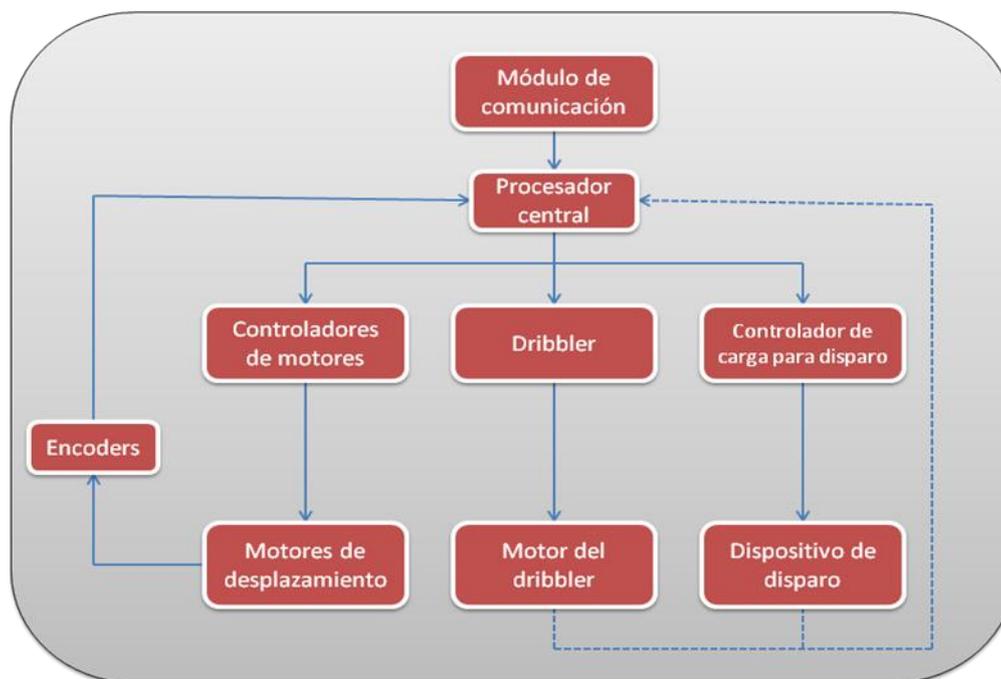


Figura 3.2. Partes funcionales de un robot F180

3.5. LOS PARTIDOS F180

Los partidos de la liga F180 tienen una duración de 20 minutos, dividido en dos tiempos de 10 minutos cada uno.

Entre las diferentes versiones de competición de Robosoccer, la liga F180 es posiblemente la que requiere mayor intensidad durante los partidos por la velocidad de juego; la pelota llega a alcanzar una velocidad de hasta 3m/s y los robots se mueven a más de 2,3 m/s.

La velocidad de juego y el control de los robots han dado a la liga la calificación de una “liga de ingeniería”. En ella se aplican disciplinas de la ingeniería como el diseño electro-mecánico, teoría de control, electrónica de potencia, electrónica digital y comunicación inalámbrica.

3.6. ARQUITECTURA DEL MICROBOT F180

En esta sección se describe cada uno de los sistemas que deber ser diseñados y desarrollados para construir un robot capaz de participar de manera competitiva en un partido de la liga F180. En los capítulos posteriores se muestran los sistemas diseñados para el prototipo de 2010 y se detalla la solución, en caso de considerarla necesaria, para el prototipo de 2011 que corrige las deficiencias detectadas o mejora las funcionalidades.

3.6.1. Sistema de procesamiento

El sistema de procesamiento o control tiene doble funcionalidad para un robot F180. En primer lugar, y al igual que para cualquier otro robot autónomo, es el sistema encargado de procesar y enviar las órdenes pertinentes a cada uno de los sistemas para que estos operen del modo adecuado y de recibir la información de los sensores (en caso de haberlos) para interactuar adecuadamente con el entorno, por ello el sistema debe contar con un módulo de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. En segundo lugar, y de forma obligatoria para la competición RoboCup, el sistema de procesamiento debe ser capaz de interactuar de forma inalámbrica con un ordenador central o maestro del cuál recibirá órdenes que debe ejecutar, e información del entorno (por ejemplo, la posición del resto de robots, la posición de la pelota, de la portería, dimensiones del terreno de juego...)

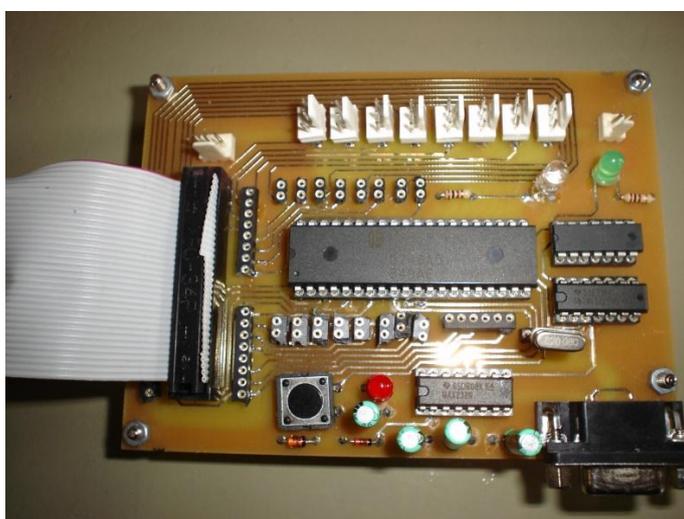


Figura 3.3. Módulo de control desarrollado por LSI-Eurobot 2008

Por tanto, es estrictamente necesario que el sistema de procesamiento o control que se instale en el robot F180 conste de un módulo de comunicación Wi-Fi, capaz de transmitir y recibir información sin la necesidad de un cable físico.



Figura 3.4. Controlador comercial RCM4400-Rabbit

Para equipar al robot con este sistema se puede optar por desarrollar un módulo no comercial o elegir de entre la gran variedad de tarjetas de procesamiento existentes en el mercado las cuales están equipadas de todo un kit de desarrollo tanto hardware como software que facilita su uso. Además, la utilización de equipos comerciales maximiza la obtención de recursos ocupando el mínimo espacio posible.

3.6.2. Sistema de locomoción

Un robot móvil requiere mecanismos de locomoción que le permitan desplazarse en su ambiente. Existe una gran variedad de soluciones para lograr que un robot tenga movimiento y muchos de estos mecanismos de locomoción están inspirados en sus contrapartes biológicas.

Una gran excepción (no inspirada en partes biológicas) la constituye la rueda, una invención de la humanidad que brinda una excelente movilidad en ambientes planos. La rueda ha sido el mecanismo de locomoción más usado en los robots móviles, su uso ofrece una buena estabilidad y equilibrio pero requiere que se tome en cuenta la tracción, la maniobrabilidad y el control del movimiento.

El tipo de desplazamiento que se debe considerar para un robot móvil está sumamente relacionado con el tipo y la geometría de las ruedas. Existen muchos tipos de desplazamiento pero debido a sus características muy similares pueden ser clasificados en dos grandes clases: diferencial, y omnidireccional.

3.6.2.1. El desplazamiento diferencial.

Un desplazamiento diferencial considera un par de ruedas. El principio de funcionamiento es simple: para que el robot se desplace hacia delante conservando su orientación las ruedas deben girar a la misma velocidad y en la misma dirección. Para que el robot cambie su orientación debe existir una diferencia de velocidades en las ruedas, cuanto más grande sea la diferencia de velocidades en las ruedas más grande será el cambio en la orientación del robot. En la siguiente figura se pretende mostrar que el robot cambiará de orientación como consecuencia de que las ruedas están girando a la misma velocidad pero en sentido contrario, en este caso el robot únicamente rota y no se traslada.

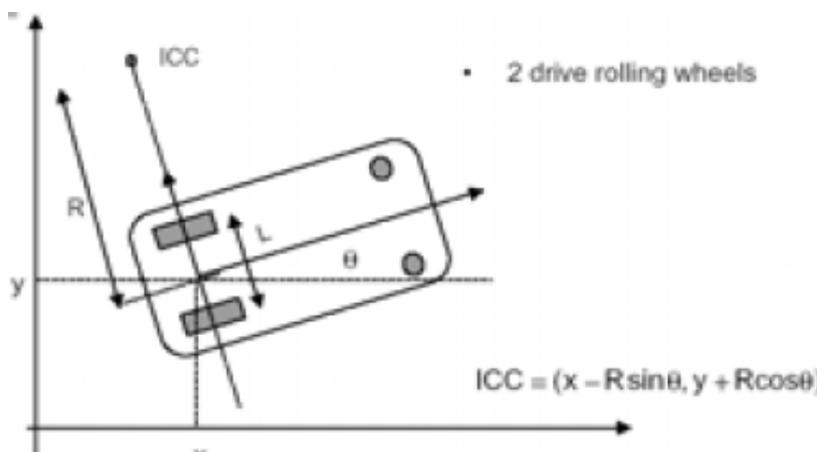


Figura 3.5. Tracción diferencial



Este tipo de tracción es el más simple. Consta de uno, dos o más ejes de dos ruedas motrices y, al menos, una rueda “loca” para mantener el equilibrio y la estabilidad del vehículo.

Esta tracción permite hacer giros sobre sí mismo (como un tanque), girar sobre una rueda (como un compás), o girar mientras se avanza (como un coche), todo ello dando distintas velocidades y direcciones de giro a los motores. Este sistema es muy flexible, pudiendo trabajar con el robot en espacios muy limitados gracias a sus posibilidades de giro. Presenta el inconveniente de que este tipo de tracción es muy sensible a la velocidad relativa de las ruedas, así pequeños errores producen diferentes trayectorias. También puede reducir el torque total, la fuerza rotatoria que propulsa al robot. La cantidad de torque requerida en cada momento depende directamente de la carga en ese instante.

Un caso particular de la tracción diferencial es la tracción mediante orugas. Esta consiste en sustituir las ruedas por orugas. En esta configuración el deslizamiento en los giros es muy grande, perdiéndose bastante precisión en el cálculo odométrico. Se emplea en casos en los que el terreno presente irregularidades.

Ventajas:

- El robot puede girar sobre su propio eje (el punto medio entre las ruedas de tracción) lo que le da una mejor respuesta ante las curvas.

Inconvenientes:

- Las ruedas de tracción no pueden ir a máxima velocidad siempre, en las curvas, una de las ruedas se deberá frenar, en general, la interior a la curva, o incluso, llegar a invertir su sentido.
- Para asegurarse el movimiento rectilíneo del robot debemos comprobar que las dos ruedas tengan la misma velocidad.
- Existen problemas de estabilidad que suelen ser solucionados con una tercera rueda, una rueda loca, sin embargo esto puede seguir dando problemas, dependiendo del centro de gravedad. Si se pone una cuarta rueda loca ganará estabilidad pero pueden perder contacto las ruedas de tracción en función de las irregularidades del terreno.

3.6.2.2. Ruedas directrices o triciclo

Este sistema consta de tracción y dirección independientes, formado por tres ruedas con odometría en las dos ruedas traseras. La dirección y tracción viene proporcionada por la rueda frontal. Con este tipo de estructura se puede tener un control muy preciso sobre el ángulo de giro del robot. El inconveniente es que el radio de giro del robot es muy limitado, ya que la tracción trasera no es diferencial y los ejes no pueden girar a distintas velocidades, reduciéndose de esta manera el radio de giro. Esta configuración es recomendable para robots que operen en ambientes amplios y abiertos, que no necesite de gran libertad de movimientos.

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

El centro instantáneo de curvatura debe estar en la línea que pasa y es perpendicular a las ruedas traseras fijas.

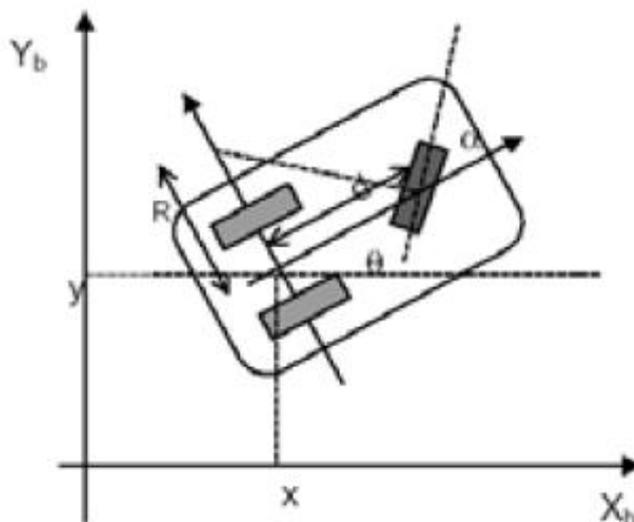


Figura 3.6. Ruedas directrices.

Ventajas:

- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.
- Presenta una mayor facilidad para mantener una trayectoria rectilínea.

Inconvenientes:

- El radio de giro del robot no es muy grande, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o tomar una curva.

3.6.2.3. Tracción síncrona

En un robot de tracción síncrona cada rueda es motriz y directriz. La configuración más típica se compone de tres ruedas orientables dispuestas en los vértices de un triángulo equilátero sobre una plataforma circular colocada sobre el triángulo. Las tres ruedas apuntan en la misma dirección y giran a la misma velocidad, esto se consigue mediante un conjunto complejo de correas que conectan las ruedas. Se usan dos motores independientes, uno hace rodar todas las ruedas y el otro las hace girar simultáneamente. El vehículo controla tanto la dirección en la que apuntan las ruedas como la velocidad a la que ruedan. Dado que todas las ruedas permanecen paralelas, el robot rota siempre alrededor de su centro geométrico. Los robots de tracción síncrona pueden controlar la orientación directamente. Los robots con este tipo de tracción presentan un movimiento no holónimo.

El centro instantáneo de curvatura está siempre en el infinito, cambiando la orientación de las ruedas cambia el centro instantáneo de curvatura.

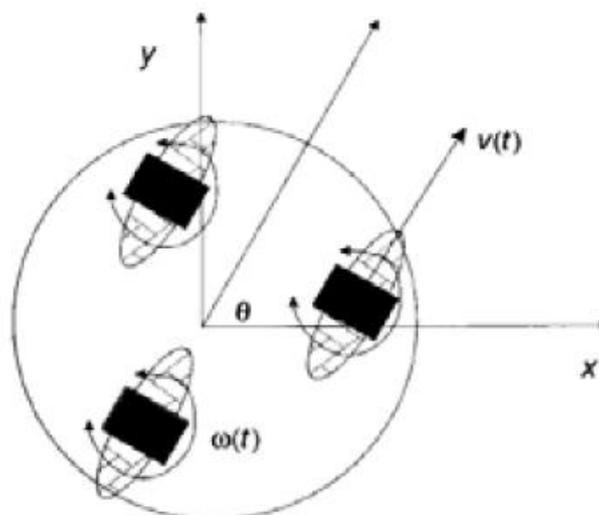


Figura 3.7. Tracción síncrona.

Ventajas:

- Se evitan los problemas de inestabilidad y de pérdida de contacto del diferencial.

Inconvenientes:

- Mayor complejidad mecánica.

3.6.2.4. Tracción Ackerman

Se usa en vehículos a motor, es la utilizada por los coches. Se compone de cuatro ruedas, donde las dos del tren delantero contienen la dirección y, en ocasiones, la tracción, y las dos del tren trasero que pueden ser empleadas para propulsar el vehículo. La rueda frontal interna rota un poco más que la externa (reduce el deslizamiento). Se usa de forma generalizada en robots móviles autónomos en exteriores.

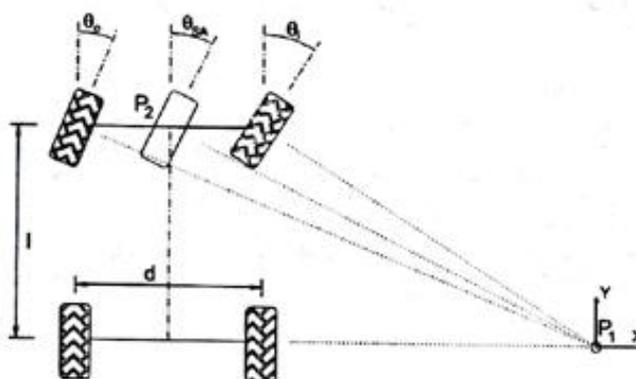


Figura 3.8. Tracción Ackerman.

Ventajas:

- Las ruedas de tracción pueden ir a máxima velocidad, siempre que el radio de giro de la pista sea lo suficientemente grande.

- Presenta una buena estabilidad.
- Permite un control muy bueno en las rectas.

Inconvenientes:

- El radio de giro del robot no es muy pequeño, por lo que se deberá reducir la velocidad antes de realizar un giro o entrar en una curva

3.6.2.5. El desplazamiento omnidireccional.

El desplazamiento omnidireccional es de gran interés porque brinda una completa maniobrabilidad. Los robots omnidireccionales pueden moverse en cualquier dirección y en cualquier momento sin requerir una orientación específica para el desplazamiento del robot. Este tipo de desplazamiento requiere de ruedas que se puedan mover en más de una dirección. En la siguiente figura puede verse el diseño de ruedas omnidireccionales.



Figura 3.9. Ruedas omnidireccionales en robótica

El movimiento omnidireccional ha adquirido popularidad en los robots móviles porque permite que el robot se desplace en línea recta desde un punto origen hacia cualquier otro punto, sin tener que rotar antes de desplazarse. Adicionalmente, la traslación sobre la ruta deseada se puede combinar con una rotación, de modo que el robot llega a su destino en el ángulo correcto.

Se requieren más de dos ruedas omnidireccionales para mover a un robot. Cada rueda proporciona una fuerza en una dirección normal al eje del motor y paralela a la superficie. La suma de fuerzas provén la traslación y rotación del robot.

Los sistemas dotados de ruedas omnidireccionales habitualmente montan 3 ó 4 de estas ruedas. La principal ventaja de los sistemas de 3 ruedas es que reducen el coste, no sólo de la propia rueda -estas ruedas son relativamente caras- sino por la reducción de la mecánica asociada. Se trata de un sistema con tres puntos de apoyo, por lo que sus tres puntos siempre están en contacto con el suelo, cosa que no tiene porqué ocurrir en un sistema de 4 ruedas. Sin embargo, el control de velocidad de cada una de las tres ruedas es totalmente independiente, lo que obliga a una mayor capacidad de cálculo frente a un sistema de 4 ruedas, en el que las velocidades de las ruedas pueden relacionarse por pares de manera muy simple. La capacidad de cálculo puede ser un factor limitador en sistemas basados en

microprocesadores pequeños. Uno de los montajes típicos en tres ruedas es la denominada plataforma de Killough.

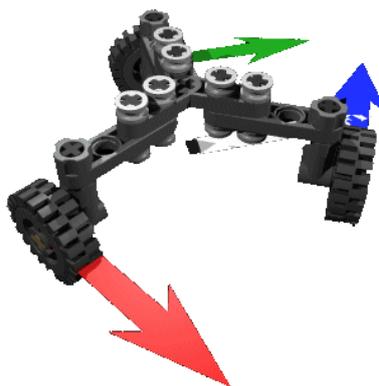


Figura 3.10. Ejemplo de plataforma de Killough

3.6.3. Sistema de alimentación

A la hora de diseñar el sistema de alimentación de un robot F180 se deben tener en cuenta las dos principales limitaciones: el peso y, sobre todo, el volumen que ocupará. Estos dos parámetros son críticos debido a que serán claves en el comportamiento cinemático del robot dado que modifican el centro de gravedad y las inercias del robot. Por tanto, y cumpliendo con la funcionalidad básica que debe cumplir (ser capaz de proporcionar la energía necesaria en cantidad, calidad y tiempo a todos y cada uno de los sistemas restantes) se debe tratar de minimizar tanto el volumen del sistema como el peso del mismo.

El sistema de alimentación está compuesto por un elemento de almacenamiento de energía o batería y por un subsistema capaz de acondicionar la energía proporcionada por la batería a las necesidades de los sistemas a energizar.



Figura 3.11. Baterías de diferentes tecnologías

En lo referido a baterías, existen multitud de ellas de venta comercial, variando sus volúmenes, pesos... y tecnologías. Las principales tecnologías que se pueden encontrar en el mercado son: Ni/Cd (Níquel/Cadmio), Ni/MH (Níquel metal-hidruro), Ión Litio (Li-ion) o Li-Po (Litio polímero). En cuanto al subsistema de acondicionamiento de la energía, también se

pueden encontrar multitud de componentes comerciales tales como reguladores de tensión (ya sea elevadores o reductores), reguladores de corriente, rectificadores...

3.6.4. Estructura

La estructura del robot F180 es la encargada de dar al robot la resistencia y solidez frente a golpes y frente al propio peso de los sistemas que debe albergar. El resto de sistemas deben ser anclados a la estructura mediante diferentes modos de sujeción que serán descritos en los posteriores capítulos. La estructura debe ser capaz de mantener a cada sistema en su posición correcta a lo largo de los partidos de la liga F180 y, además protegerlos de posibles daños. Además, la estructura debe ser lo más ligera posible para causar las menores pérdidas posibles en las capacidades de desplazamiento del robot.

Por tanto, a la hora de diseñar la estructura debe buscarse maximizar la solidez y robustez del robot pero sin poner el compromiso la ligereza del mismo.

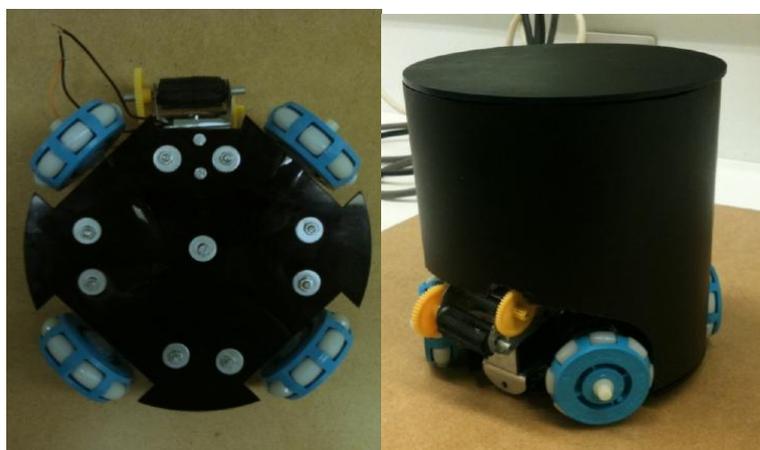


Figura 3.12. Estructura de un robot F180

3.6.5. Sistema disparador

El sistema de golpeo de la pelota es uno de los sistemas mecánicos más importantes después del de locomoción, ya que permite la consecución de los goles que son sin duda el objetivo de todo partido de fútbol. El principal problema es encontrar un dispositivo lo suficientemente pequeño para poder incorporarlo dentro de las dimensiones del robot, y que genere la suficiente energía para golpear la pelota a una velocidad adecuada, teniendo en cuenta que las reglas del juego prohíben disparar a una velocidad mayor de 10 m/s. Un disparador robusto y eficiente aumentará considerablemente la capacidad del equipo para triunfar en la competición RoboCup.

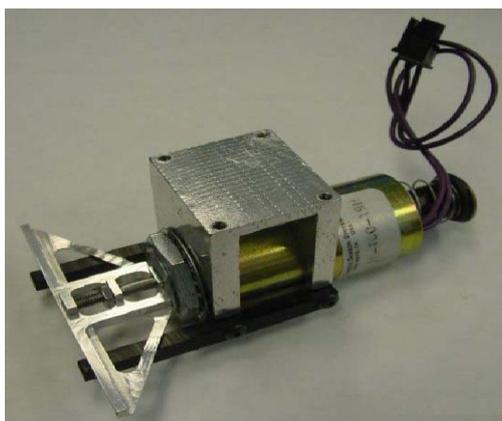


Figura 3.13. Opción de sistema de disparo para robot F180

El sistema de disparo es quizá el componente que más varía entre los diferentes equipos que se presentan a competición. En lo que se coincide es en su situación, debajo de la barra del dribbler. Debido al reducido tamaño del robot no quedan muchas más alternativas.

Las principales opciones de diseño para este sistema pueden clasificarse en: sistemas neumáticos, sistemas con servomotores, sistemas de muelles o sistema con solenoide. En la siguiente tabla puede verse una comparativa entre las características de estos sistemas.

PROPIEDADES	Neumático	Servomotor	Muelle	Solenoide
Potencia de disparo	→	↓	↑	↑
Tiempo entre disparos	↑	↑	↑	↑
Número de disparos	↓	↑	↑	↑
Modulación de potencia	↑	↑	↑	↑
Espacio requerido	↓	→	↓	↑
Peso	→	↑	↓	↑
Costes	↑	↑	→	↑
Seguridad	↑	↑	↑	↓

Tabla 3.1. Comparación sistemas de disparo.

A través de la tabla anterior, se trata de calificar las características de los diferentes sistemas para facilitar la comparativa y selección de una determinada tecnología; de manera que las flechas hacia arriba suponen una ventaja de un determinado sistema frente al resto, mientras que las flechas hacia abajo muestran una desventaja en ese campo. Las flechas horizontales corresponden a características que no son determinantes para la elección de un tipo de sistema, y supondría una valoración media de la funcionalidad indicada.

3.6.6. Sistema dribbler

Un aspecto fundamental de los partidos de fútbol es poder controlar adecuadamente la pelota. A este mecanismo se le conoce en el mundo de la RoboCup como dribbler (regateador).



Figura 3.14. Modelo de sistema dribbler

La barra de dribbling es el sistema mecánico responsable del control de pelota. A diferencia de otros dispositivos mecánicos, este dispositivo no varía considerablemente entre los diferentes equipos de la RoboCup.

Este sistema consiste básicamente en un cilindro horizontal montado al frente del robot. Un motor hace girar la barra a una alta velocidad de tal modo que hace girar la pelota sobre sí misma. Esto permitirá al robot para mantener el control de la pelota mientras se mueve por el campo.

Para la realización de este mecanismo hay que tener en cuenta la normativa descrita en el apartado 2.4/Regateo y en el 2.12/Decisión 4. Hay que recordar que el giro ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo para evitar así tiros con efecto y que sólo se permite introducir un 20% de la superficie de la pelota dentro del robot para evitar que se pueda rodear e impedir el acceso de otros robots.

Lo más sencillo es utilizar un simple cilindro horizontal aunque tiene la desventaja de no mantener fijada la posición de la pelota, que deslizará a lo largo de su longitud. Esto puede no ser un problema al moverse, pero a la hora de golpear la pelota es mejor mantenerla fija para realizar un disparo óptimo.

Una posible solución es la planteada por el equipo RoboRoos de la Universidad de Queensland, Australia, que diseñó la barra con forma de un tornillo sin fin o sacacorchos ayudando a la pelota a situarse en una posición central.

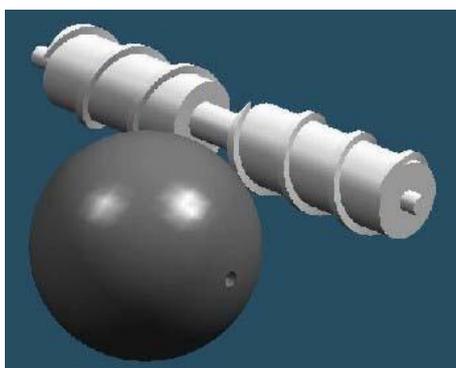


Figura 3.15. Dribbler RoboRoos



CAPÍTULO 4

4. SISTEMA DE LOCOMOCIÓN

Hasta ahora se ha realizado una introducción del sistema general en el que se moverán los robots y una descripción general de la composición de un robot. A continuación, se explicará con detalle, el sistema de locomoción del robot. Éste se compone de los motores, las ruedas y el sistema de acoplamiento entre ambos.

4.1. ANALISIS DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2010

Durante la evaluación del sistema existente, se determinó que tanto el desplazamiento como el control omnidireccional resultaban adecuados para esta aplicación. La definición de este robot, así como a las altas exigencias motrices relativas a la elevada velocidad de juego, y la precisión, encajan con las características de este tipo de locomoción. Por lo tanto, se han seguido las pautas de los estudios anteriores [9] para realizar las mejoras en este nuevo prototipo.

La problemática a resolver fue que el robot no era capaz de seguir los movimientos marcados. Como resultado, cuando se requería que un avance en línea recta, el robot no era capaz de ejecutarlo correctamente, terminando por girar sobre sí mismo en todas las ocasiones.

El origen de este problema se debía a la falta de control del movimiento de las ruedas omnidireccionales, la mala tracción de las ruedas seleccionadas con la superficie de juego, y la incorrecta transmisión de movimiento entre los motores y las ruedas. Así mismo, la falta de retroalimentación al módulo de AI genera pérdida del control y monitorización del movimiento, ya que en un futuro será capaz de rectificar la trayectoria del robot en caso de producirse desviaciones frente a la trayectoria marcada.

4.1.1. Ruedas del prototipo 2010

Las ruedas omnidireccionales no son una sola rueda en realidad, sino que constan de varias. Sobre la periferia de una gran rueda central se montan una serie de pequeñas ruedas o rodamientos. Mientras que la rueda central se comporta como una rueda tradicional, las periféricas rotan perpendicularmente, por lo que las ruedas holonómicas tienen dos grados de libertad. Existen variedad de ruedas omnidireccionales posibles en el mercado, atendiendo al material del rodillo, el material exterior de la rueda y el tamaño.

Los modelos de ruedas estudiados hasta el momento pertenecen al fabricante Kornilak. Finalmente, se instaló en el prototipo del 2010 el modelo 2051K, seleccionando los rodillos de poliuretano frente a las otras opciones del fabricante; como el polipropileno con una capa de goma sintética o de un plástico con alta resistencia a los impactos. Con este tipo de rodillos se buscaba una mayor tracción y agarre que los cubiertos por goma, además de haber sido diseñados para aumentar la amortiguación.

El modelo seleccionado (2051K) presenta una ranura para mejorar el acople del riel, motor, etc., de tal forma que se facilita la transmisión del movimiento. Con tal fin se diseñó un casquillo como acoplamiento entre el eje del motor y la rueda; cuya forma y diseño se muestra en la figura 4.3.



Figura 4.1. Rueda omnidireccional 2051K y dimensiones

Diámetro exterior	49,2 mm
Diámetro del buje	9,5 mm
Peso	28,35 g
Carga máxima admisible	11,3 kg

Tabla 4.1. Características rueda omnidireccional 2051K

4.1.2. Motores del prototipo 2010

Para el prototipo de 2010 se optó por utilizar cuatro motores EC45 FLAT BRUSHLESS 30W, con electrónica integrada, capaz de proporcionar un par de 91 mNm y una velocidad de hasta 6.000rpm que satisface los requisitos exigidos de un par (después de engranes) de 86 mNm y una velocidad de 1.165 rpm.



Figura 4.2. Motor EC45 FLAT BRUSHLESS 30W con electronic integrada

4.1.3. Solución acoplamiento rueda y motores 2010

La solución del prototipo anterior, mostrada en la figura 5.9 consistía en un cilindro con un diámetro interior de 4mm y otro exterior de 9,5mm consiguiendo así que se pueda acoplar el motor al buje de la rueda 2051. Para su instalación se empleó un adhesivo a base de cianocrilato. En la siguiente figura se muestra la rueda con el cilindro acoplado.

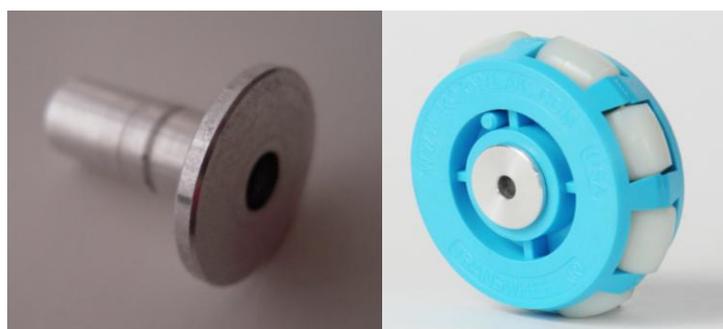


Figura 4.3. Acoplamiento rueda-motor prototipo 2010

4.1.4. Análisis configuración del sistema de locomoción 2010

La configuración existente se basa en cuatro ruedas omnidireccionales, considerando una distribución uniforme en la circunferencia de 180mm de diámetro que el robot describe; posicionando cada motor a $\frac{\pi}{2}$ rad con respecto del otro. De esta forma, se optó por una base circular en la cual se dispondría de los motores guardando una formación cuadrangular con cuatro ruedas omnidireccionales.

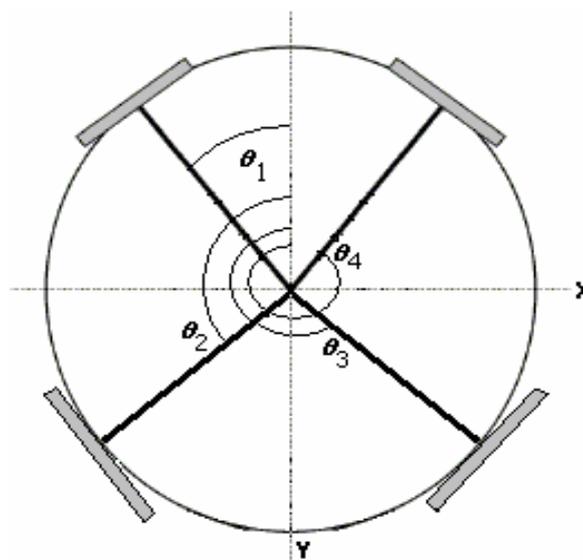


Figura 4.4. Disposición de los motores en prototipo 2010.

4.2. SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN DEL PROTOTIPO 2011

La solución descrita en el presente documento, se basa en reducir los cuatro elementos motrices a tres; manteniendo la forma circular de la base, los motores EC45 flat brushless, y cambiando el modelo de las ruedas y el acoplamiento para la transmisión del movimiento.

4.2.1. Ruedas del prototipo 2011

Como primera modificación, se decidió cambiar las ruedas existentes para conseguir un menor deslizamiento en el giro. Las ruedas empleadas presentaban un escaso número de rodillos, demasiado largos, que provocaban un excesivo traqueteo, y a la postre, falta de control en el movimiento. En ocasiones la rueda que dejaba de ser traccionada, mantenía el contacto con la superficie en la zona desprovista de rodillos. Esto derivaba en el descontrol del movimiento, así como el desgaste de las ruedas y deterioro del terreno de juego, hecho que está sancionado por las normas del concurso. Además, el material del que estaban hechos los rodillos no resultaba ser de la dureza idónea, por lo que agravaba aún más esta situación.

Las soluciones que se barajaron fueron fabricar con un diseño propio las ruedas omnidireccionales, o buscar en el mercado unas ruedas que se adaptasen a nuestras necesidades. Debido a las preferencias de la dirección del proyecto de crear un robot lo más comercial posible, se seleccionó esta segunda opción. Sin embargo, no se descarta la fabricación propia si los resultados con unas nuevas ruedas no resultan convincentes.

Durante el diseño del primer prototipo ya se tuvo en cuenta la posibilidad de sufrir, con el primer modelo (2051K) un cierto traqueteo que podría poner en peligro la estabilidad y los requisitos de velocidad y aceleración para el robot. Debido a esto, se recomendaba la elección del modelo 2052 del fabricante Kornilak.

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Este modelo se compone de dos ruedas del modelo 2051 pero rotadas una con respecto a la otra, ofreciendo un movimiento mucho más suave y silencioso. Sin embargo, dado el pésimo resultado de las ruedas anteriores, se prefirió probar con otro fabricante de ruedas.

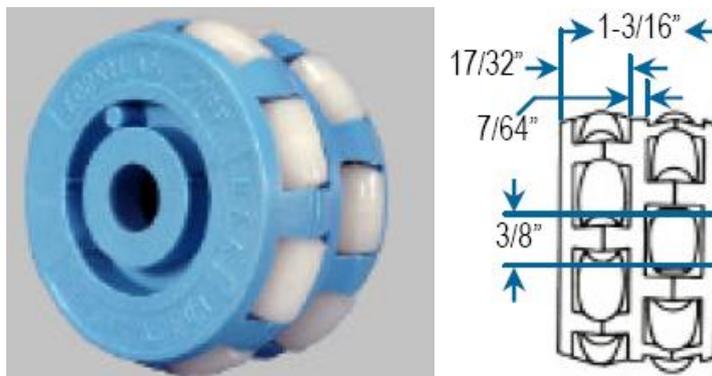


Figura 4.5. Rueda omnidireccional 2052 y dimensiones

Tras una búsqueda exhaustiva en el mercado, partiendo de las ruedas estudiadas en [9] se puede concluir que no existen el tipo de ruedas con las dimensiones requeridas y que cumplan las condiciones necesarias para soportar el peso del robot, fácil acoplamiento con los motores y que ofrezcan la fricción necesaria para que el robot se adhiera al terreno de forma firme y segura, para evitar, de este modo, derrapes y deslizamientos innecesarios. Por lo tanto, de forma paralela, se estudia la configuración existente de las ruedas y los elementos de locomoción.

Debido a la falta de modelos de ruedas comerciales ruedas que cumplan los requisitos establecidos y dada la modificación de la configuración descrita en el apartado 5.2.3), se opta por flexibilizar estos requisitos, permitiendo un mayor diámetro de la rueda. Después de analizar detalladamente las características de los diferentes modelos disponibles en el mercado, se decide utilizar el modelo de rueda omnidireccional 2.75" del fabricante VEX.



Figura 4.6. Rueda omnidireccional seleccionada VEX 2.75"

La elección de este modelo radica en el material de fabricación de los rodillos los cuales proporcionan gran tracción a las ruedas sin perder la capacidad de deslizamiento omnidireccional y en sus dimensiones que eliminaran el problema de traqueteo que se detecté

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

en el prototipo 2010 pudiendo ser adaptadas a las dimensiones máximas por normativa de los robots. Además, cumplen el requisito de ligereza para este componente del robot.

Las características más relevantes de este modelo pueden verse en la siguiente tabla:

Material de la rueda	Plástico ABS
Material de los rodillos	Goma blanda sobre plástico ABS
Diámetro de la rueda	69,9 mm
Ancho de la rueda	19,3 mm
Peso total	33,6 g

Tabla 4.2. Características rueda VEX 2.75"

4.2.2. Motores del prototipo 2011

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el prototipo desarrollado en el año 2010 los cuales fueron satisfactorios en cuanto a la velocidad y el par proporcionados por el motor escogido, en esta edición se decide mantener el mismo tipo de motor, es decir, el modelo EC45 FLAT BRUSHLESS 30W, CON ELECTRÓNICA INTEGRADA del fabricante Maxon Motors pero, por la configuración escogida, se elimina uno de ellos utilizando, por tanto, únicamente tres motores.

Una de las peculiaridades que presenta el motor elegido es el rango de funcionamiento que ofrece en función del valor de tensión con que se alimente. En nuestro caso, todo el robot es alimentado mediante una batería Li-Po con una tensión de 14,8V; esto nos limita la velocidad máxima en unas 4.500 rpm aproximadamente, valor que corresponde a un par de 86 mNm en la gráfica.

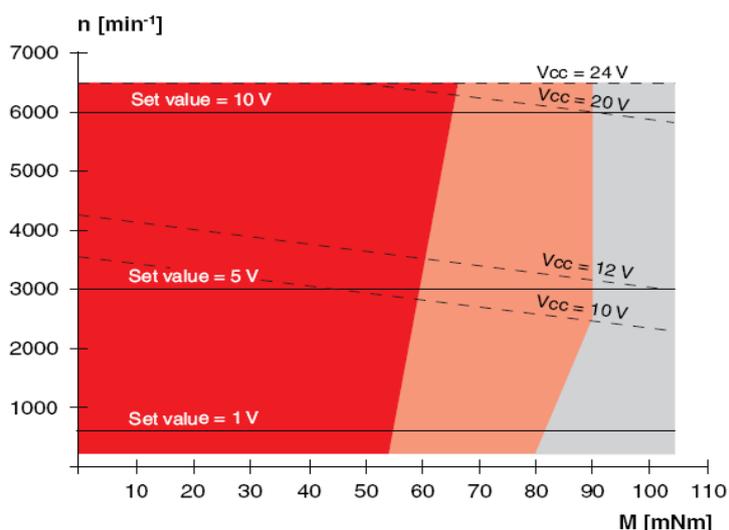


Figura 4.7. Rango de funcionamiento



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Este tipo de funcionamiento se debe a la electrónica integrada en el propio motor. Esta nos proporciona las siguientes características:

- Conmutación con sensores de efecto Hall.
- Control digital de velocidad.
- Amplio rango de velocidades.
- Fijado restrictivo de intensidad.
- Apagado por sobretensión y falta de la misma.
- Protección frente a sobretensión.
- Protección de bloqueo y monitorización de temperatura.
- Protección ante polaridad inversa.

Es por todo esto por lo que se decide no utilizar ningún tipo de driver para su control y realizarlo directamente desde el módulo de procesamiento mediante un control PWM.

4.2.3. Solución acoplamiento ruedas y motores 2011

La diferencia dimensional entre el diámetro del eje del motor y el tamaño del agujero central de la rueda hacía necesario el diseño de un nuevo casquillo a modo acoplamiento. Este elemento debe ser capaz de transmitir el movimiento a la rueda, con la mayor fidelidad posible para mantener el control del movimiento.

Basándose en la solución del prototipo del 2010, se mejora y adapta el acoplamiento existente. La transmisión del movimiento se mejora, al presentar la rueda seleccionada una forma cuadrangular en lugar de cilíndrica. El casquillo consta de una camisa en la que se introduce el eje del motor, con una terminación en cuadrado que encaja con la forma de la rueda. El conjunto se completa con una arandela, y un tornillo. Además, la camisa está provista de tres prisioneros para asegurar el agarre entre el casquillo y el eje del motor.



Figura 4.8. Solución acoplamiento rueda-motor

- a) Casquillo y componentes
- b) Vista frontal de la rueda con casquillo incorporado
- c) Vista trasera de la rueda con casquillo incorporado
- d) Montaje completo

A lo largo de las diferentes pruebas y ensayo se demostró que éste era un factor crucial para mantener el control del movimiento del robot. El primer diseño del casquillo contaba con un solo prisionero, que en ocasiones cedía en alguno de los ejes y causaba el desequilibrio de la tracción y el control de las ruedas. Por lo que se decidió mecanizar el casquillo con otros dos prisioneros formando un triángulo.

El riesgo de este mecanismo es que puede generar el desgaste de la rueda, al ser ésta de un material menos resistente que el metal. Para evitarlo se mantendrá especial atención a no bloquear el movimiento de la rueda mientras está siendo girada por el motor.

Se desestimó la opción de mecanizar el eje del motor con una ranura para asegurar la fijación del mismo al casquillo, con el fin de evitar un posible deterioro en el mismo. Esta operación supone un riesgo considerable, y dado el elevado coste del componente no resultó aconsejable tomar dicho riesgo.

4.2.4. Análisis configuración del sistema de locomoción 2011

4.2.4.1. Configuración tres ruedas omnidireccionales

Dadas las altas prestaciones de la configuración con tres ruedas omnidireccionales se ha optado por desarrollar este sistema para el nuevo prototipo del robot. Este cambio conlleva

proponer un nuevo modelo cinemático y modificar el software existente para adaptarse a las nuevas necesidades del robot.

Otro objetivo que se trata de alcanzar es reducir el coste del robot. De esta manera, logramos reducir para cada robot un elemento motor (conjunto de motor eléctrico y rueda), que resultaba ser uno de los componentes de mayor coste. Como consecuencia, se puede mencionar, la reducción del peso y del consumo eléctrico, y el alargamiento de la duración de la batería y por lo tanto aumento de la autonomía del robot.

Sin embargo, eliminar un elemento motriz presenta también inconveniente; como la pérdida de redundancia en el control de movimientos y una mayor complejidad a la hora de calcular las velocidades de los motores. Por otra parte, esta disminución del control está sobradamente justificada, ya que la experiencia con el robot nos ha demostrado que el modelo de cuatro ruedas omnidireccionales resulta más difícil de gobernar.

Tal y como se ha comentado anteriormente, las ruedas omnidireccionales normalmente son montadas sobre bases triangulares equiláteras con una rueda en cada arista. Mediante la utilización de la suma vectorial y el control individual de la velocidad de cada motor, el robot será capaz de desplazarse en cualquier dirección más rápidamente, y de forma sencilla. El diagrama expuesto a continuación (Figura 4.9) muestra diferentes formas en las que el robot se puede desplazar con ruedas omnidireccionales.

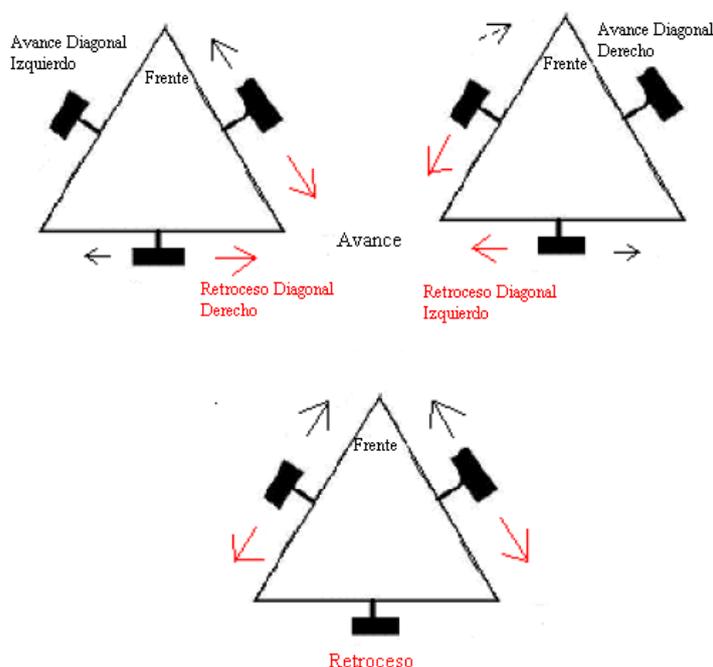


Figura 4.9. Diagrama de diferentes movimientos omnidireccionales I

Para lograr más espacio, puede emplearse una base hexagonal (como se muestra en la Figura 4.10). Además, el diseño con base triangular no resulta conveniente para un robot participante en la RoboCup debido a que su estabilidad es difícil de mantener a una velocidad elevada y a su falta de espacio para instalar los diferentes actuadores y sistemas necesarios para su correcto funcionamiento.

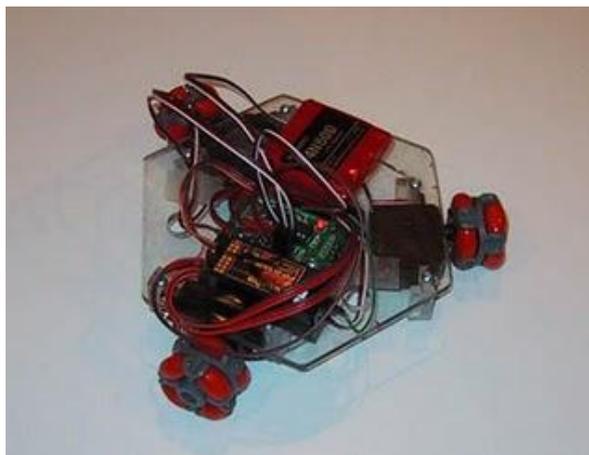


Figura 4.10. Configuración con tres ruedas omnidireccionales

Si bien es cierto que existe un ahorro de espacio en la base del robot; se debe admitir, que la nueva configuración de los motores, formando ángulos de ciento veinte (120) grados, invade parte del espacio destinado a la ubicación del sistema de disparo, en concreto del solenoide. Como solución a este contratiempo se limita la carrera del solenoide. Además, cabe mencionar que el disparo de la pelota era suficientemente potente como para que esta modificación no suponga una pérdida sustancial de las prestaciones del robot.

4.2.4.2. Modelo cinemático

La cinemática, se centra en el estudio del movimiento del robot en función de su geometría. La estructura cinemática de un robot móvil, se puede considerar como un conjunto de cadenas cinemáticas cerradas, tantas como ruedas en contacto con el suelo. Asimismo, la interacción rueda-suelo se define, desde el punto de vista cinemático, como una articulación lanar con tres grados de libertad, donde uno de ellos, generalmente sin controlar, representa los deslizamientos laterales. Cabe destacar la gran importancia de la sincronización de la velocidad de las ruedas para alcanzar una localización determinada; dado que el avance a lo largo de un grado de libertad cartesiano, se consigue gracias a la combinación de las aportaciones de las velocidades lineales de las ruedas al punto de guía del vehículo. Debido a esta complejidad, muchos autores emplean soluciones cinemáticas particularizadas para cada configuración específica de vehículos. Entre estas, se destacan los modelos síncronos, la disposición de Ackerman , o el modelo de la bicicleta.

Normalmente, se consideran las siguientes limitaciones para la construcción del modelo cinemático:

- El robot se mueve sobre una superficie plana.
- No existen elementos flexibles en la estructura del robot (incluidas las ruedas).
- Las ruedas poseen uno o ningún eje de direccionamiento, de manera que este último siempre es perpendicular al suelo.

- No se consideran ningún tipo de fricciones en elementos móviles del vehículo, o contra el suelo.

La configuración geométrica del robot omnidireccional objeto del estudio se presenta en la figura 4.11.

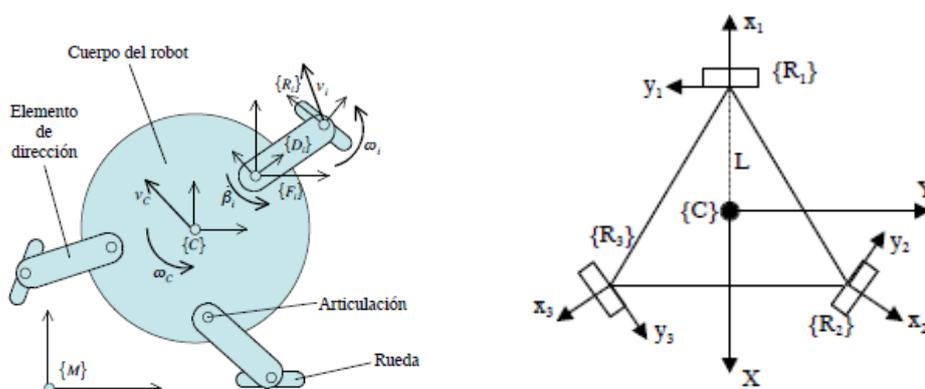


Figura 4.11. Esquema cinemático del robot
a) Estructura cinemática genérica
b) Estructura cinemática particularizada

Donde,

- $\{C\}$: Asociado al cuerpo del robot, y se utiliza como punto de guía del vehículo. Su posición cartesiana (x_c, y_c) y su orientación θ_c con respecto a un sistema global de trabajo $\{M\}$ corresponden a la del robot.
- $\{F_i\}$: Fijado en el punto de anclaje de la articulación de la rueda i -ésima. El ángulo α_i representa la orientación relativa de este sistema con respecto a $\{C\}$, y su vector de posición es λ_i .
- $\{D_i\}$: Solidario al elemento de dirección de la rueda i -ésima. El ángulo de dirección, entre el sistema actual y el anterior, es β_i . El vector de posición resulta nulo ya que $\{F_i\}$ y $\{D_i\}$ son coincidentes.
- $\{R_i\}$: Sistema ubicado en el punto de contacto de la rueda i -ésima con el suelo. El ángulo de dirección, y el vector de posición, entre el sistema actual y el anterior, son respectivamente γ_i y δ_i .

Como se aprecia en la mencionada figura, la configuración cinemática del robot se define por una estructura triangular equilátera, en cuyos vértices se han dispuesto tres ruedas omnidireccionales. La distancia del origen del sistema $\{C\}$ (situado en el centro geométrico) a cualquiera de las ruedas viene dada por L . Todas las ruedas se definen como no direccionables, y por tanto, se produce la igualdad entre los siguientes sistemas coordenados $\{F_i\}=\{D_i\}=\{R_i\}$, es decir, para toda i , se cumple $\beta_i=0^\circ$ y $\gamma_i=0^\circ$. La siguiente tabla recoge los valores de los parámetros del modelo cinemático.

	Rueda 1	Rueda 2	Rueda 3
α_i	180°	60°	-60°
β_i	0°	0°	0°
γ_i	0°	0°	0°
δ_i	(0,0,0)	(0,0,0)	(0,0,0)
λ_i	(-L,0,0)	$(\frac{L}{2}, \frac{L\sqrt{3}}{2}, 0)$	$(\frac{L}{2}, -\frac{L\sqrt{3}}{2}, 0)$

Tabla 4.3. Parámetros configuración cinemática

Para obtener el jacobiano de la rueda, se multiplica la matriz \hat{J}_i , detallada en (4.1), por la matriz de conversión de la actuación para ruedas omnidireccionales presentada en la expresión (4.2).

$$\begin{pmatrix} v_{Cx} \\ v_{Cy} \\ \omega_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_i & -s_i & p_{iy} & -\lambda_{iy} \\ s_i & c_i & -p_{ix} & \lambda_{ix} \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} v_{ix} \\ v_{iy} \\ \omega_i \\ \beta_i \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

$$V_C = \hat{J}_i \cdot \hat{q}_i$$

$$W_i \cdot \dot{q}_i = \begin{pmatrix} 0 & r & 0 \\ -R & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \omega_{ix} \\ \omega_{ir} \\ \omega_{iz} \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

La matriz W_i modela, en este ejemplo, una rueda de radio R , omnidireccional, con rodillos de radio r a noventa grados, tractora y no direccionable. Por otro lado, con respecto al vector q , ω_{ix} es el grado de actuación del motor, ω_{ir} la velocidad angular de giro de los rodillos y ω_{iz} el deslizamiento rotacional en el eje vertical de la rueda. De este modo, el jacobiano de la rueda i -ésima queda reflejado como sigue:

$$J_i = \begin{pmatrix} R \cdot s_i & r \cdot c_i & \lambda_i \\ -R \cdot c_i & r \cdot s_i & -\lambda_i \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Se sustituyen los parámetros de la tabla en la expresión (4.3), y se obtienen los jacobianos de cada una de las ruedas.

$$J_1 = \begin{pmatrix} 0 & -r & 0 \\ R & 0 & L \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$$J_2 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3} \cdot R}{2} & \frac{r}{2} & \frac{\sqrt{3} \cdot L}{2} \\ -\frac{R}{2} & -\frac{\sqrt{3} \cdot r}{2} & -\frac{L}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

$$J_3 = \begin{pmatrix} -\frac{\sqrt{3} \cdot R}{2} & \frac{r}{2} & -\frac{\sqrt{3} \cdot L}{2} \\ -\frac{R}{2} & -\frac{\sqrt{3} \cdot r}{2} & -\frac{L}{2} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

Las matrices J1, J2 y J3, se componen según la ecuación (4.7), y se resuelve el jacobiano completo del vehículo como aparece en (4.8).

$$\begin{pmatrix} I \\ I \\ \vdots \\ I \end{pmatrix} \cdot V_C = \begin{pmatrix} J_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & J_2 & \dots & 0 \\ \dots & \ddots & \ddots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & J_N \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \vdots \\ \dot{q}_N \end{pmatrix} \quad (4.7)$$

$$A \cdot V_C = B \cdot \dot{q}$$

$$V_C = \underbrace{(A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot B}_{J} \cdot \dot{q} \quad (4.8)$$

$$V_C = J \cdot \dot{q}$$

$$J = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{r}{3} & 0 & \frac{R}{a} & \frac{r}{6} & \frac{L}{a} & -\frac{R}{a} & \frac{r}{6} & -\frac{L}{a} \\ \frac{R}{3} & 0 & \frac{L}{3} & -\frac{R}{6} & \frac{r}{a} & -\frac{L}{6} & -\frac{R}{6} & -\frac{r}{a} & -\frac{L}{6} \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} \end{pmatrix} \quad (4.9)$$

$$a = 2\sqrt{3}$$

Esta matriz jacobiana (4.9) relaciona la velocidad del vehículo con las velocidades de giro que aparecen en las ruedas. Desde el punto de vista del control interesan exclusivamente los grados actuados. Para obtenerlo se imponen la condición de no deslizamiento de la expresión (4.10).

$$\Omega(A) \cdot B \cdot \dot{q} = 0$$

$$\Omega(A) = A \cdot (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T - I \quad (4.10)$$

Obteniendo que:

$$\begin{pmatrix} 0 & \frac{2r}{3} & 0 & \frac{R}{a} & \frac{r}{6} & \frac{L}{a} & -\frac{R}{a} & \frac{r}{6} & -\frac{L}{a} \\ -\frac{2R}{3} & 0 & -\frac{2L}{3} & -\frac{R}{6} & \frac{r}{a} & -\frac{L}{6} & -\frac{R}{6} & -\frac{r}{a} & -\frac{L}{6} \\ 0 & 0 & -\frac{2}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} \\ 0 & -\frac{r}{3} & 0 & -\frac{R}{\sqrt{3}} & -\frac{r}{3} & -\frac{L}{\sqrt{3}} & -\frac{R}{a} & \frac{r}{6} & -\frac{L}{a} \\ \frac{R}{3} & 0 & \frac{L}{3} & \frac{R}{3} & -\frac{r}{\sqrt{3}} & \frac{L}{3} & -\frac{R}{6} & -\frac{r}{a} & -\frac{L}{6} \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & -\frac{2}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} \\ 0 & -\frac{r}{3} & 0 & \frac{R}{a} & \frac{r}{6} & \frac{L}{a} & \frac{R}{\sqrt{3}} & -\frac{r}{3} & -\frac{L}{\sqrt{3}} \\ \frac{R}{3} & 0 & \frac{L}{3} & -\frac{R}{6} & \frac{r}{a} & -\frac{L}{6} & \frac{R}{3} & \frac{r}{\sqrt{3}} & \frac{L}{3} \\ 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & \frac{1}{3} & 0 & 0 & -\frac{2}{3} \end{pmatrix} \cdot \dot{q} = 0 \quad (4.11)$$

El sistema anterior resulta indeterminado, ya que existen tres filas que son combinación lineal de las otras. Por ello, se despejan las variables no actuadas de las ruedas en función de las que sí lo son. Se obtiene como resultado:

$$\omega_{1r} = \frac{R(\omega_{3x} - \omega_{2x})}{r\sqrt{3}} \quad \omega_{1z} = -\frac{R(\omega_{1x} + \omega_{2x} + \omega_{3x})}{3L} \quad (4.12)$$

$$\omega_{2r} = \frac{R(\omega_{1x} - \omega_{3x})}{r\sqrt{3}} \quad \omega_{2z} = \omega_{1z} \quad (4.13)$$

$$\omega_{3r} = \frac{R(\omega_{2x} - \omega_{1x})}{r\sqrt{3}} \quad \omega_{3z} = \omega_{1z} \quad (4.14)$$

Al sustituir el resultado (4.12, 4.13, 4.14) en el jacobiano completo (4.9), se obtienen las velocidades globales en función de las actuaciones (4.15, 4.16, 4.17):

$$v_{cx} = \frac{R(\omega_{2x} - \omega_{3x})}{\sqrt{3}} \quad (4.15)$$

$$v_{cy} = \frac{R(2\omega_{1x} - \omega_{2x} - \omega_{3x})}{3} \quad (4.16)$$

$$\omega_c = -\frac{R(\omega_{1x} + \omega_{2x} + \omega_{3x})}{3L} \quad (4.17)$$

Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

Las ecuaciones (4.15, 4.16, 4.17) en forma matricial constituye el jacobiano actuado del robot móvil en estudio.

$$\begin{pmatrix} v_{cx} \\ v_{cy} \\ \omega_c \end{pmatrix} = \overbrace{\begin{pmatrix} 0 & \frac{R}{\sqrt{3}} & -\frac{R}{\sqrt{3}} \\ \frac{2R}{3} & \frac{R}{3} & \frac{R}{3} \\ -\frac{R}{3L} & -\frac{R}{3L} & -\frac{R}{3L} \end{pmatrix}}^J \begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} \quad (4.18)$$

La característica de holonomicidad del robot hace que el jacobiano del vehículo, (418), sea no singular. El jacobiano inverso actuado se obtiene por la inversión:

$$\begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} = \overbrace{\begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{R} & -\frac{L}{R} \\ \frac{\sqrt{3}}{2R} & -\frac{1}{2R} & -\frac{L}{R} \\ -\frac{\sqrt{3}}{2R} & -\frac{1}{2R} & \frac{L}{R} \end{pmatrix}}^{J^{-1}} \begin{pmatrix} v_{cx} \\ v_{cy} \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (4.19)$$

Donde:

L: es la distancia entre el centro geométrico de la base y una de las ruedas.

R: radio de la rueda omnidireccional.

ω_{ix} : es el grado de actuación del motor

v_{cy}, v_{cx} : componentes de v_c , siendo ésta la velocidad lineal del robot.

ω_c : velocidad angular del motor.

Dando los valores correspondientes a las variables L y R, obtendremos la matriz customizada para el prototipo del 2011. Así, sabiendo las características del diámetro de la rueda 70mm, y el ancho de la misma, 20mm, aplicaremos los valores a la matriz 4.19.

$$\begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} = \overbrace{\begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{35} & -\frac{160}{35} \\ \frac{\sqrt{3}}{70} & -\frac{1}{70} & -\frac{160}{35} \\ -\frac{\sqrt{3}}{70} & -\frac{1}{70} & \frac{160}{35} \end{pmatrix}}^{J^{-1}} \begin{pmatrix} v_{cx} \\ v_{cy} \\ \omega_c \end{pmatrix} \quad (4.20)$$

$$\begin{pmatrix} \omega_{1x} \\ \omega_{2x} \\ \omega_{3x} \end{pmatrix} = \overbrace{\begin{pmatrix} 0 & 0,029 & -4,57 \\ 0,025 & -0,014 & -4,57 \\ -0,025 & -0,014 & -4,57 \end{pmatrix}}^{J^{-1}} \cdot \begin{pmatrix} v_{Cx} \\ v_{Cy} \\ \omega_C \end{pmatrix} \quad (4.21)$$

Una de las ventajas de un sistema de dirección holonómico frente al sistema de dirección tradicional es que su control es mucho más intuitivo. Dado que el vehículo holonómico puede desplazarse en cualquier dirección, si éste no es autónomo y debe ser controlado con un joystick, por ejemplo, el control del mismo puede ser inmediato: la dirección de avance será la del joystick, y la velocidad podría ser proporcional a la inclinación del mismo. En algunos casos puede ser incluso necesario controlar el ángulo de giro del robot, es decir, su rotación. Esto puede ser inmediato en el caso de que el joystick permita el giro, en caso negativo el control de rotación tendrá que ser implementado mediante un sistema auxiliar o un segundo joystick. Si bien los conceptos anteriores son muy sencillos, su implementación no lo es tanto, y la dificultad se acrecienta cuando necesitamos controlar no sólo la dirección de avance sino también la longitud exacta de traslación. La dificultad del proceso radica en que la traslación mediante ruedas omnidireccionales se basa en el deslizamiento de las mismas, y la medida de este deslizamiento depende de un gran número de factores, entre los que se encuentran los materiales de las propias ruedas, el coeficiente de rozamiento con el material sobre el que se desplazan, el ángulo de desplazamiento, velocidad, peso del robot y su distribución sobre las ruedas... estos motivos obligan muchas veces a cálculos empíricos.

Dicha configuración, permite alcanzar todos los movimientos deseados, tal y como muestra la siguiente figura.

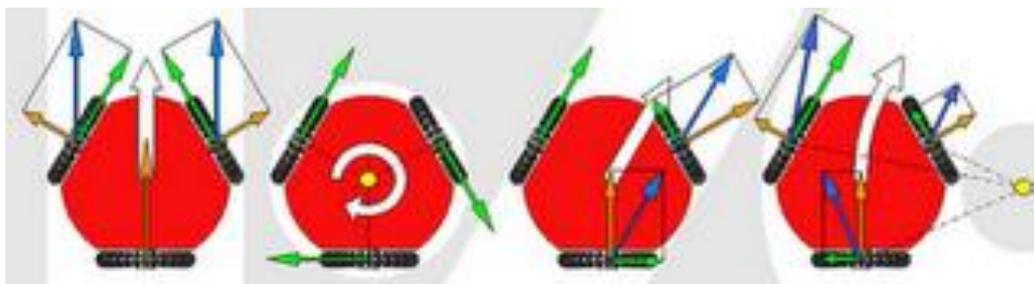


Figura 4.12. Diagrama de diferentes movimientos omnidireccionales II

En el dibujo esquemático se pueden observar las diferentes posibilidades de movimiento y los correspondientes vectores de velocidad de un robot autónomo omnidireccional, con una unidad en función de tres ruedas omnidireccionales.

Las flechas de la imagen representan los vectores de velocidad, según el siguiente código de colores. La flecha blanca indica la dirección de movimiento del robot, mientras que en verde se representa el giro transmitido por el motor (dirección y magnitud) de cada rueda. A diferencia de las flechas naranjas, el giro del motor podemos controlarlo mecánicamente, mientras que el movimiento “compensado”, el que se realiza gracias a los rodamientos de las ruedas omnidireccionales, no está sujeto a ningún control, excepto la monitorización del sistema de



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

visión y de IA. Así mismo, la flecha azul resulta la suma de la velocidad normal y tangencial de la rueda, es la velocidad total; y el punto amarillo indica el centro de rotación del movimiento.

De esta manera se consiguen los siguientes movimientos:

- a) Desplazamiento en línea recta: dos motores activados en direcciones opuestas con la misma magnitud de velocidad. La tercera rueda se arrastra por el efecto de las anteriores. En función de las ruedas motrices que se seleccionen se obtendrá una de las seis posibilidades (movimiento delante, diagonal derecha atrás o diagonal izquierda atrás, y las con las mismas direcciones pero sentidos contrarios).
- b) Giro sobre sí mismo: consiste en proporcionar a las tres ruedas con la misma velocidad, en sentido y magnitud.
- c) Desplazamiento diagonal: deben traccionar las tres ruedas, pero una de ellas con mayor velocidad y sentido contrario a las otras dos.
- d) Desplazamiento en curva: de forma similar a la anterior, modificando el sentido de giro de una de las ruedas de menor velocidad.

4.2.4.3. Control PWM

El principal problema de los motores de corriente continua es el control de velocidad. Para la mayoría de las aplicaciones, la velocidad es un factor importante que determinará la calidad de la operación. Generalmente, se realiza a través de la variación de la tensión o por medio de un tren de pulsos.

Para esta aplicación concreta se ha seleccionado la segunda opción mencionada. Por lo tanto, aplicando un tren de pulsos se proporcionará al motor conducción durante una fracción de tiempo. El efecto es el de ajustar la velocidad a un valor más o menos estable, mediante la frecuencia del pulso y el ciclo de trabajo fijados, que afecta directamente a la corriente recibida por las bobinas del motor por unidad de tiempo y por tanto determinarán la velocidad de rotación.

Las señales PWM, Pulse Width Modulation, pueden ser usadas para reducir la cantidad total de potencia proporcionada a una carga sin ocasionar pérdidas debidas a controles con cargas resistivas. Esto se debe a que la potencia media que se aporta es proporcional al ciclo de trabajo de la modulación. Con un índice de modulación suficientemente alto, los filtros electrónicos pasivos pueden ser usados para suavizar el tren de pulsos y recuperar señal sinusoidal analógica.

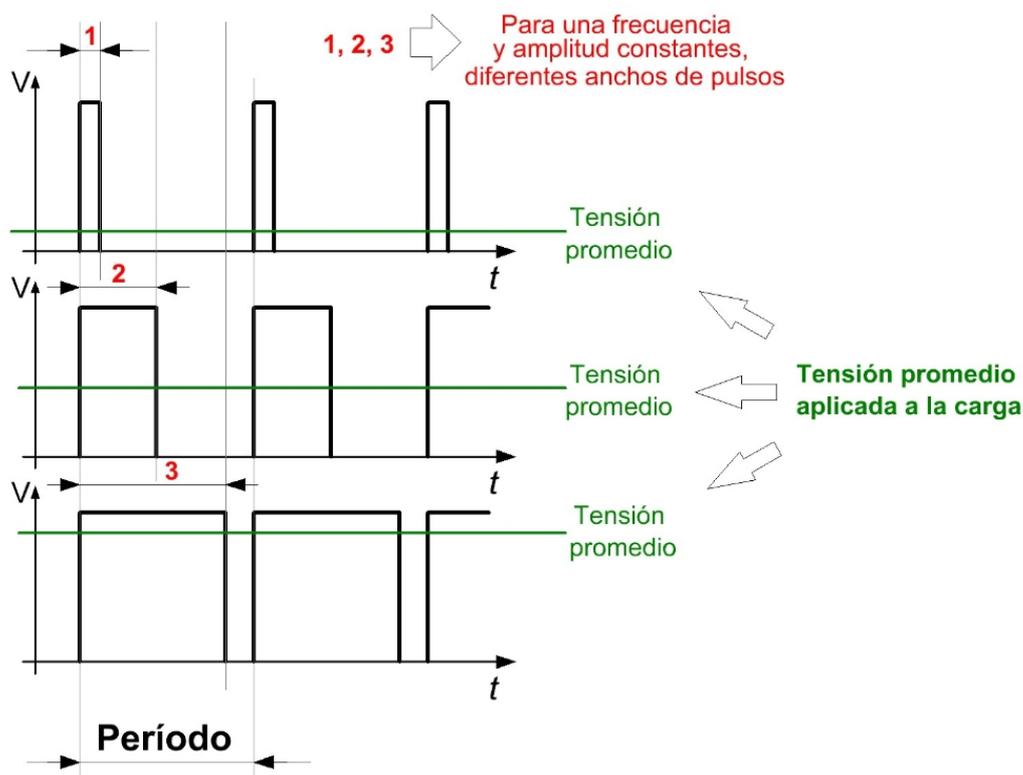


Figura 4.13. Modulación por ancho de pulsos

El valor medio de la señal $f(t)$ está definido como:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (4.22)$$

Si $f(t)$ es una señal cuadrada de período T y ciclo de trabajo D , entonces su valor es $y_{MÁx}$ para $0 < t < DT$ y $y_{mín}$ para $DT < t < T$ y la expresión del valor promedio se puede expresar como:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \left(\int_0^D y_{MÁx} dt + \int_{DT}^T y_{mín} dt \right) \quad (4.23)$$

$$\bar{y} = \frac{D \cdot y_{MÁx} + T \cdot (1 - D) \cdot y_{mín}}{T} \quad (4.24)$$

$$\bar{y} = D \cdot y_{MÁx} + (1 - D) \cdot y_{mín} \quad (4.25)$$

Según la expresión anterior, si $y_{mín} = 0$ entonces $\bar{y} = D \cdot y_{MÁx}$ lo que implica que para una señal cuadrada el valor promedio está directamente relacionado con el ciclo de trabajo de la señal.



En el prototipo anterior, se siguieron estos conceptos para predefinir unos movimientos básicos, asignando las velocidades correspondientes al robot. En el prototipo del 2011 se ha tratado de enlazar el robot con el sistema de Inteligencia Artificial, lo que conlleva adaptar los datos que se manejan para mover al robot. Aunque el control de los motores se continúa haciendo mediante un tren de pulsos, el procesamiento de estos datos ha variado significativamente.

4.3. MEJORAS IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN

Las mejoras logradas en el sistema de locomoción son las siguientes:

- Mejora de la estabilidad del robot. La configuración en triple apoyo asegura que las tres ruedas están en contacto con el suelo en todo momento, eliminando la pérdida de tracción en alguna de las ruedas que poseía el robot 2010 configurado con 4 ruedas.
- Disminución de las pérdidas de tracción. Los rodillos de las ruedas omnidireccionales están fabricados en un material que mejora ostensiblemente el agarre entre estos y el material del terreno de juego.
- Eliminación del problema de “traqueteo” que se detectó con las ruedas anteriores. Al aumentar el diámetro de las ruedas y el número de rodillos hace más suave el paso de uno a otro
- Disminución del coste total del sistema. Aún siendo el valor de las ruedas utilizadas para esta configuración mayor que el del prototipo 2010, la eliminación de uno de los motores hace que el coste se reduzca ostensiblemente.
- Aumento del espacio disponible para el sistema Dribbler. Al utilizar la configuración de tres rueda el espacio en la parte frontal del robot aumenta, pudiéndose implementar un sistema dribbler de mayor tamaño, aumentando las posibilidades de controlar la pelota.

4.4. SITUACIÓN DEL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN EN EL MICROBOT 2011

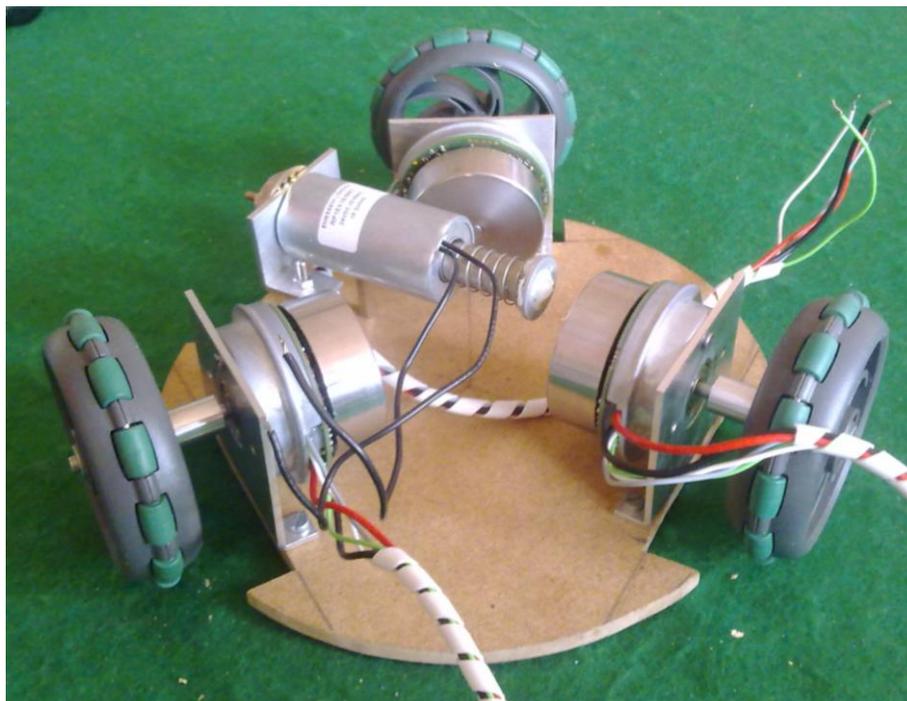


Figura 4.14. Situación de los motores y ruedas en la base del robot 2011

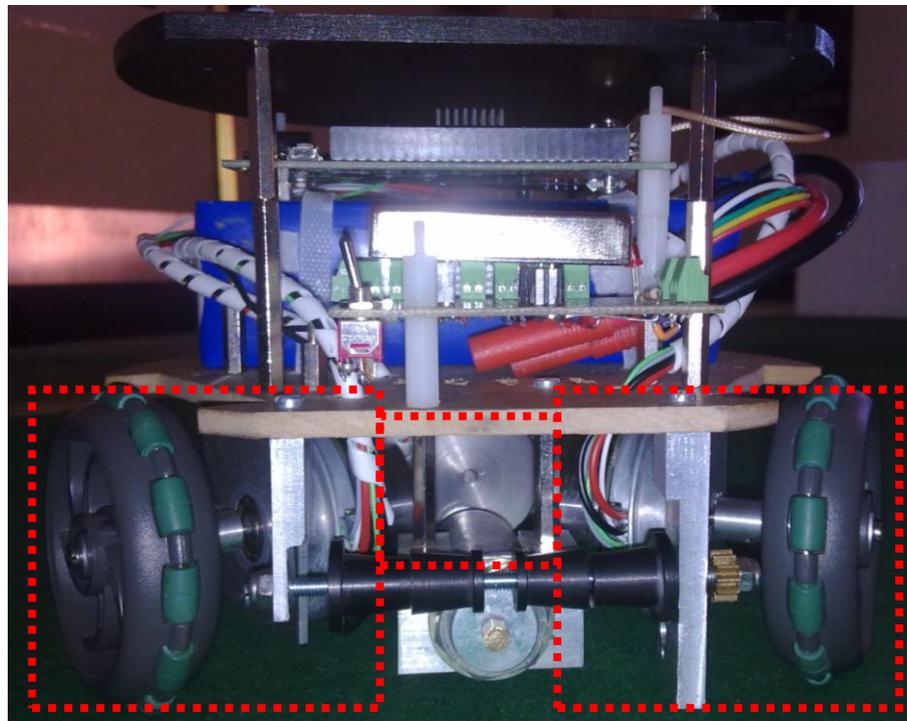


Figura 4.15. Ubicación del sistema de locomoción

CAPÍTULO 5

5. SISTEMA DRIBBLER

A continuación, se explicará con detalle, el sistema dribbler del robot. Éste se compone de un motor DC, una barra de control de la pelota y un sistema de engranajes encargado de transmitir el movimiento del motor a la barra de control de la pelota.

5.1. ANALISIS DEL SISTEMA DRIBBLER DEL PROTOTIPO 2010

Para el prototipo de 2010 se decidió optar por un diseño con barra horizontal, incluyéndole una pequeña mejora. Esta consistió en hacer una ranura justo en la mitad, en la zona donde la pelota permanecerá controlada y centrada.

5.1.1. Motor dribbler 2010

Para proporcionar el movimiento necesario a la barra o eje del dribbler se escogió motor del fabricante Maxon de la familia A-max 16 con una reductora incluida, en concreto el modelo A-max 16 de 1.2W ($15V \cdot 80mA = 1.2W$). El motor escogido cumple con el principal requisito, el diámetro del tambor, ya que el espacio para su colocación es bastante reducido.



Figura 5.1. Motor dribbler 2010

5.1.2. Sistema transmisión 2010

Para proporcionar rotación la barra o eje del dribbler con el motor anterior se acopló una rueda dentada de 34 dientes al motor y otra de 12 dientes a la barra con lo que se logró aumentar la velocidad de rotación de 250 rpm al 708 rpm aproximadamente, reduciendo el par en la misma proporción.

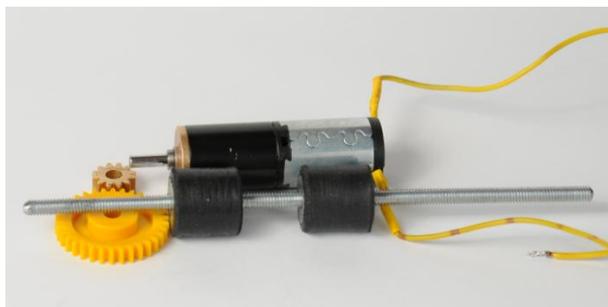


Figura 5.2. Elementos dribbler 2010

Además, para no mantener el dribbler en continuo funcionamiento se implementó un interruptor gobernado por el sistema de control, mediante una de las salidas de 3.3V se activa un transistor mosfet en configuración de interruptor.

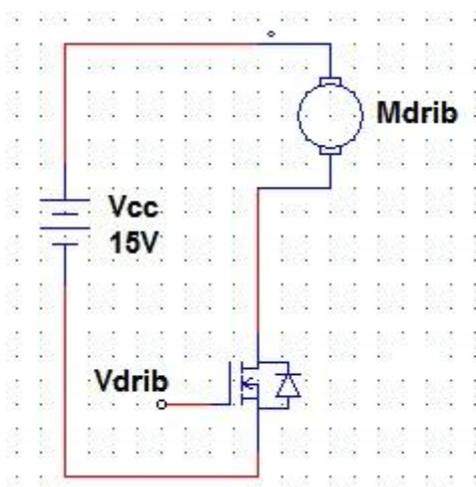


Figura 5.3. Circuito de activación del dribbler 2010 y 2011

5.1.3. Soportes dribbler 2010

Por otro lado, el mecanismo del dribbler necesita un soporte para fijarlo a la base y mantenerlo en su posición horizontal. Para ello se construyeron dos soportes en aluminio tal y cómo se observa en la siguiente figura.

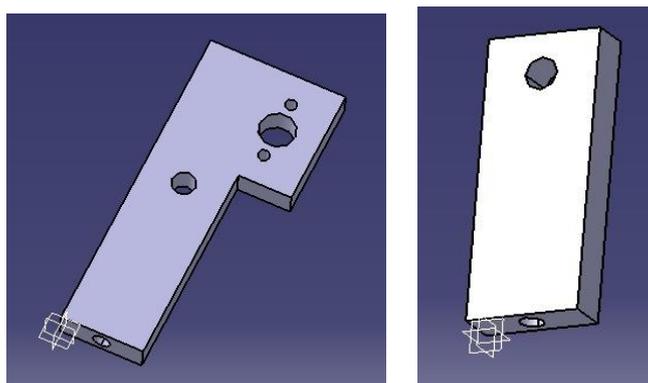


Figura 5.4. Soporte para el Dribbler prototipo 2010

La pieza de la izquierda sirve para fijar el motor y engranar perfectamente los dos engranajes y con la derecha se alinea la barra del dribbler. Los taladros inferiores son los encargados de fijarlos a la base.

Estas piezas están diseñadas para dejar la barra a una altura de 40 mm, idónea para controlar bien la pelota sin “ocultarla” más de un 20% como exige la normativa.



Figura 5.5. Dribbler 2010

5.1.4. Barra dribbler 2010

Es importante elegir correctamente el material que debe estar en contacto con la pelota, de forma que ejerza un buen agarre. Con esta finalidad se implementaron unos pequeños amortiguadores con su superficie finalizada en goma.



Figura 5.6. Rodillos dribbler 2010

Estos rodillos tienen en sus caras unas chapas metálicas con unos agujeros roscados que le dan consistencia y permiten atravesarlos por una barra roscada a modo de eje.



Figura 5.7. Barra dribbler 2010

5.2. SOLUCIÓN PROPUESTA PARA EL SISTEMA DRIBBLER DEL PROTORIPO 2011

En el diseño del sistema de dribbling se han tenido en cuenta los factores y variables que afectan al rendimiento del mismo, como la altura de la barra, el material, las características del motor, etc; Además de las modificaciones en la estructura y la configuración de este nuevo prototipo.

Tal y como se ha mencionado en capítulos anteriores, la disposición de los elementos de locomoción conlleva un mayor espacio destinado al sistema de dribbling. Por lo tanto, las dimensiones del eje deberán adaptarse al máximo a este espacio.

5.2.1. Motor Dribbler 2011

El motor del dribbler es el elemento encargado de generar el movimiento de rotación que será transmitido a la barra o eje a través del sistema de transmisión.

Partiendo del motor-reductora del prototipo 2010 que cumplía con todas las exigencias requeridas se realizó una búsqueda en el mercado para encontrar otro motor con reductora más económico que el anterior. Después de analizar los modelos existentes se ha optado por el modelo 941D41 (12 V – 70mA) del fabricante MFA/Como Drills suministrado por RS. El modelo escogido cumple con el principal requisito de poseer un diámetro de tambor pequeño (16mm) para poder montarlo en el espacio reducido entre la barra del dribbler y la base del robot. Además, cabe mencionar que el motor será alimentado a 5V (750 rpm aproximadamente), lo que hará que el motor gire a las revoluciones por minuto óptimas para el control de la pelota teniendo en cuenta el sistema de transmisión implementado. Las características detalladas de este modelo se pueden encontrar en los anexos de este documento.



Figura 5.8. Motor con reductora MFA/Como Drills 941D41

Para la puesta en marcha del motor y con ellos de todo el sistema dribbler se ha mantenido la solución implementada en el prototipo de 2010 utilizando un transistor mosfet en configuración interruptor como muestra la figura 5.3 que se activa mediante una de las salidas del módulo de control. Este dispositivo ha sido integrado en la placa de alimentación.

5.2.2. Sistema transmisión 2011

El sistema de transmisión del dribbler es el encargado de proporcionar el movimiento del motor a la barra de la manera más eficiente posible. El sistema se compone de un conjunto de ruedas dentadas, que aumentan o reducen la velocidad de giro del motor en función de su relación de transmisión (número de dientes).

A pesar de que el sistema anterior ya constaba de este conjunto, se ha sustituido debido al material de los engranajes existentes. Durante el análisis del prototipo anterior se detectó un considerable desgaste de los dientes en la rueda de mayor diámetro, construida con un material plástico. Esto se debe a que al tratarse de materiales diferentes (material plástico de la rueda mayor, mientras que la pequeña es metálica). Por lo tanto, se decide construir el sistema con engranajes del mismo material. En este caso, se seleccionan dos ruedas de plástico, siendo la de mayor tamaño de 30 dientes (acoplada al eje del motor) y la de menor tamaño de 16 dientes acoplada al eje del Dribbler. De esta manera se consigue aumentar la velocidad de giro de la barra a prácticamente el doble disminuyendo el par, consiguiendo las características óptimas para el control de la pelota.



Figura 5.9. Engranajes de transmisión 2011

5.2.3. Soportes Dribbler 2011

Para fijar tanto el motor como la barra del Dribbler al robot en su posición correcta es necesario diseñar y construir dos soportes de fijación. Al cambiar tanto de motor como de barra o eje es necesario construir dos nuevos soportes ya que no es posible reutilizar los construidos para el prototipo 2010. La siguiente figura muestra los soportes construidos para el robot de 2011.



Figura 5.10. Soportes de fijación del dribbler 2011

Se observa que ambos soportes son similares a excepción de los taladros realizados en uno de ellos para la fijación del motor (2 taladros de fijación y otro para el eje del motor. Cabe destacar que en estos soportes se han incluido 2 cojinetes (uno por soporte) en los que se insertará la barra o eje del dribbler lo que hacen que facilitan el movimiento de rotación de este y evita el desgaste de los soportes por rozamiento (el prototipo de 2010 no constaba de estos elemento por lo que la barra no giraba totalmente sobre su eje por lo que ocasionaba tanto pérdidas en la transmisión y aumento del desgaste en las ruedas dentadas.

Además, los soportes están fabricados en aluminio para disminuir su peso e incluyen dos taladros roscados en su parte superior para la fijación a la base del robot.

5.2.4. Barra dribbler 2011

La barra debe ser de un material adecuado que permita un buen control de la pelota mientras que el robot se mueve, y que proporcione la energía suficiente para ganar la pelota frente a un adversario cuando compiten entre sí por la posesión del balón. Además, otro factor de gran influencia en la calidad del control de la pelota es la altura y el punto donde la bola hace contacto con la barra. Por lo tanto, el material seleccionado deberá generar una fricción suficiente sobre la pelota y fácilmente controlado por el motor a la velocidad de par relación.

Por las razones nombradas anteriormente, la barra está formada por un eje interno de acero al que se lo acoplan unos elementos cilíndricos de goma semi-balnda que aumentan la tracción o control sobre la pelota.



Figura 5.11. Eje o barra del dribbler 2011

Cabe recordar que el reglamento especifica que la pelota puede estar cubierta por el robot, a lo sumo, un 20% de su diámetro. Por lo tanto, si una porción más grande del balón está dentro del robot, no se cumplirán las reglas de posesión de la pelota. Por otro lado, si la barra está por debajo de una altura óptima, disminuirá el control sobre la bola y la barra no generará presión suficiente entre la pelota y el suelo.

Con el fin de determinar la correcta altura y colocación de la barra del dribbler, se definen estos parámetros de acuerdo a los siguientes cálculos [6]:

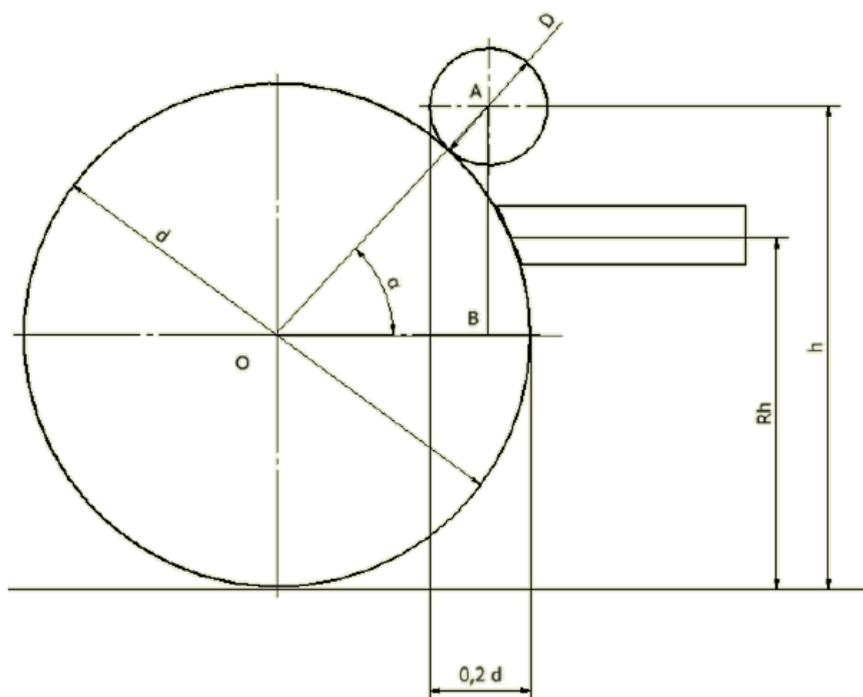


Figura 5.12. Requisitos de altura de la barra del dribbler

En la figura 5.12, se definen los siguientes parámetros:

d: diámetro de la bola (43 mm).

D: diámetro de la barra del dribbler.



R_h : altura del vástago del sistema de disparo.

h : altura de la barra del dribbler.

p : porción de pelota cubierta por el robot. Se fija este valor el 0,2.

α : ángulo formado entre los ejes horizontales de la barra y la bola.

De tal manera, calculando el ángulo α , obtendremos la altura de la barra:

$$\cos \alpha = \frac{OB}{OA} = \frac{\frac{d}{2} - p \cdot d + \frac{D}{2}}{\frac{d+D}{2}} = \frac{d - 2 \cdot p \cdot d + D}{d+D} = 1 - \frac{2 \cdot p \cdot d}{d+D} \quad (5.1)$$

$$\sin \alpha = \frac{AB}{OA} \quad (5.2)$$

$$h = OA \cdot \sin \alpha + \frac{d}{2} \quad (5.3)$$

$$= OA \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} + \frac{d}{2} \quad (5.4)$$

$$= OA \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2 \cdot p \cdot d}{d+D}\right)^2} + \frac{d}{2} \quad (5.5)$$

$$= OA \cdot \sqrt{1 - \left(1 - \frac{4 \cdot p \cdot d}{d+D} + \frac{4 \cdot p^2 \cdot d^2}{(d+D)^2}\right)} + \frac{d}{2} \quad (5.6)$$

$$= \frac{d+D}{2} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot p \cdot d}{d+D} - \frac{4 \cdot p^2 \cdot d^2}{(d+D)^2} + \frac{d}{2}} \quad (5.7)$$

$$\sqrt{\frac{(d+D)^2}{4} \cdot \left(\frac{4 \cdot p \cdot d}{d+D} - \frac{4 \cdot p^2 \cdot d^2}{(d+D)^2}\right) + \frac{d}{2}} \quad (5.8)$$

$$= \sqrt{(d+D) \cdot p \cdot d - p^2 \cdot d^2} + \frac{d}{2} \quad (5.9)$$

$$= \sqrt{p \cdot d^2 + p \cdot d \cdot D - p^2 \cdot d^2} + \frac{d}{2} \quad (5.10)$$

$$= \sqrt{d^2 \cdot (p - p^2) + p \cdot d \cdot D} + \frac{d}{2} \quad (5.11)$$

Teniendo en cuenta los valores de los parámetros anteriores: el diámetro de la pelota y el diámetro de la barra (10 mm), la altura de la barra del dribbler debe ser 41 milímetros, sobre la superficie. Este valor se ha sido el principal requisito a la hora de diseñar los soportes del dribbler.

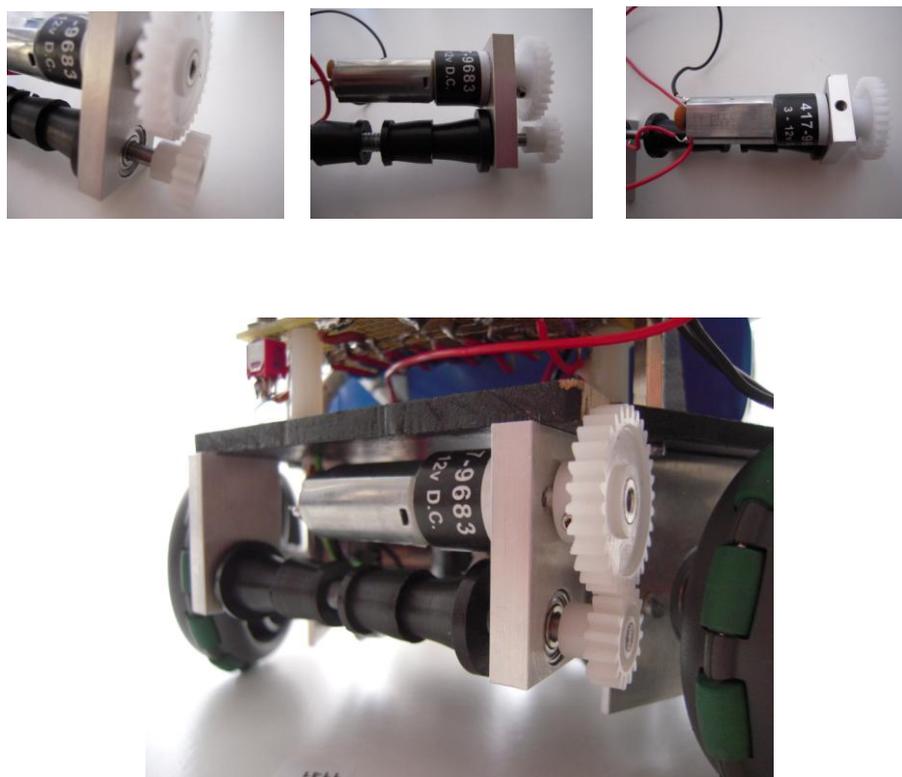


Figura 5.13. Detalle elementos del dribber y montaje final 2011

5.3. MEJORAS IMPLEMENTADAS EN EL SISTEMA DRIBBLER

Las mejoras logradas en el sistema dribbler son las siguientes:

- Aumento de la longitud de la barra con el espacio ganado optar por una configuración de locomoción de tres ruedas que facilita y aumenta las posibilidades de un control de la pelota óptimo.
- Eliminación del desgaste de las ruedas de transmisión al estar fabricadas ambas en el mismo material.
- Mejora del movimiento de rotación de la barra y del desgaste de los componentes del sistema al utilizar cojinetes como elemento de unión entre los soportes y el eje del Dribbler.
- Disminución en el coste total del sistema al utilizar un motor con reductora más económico en el prototipo de 2011.
- Integración del sistema de arranque (mosfet en configuración interruptor) en la placa de alimentación, evitando que este dispositivo no esté fijado a ningún elemento del robot pudiendo sufrir daños durante el transcurso de un partido.

5.4. SITUACIÓN DEL SISTEMA DRIBBLER EN EL MICROROBOT 2011

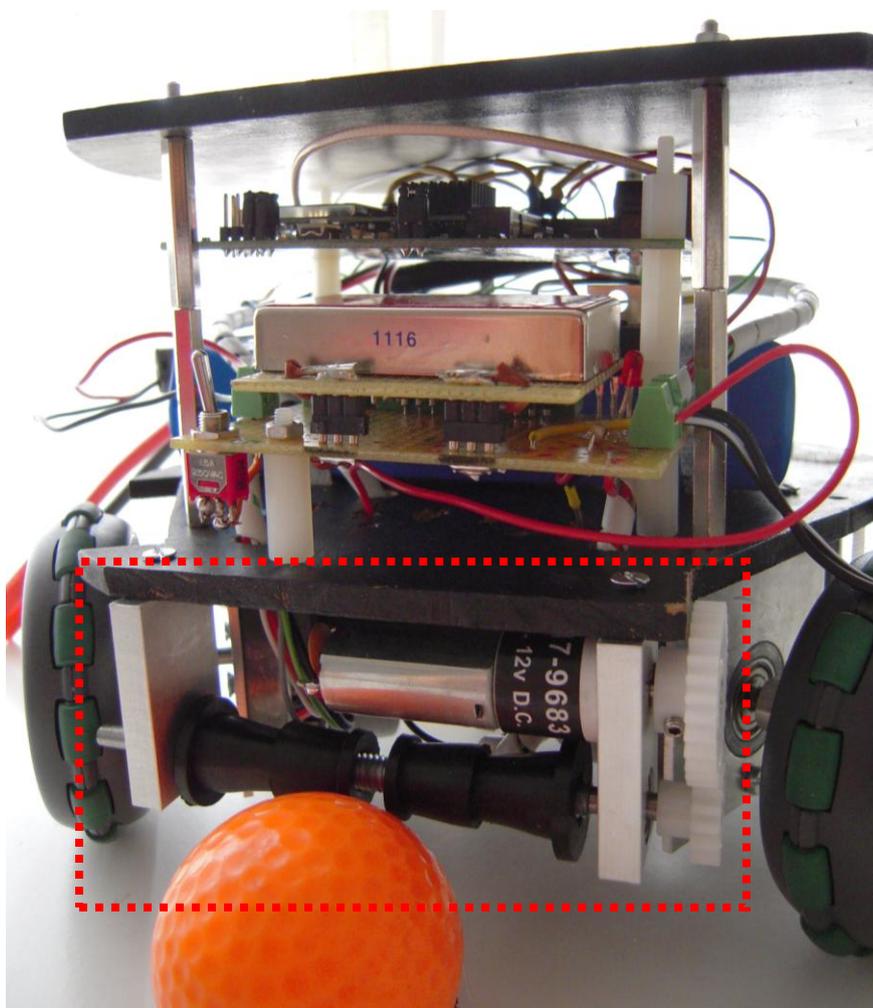


Figura 5.14. Ubicación del sistema de dribbling.



CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y FUTURAS MEJORAS

En este capítulo muestran las conclusiones obtenidas una vez implementado el microrobot y se proponen detalladamente las mejoras que pueden implementarse tanto en el sistema de locomoción como en el de dribbler en el futuro con el fin de aumentar la competitividad del microrobot.

6.1. CONCLUSIONES

Una vez construido y puesto en marcha el microrobot al completo se puede concluir acerca del objetivo particular de este proyecto lo siguiente:

- La modificación de la configuración del sistema de locomoción pasando a disponer de tres ruedas de tracción y omnidireccionales garantiza la tracción en todas y cada una de las ruedas, eliminando de esta manera el problema de pérdida de tracción en una rueda que tenía la configuración a cuatro ruedas.
- Las nuevas ruedas comerciales escogidas eliminan el problema de traqueteo existente con el anterior modelo, consiguiendo desplazamientos más suaves y eliminando el estrés por vibración de los componentes del microrobot. Por otro lado, al aumentar el diámetro de las ruedas, el volumen del sistema de locomoción aumenta respecto del sistema anterior, comprometiendo el espacio disponible para el disparador.
- El aumento del espacio disponible para el dribbler generado por la modificación de la configuración del sistema de locomoción facilita el control de la pelota debido a que la barra o eje del dribbler ha, prácticamente, duplicado su longitud.



- La integración del sistema de locomoción y dribbler con el resto de componentes del microrobot se ha realizado satisfactoriamente
- Los dos sistemas diseñados cumplen con la normativa exigida por la organización de la competición, siendo las reglas más restrictivas a tener en cuenta las dimensiones del microrobot y el modo de control de la pelota mediante el sistema dribbler.
- En el diseño y construcción del nuevo microrobot se intentó aprovechar la mayor cantidad de componentes del prototipo anterior, especialmente de aquellos de mayor valor económico. De esta manera, los componentes más caros que son los motores del sistema de locomoción han sido aprovechados haciendo que el coste de el resto de componentes a comprar no sea elevado.

6.2. MEJORAS PARA EL SISTEMA DE LOCOMOCIÓN

Atendiendo a los resultados obtenidos una vez construido el microrobot y a la información recopilada y analizada del resto de equipos participantes en la competición, se proponen las siguientes mejoras para el sistema de locomoción que pueden ser desarrolladas en futuros trabajos:

- Diseño y construcción de un juego de ruedas omnidireccionales específicas para la competición, eliminando así todos los problemas o necesidades surgidas de la adaptación del microrobot a unos ruedas comerciales.
- Optimización de la programación del código de control del sistema de control, logrando una mayor sensibilidad en el movimiento de los motores que permita realizar desplazamientos más certeros.
- Modificación de los casquillos de acoplamiento de las ruedas a los motores, de forma que se disminuya el espacio existente entre ambos componentes. Esta mejora no ha sido realizada aún a la espera de finalizar el sistema de disparo para conocer con exactitud cómo deben ser rediseñados estos componentes.



6.3. MEJORAS PARA EL SISTEMA DRIBBLER

Atendiendo a los resultados obtenidos una vez construido el microrobot y a la información recopilada y analizada del resto de equipos participantes en la competición, se proponen las siguientes mejoras para el sistema dribbler que pueden ser desarrolladas en futuros trabajos:

- Integración en la estructura del sistema dribbler del dispositivo del sistema de disparo que permite realizar lanzamientos elevados, aumentando así la competitividad del microrobot en competición debido al aumento de trayectorias disponibles para la pelota.
- Diseño y construcción de diferentes barras o ejes del dribbler específicos para cada uno de los microrobots que conformen el equipo de tal manera que este componente se adapte a los requisitos exigidos a cada uno de los microrobots por su función en el terreno de juego.
- Diseño y construcción de un sistema de amortiguación para la barra del dribbler que evite los rebotes de la pelota aumentando de esta manera las posibilidades de realizar un control óptimo de la pelota.

CAPÍTULO 7

7. PRESUPUESTO

7.1. COSTE MATERIAL

7.1.1. Sistema de control

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Placa de control Rabbit RCM 5600W	119,00 €	1	119,00 €
		TOTAL	119,00 €

7.1.2. Sistema locomotor

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Rueda omnidireccional VEX 2.75" P/N 276-2165 (Pack 2 unidades)	23,99 €	2	47,98 €
Casquillo acoplador rueda-motor	4,00 €	3	12,00 €
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186,45 €	3	559,35 €
		TOTAL	619,33 €



7.1.3. Sistema de disparo

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Solenoides de Tracción 24Vdc RP16 X 16 Magnet-Schultz	28,49 €	1	28,49 €
Condensador Snap-In UQ 1500uF 250V 85deg C	10,95 €	2	21,90 €
Condensador electro Al TSUP, 470uF 100V	4,19 €	1	4,19 €
Bobina 1mH	3,80 €	1	3,80 €
Bobina 10mH	4,10 €	1	4,10 €
Mosfet FDP51N25	2,63 €	3	7,89 €
BJT BD249	4,55 €	2	9,10 €
Diodo STTH5L06D	0,99 €	5	4,95 €
LM741	0,49 €	1	0,49 €
NE555	0,48 €	1	0,48 €
Otros	5,00 €	1	5,00 €
	TOTAL		90,39 €

7.1.4. Sistema Dribbler

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Engranaje cilíndrico 30 dientes	3,03 €	1	3,03 €
Engranaje cilíndrico 16 dientes	2,05 €	1	2,05 €
Cilindros de goma	0,30 €	4	1,20 €
Motor DC Como Drills 941D41 1.5- 12V, caja reductora 4:1, 16mm diámetro	19,30 €	1	19,30 €
Barra roscada de 4mm de diámetro	1,42 €	1	1,42 €
Rodamiento de bolas liso, diámetro 4-11mm	3,40 €	2	6,80 €
IRF530	1,83 €	1	1,83 €
	TOTAL		35,63 €

7.1.5. Alimentación

7.1.5.1. Batería

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Batería 14,8V 3300mAH 30C	59,99 €	1	59,99 €
Cargador/Equilibrador LiPO "Dual Power"	79,99 €	1	79,99 €
TOTAL			139,98 €

7.1.5.2. Placa de alimentación

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Convertidor DC-DC TRACO TEN101211,5V 10W	33,35 €	1	33,35 €
Interruptor	3,50 €	1	3,50 €
Conectores de 2 tomas	0,30 €	12	3,60 €
Otros (leds y resistencias)	3,00 €	1	3,00 €
TOTAL			43,45 €

7.1.6. Estructuras

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Plataforma inferior DM 5mm de espesor, 18 cm de diámetro, pintado	3,00 €	1	3,00 €
Plataforma superior DM 5mm de espesor, 17 cm de diámetro, pintado	3,00 €	1	3,00 €
Soporte para motor, aluminio 1.5mm	7,00 €	3	21,00 €
Soporte solenoide, aluminio 1.5mm	7,00 €	1	7,00 €
Soporte eje dribbler de aluminio 4mm	7,35 €	2	14,70 €
Separadores roscados de acero	1,00 €	15	15,00 €
Tornillería	6,00 €	1	6,00 €
TOTAL			69,70 €

7.1.7. Cableado y conexionado

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Importe Total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	20,00 €
Protector helicoidal para cables	0.57 €/m	10 m	5,70 €
TOTAL			25,70 €

7.2. COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros Superiores Industriales y la cuantía de las becas para ingenieros. La duración se ha estimado en 9 meses, tiempo que engloba el diseño, la construcción y la redacción del presente proyecto. Los cargos sobre los salario brutos son de un 6% en concepto de Seguridad Social y un 17% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Retribución mensual	Meses	Total
Ingeniero Superior Industrial	2.300,00 €	9	20.700,00 €
Ayudante a tiempo parcial	625,00 €	9	5.625,00 €
TOTAL antes de impuestos			26.325,00 €
TOTAL después de impuestos			32.379,75 €

7.3. PRESUPUESTO FINAL

El importe total asciende a:

Concepto	Importe
Coste de material	1.143,18 €
Coste de personal	32.379,75 €
TOTAL	33.522,93 €

El presupuesto total de ejecución del proyecto asciende a la cantidad de **treinta y tres mil quinientos veintidós euros con noventa y tres céntimos de euro.**

NOTA: en el presupuesto mostrado en este capítulo está compuesto por el valor de todos los sistemas que componen el prototipo 2011, independientemente de si este proyecto los desarrolla detalladamente. Con esto se quiere dar una visión global del coste total de construcción del robot.



CAPÍTULO 8

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ALBILLO ARRIBAS, José Ignacio. (2008) *Diseño electrónico de un microrobot (EUROBOT 2008)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [2] BERMEJO LOZOYA, Francisco Javier. *Desarrollo de una plataforma hardware para la Robocup Small Soccer League (SSL)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [3] BLANK, Peter; BLEIER, Michael; KALLWIES, Jan; KUGLER, Patrick; LAHMANN, Dominik; NORDHUS, Philipp; RIESS, Christian. (2010). *ER-Force Team Description Paper for RoboCup 2010*. Robotic Activities Erlangen e.V. Pattern Recognition Lab, Department of Computer Science. University of Erlangen-Nuremberg. <info@robotics-erlangen.de> <http://www.er-force.de>
- [4] BROWNING, Brett; TRYZELAAR, Erick. *ÜberSim: A Multi-Robot Simulator for Robot Soccer*. School of Computer Science. Carnegie Mellon University
- [5] D'ANDREA, Raffaello; LEE, Jin-Woo. *Cornell BIG RED, small-Size-League Winner*.
- [6] DEWRITTE, Joris. (2010). *Mechatronic Design of a Soccer Robot for the Small-Size League of RoboCup*. Faculteit Ingenieurwetenschappen. Vrije Universiteit Brussel.
- [7] MARTÍN GÓMEZ, José Luis. (2008) *Diseño del sistema de control y accionamiento de recogida de muestras de un microrobot (EUROBOT 2008)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [8] FERNÁNDEZ DE FRUTOS, Jesús Emilio. *Diseño global de arquitectura y HW de Robosoccer SSL*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [9] GARCÍA LÓPEZ, Álvaro. *Desarrollo del sistema de locomoción de una plataforma hardware para Robocup Small Soccer League (SSL)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

- [10] LÓPEZ MONTES, David. *Desarrollo del sistema de control y golpeo de la pelota para Robocup Small Soccer League (SSL)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [11] LOZANO ALELÚ, Pablo. *Diseño e implementación del software para un prototipo de la Robocup Small Soccer League (SSL)*. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [12] GONZALEZ, E.; DE LA ROSA, F.; MIRANDA, A. S.; RODRÍGUEZ, C.; MANRIQUE, M.; OTALORA, C.; ÁNGEL, J.; ARÉVALO, Y.; FIGUEREDO, J. S.; PUERTA, R. (2011). *Bochica 2011 - Team Description Paper*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- [13] ISHIKAWA, Akeru; SAKAI, Takashi; NAGAI, Jousuke; INAGAKI, Toro; SAWAGUCHI, Hajime; NUNOME, Yuji; MURAKAMI, Kazuhito; NARUSE, Tadashi. (2010). *RoboDragons 2010 Team Description*. Aichi Prefectural University.
- [14] JIWA, Alim; KNOLL, Byron; HEAD, Christopher; HU, Howard; FRASER, Jonathan; SERION, Jonathan; BAILLIE, Kevin; LAM, Lok Tin. (2010). *Team Description Paper: UBC Thunderbots*. The University of British Columbia. <www.ubcrobocup.com> <robocup@ece.ubc.ca>
- [15] JONES, Nicholas; HILL, Michael; SHANAHAN, Michael. *Small-Size Soccer Robots Level IV Design Project*. University of Adelaide.
- [16] LAUE, Tim; BURCHARDT, Armin; FRITSCH, Sebastian; HINZ, Sven; HUHN, Kamil; KIRILOV, Teodosiy; MARTENS, Alexander; MIEZAL, Markus; NEHMIZ, Ulfert; SCHWARTING, Malte; SEEKIRCHER, Andreas. (2009). *Extended Team Description for RoboCup 2009 B-Smart (Bremen Small Multi Agent Robot Team)*. University at Bremen grp-bsmarter@informatik.uni-bremen.de <www.b-smart.de>
- [17] MACKENZIE, Ian. *Omnidirectional Drive Systems*.
- [18] MARTINEZ-GOMEZ, Luis A.; MONEO, Francisco; SOTELO, David; SOTO, Misael; WEITZENFELD, Alfredo. *DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SMALL SIZE ROBOCUP SOCCER TEAM*. Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) – Computer Engineering Department
- [19] MOHADES KASAEI, S. H.; MOHADES KASAEI, S. M.; MOHADES KASAEI, S. A.; TAHERI, M.; RAHIMI, M.; VAHIDDASTGERDI, H.; SAEIDINEZHAD, M. *Design and Implementation a Fully Autonomous Soccer Player Robot*.
- [20] MONAJJEMI, Valiallah; FAROKH ATASHZAR, Seyed; MEHRABI, Vahid; MEHDI NABI, Mohammad; OMIDI, Ehsan; PAHLAVANI, Ali; POORJANDAGHI, Seyed Saeed; SHEIKHI, Erfan; KOOCHAKZADEH, Ali; GHAEDNIA, Hamid; POUR, S. Mehdi Mohaimanian; BEHMAND, Arash; RASTGAR, Hamed; ARABI, Mohammadreza; NOUREDANESH, Mina. (2010). *Parsian Team Description for Robocup 2010*. Amirkabir Univ. Of Technology Robocup Small Size Team. Electrical Engineering Department. Tehran Polytechnic. <small-size@parsianrobotic.ir>
- [21] MONAJJEMI, V.A.; GHAEDNIA, H.; KHOSHBAKHT, S.; ROHANI, M.; MEHRABI V,PAHLAVANI, A.; OMIDI, E.; SHAHBAZI, M.; ATASHZAR, F.; AMIR GHIASVAND, A.A.; GHAEDNIA, H.; SHEIKHI, E.; POORJANDAGHI, S.; BAZARGANI, H.; GHEIDARI, A. (2009). *Parsian Team Description for Robocup 2009*. Amirkabir Univ. of Technology Robocup Small Size Team.



- [22] MUÑOZ MARTÍNEZ, V. F.; GIL-GÓMEZ, G.; GARCÍA CERESO, A. *Modelado cinemático y dinámico de un robot móvil omni-direccional*. Instituto Andaluz de Automática Avanzada y Robótica. Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Málaga. <vfmm@uma.es>
- [23] PRANGGONOH, Yusuf; SIN NG, Buck; YANG, Tianwu; KWONG, Ai Ling; KONG YUE, Pik; ZHOU, Changjiu. *Field Rangers Team Description Paper*. Advanced Robotics and Intelligent Control Centre (ARICC). Singapore Polytechnic. <yusufp@sp.edu.sg, zhoucj@sp.edu.sg> <www.robo-erectus.org/RobotSmall/RobotSmall.php>
- [24] ROS CERRO, Francesc. (2004). *Vehículo compacto omnidireccional con ruedas no convencionales. Diseño de grupos motrices y chasis de configuración adaptable a diversas aplicaciones*. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.
- [25] SATO, Ryuhei; HORII, Takato; INUKAI, Kenji; MIZUTANI, Shoma; BABA, Kosei; WATANABE, Masato; ITO, Kazuaki; SUGIURA, Toko. *KIKS 2010 Team Description*. Toyota National College of Technology. Department of Electrical and Electronic engineering. <sugi@toyota-ct.ac.jp> <http://www.ee.toyota-ct.ac.jp/~masa/2010/kiks2.htm>
- [26] SHARBAFI, Maziar Ahmad; HOSHYARI, Mohammad; ESMAEELPOURFARD, Saeed; BABERSAD, Omid Bakhshande; HAAJSEYEDJAVADI, Mohammad; ESMAEELI, Danial. (2010). *MRL Team Description 2010*. Islamic Azad University of Qazvin, Electrical Engineering and Computer Science. Department, Mechatronics Research Lab. <m.sharbafi@ece.ut.ac.ir>
- [27] SOTELO INIESTA, Edgar David. (2006). *Diseño e implementación de los robots F180 del ITAM*. Instituto Tecnológico Autónomo De México.
- [28] SOTO RUIZ, Misael; WEITZENFELD, Alfredo. *Soccer Dribbler Design for the Eagle Knights RoboCup Small Size Robot*.
- [29] SUZUKI, MOTOTAKA; VAN DER BLIJ, Jacob; FLOREANO, Dario. *Omnidirectional Active Vision for Evolutionary Car Driving*. Laboratory of Intelligent Systems, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Artificial Intelligence Institute, University of Groningen.
- [30] WANG, Wenfei; JIANG, Wanli; LI, Yi; QIU, Xingzhong; LI, Kan; ZHENG, Dongxin; XIONG, Rong. (2008). *ZJUNLICT Team Description for ROBOCUP 2008*. State Key Laboratory of Industrial Control Technology. Zhejiang University. <wfwang@iipc.zju.edu.cn> <http://www.nlct.zju.edu.cn/ssl/WelcomePage.html>
- [31] WASUNTAPICHAIKUL, Piyamate; SRISABYE, Jirat; SUKVICHAI, Kanjanapan. (2010). *Skuba 2010 Team Description*. Department of Computer Engineering and department of Electrical Engineering. Faculty of Engineering, Kasetsart University. <baugp@hotmail.com> <jiratto@gmail.com> <fengkp@ku.ac.th>
- [32] ZICKLER, Stefan; BISWAS, Joydeep; LUO, Kevin; VELOSO, Manuela. (2010). *CMDragons 2010 Team Description, Carnegie Mellon University*. <fszickler,velosog@cs.cmu.edu>, <fjoydeep,kwluog@andrew.cmu.edu>



Fuentes electrónicas:

- [33] Reglas de la liga SSL <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/rules:main>
- [34] AVT: <http://www.alliedvisiontec.com/>
- [35] Sitio del laboratorio de robótica ITAM <http://robotica.itam.mx>
- [36] Sitio oficial SSL: <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/>
- [37] Referee Box SSL <http://small-size.informatik.uni-bremen.de/referee:start>
- [38] Sitio oficial RoboCup: <http://www.robocup.org/>
- [39] RoboRoos: http://itee.uq.edu.au/~dball/roboroos/about_robots.html
- [40] Mechatronics Research Laboratory: <http://www.mrl.ir/index.php/small-size>
- [41] Building and Programming Mobile Robots:
<http://www.cs.utep.edu/csdept/undergrad/robots/main.html>
- [42] Ruedas omnidireccionales: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/0b57/0900766b80b5747d.pdf>
- [43] Klinik robot blog: <http://klinikrobot.blogspot.com/2010/12/robot-locomotion-with-omni-directional.html>
- [44] Nexus robot: <http://www.nexusrobot.com/forum/index.php?topic=5.0>
- [45] Omniwheel robotics:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Omniwheel_robotics.PNG?uselang=de
- [46] Blue spirit: <http://www.bluespirit.la/index.php?id=2,28,000>
- [47] Engineering Technologies:
http://www.okanagan.bc.ca/departments/engineeringtechnologies/programs/elen/student_projects.html
- [48] Carnegie Mellon University: <http://www.cs.cmu.edu/~robosoccer/small/>
- [49] Kasetsart University: <http://iml.cpe.ku.ac.th/skuba/drupal/faq>
- [50] RS: <http://es.rs-online.com/web/>
- [51] TRACO POWER: <http://www.traco-electronic.de/>
- [52] TRACO POWER: <http://www.psui.com/tracopower/ten10.htm>
- [53] Ruedas: <http://www.tiendaderobotica.com/tienda/Robotica/VEXRobotics?zenid=0bn21g1sove5sms65pr2dq1ur7>
- [54] Súper robótica: <http://www.superrobotica.com/rueda.htm>



Diseño del sistema de locomoción y dribbler de un microrobot

[55] Robótica educativa: <http://www.robotica-personal.es/2010/04/tetrix-arquitectura-metalica-para-lego.html>

[56] Otros: http://alfonsoreyes.zobyhost.com/?Proyectos_Fin_de_Carrera:Robocup

[57] Motores: <http://www.maxonmotor.es/>

[58] Movimientos y locomoción: <http://www.muchostrasto.com/TiposDePlataformas.php>

[59] Modelado cinemático: <http://www.ceafac.es/actividades/jornadas/XXIV/documentos/ro/201.pdf>

[60] Modelado cinemático:
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/2646/1/34562-1.pdf>

[61] Modelos cinemáticos:
<http://cannes.itam.mx/Alfredo/Espaniol/Cursos/Robotica/Material/ModeloCinematicoOmnidireccional.pdf>

Nota: Todos los links aquí expuestos están comprobados a enero de 2012



CAPÍTULO 9

9. ANEXOS

ANEXO A: Hoja de características Rabbit RCM5600W

ANEXO B: Hojas de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada

ANEXO C: "Inventor's Guide Insert" rueda omnidireccional modelo VEX 2.75"

ANEXO D: Hojas de características batería Turnigy 14,8V y 3300mAh

ANEXO E: Hojas de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211

ANEXO F: Esquema eléctrico placa de alimentación

ANEXO G: Hojas de características motor MFA-941D41

ANEXO H: Hojas de características IRF530

ANEXO I: Plano detallado de la base del robot

ANEXO J: Plano detallado tapa superior del robot

ANEXO K: Plano detallado de las escuadras de los motores

ANEXO L: Plano detallado de los soportes del dribbler

ANEXO M: Plano detallado soporte del solenoide

ANEXO N: Plano detallado casquillo ruedas

ANEXO Ñ: Esquema de conexión al módulo I/O RCM5600W

ANEXO O: Major Rule Changes for 2012 proposal

ANEXO A: Hojas de características Rabbit RCM5600W

MiniCore™ RCM5600W

Ultra-Compact Wi-Fi Module

The MiniCore RCM5600W offers an ultra-compact 802.11b/g Wi-Fi control and communications solution for cost-sensitive embedded applications.

Overview

The MiniCore RCM5600W series is Rabbit's most compact Wi-Fi embedded solution, ideal for cost-sensitive applications. With their long-term firmware support and low-risk design features, the RCM5600W and RCM5650W offer an easy path to add reliable wireless network connectivity to any system you design.

Both wireless MiniCores offers 802.11b/g connectivity supporting WPA2 Enterprise security, as well as encryption standards such as SSL and AES. Embedded web server capability allows for monitoring and control of devices from remote locations. Both the RCM5600W and RCM5650W can use the firmware update feature which allows for remote firmware updates from virtually anywhere in the world. The RCM5600W Wi-Fi modules are fully compatible with the RCM5700 Ethernet enabled MiniCores, providing greater network deployment and design flexibility.

Application Highlight



Potential Applications: Building automation, Remote energy management, Security and surveillance

Standard Development Kit

This affordable development kit includes everything you need to begin development

\$149



Features and Benefits

- Rabbit® 5000 running at 74 MHz
- On-board single-chip 802.11b/g transceiver
- Up to 32 GPIO lines and 6 serial ports
- 1 MB of SRAM and up to 4 MB of serial flash
- Update firmware wirelessly
- Embedded web server



Software

The Dynamic C® integrated development environment reduces the time and effort to write real-time software for embedded systems that use a Rabbit microprocessor, enabling easy development of a wide range of applications.

Rabbit integrates editing, compiling, linking, loading and debugging into a single development environment as one function. There are no compatibility issues when moving from one stage to another. Once the design is complete, you can debug it on the target hardware and see how your code works. Because it is a dialect of C, the Dynamic C language has all the statements and constructions of traditional C, plus extensions that make it easier to write reliable, real-time multi-tasking software. The Dynamic C integrated development environment allows for easy hardware migration, moving from a single-board computer to chip level production.

Dynamic C also includes highly useful software components that can add functionality and value to your applications. This functionality includes web server capability, filing system, remote firmware updates, and wired and wireless security. Compatible software components are listed below.

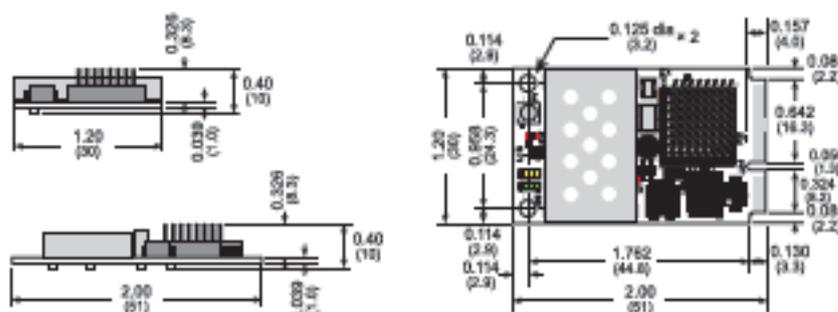
Software Components

Component	Description
 RabbitWeb	System of HTML tags used to easily create web interfaces to monitor and control embedded applications
 RPU	Allows for remote firmware updates from anywhere in the world using an Internet connection
 FAT	Popular network-accessible file system for flashed based memories
 SSL	The industry standard for web security in embedded applications
 AES	128-bit encryption for transferring sensitive data
 W-FA	Provides strongest Wi-Fi security available via WPA-2 and 802.11i



MiniCore™ RCM5600W Development Kits	
Standard Development Kit	Deluxe Development Kit
The Standard and Deluxe Development Kits provide the essential tools needed to design your own microprocessor-based system.	
<p>The Standard Kit includes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - RCM5600W module - Antenna kit - Interface board with standoffs/connectors - Prototyping board with standoffs/connectors - USB cable to program RCM5600W via interface board - Dynamic C CD-ROM, including product documentation on disk - Getting Started instructions - Registration card 	<p>The Deluxe Development Kit includes everything in the Standard Development Kit, plus the following items:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Universal AC adapter, 5 V DC, 2 A (includes Canada/Japan/U.S., Australia/NZ, U.K., and European style plugs). Development Kits sold in North America may contain an AC adapter with only a North American style plug. - Digital I/O and serial communication accessory boards for use with certain sample programs - Rabbit 5000 Processor Easy Reference poster

MiniCore™ RCM5600W Specifications			
Feature	RCM5600W	RCM5650W	
Microprocessor	Rabbit® 5000 at 74 MHz		
EMI Reduction	Spectrum spreader for reduced EMI (radiated emissions)		
Serial Flash Memory (program)	1 MB	4 MB	
SRAM	1 MB		
Backup Battery	Connection for user-supplied backup battery (to support RTC)		
General-Purpose I/O	Up to 22 parallel digital I/O lines configurable with four layers of alternate functions		
Additional Inputs	Reset In		
Additional Outputs	Status, reset out		
External I/O Bus	Can be configured for 8 data lines and 8 address lines (shared with parallel I/O lines), plus I/O read/write		
Serial Ports	6 high-speed, CMOS-compatible ports: • All 6 configurable as asynchronous (with I/OA), 4 as doddad serial (SPI), and 2 as SDLC/HDL • 1 doddad serial port shared with programming port		
Serial Rate	Maximum asynchronous baud rate = CLK/8		
Slave Interface	Slave port allows the RCM5600W to be used as an intelligent peripheral device slaved to a master processor		
Real-Time Clock	Yes		
Timers	Ten 8-bit timers (5 cascadable from the first), one 10-bit timer with 2 match registers, and one 16-bit timer with 4 outputs and 8 set/reset registers		
Watchdog/Supervisor	Yes		
Pulse-Width Modulators	4 channels synchronized PWM with 10-bit counter or 4 channels variable-phase or synchronized PWM with 16-bit counter		
Input Capture	3-channel input capture can be used to time input signals from various port pins		
Quadrature Decoder	3-channel quadrature decoder accepts inputs from external incremental encoder modules		
Power	3.15V DC (min.) - 3.45V DC (max.) 625 mA @ 3.3 V while transmitting/receiving 85 mA @ 3.3 V while not transmitting/receiving		
Operating Temperature	-20° C to +55° C		
Humidity	5% to 95%, non-condensing		
Connectors	Edge connectors for interface with 53-pin mini PCI Express socket		
Board Size	1.20" x 2.00" x 0.40" (30 mm x 51 mm x 10 mm)		
Wi-R Specifications			
	Region	802.11b	802.11g
Typical Average Antenna Output Power	Americas, Japan	19 dBm	15 dBm
	Other Regions	18 dBm	
Compliance	802.11b/g, 2.4 GHz		
MiniCore RCM5600W, RCM5650W Pricing			
Price (Qty. 1/100)	\$69 / \$65	\$75 / \$71	
Part Number	20-101-1265	20-101-1269	
Development Kit	Standard Development Kit	Deluxe Development Kit	
Part Number	\$149 101-1284	\$249 101-1285	



RABBIT

Rabbit® 2500 Stafford Street, Davis, CA 95618 USA. Tel 1.888.411.7228 Tel 530.757.8400 Fax 530.757.8432 #11000008 03/10

Copyright © 2009-2010, Rabbit. All rights reserved. Rabbit is a Dig International brand. Rabbit, RabbitCore, Dynamic C and MiniCore are trademarks or registered trademarks of Dig International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners.

ANEXO B: Hojas de características motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada

maxon motor

maxon EC motor **EC 45 flat with integrated electronics**

Doc. no. 919801

Operating Instructions **Edition September 2010**

Order Number: 353518, 353516, 353519, 353517, 350909, 352886, 370425, 370424, 353526, 353524, 350910, 352887, 370427, 370426

The EC 45 flat motor with integrated electronics is a brushless, speed-controlled 1-quadrant drive. The EC 45 flat can be supplied in a 30 watt or 50 watt version.

Functions:

- Commutation with Hall sensors
- Digital speed control
- Speed range: 200 rpm – 7000 rpm (depends on variation)
- Current restriction fixed
- Overvoltage and undervoltage switch-off
- Overvoltage protection
- Blockage protection, temperature monitoring
- Inverse polarity protection

2-wire version

- Speed proportionate to input voltage

5-wire version

- Speed set value target through analog signal 0 ... 10V
- 2-wire operation possible
- Versions:
 - «Enable» TTL level compatible
 - Direction pre-selection «cw/ccw» TTL level compatible
- Speed monitor supplies frequency signal proportionate to speed

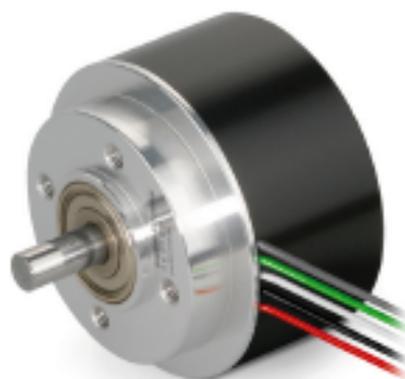


Table of contents

1	Safety instructions	2
2	Technical data	3
3	Minimum wiring	7
4	Description of function inputs and outputs 5-wire version	10
5	Description of function 2-wire version	13
6	Protective functions	14
7	Assembly instructions	15
8	EMC-compliant installation	15
9	Error finding	16
10	Dimensions	17
11	Glossary	18

These instructions are available on the internet as a PDF file at www.maxonmotor.com, under "Service & Down-

maxon motor ag | Brühlgrasse 220 | PO, Box 260 | CH-6072 Sachseln | Tel: +41 (41) 600 15 00 | Fax: +41 (41) 600 16 50 | www.maxonmotor.com

maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

1 Safety instructions



Skilled personnel

Only skilled, experienced personnel should install and start the equipment



Statutory regulations

The user must ensure that the EC 45 flat with integrated electronics and the components belonging to it are assembled and connected according to local statutory regulations.



Additional safety equipment

Any electronic equipment is, in principle, not fail-safe. Machinery and equipment should therefore be fitted with equipment-independent monitoring and safety features. There must be guarantees that the drive or the entire piece of equipment can be run safely if the equipment fails, if it is used incorrectly, if the control unit fails, if the cable breaks etc.



Repairs

Repairs may only be carried out by authorised personnel or the manufacturer. It is dangerous for users to open the unit or carry out any repairs.



Danger

Users must ensure that no apparatus is connected to the electrical supply during installation of the EC 45 flat with integrated electronics! After switching on, do not touch any live parts!



Max. supply voltage

Make sure that the supply voltage is between 10 VDC and 28 VDC. Permanently switched on voltages above 30 VDC destroy the unit.



Electrostatic sensitive components

During transportation, assembly and operation, contact of the EC 45 flat with integrated electronics with electrostatically charged components or persons must be avoided. The integrated electronics can be destroyed by electrostatic discharges.



Temperature

The temperature of the housing, flange or components may exceed 60°C during operation.

maxon motor	
Operating Instructions	EC 45 flat with integrated electronics

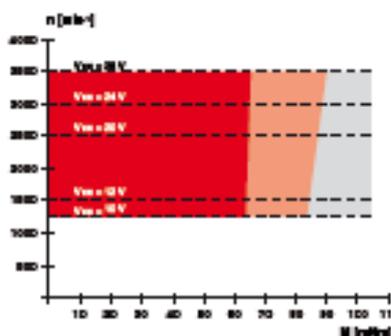
2 Technical data

2.1 Order number

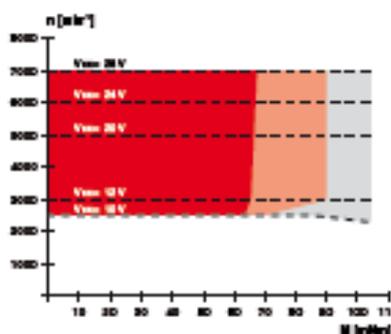
353518 (IP40), 353516 (IP00)	2-wire version, nominal speed 3000 rpm, 30 Watt
353519 (IP40), 353517 (IP00)	2-wire version, nominal speed 6000 rpm, 30 Watt
350909 (IP40), 352896 (IP00) «Enable»	5-wire version, nominal speed 6000 rpm, 30 Watt
370425 (IP40), 370424 (IP00) «cw/ccw»	5-wire version, nominal speed 6000 rpm, 30 Watt
353526 (IP40), 353524 (IP00)	2-wire version, nominal speed 3000 rpm, 50 Watt
350910 (IP40), 352897 (IP00) «Enable»	5-wire version, nominal speed 4500 rpm, 50 Watt
350910 (IP40), 352897 (IP00) «cw/ccw»	5-wire version, nominal speed 4500 rpm, 50 Watt

2.2 Motor data 30 Watt at 24VDC

Order number IP40 (with housing)	353518	353519	350909	370425	352896	370424
Order number IP 00 (without housing)	353516	353517				
Nominal voltage	VDC	24	24	24	24	24
No load speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000
No load current	mA	105	105	222	222	222
Nominal speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000
Nominal torque	mNm	65	91	67	91	91
Nominal current	mA	1200	1800	2400	3000	2400
Max. torque	mNm	106	106	104	104	104
Max. current	mA	2100	2100	3600	3600	3600
Max. efficiency	%	71	71	73	77	77



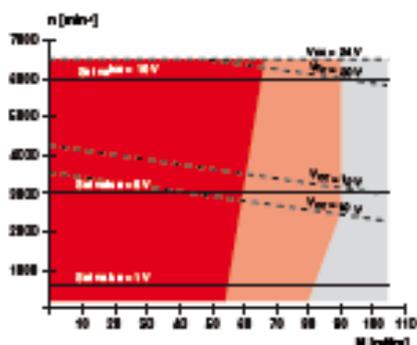
Picture 1: Operating range $n = f(M)$
2-wire version, nominal speed 3000 rpm, order number 353518, 353516



Picture 2: Operating range $n = f(M)$
2-wire version, nominal speed 6000 rpm, order number 353519, 353517

maxon motor

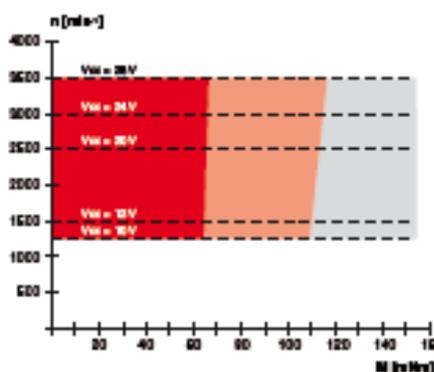
EC 45 flat with integrated electronics Operating Instructions



Picture 3: Operating range $n = f(M)$
 5-wire version, order number 352000, 352886, 370425, 370424
 If the supply voltage is reduced, the torque and/or speed may change.

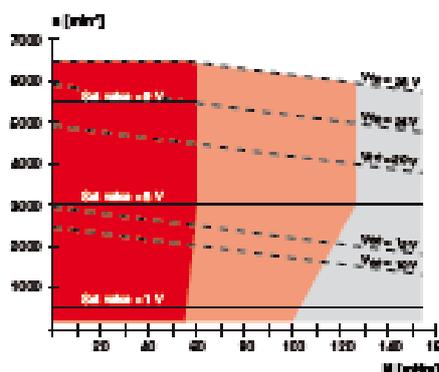
2.3 Motor data 50 Watt at 24VDC

Order number IP40 (with housing)		353526		350910	
Order number IP00 (without housing)			353524	370427	352887
					370426
Nominal voltage	VDC	24	24	24	24
No load speed	rpm	3000	3000	4500	4500
No load current	mA	127	127	192	192
Nominal speed	rpm	3000	3000	4500	4500
Nominal torque	mNm	66	123	71	118
Nominal current	mA	1200	2400	2000	3000
Max. torque	mNm	154	154	154	154
Max. current	mA	3300	3300	3300	3300
Max. efficiency	%	74	74	79	79



Picture 4: Operating range $n = f(M)$
 2-wire version, nominal speed 3000 rpm, order number 353526, 353524

maxon motor
Operating Instructions EC 45 flat with integrated electronics



Picture 5: Operating range $n = f(M)$
 2-wire version, nominal speed 3000 rpm, order number 350910, 352857, 370427, 370428

2.4 Controller data

Version		2-wire 3000 rpm	2-wire 6000 rpm	5-wire 4500 rpm 6000 rpm
Nominal speed				
Control variable		speed	speed	speed
Supply voltage V_{CC}	V	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28
Speed set value input	V	- VCC	- VCC	0.99 ... 10.8
Scale speed set value input	rpm/V	125	250	600
Speed range	rpm	1250 ... 3500	2500 ... 7000	200 ... 6480
Max. acceleration	rpm/s	3000	6000	6000
Direction of rotation (CW = clockwise)		CW	CW	CW
Direction of rotation presetting <-cw/ccw>				cw/ccw

2.5 Thermal data

Version		30 Watt	50 Watt
Thermal resistance housing-ambient	K/W°	5.8 (3.5)	5.8 (2.4)
Thermal resistance winding-housing	K/W°	5	4
Thermal time constant winding	s	25	27
Thermal time constant motor	s	650 (400)	280 (116)
Max. permissible winding temperature	$^{\circ}C$	+125	+125
Max. temperature of electronics	$^{\circ}C$	+105	+105

2.6 Mechanical data (preloaded ball bearings)

Version		30 Watt	50 Watt
Rotor inertia	gcm^2	135	193
Axial play at axial load	< 2 N	0	0
	> 2 N	0.14	0.14
Radial play		preloaded	preloaded
Max. axial load (dynamic)	N	6.8	6.8
Max. axial load (static)	N	95	95
	static, shaft supported)	1000	1000
Max. radial load 5 mm from flange	N	51	54
Weight of motor	g	228	280



maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

2.7 Connection (input/output)

Cable	Description	Connection	Value
Red	Operating voltage V_{cc}	Supply	10 ... 28 VDC
Black	Gnd	Supply	Ground
White (only 5-wire operation)	Speed set value Input	Input	0.99 ... 10.9 VDC
Green (only 5-wire operation)	Monitor speed n	Output	6 counts per turn
Version Enable grey (only 5-wire operation)	«Enable»	Input	2.4 ... 28 VDC
Version Direction grey (only 5-wire operation)	«cw/ccw»	Input	2.4 ... 28 VDC
Wire size			AWG 18/24 \approx 0.86/0.22mm ²

2.8 Protective functions

Inverse-polarity protection	up to max. 30 VDC
blockage protection	cut off with blocked motor shaft after 2 s
Low voltage protection	cut off at $V_{cc} < 8.5$ V
High voltage protection	cut off at $V_{cc} > 29.5$ V
Thermal control of the power stage	$T > 100$ °C typ.
High voltage protection (transient)	150 mWs

2.9 Ambient conditions

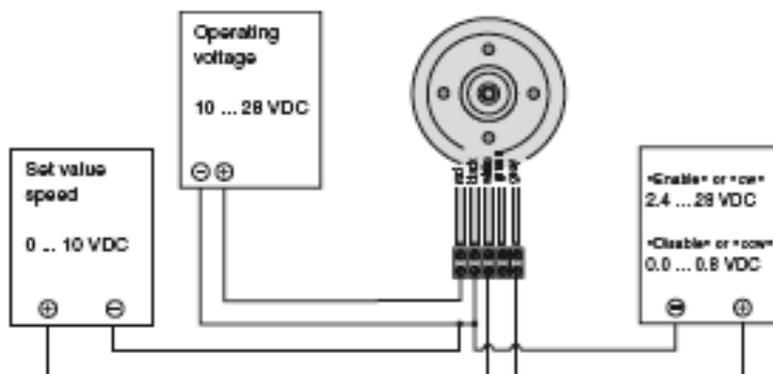
Temperature range	-40 ... +40 °C
Range with reduced performance	+40 ... +85 °C
Bearing temperature	-40 ... +85 °C
Humidity range not condensed	20 ... 80 %

2.10 Voltage supply

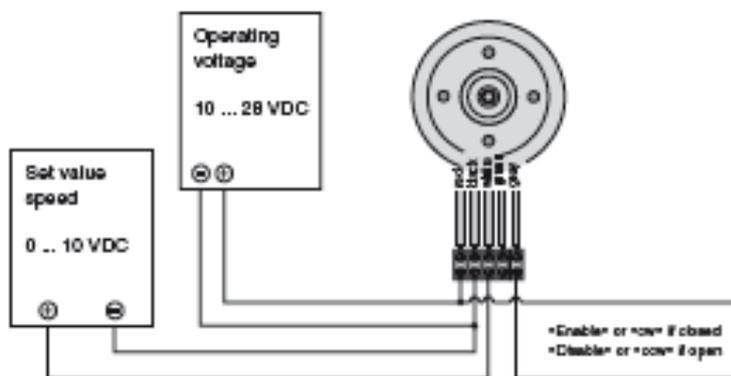
Ripple	< 5%
Output current depending on the load, recommendation	≥ 5 A
Max. output voltage	29 VDC
Min. output voltage	9.5 VDC

3 Minimum wiring

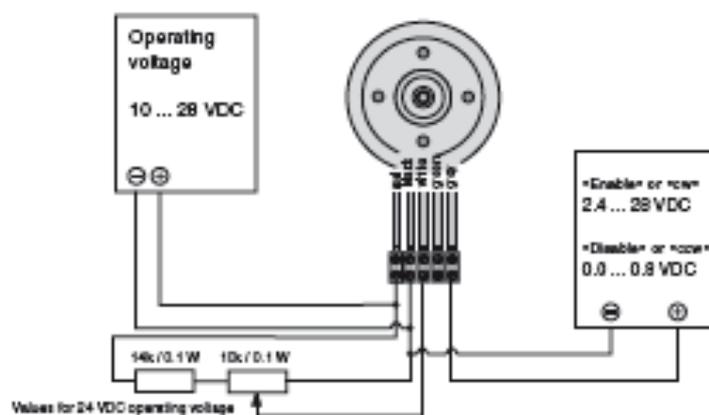
3.1 5-wire version



Picture 6: Example for speed set value and release «Enable» or direction «+/-» (depending on the variant) through external power source.

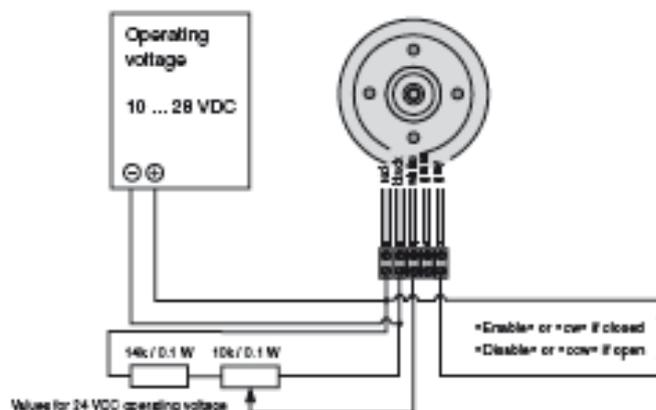


Picture 7: Example for speed set value with external power source and release «Enable» or direction «+/-» (depending on the variant) with potential-free contact



Picture 8: Example for speed set value with external potentiometer and release «Enable» or direction «+/-» (depending on the variant) with external power source.

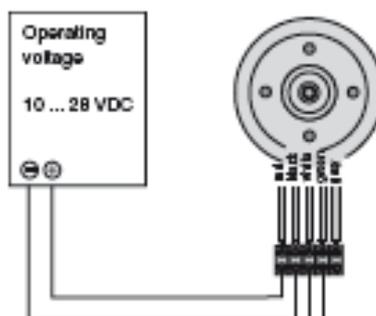
maxon motor
EC 45 flat with integrated electronics Operating Instructions



Picture 9: Example for speed set value with external potentiometer and release =Enable= or direction =cw/ccw= (depending on the variant) with potential-free contact.

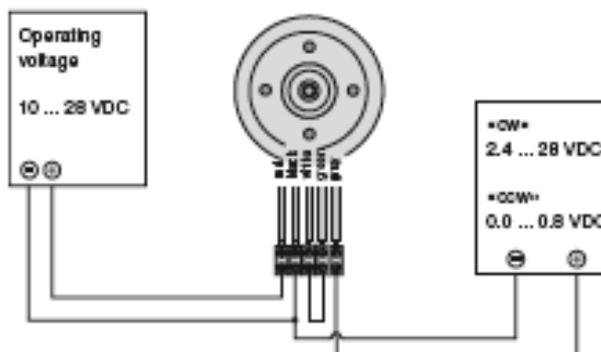
3.2 5-wire version in 2-wire operating mode

2-wire operating mode can be simulated by short-circuiting the terminals speed set value input and speed monitor output. Speed is proportionate to the supply voltage (see picture 16).



Picture 10: Example for 5-wire version in 2-wire operating mode

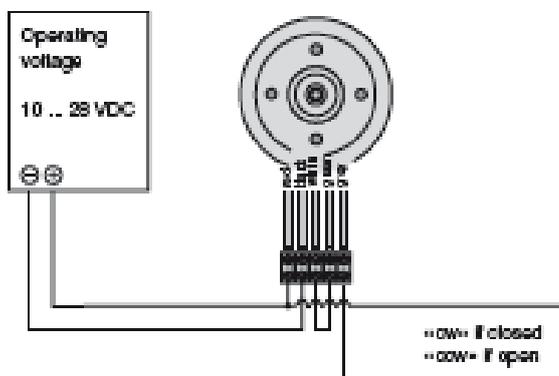
Version direction =CW/CCW=: the direction of rotation can be selected at the grey wire.



Picture 11: Example for 5-wire version direction =cw/ccw= in 2-wire operating mode.

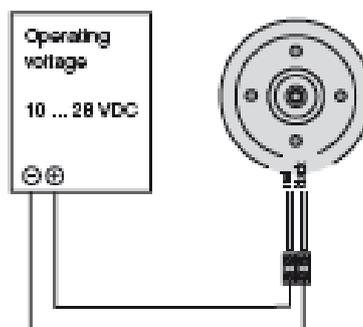
maxon motor	
Operating Instructions	EC 45 flat with integrated electronics

Version direction =cw/ccw=: the direction of rotation can be selected at the grey wire.



Picture 12: Example for 5-wire version direction =cw/ccw= in 2-wire operating mode.

3.3 2-wire version



Picture 13: Example for 2-wire version

maxon motor
EC 45 flat with integrated electronics Operating Instructions

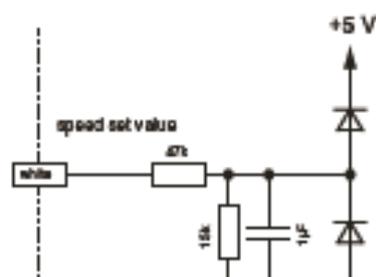
4 Description of function inputs and outputs 5-wire version

4.1 Speed set value input

Motor speed is set with an analog voltage at the speed set value input.

The speed set value input is protected against overvoltage.

Pin allocation	Cable white
Input voltage range	0 ... +10.8 V (based on GND)
Input impedance	62 kΩ (range 0 ... +21.9 V) 47 kΩ (range 21.9 V... +30 V)
Continuous overvoltage protection	-30 V ... +30 V



Picture 14: Wiring speed set value

The speed set value is set with the voltage at the speed set value input. The set speed is controlled by the amplifier. Changes to speed set value are restricted by the maximum acceleration (see section 2.4).

To activate the output stage in the «enable» version, the voltage at the enable input must be higher than 2.4 V, while the speed set value must be above 0.17 V.

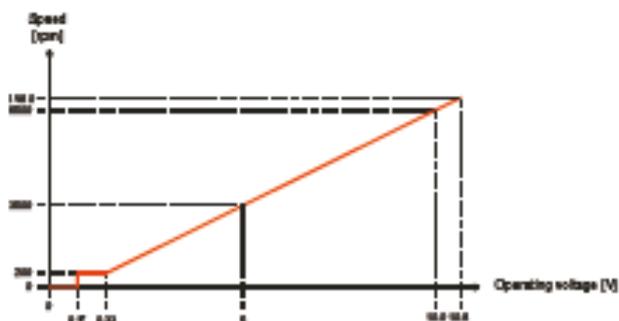
With the «cw/ccw» direction pre-selection version, the output stage is activated when the speed set value is higher 0.17 V.

Set value input area	Function	Comments
0 V ... 0.17 V	«Disable»	Power stage switched off.
0.17 V ... 0.33 V	Operation at minimum speed (200 rpm)	If «enable» higher than 2.4 V for version «Enable».
0.33 V ... 10.8 V	Linear speed setting between 200 rpm and 6480 rpm	If «enable» higher than 2.4 V. In speed range between 200 rpm and 300 rpm, control accuracy of the speed controller is restricted. The speed can vary from the specified set value depending on the load and supply voltage.

$$V_{\text{target}} = \frac{n_{\text{target}}}{600}$$

V_{target} = Set value voltage
 n_{target} = Desired speed

maxon motor	
Operating Instructions	EC 45 flat with integrated electronics



Picture 15: Speed as function of specified set value voltage.

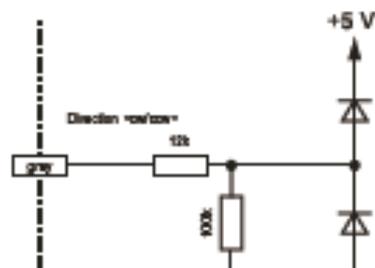
Option

By connecting (short-circuiting) the two wires speed monitor (green wire) and set speed value (white wire), control is set into 2-wire operating mode. It has to be connected before the supply voltage is switched on.

4.2 «Enable»

The power stage is activated with the digital input enable. The input enable is protected against overvoltage.

Pin allocation	Cable grey
Input voltage range	0 ... +5.0 V (based on GND)
Input impedance	112 kΩ (range 0 ... +5.9 V) 12 kΩ (range 5.9 V... +90 V)
Continuous overvoltage protection	-30 V ... +30 V



Picture 16: Enable wiring.

The power stage is activated by a voltage of more than 2.4 V. Speed is dependent on the connected voltage at the speed set value input. The power stage is switched off by a voltage of less than 0.8 V, the motor gradually slows down, irrespective of the connected voltage at the speed set value input.

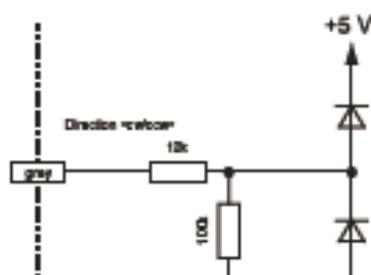
Input voltage range	Function	Comments
0 V ... 0.8 V	«Disable»	Power stage switched off
2.4 V ... 5.0 V	«Enable»	Power stage switched on if set value higher than 0.17 V.

maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

4.3 «Enable» and direction version «cw/ccw»

The output stage is activated with the speed set value input. The output stage is activated if the speed set value is higher than 0.17 V. The «CW/CCW» direction is determined with the direction pre-selection digital input.

Pin allocation	Cable grey
Input voltage range	0 ... +5.0 V (based on GND)
Input impedance	112 k Ω (range 0 ... +5.9 V) 12 k Ω (range 5.9 V ... +30 V)
Continuous overvoltage protection	-30 V ... +30 V



Picture 17: Direction wiring

The «CW» direction is activated by a voltage of more than 2.4 V. Speed is dependent on the applied voltage at the speed set value input. If the direction is changed during operation, the motor will run down to minimum speed and then accelerates in requested direction.

Input Voltage range	Function	Comments
0 V ... 0.8 V	Sense of rotation «ccw»	Motor turns direction «ccw»
2.4 V ... 5.0 V	Sense of rotation «cw»	Motor turns direction «cw»

4.4 Speed monitor «Monitor n»

The actual speed of the motor shaft can be monitored at the speed monitor output of the electronics. The actual speed is available as a digital signal (high/low) and supplies 6 output pulses per mechanical revolution.

Pin allocation	Cable green
Output voltage range	0 or +5 V (based on GND)
Output resistance	4.1 k Ω
Low level	max. 0.5 V
High level	max. 4.2 V
Pulse-width modulation	50%
Continuous overvoltage protection	-30 V ... +30 V

maxon motor
Operating Instructions EC 45 flat with integrated electronics

Frequency at speed monitor output

$f_{Monitor} = \frac{n_{actual}}{10}$	$n_{actual} = 10 \cdot f_{Monitor}$
---------------------------------------	-------------------------------------

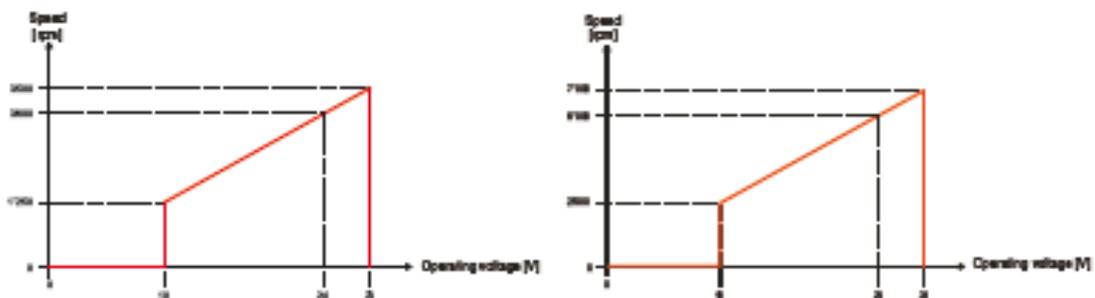
$f_{Monitor}$ = Frequency at speed monitor output [Hz]
 n_{actual} = speed [rpm]

Note:
 The speed monitor output also works in «disable» mode.

5 Description of function 2-wire version

5.1 Speed proportional to supply voltage V_{CC}

- Motor speed is proportional to the supply voltage, independent of torque.
- Supply voltage can be varied within the permitted range.
- Speed at 24V supply voltage is:
 3000 rpm for versions 353518 und 353516
 6000 rpm for versions 353519 und 353517



Picture 18: 3000 rpm as function of the supplied voltage.
 Picture 19: 6000 rpm as function of the supplied voltage.



maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

6 Protective functions

6.1 Inverse polarity protection

The EC 45 flat with integrated electronics is protected against polarity reversal of the supply voltage V_{CC} . This means that the negative input voltage must not exceed the maximum permitted supply voltage V_{CC} .

6.2 Undervoltage switch-off

The power stage is switched off if the supply voltage V_{CC} falls below approx. 8.5 V to prevent the EC 45 flat with integrated electronics operating off the specification.

As soon as the supply voltage exceeds the restart threshold of approx. 9 V, the EC 45 flat with integrated electronics is ready for operation.

6.3 Overvoltage switch-off

The power stage is switched off if the supply voltage V_{CC} exceeds approx. 29.5 V to prevent the EC 45 flat with integrated electronics operating off the specification.

As soon as the supply voltage falls below the restart threshold of approx. 28.5 V, the EC 45 flat with integrated electronics is ready for operation.

6.4 Blockage protection

The power stage is switched off if the rotor is blocked continuously for more than 2 seconds.

The EC 45 flat with integrated electronics automatically attempts to restart after 4 seconds.

6.5 Temperature monitoring

The power stage is switched off if the PCB temperature exceeds approx. 100°C. As soon as the PCB temperature has fallen below approx. 90°C, the EC 45 flat with integrated electronics is ready for operation.

6.6 Current limiting

The winding current is limited electronically to approx. 650 mA. The maximum load torque is also limited accordingly.

If the motor shaft slows down completely due to current limitation, the blockage protection switches off after 2 s.

6.7 Overvoltage protection

The overvoltage protection comprises a bi-directional transient diode (overvoltage protection diode) that can take a maximum peak energy of 150 mWs. Continuous power loss is 1 W. Threshold voltage is 36 V, independent of polarity.



maxon motor	
Operating Instructions	EC 45 flat with integrated electronics

7 Mounting instructions

- Max. torque of flange screws is 1.1 Nm (screw fastening class 8.8).
- Cooling improvement through mounting a large metallic part.
- Cable outlet preferably downwards.

8 EMC compliant installation

8.1 Cable length \leq 300 mm

- Normally no shielding is required.
- Star wiring if several EC 45 flat with integrated electronics are supplied by a common supply voltage.

8.2 Cable length $>$ 300 mm

- The voltage drop in the connection cable must be minimised by choosing a large enough wire cross section.
- The use of shielded cables connected to ground can improve immunity against interference in electromagnetically harsh environments.
- Release cable shielding on one side if 50/60 Hz interference problems occur.
- The irradiance surface for interference can be reduced by shortening the unshielded original connection cable.
- Immunity against interference and speed stability when loads fluctuate can be achieved by routing the set speed value signal separately in a shielded cable that is put to ground both sides. In addition to the set speed value signal, a second ground (GND) line must also be carried in this separate cable, but only connected on the motor side. The external speed set value signal must be potential-free.



maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

9 Trouble shooting

9.1 2-wire version

- Is the supply voltage set between 10.0 and 28.0 VDC?
- Is the supply voltage connected to the red and black wire and switched on?
- Is the voltage at the red motor wire positive compared to voltage at the black wire?
- Is the power supply source in the current limitation?
- Is the motor blocked mechanically?

9.2 5-wire version

- Is the supply voltage set between 10.0 and 28.0 V?
- Is the supply voltage connected to the red and black wire and switched on?
- Is the voltage at the red motor wire positive compared to voltage at the black wire?
- Is the speed set value voltage set between 0.23 and 10.0 V?
- Is the speed set value voltage connected and set at the white and black wire?
- Is the voltage at the white motor wire positive compared to voltage at the black wire?
- «Enable» through power supply (only for version «Enable»)
 - Is the enable voltage set between 2.4 and 28.0 VDC?
 - Is the enable voltage connected to the grey and black wire and switched on?
 - Is the voltage at the grey motor wire positive compared to voltage at the black wire?
- «Enable» through potential-free contact (only for version «Enable»)
 - Is the grey enable connected directly to the red supply voltage wire?
 - Is the grey enable wire connected through a switch with the red supply voltage wire?
 - Is the switch or loop closed?
- Is the power supply source in the current limitation?
- Is the motor blocked mechanically?
- The green wire does not have to be connected!

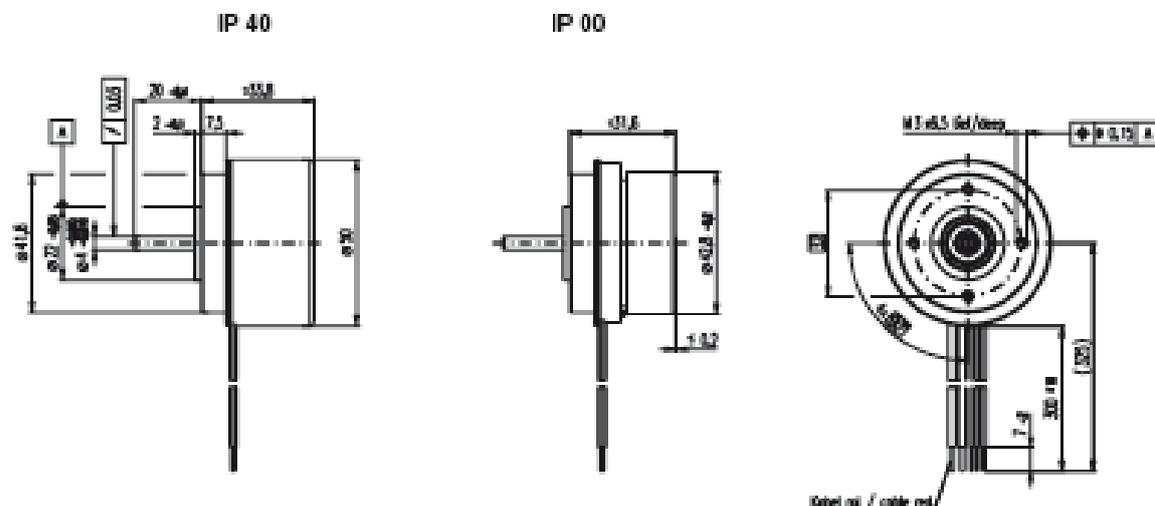
9.3 5-wire version, 2-wire operating mode

- Is the white and green wire directly connected together?
- Was there a direct connection between the white and green wire before the supply voltage has been connected?
- Are there any more connections to the green or white wire?
- Is the supply voltage set between 10.0 and 28.0 VDC?
- Is the supply voltage connected and switched on?
- Is the voltage at the red motor wire positive compared to the voltage at the black wire?
- In «enable» version, the grey cable does not require to be connected.
- In «cw/ccw» direction pre-selection version, the grey cable can be used to define the direction (see 3.2).
- Is the power supply source in the current limitation?
- Is the motor blocked mechanically?

maxon motor	
Operating Instructions	EC 45 flat with integrated electronics

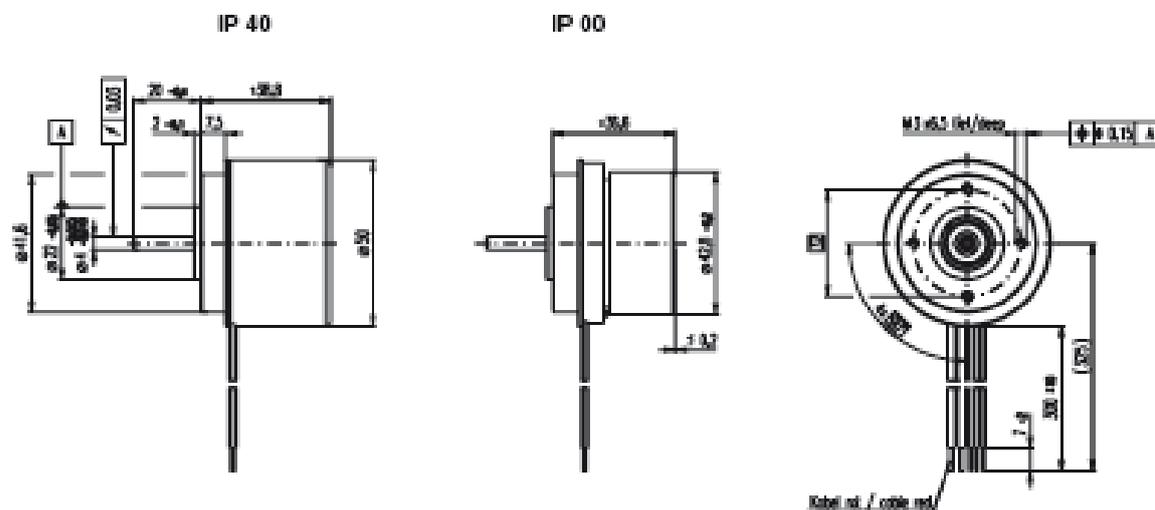
10 Dimensions

10.1 30 Watt Version



Picture 20: Dimensional drawing 30 Watt Version

10.2 50 Watt Version



Picture 21: Dimensional drawing 50 Watt Version



maxon motor	
EC 45 flat with integrated electronics	Operating Instructions

11 Glossary

1-Q speed controller	The motor produces positive torque in the selected or programmed direction. The load is not actively decelerated when the speed set value is reduced or the direction changed (direction pre-selection version). The speed control enters again as soon as the load has reduced its speed through friction to the level specified by the speed set value.
Max. torque [mNm]	The peak torque by the motor can deliver intermittently. It is restricted by the electronics overload protection.
Max. current [A]	Supply current with which the peak torque is generated at nominal voltage. With an active speed controller, the supply current is not proportional to the torque, but also depends on the supply voltage. As a result, this value only applies at nominal voltage.
IP 00	No protection against access to dangerous parts. No protection against water.
IP 40	Protected against access to dangerous parts with a wire, tool or similar $\geq \varnothing 1$ mm. Protected against fixed foreign objects $\geq \varnothing 1$ mm. No protection against water.
Rotation CW/CCW	cw = clockwise ccw = counter-clockwise (seen on the flange side)

motion accessories

omni-directional wheel kit

As the name suggests, an omni-directional wheel can travel in more than one direction. When the axle spins, it behaves like a normal wheel. However, you'll notice that there are rollers all around the outer circumference. These rollers allow the wheel to travel sideways as well!

INSERT THIS PAGE
at the back of the
Motion chapter in your
Vex Inventor's Guide.

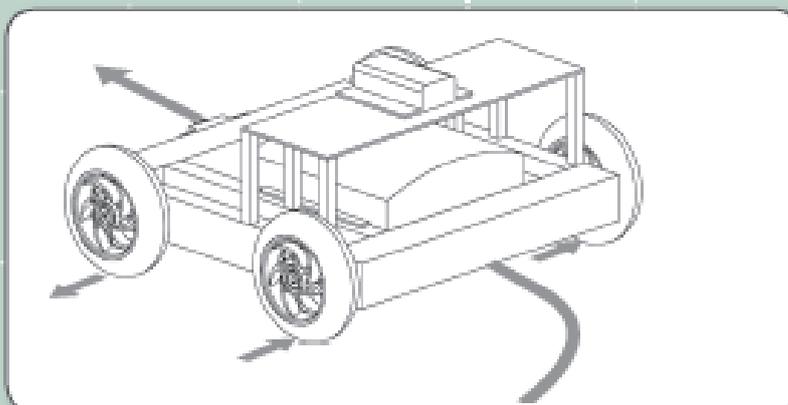
omni-directional wheel x 2



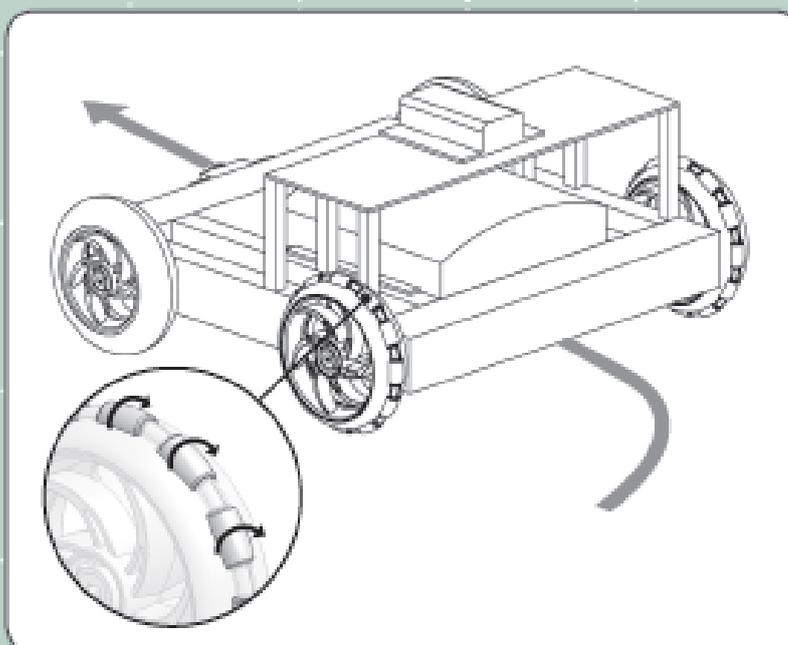
motion accessories

omni-directional wheel kit, continued

The example robot shown in the Vex Inventor's Guide uses two motors to drive four wheels, with each wheel mounted on its own, separate axle. This means that the wheels only move in one axis. To turn the robot, the wheels on one side are driven in one direction, and those on the other side are driven in the opposite direction. This is tank-style driving, and while it's pretty effective, it's not very efficient. You'll notice that the wheels tend to get dragged sideways when the robot turns. This generates a lot of friction, which takes a lot of energy to overcome. Using that extra energy causes your batteries to run down faster.



With an omni-directional wheel, though, the rollers on the circumference mean that the wheel isn't dragged sideways – it rolls smoothly. This means that it takes far less energy to turn the robot.



Limited 90-day Warranty
This product is warranted by Innovation One against manufacturing defects in material and workmanship under normal use for ninety (90) days from the date of purchase from authorized Innovation One dealers. For complete warranty details and exclusions, check with your dealer.

Innovation One, Inc.
360 North Henderson Street
Ft. Worth, TX 76106

02/05

Printed in China

0488

accessories

ANEXO D: Hoja de características batería Turnigy 14,8V y 3300mAh

Turnigy 3300mAh 4S 30C Lipo Pack

The new number one in performance and price!
 The new Turnigy Lipo packs deliver full capacity at the said C rate.
 You won't find a better deal in Lithium Polymer batteries anywhere!

Spec.
 Minimum Capacity: **3300mAh**
 Configuration: **4S1P / 14.8v / 4Cell**
 Constant Discharge: **30C**
 Peak Discharge (10sec): **40C**
 Pack Weight: **375g**
 Pack Size: **137 x 43 x 28mm**
 Charge Plug: **JST-XH**
 Discharge plug: **4mm Bullet-connector**

Product Config Table

Capacity(mAh)	3300
Config(s)	4
Discharge(c)	30
Weight(g)	375
Max Charge Rate (C)	2
Length-A(mm)	137
Height-B(mm)	43
Width-C(mm)	30

ANEXO E: Hojas de características convertidor DC-DC Traco TEN10-1211

**TRACO
POWER**

DC/DC Converter

TEN 10 Series 10 Watt

Features

- Wide 2 : 1 Input Range
- High Power Density
- Operating Temp. Range
- 40°C to +71°C
- Indefinite Short-Circuit Protection
- I/O-Isolation 1500 VDC
- Input Filter meets EN 55022, Class A and FCC, Level A without external Components
- Industry Standard Pinout
- Shielded Metal Case with insulated Baseplate
- High Reliability, MTBF >1 Mio. h
- 3 Year Product Warranty



The TEN 10 series of DC/DC converters, comprising 24 different models, has been designed for a wide range of applications including communications, industrial systems and battery powered equipments. Full SMD-design with use of ceramic chip capacitors guarantees a high reliability and a long lifetime. Other features of this converters are internal filter to meet EN 55022, class A and FCC, level A and a high efficiency.

Models				
Ordercode	Input voltage range	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TEN 10-1210	9 – 18 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	72 %
TEN 10-1211		5 VDC	2'000 mA	77 %
TEN 10-1212		12 VDC	830 mA	80 %
TEN 10-1213		15 VDC	670 mA	80 %
TEN 10-1215		24 VDC	415 mA	81 %
TEN 10-1221		± 5 VDC	± 1'000 mA	78 %
TEN 10-1222		± 12 VDC	± 415 mA	81 %
TEN 10-1223		± 15 VDC	± 330 mA	80 %
TEN 10-2410	18 – 36 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-2411		5 VDC	2'000 mA	78 %
TEN 10-2412		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-2413		15 VDC	670 mA	82 %
TEN 10-2415		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-2421		± 5 VDC	± 1'000 mA	80 %
TEN 10-2422		± 12 VDC	± 415 mA	82 %
TEN 10-2423		± 15 VDC	± 330 mA	82 %
TEN 10-4810	36 – 75 VDC	3,3 VDC	2'400 mA	76 %
TEN 10-4811		5 VDC	2'000 mA	80 %
TEN 10-4812		12 VDC	830 mA	82 %
TEN 10-4813		15 VDC	670 mA	83 %
TEN 10-4815		24 VDC	415 mA	83 %
TEN 10-4821		± 5 VDC	± 1'000 mA	81 %
TEN 10-4822		± 12 VDC	± 415 mA	83 %
TEN 10-4823		± 15 VDC	± 330 mA	83 %

**Input Specifications**

Input current (no load)	12 Vin models	30 mA typ.
	24 Vin models	20 mA typ.
	48 Vin models	10 mA typ.
Input current (full load)	12 Vin; 3.3 Vout models:	915 mA typ.
	12 Vin; 5 & ±5 Vout models:	1080 mA typ.
	12 Vin; other output models:	1045 mA typ.
	24 Vin; 3.3 Vout models:	435 mA typ.
	24 Vin; 5 & ±5 Vout models:	530 mA typ.
	24 Vin; other output models:	510 mA typ.
	48 Vin; 3.3 Vout models:	215 mA typ.
	48 Vin; 5 & ±5 Vout models:	260 mA typ.
	48 Vin; other output models:	250 mA typ.
Start-up voltage / under voltage shut down	12 Vin models	8.5 VDC / 8 VDC
	24 Vin models	16.5 VDC / 16 VDC
	48 Vin models	32.5 VDC / 32 VDC
Surge voltage (1 sec. max.)	12 Vin models	25 V max.
	24 Vin models	50 V max.
	48 Vin models	100 V max.
Reverse voltage protection		1.0 A max.
Conducted noise (input)		EN 55022 level A, FCC part 15, level A

Output Specifications

Voltage set accuracy		± 1 %
Regulation – Input variation Vin min. to Vin max.		± 0.3 % max.
	– Load variation 10 – 90 %	
	– single output models	± 0.5 % max.
	– dual output models balanced load	± 1 % max.
	– dual output models unbalanced load	± 3 % max.
Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)		50 mVpk-pk max.
Temperature coefficient		± 0.02 % / K
Output current limitation		>110% of Iout max., constant current
Short circuit protection		indefinite (automatic recovery)
Capacitive load	– single output models	2200 µF max.
	– dual output models	470 µF max.

General Specifications

Temperature ranges	– Operating	–40°C to +85°C (derating 3.3%/°K above 70°C)
	– Case temperature	+100 °C max.
	– Storage	–40 °C to +125 °C
Humidity (non condensing)		95 % rel H max.
Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217 E)		>1 Mio. h @ + 25 °C
Isolation voltage	Input/Output	1'500 VDC
Isolation capacity	Input/Output	120 pF typ
Isolation resistance	Input/Output (500 VDC)	> 1'000 M Ohm

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

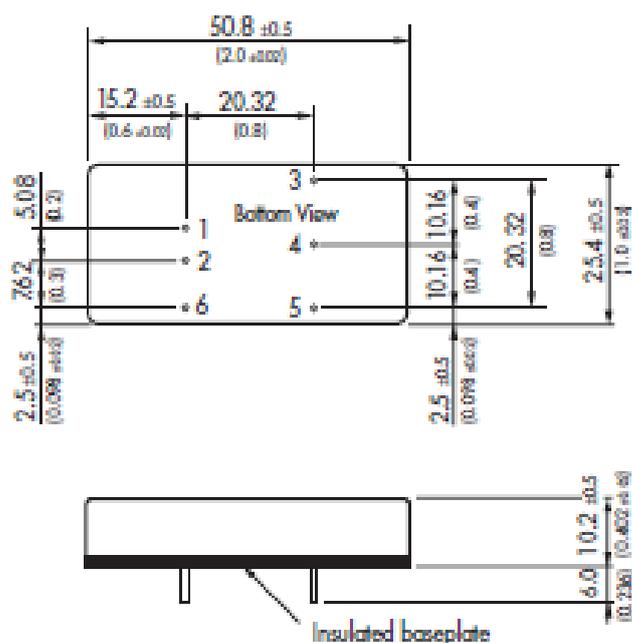
General Specifications

Switching frequency (fixed)	300 kHz typ. (Pulse width modulation PWM)
Safety standards	UL 1950, EN 60950, IEC 60950 Compliance up to 60 VDC input voltage(SELV limit)
Safety approvals	UL /cUL File E188913

Physical Specifications

Case material	Steel chrome-nickel plated
Baseplate	Epoxy
Plating material	Silicon rubber TES (JUL 94V-0 rated)
Weight	30 g (1.2 oz)
Soldering temperature	max. 265 °C / 10 sec.

Outline Dimensions mm (inches)

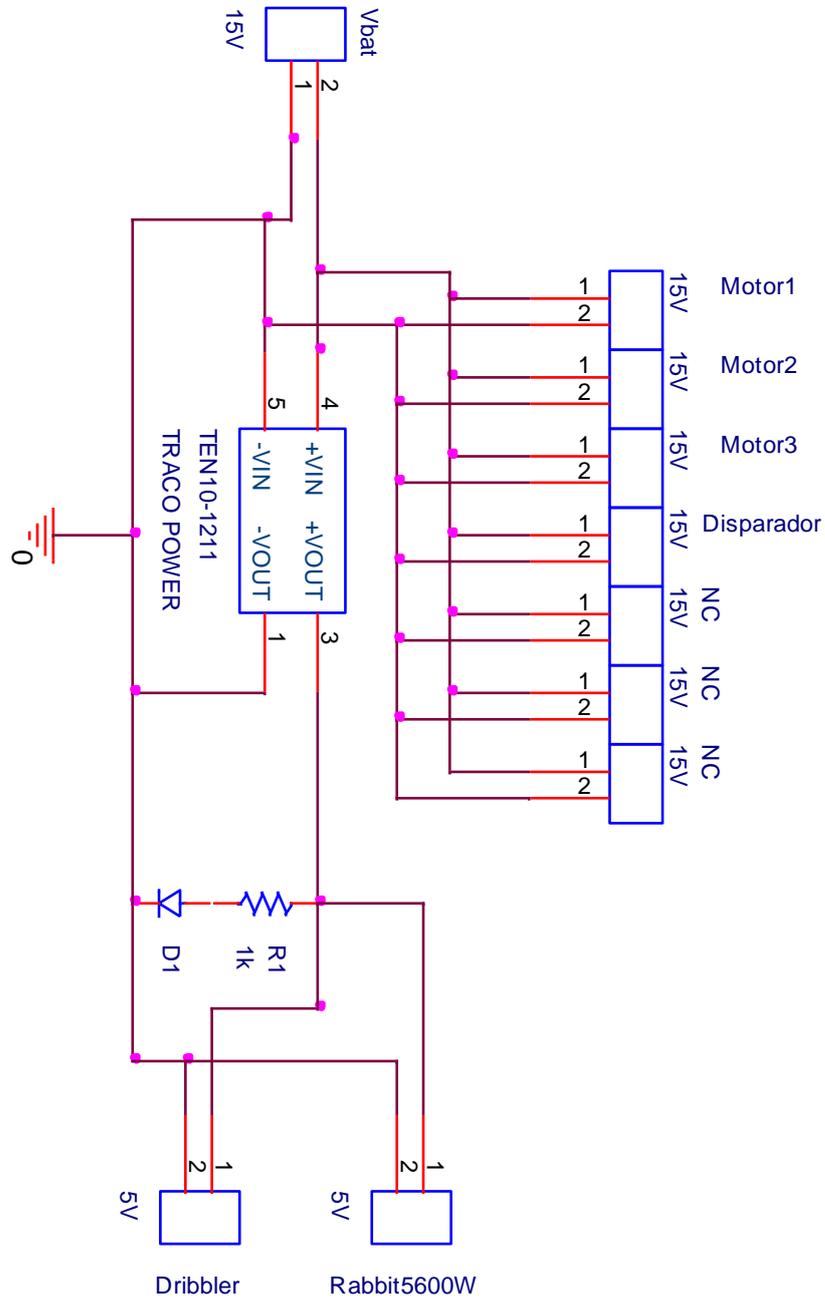


Pin-Out		
Pin	Single	Dual
1	+Vin (Vcc)	+Vin (Vcc)
2	-Vin (GND)	-Vin (GND)
3	+Vout	+Vout
4	No pin	Common
5	-Vout	-Vout
6	Case ground (option)	Case ground (option)

Pin diameter \varnothing 1.0 ±0.05 (0.039 ±0.002)

Specifications can be changed any time without notice.

ANEXO F: Esquema eléctrico placa de alimentación



ANEXO G: Hojas de características motor MFA-941D41

MFA / COMO DRILLS

941D SERIES PLANETRY (EPICYCLIC) SUB MINIATURE METAL GEARBOX



RATIOS NOW AVAILABLE AS EX-STOCK ITEMS.

941D41	(1.5v - 12v)	RATIO 4:1
941D621	(1.5v - 12v)	RATIO 62:1
941D2311	(1.5v - 12v)	RATIO 231:1

Designed for heavy-duty industrial and model applications this robust unit boasts a powerful high quality motor with sintered bronze bearings. The all metal gearbox incorporates bronze output bearings, enabling the high torque transfer from the motor to be transmitted through the gearbox.

MOTOR DATA.

MODEL	VOLTAGE		NO-LOAD		MAX EFFICIENCY					STALL TORQUE
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE	OUTPUT	EFF	
			R.P.M.	mA	R.P.M.	mA	g.cm	W	%	g.cm
(941D)	1.5 - 12.0	12.0v CONSTANT	8000	18	5881	70	3.83	0.3	63.26	26

REDUCTION TABLE. R.P.M.

SUPPLY VOLTAGE	3.0v	6.0v	9.0v	12.0v
941D41	500	1000	1500	2000
941D621	32	65	98	130
941D2311	9	18	27	36

WEIGHT	
941D41	37g
941D621	45g
941D2311	49g

NOTE: It is not recommended to run the motor/gearbox combination at 1.5v

TORQUE TABLE (g.cm). (Theoretical rating for motor & gearbox combined).

	AT MAXIMUM EFFICIENCY 12V	STALL TORQUE 12V
941D4:1 (4:1)	34.72	104
941D62:1 (62:1)	538.18	1612
941D231:1 (231:1)	2886.8	8006

NOTE: To establish Torque Rating in nM divide g.cm by 10,000

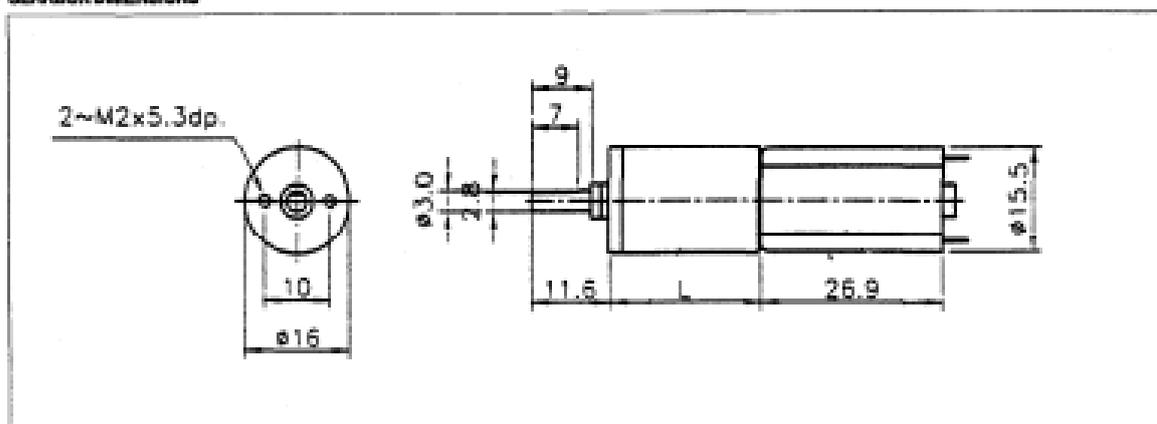
IMPORTANT NOTICE
Due to the wide range of applications for this product it is the user's responsibility to establish the product's suitability for their individual purposes.

THE ABOVE FIGURES ARE A GUIDE ONLY AND DO NOT FORM ANY CONTRACTUAL OBLIGATION ON THE PART OF MFC/COMO DRILLS.

MFA / CONO DRILLS

941D SERIES PLANETARY (EPICYCLIC) SUB MINIATURE METAL GEARBOX

GEARBOX DIMENSIONS



GEARBOX REF.	L
941D41 (4:1)	15
941D521 (52:1)	22.2
941D221H (221:1)	25.8

FOR ACCESSORIES TO FIT THIS SERIES GEARBOX, REFER TO H7D SERIES PAGE.

ADVANTAGES OF PLANETARY GEARBOXES.	
EFFICIENCY:	Efficiencies of planetary gearboxes can be above 90% while some other types of transmission can be 50% or less. This allows the use of smaller motors.
SIZE:	Planetary gearboxes can be half the size of conventional boxes.
WEIGHT:	Weight savings can be as high as 50%, allowing smaller, lighter support structures.
MAINTENANCE:	Other than routine oil changes, no maintenance is required, eliminating the need to hold spares.
REVERSIBLE:	The same gearbox can be equally efficient in both directions. This is an added benefit when controlling machinery in both clockwise and anti-clockwise directions.
COAXIAL:	The coaxial configuration of input and output shafts allows planetary gears to be installed in line with a motor and machine.

Subject to minimal order quantities of 100 units, the following ratios are also available with a screw lead-free. The physical dimensions of these other gearboxes may vary from the data as illustrated above. Details of individual gearboxes are available upon request.

GEARBOX 14:1 WITH MOTOR	GEARBOX 19:1 WITH MOTOR
GEARBOX 30:1 WITH MOTOR	GEARBOX 104:1 WITH MOTOR
GEARBOX 339:1 WITH MOTOR	GEARBOX 330:1 WITH MOTOR
GEARBOX 403:1 WITH MOTOR	GEARBOX 1014:1 WITH MOTOR
GEARBOX 1621:1 WITH MOTOR	GEARBOX 1598:1 WITH MOTOR

THE ABOVE DIMENSIONS ARE A GUIDE ONLY AND DO NOT FORM ANY CONTRACTUAL OBLIGATION ON THE PART OF MFA/CONO DRILLS.
02000011

ANEXO H: Hojas de características IRF530



IRF530
IRF530FI

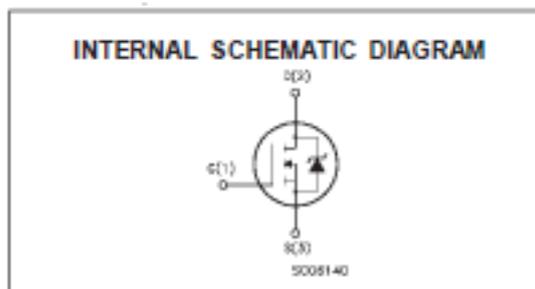
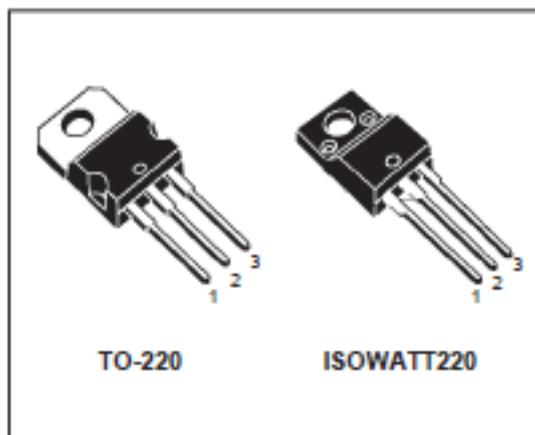
**N - CHANNEL ENHANCEMENT MODE
POWER MOS TRANSISTOR**

TYPE	V _{DS}	R _{DS(on)}	I _D
IRF530	100 V	< 0.16 Ω	16 A
IRF530FI	100 V	< 0.16 Ω	11 A

- TYPICAL R_{DS(on)} = 0.12 Ω
- AVALANCHE RUGGED TECHNOLOGY
- 100% AVALANCHE TESTED
- REPETITIVE AVALANCHE DATA AT 100°C
- LOW GATE CHARGE
- HIGH CURRENT CAPABILITY
- 175°C OPERATING TEMPERATURE
- APPLICATION ORIENTED CHARACTERIZATION

APPLICATIONS

- HIGH CURRENT, HIGH SPEED SWITCHING
- SOLENOID AND RELAY DRIVERS
- DC-DC & DC-AC CONVERTER
- AUTOMOTIVE ENVIRONMENT (INJECTION, ABS, AIR-BAG, LAMP DRIVERS Etc.)



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value		Unit
		IRF530	IRF530FI	
V _{DS}	Drain-source Voltage (V _{GS} = 0)	100		V
V _{DGR}	Drain- gate Voltage (R _{GS} = 20 kΩ)	100		V
V _{GS}	Gate-source Voltage	± 20		V
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 25 °C	16	11	A
I _D	Drain Current (continuous) at T _c = 100 °C	11	7.8	A
I _{DM} (*)	Drain Current (pulsed)	64	64	A
P _{tot}	Total Dissipation at T _c = 25 °C	90	40	W
	Derating Factor	0.6	0.27	W/°C
V _{iso}	Insulation Withstand Voltage (DC)	-	2000	V
T _{stg}	Storage Temperature	-65 to 175		°C
T _J	Max. Operating Junction Temperature	175		°C

(*) Pulse width limited by safe operating area

(1) I_{so} ≤ 16 A, di/dt ≤ 200 A/μs, V_{iso} ≤ V_{DSmax}, T_J ≤ T_{Jmax}

IRF530/FI
THERMAL DATA

		TO-220	TO-220FI	
$R_{th(case)}$	Thermal Resistance Junction-case	1	3.75	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{th(amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient		62.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{th(sink)}$	Thermal Resistance Case-sink		0.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
T_l	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose		300	$^{\circ}\text{C}$

AVALANCHE CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Max Value	Unit
I_{AR}	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive (pulse width limited by T_j max, $\delta < 1\%$)	16	A
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy (starting $T_j = 25^{\circ}\text{C}$, $I_D = I_{AR}$, $V_{DD} = 50\text{ V}$)	100	mJ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown Voltage	$I_D = 250\ \mu\text{A}$ $V_{GS} = 0$	100			V
I_{DSS}	Zero Gate Voltage Drain Current ($V_{GS} = 0$)	$V_{DS} = \text{Max Rating}$ $V_{DS} = \text{Max Rating}$ $T_c = 125^{\circ}\text{C}$			1 10	μA μA
I_{GSS}	Gate-body Leakage Current ($V_{DS} = 0$)	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$			± 100	nA

ON (+)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250\ \mu\text{A}$	2	3	4	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}$ $I_D = 8\text{ A}$		0.12	0.16	Ω
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$	16			A

DYNAMIC

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$g_{fs} (+)$	Forward Transconductance	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $I_D = 8\text{ A}$	5	8		S
C_{iss}	Input Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$ $V_{GS} = 0$		950	1300	pF
C_{oss}	Output Capacitance			150	270	pF
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance			50	70	pF



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

SWITCHING ON

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$	Turn-on Time	$V_{DD} = 50\text{ V}$ $I_D = 8\text{ A}$		12	16	ns
t_r	Rise Time	$R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		20	28	ns
Q_g	Total Gate Charge	$V_{DD} = 80\text{ V}$ $I_D = 16\text{ A}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		32	44	nC
Q_{gs}	Gate-Source Charge			9		nC
Q_{gd}	Gate-Drain Charge			13		nC

SWITCHING OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{r(voff)}$	Off-voltage Rise Time	$V_{DD} = 80\text{ V}$ $I_D = 16\text{ A}$		11	15	ns
t_f	Fall Time	$R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		12	17	ns
t_c	Cross-over Time			25	35	ns

SOURCE DRAIN DIODE

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{SD}	Source-drain Current				16	A
$I_{SDM}(\star)$	Source-drain Current (pulsed)				64	A
$V_{SD}(\star)$	Forward On Voltage	$I_{SD} = 16\text{ A}$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
t_{rr}	Reverse Recovery Time	$I_{SD} = 16\text{ A}$ $dI/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ $V_{DD} = 30\text{ V}$ $T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$		150		ns
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge			0.8		μC
I_{RRM}	Reverse Recovery Current			10		A

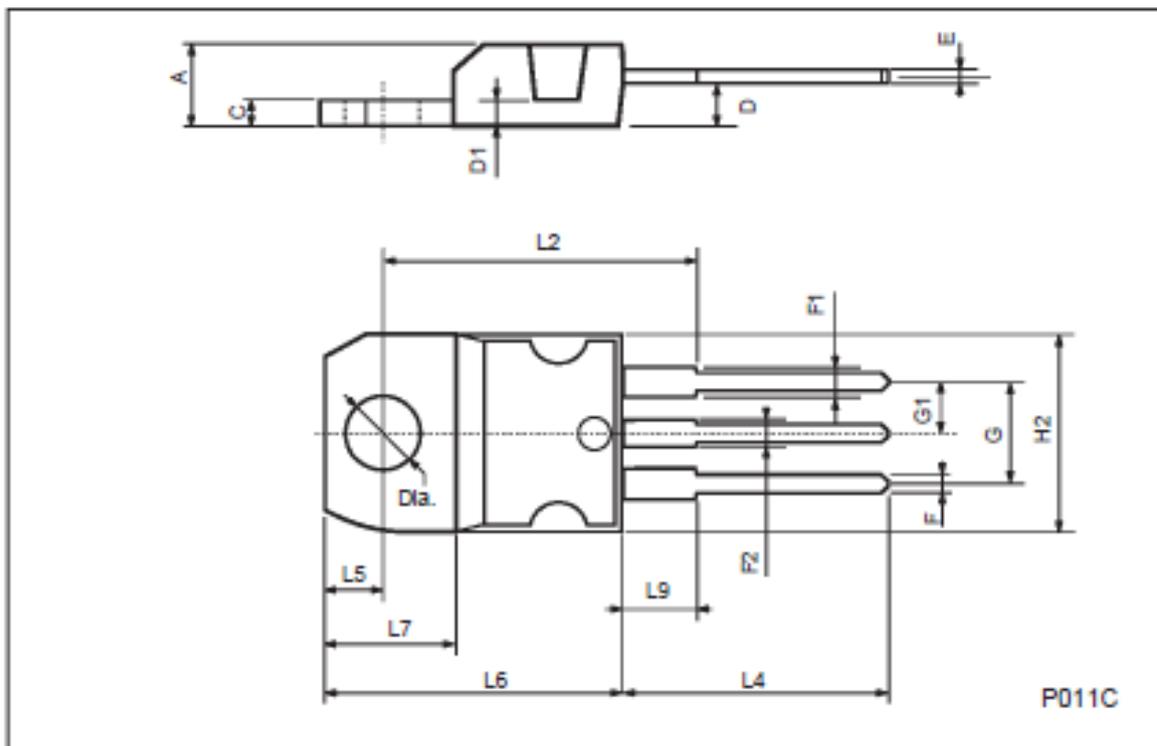
(*) Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5%

(*) Pulse width limited by safe operating area

IRF530/FI

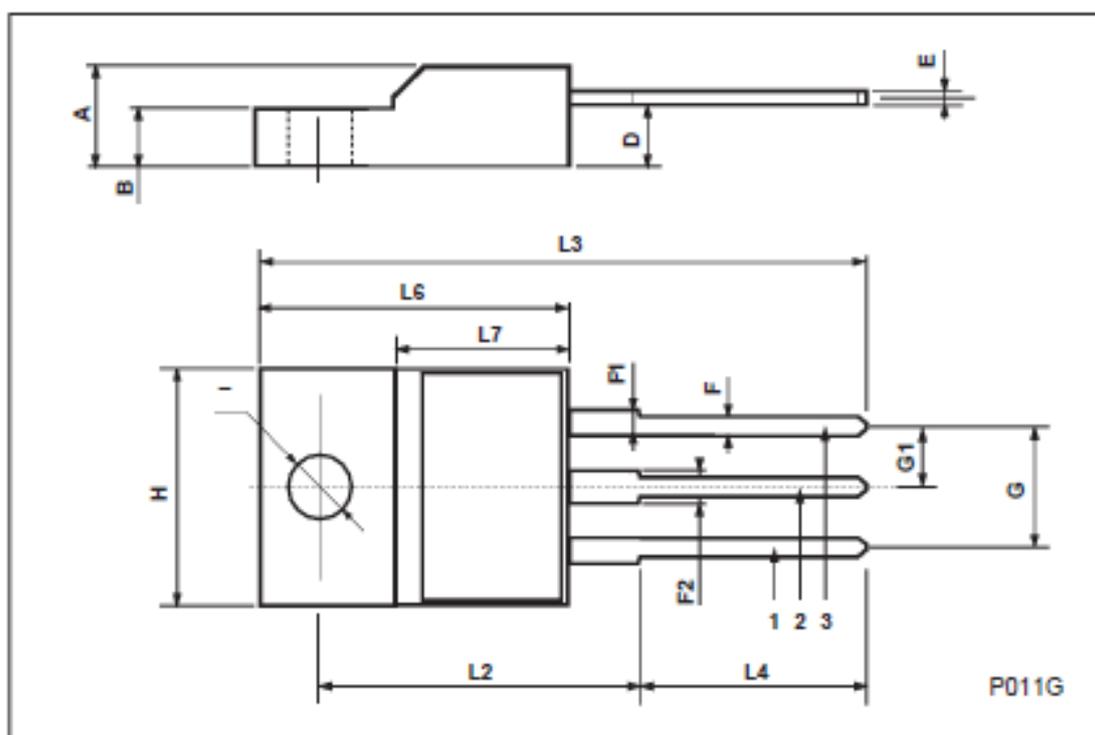
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151

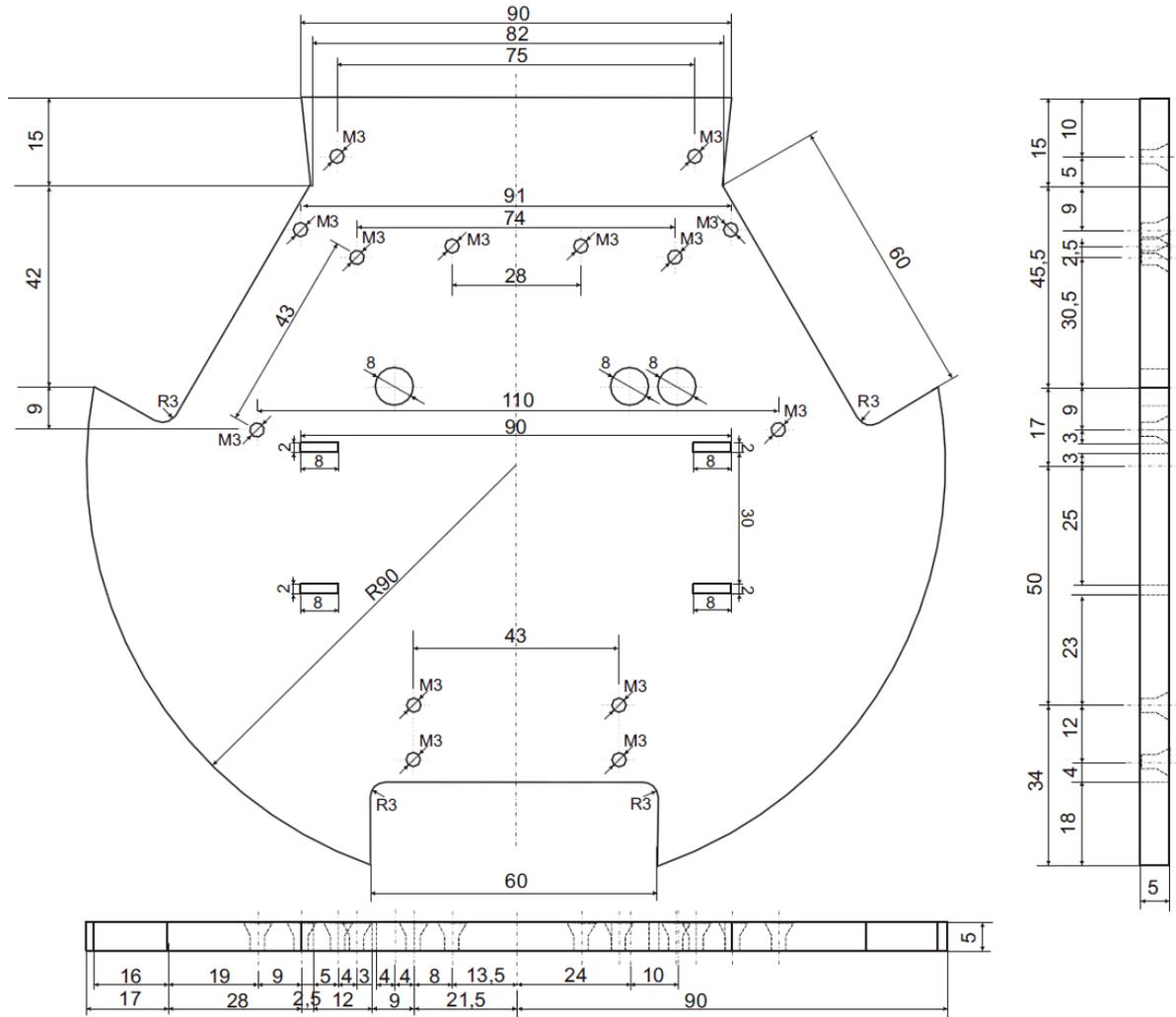


ISOWATT220 MECHANICAL DATA

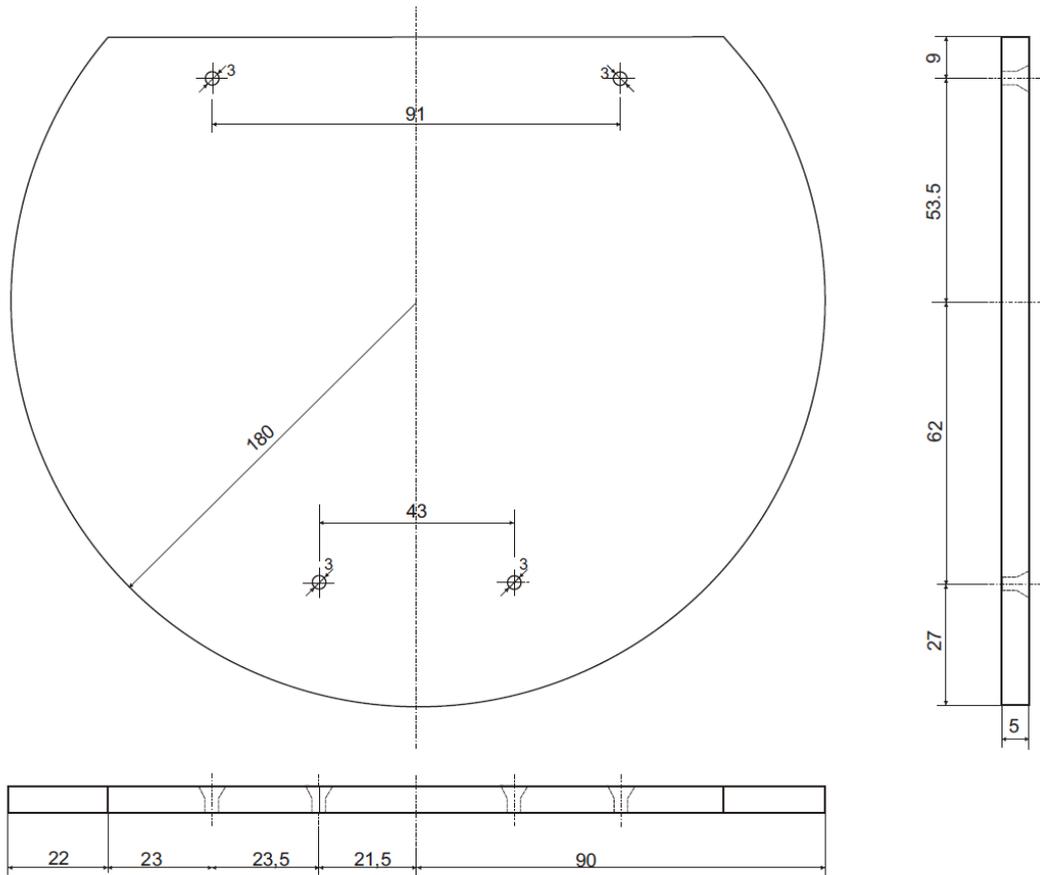
DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.4		4.6	0.173		0.181
B	2.5		2.7	0.098		0.106
D	2.5		2.75	0.098		0.108
E	0.4		0.7	0.015		0.027
F	0.75		1	0.030		0.039
F1	1.15		1.7	0.045		0.067
F2	1.15		1.7	0.045		0.067
G	4.95		5.2	0.195		0.204
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H	10		10.4	0.393		0.409
L2		16			0.630	
L3	28.6		30.6	1.126		1.204
L4	9.8		10.6	0.385		0.417
L6	15.9		16.4	0.626		0.645
L7	9		9.3	0.354		0.366
Ø	3		3.2	0.118		0.126



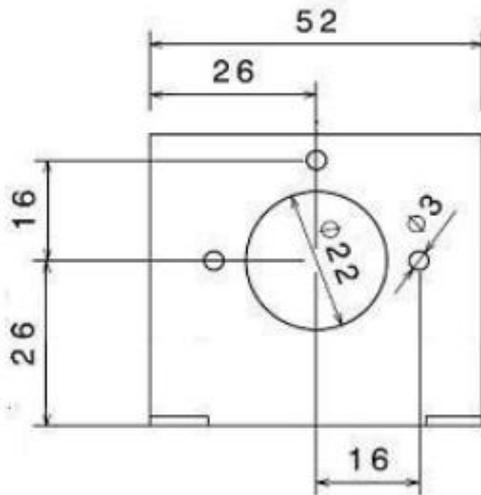
ANEXO I: Plano detallado de la base del robot



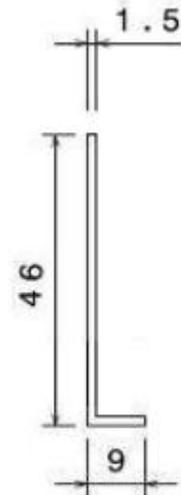
ANEXO J: Plano detallado tapa superior del robot



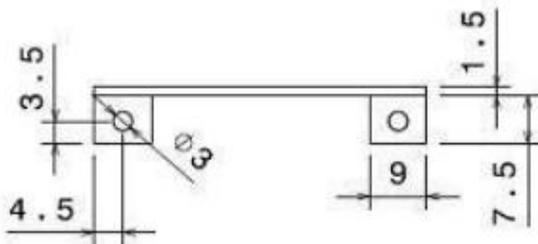
ANEXO K: Plano detallado de las escuadras de los motores



Front view
Scale: 1:1

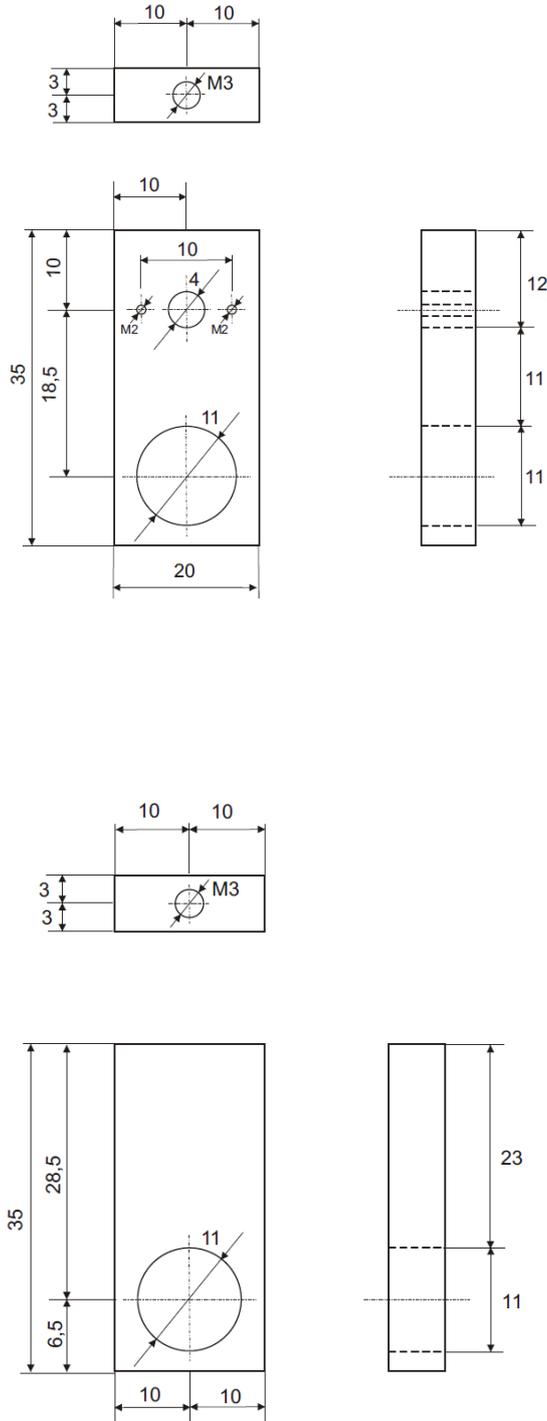


Left view
Scale: 1:1

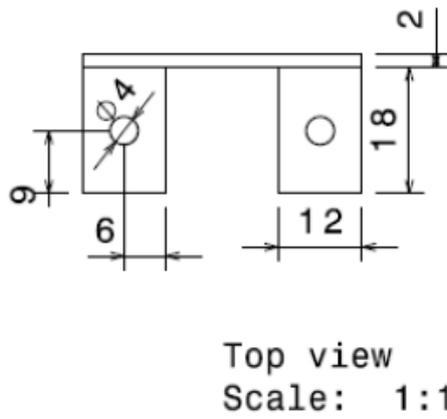
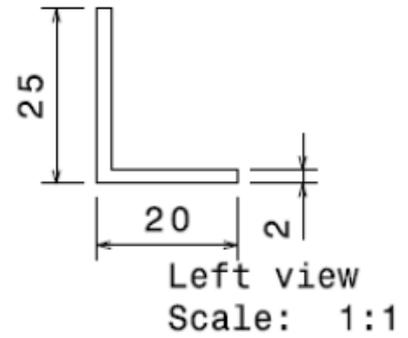
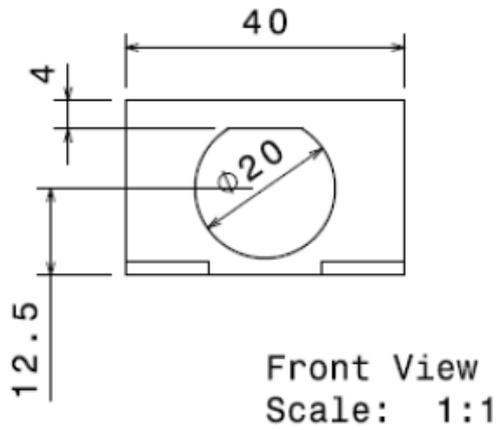


Top view
Scale: 1:1

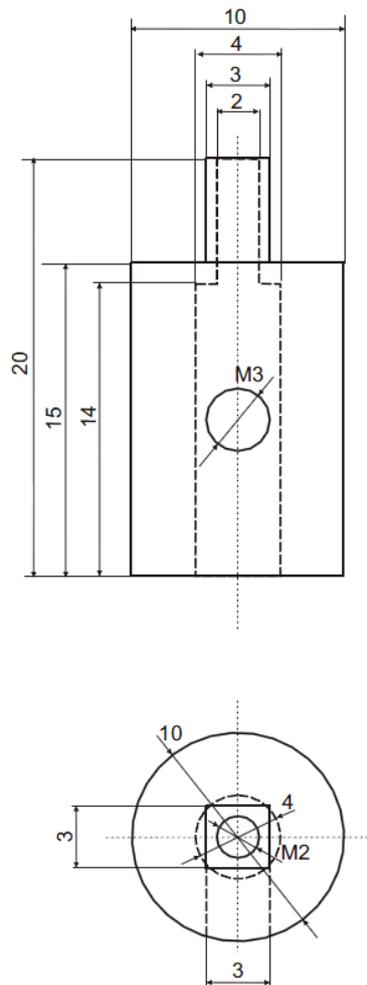
ANEXO I: Plano detallado de los soportes del dribbler



ANEXO M: Plano detallado soporte del solenoide

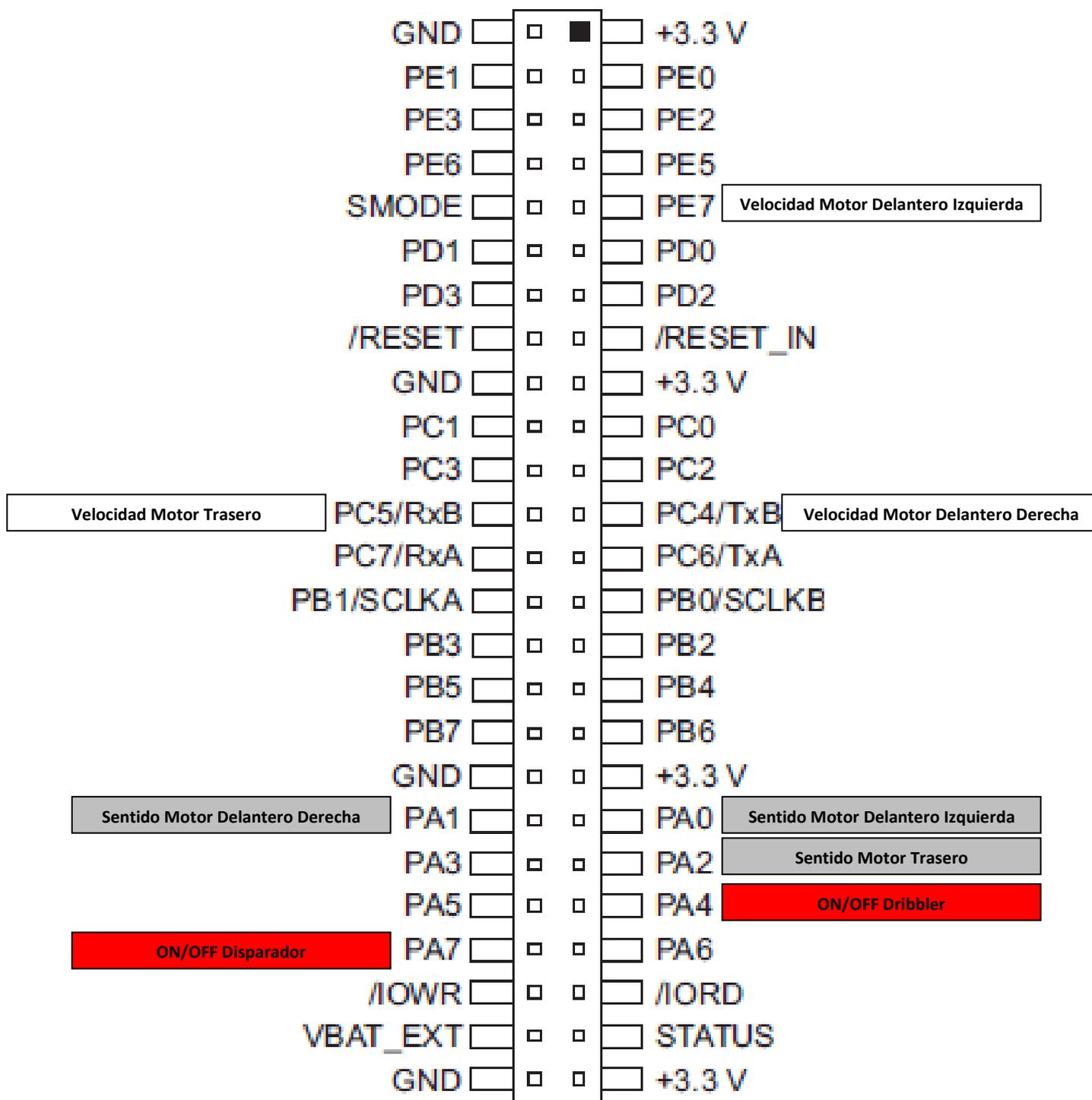


ANEXO N: Plano detallado casquillo ruedas



ANEXO Ñ: Esquema de conexión al módulo I/O RCM5600W

J2



Nota: el color de las cajas indica el color de los cables de conexión en el robot



ANEXO O: Major Rule Changes for 2012 proposal

After having evaluated various ideas and analyzed the results of the member survey, the TC has elaborated some rule change proposals that we believe will make the game more intelligent.

Is the TC understanding that the first two rule changes may be simpler to implement, while the last two have deeper impacts, which is one more (not the only !) reason to ask for community feedback.

Please also consider that the number of major rule changes in a single year needs to be constrained, so the final decision likely will not include all the four proposals. Depending on the community feedback, it is possible that a change not implemented may be added as a technical challenge or to the RoadMap (3 year plan) discussion, to occur right after the rule change decision.

1) Ball's maximum speed reduction

The current maximum ball speed on the SSL is too high, leading to games with elevated number of throw-ins and favoring of simple shooting to the goal over passing. The TC considers that a reduction to the maximum ball speed to a number around 6 m/s would be beneficial and lead to a more intelligent game. A plug-in to check compliance is to be created, but regardless of it the TC trusts teams to apply the changes. If anybody in the community thinks of some test that can be performed in lab to adjust the maximum ball speed, the TC would welcome suggestions.

2) Defense area increase

The current defense area, of 500mm, allows that most teams use what seem to actually be 3 goalkeepers, when defending, using two robots in front of the goalkeeper. To make this strategy less efficient and incentive teams to play smartly, the TC considers that the defense area should be expanded to 800mm. The penalty mark will be moved accordingly, to 750mm. This change is irrespective of a change in field size, and shall the field size change the defense area must be scaled based on the proposed size.

3) Change in number of players to 6

The TC believes that the addition of a 6th robot on the SSL teams will increase the possibilities for passing and intelligent plays. The benefits are manifold: Teams can increase the number and variety of team plays, experiment with more agents in the field and create different behaviors for robots and. The TC believes the current field size to be enough for 12 robots and that cluttering of robots on the space will not be significant

The TC understands that there is additional financial costs involved, but based on the responses of the SSL Survey, when most teams agreed with this proposal, the TC understands that most teams are ready for the change and in fact may already have



enough extra robots for that. We would like to receive feedback to confirm this understanding, as well as to know if there are teams which cannot afford this change because of financial restrictions.

4) Field Size Slight Increase

The TC is considering a proposal to increase the field size to 5.0 x 7.5m, as well as proportionally adjusting also the other field markings and goal size. Thanks to the MRL team, the feasibility of the new field size in SSL-Vision (using 2 cameras), was tested and confirmed.

However, there's concern on the TC about how teams who want/need to maintain fully sized fields in their laboratories will accommodate the increase and the overall feedback of the teams about the idea.

Be aware also that a permission from the RoboCup Federation may be needed to increase field sizes, as a general guideline received is to keep field sizes similar throughout all the leagues (except middle size)

***Nota:** El contenido de este anexo muestra los posibles cambios en la normativa de la competición y que ha sido distribuida por parte de la organización de la competición (TC) a todos los equipos inscritos o con el interés de participación en futuras ediciones.*