



Universidad  
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PROYECTO FIN DE CARRERA

**Diseño e implantación del  
conjunto estructural y  
conexionado para un prototipo  
Robocup Small Soccer League**

Autor: Antonio Navarro Rodríguez

Tutor: José María Armingol Moreno

Madrid, Enero de 2012

# Agradecimientos

Agradezco a mis padres, ya que gracias a ellos y su esfuerzo me han dado la posibilidad de llegar hasta aquí.

A mis compañeros de proyecto Pablo, David, Álvaro y Alejandro su compañía y apoyo en el desarrollo y ejecución del primer prototipo Robot, así como a los diferentes departamentos: Compras, oficina técnica etc. y como no, A mi tutor D. José María Armingol.

# Resumen

En este proyecto se describe como ha sido el proceso llevado a cabo para el diseño y construcción de un prototipo piloto de la Robocup Small Soccer league, centrándose en el diseño estructural y conexionado del robot. Siempre se han tenido presentes y se han seguido los principales objetivos: Hacer operativo todos los sistemas del robot y siguiendo las reglas de medidas y tamaños máximos y mínimos oficiales impuestas por las directivas del concurso.

Se ha dividido en dos principales partes:

- **Arquitectura o diseño estructural:** Se define todo el proceso seguido hasta la obtención física de las piezas que van a ser montadas en el robot, desde los bocetos iniciales hasta planos más detallados, especificando la elección de los materiales y discutiendo el porqué del diseño final, entre otros aspectos.
- **Alimentación - Conexionado:** En este apartado se describe como han sido definidas las conexiones y cableado necesarios para unir todos los sistemas del robot, tratando de facilitar el cambio de componentes o sistemas por avería y garantizando un mínimo consumo frente a otras posibilidades.

Con todo, se trata de dejar a disposición de futuros compañeros un documento con toda la experiencia adquirida en el desarrollo del proyecto que les sirva de ayuda o modelo de consulta para la consecución de futuros prototipos de la liga Robocup Small Size.

# Abstract

This Project describes how was the rollout plan of the design and building of a Pilot Prototype for the Robocup Small Soccer league, focusing in the structural design and the connections of the robot. Minding the main objectives during the entire process: To get operative all the systems, complying the rules related to the official measurements, maximum and minimum sizes imposed by the guidelines of the contest

This Project has been split in two main parts:

- Architecture and structural design: The process is defined completely, including the physical version of the components that will be assembled in the robot, from the initial outlines until the most detailed plans, specifying the choice of the materials and discussing the final design, among other aspects.
- Supply and connections: This section describes how the connections and the cabling were defined in order to join all the systems of the robot, trying to make the change of the components or systems caused by breakdown easier, warranting a minimum consume compared to other possibilities.

All this work has been done trying to provide future colleagues with a document that gathers all the acquired experience during the development of this project, hoping to be helpful for the construction of future prototypes for the Robocup Small Size.

# Índice general

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>2</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>8</b>
<b>1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
1.1 Introducción.....	9
1.1.1 Reglas de juego, liga 2010 .....	15
1.1.2 Arquitectura del sistema.....	40
1.1.3 Arquitectura del robot SSL .....	43
1.2 Objetivos.....	48
1.3 Fases del desarrollo .....	49
1.4 Medios empleados .....	51
1.5 Estructura de la memoria .....	59
<b>2. CAPÍTULO 2. MEMORIA .....</b>	<b>60</b>
2.1 Conjunto estructural .....	60
2.1.1 Planta baja .....	61
• Diseño del Chasis.....	63
• Diseño Escuadras para los motores del sistema de Tracción.....	71
• Diseño del casquillo para la fijación Rueda-Eje del motor .....	79
• Diseño de la escuadra para la fijación del solenoide a la base principal .....	82
• Diseño de los pilares de sujeción y fijación del sistema dribbler .....	89
2.1.2 Primera planta .....	96
• Base de la primera planta .....	96
2.1.3 Segunda planta .....	98
• Base de la segunda planta .....	98
2.2 Cableado, conexiones y Alimentación de los sistemas .....	102
2.2.1 Alimentación de los sistemas .....	103
2.2.2 Batería Li-Po .....	105
<b>CONCLUSIONES Y MEJORAS .....</b>	<b>108</b>
<b>3. CAPÍTULO 3. PRESUPUESTO.....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO: PLANOS DETALLADOS .....</b>	<b>116</b>

# Índice de figuras

## Capítulo 1: Introducción y objetivos

Figura 1. 1 Logo Robocup.....	10
Figura 1. 2 Liga de simulación .....	11
Figura 1. 3 Liga Small Size .....	11
Figura 1. 4 Liga Medium Size.....	12
Figura 1. 5 Liga de Cuadrúpedos .....	12
Figura 1. 6 Liga Humanoide.....	12
Figura 1. 7 Dimensiones del Terreno de Juego .....	16
Figura 1. 8 Dimensiones Portería .....	18
Figura 1. 9 Dimensiones máximas Robot.....	20
Figura 1. 10 Planta Robot.....	22
Figura 1. 11 Ubicación de las marcas identificadoras .....	22
Figura 1. 12 Asignación de colores .....	23
Figura 1. 13 Condiciones sistema de regate .....	24
Figura 1. 14 Esquema general del sistema .....	40
Figura 1. 15 Diagrama de Componentes .....	42

## Capítulo 2: Memoria

Figura 2. 1 Chasis .....	63
Figura 2. 2 Vista en planta, Chasis Honda S2000 .....	63
Figura 2. 3 Configuración voladiza (No seleccionada).....	65
Figura 2. 4 Piso Bajo Autobús.....	65
Figura 2. 5 Piso bajo Tren .....	65
Figura 2. 6 Grosor del Chasis .....	66
Figura 2. 7 Altura o Airgap del Chasis.....	67
Figura 2. 8 Dimensiones Rueda Omnidireccional.....	68
Figura 2. 9 Dimensiones Motor Maxon EC 45 .....	68
Figura 2. 10 Huecos para la inserción de los Motores en el Chasis .....	69
Figura 2. 11 Eliminación de punto de concentración de Tensiones .....	69
Figura 2. 12 Imagen real del Chasis Terminado.....	70
Figura 2. 13 Dimensiones Motor Maxon EC 45 .....	71
Figura 2. 14 Boceto de diseño Escuadra motor .....	72
Figura 2. 15 Vista en Catia de la escuadra Motor 1 .....	72

Figura 2. 16 Vista en Catia de la escuadra Motor 2 .....	73
Figura 2. 17 Modelado en Catia del Motor Maxon EC 45 .....	73
Figura 2. 18 Vista en Catia de la escuadra acoplada al Motor .....	73
Figura 2. 19 Chasis con las escuadras y motores acoplados .....	74
Figura 2. 20 Imagen real de la escuadra motor Mecanizada 1 .....	75
Figura 2. 21 Imagen real de la escuadra motor Mecanizada 2 .....	75
Figura 2. 22 Imagen real de la escuadra con el motor acoplado .....	76
Figura 2. 23 Boceto ubicación rueda omnidireccional y escuadra del motor en el chasis .....	77
Figura 2. 24 Imagen real del chasis con los motores acoplados.....	78
Figura 2. 25 Casquillo Rueda Omnidireccional 1 .....	79
Figura 2. 26 Casquillo Rueda Omnidireccional 2 .....	79
Figura 2. 27 Imagen real de la Rueda con el casquillo insertado .....	80
Figura 2. 28 Imagen real del conjunto tracción 1 .....	81
Figura 2. 29 Imagen real del conjunto tracción 2 .....	81
Figura 2. 30 Imagen real del Chasis con sistema de tracción acoplado .....	82
Figura 2. 31 Ubicación de los diferentes tipos de solenoide .....	83
Figura 2. 32 Solenoide seleccionado RP16x16-ID.....	83
Figura 2. 33 Ubicación de los taladros para la fijación de la escuadra del solenoide ....	85
Figura 2. 34 y 35 Modelado en Catia Escuadra Solenoide Vista 1 .....	85
Figura 2. 35 Solenoide con escuadra .....	86
Figura 2. 36 Ubicación en el Chasis de los condensadores del sistema de disparo.....	87
Figura 2. 37 Imagen real del conjunto de tracción y solenoide.....	88
Figura 2. 38 Partes del sistema de Regate o Dribbler.....	89
Figura 2. 39 Directrices de concurso para el sistema de regate o dribbler .....	91
Figura 2. 40 Boceto en vista lateral de la ubicación de componentes del Sistema de regate o dribbler.....	92
Figura 2. 41 Pilar izquierdo Sistema de regate .....	93
Figura 2. 42 Pilar Derecho Sistema de regate .....	93
Figura 2. 43 Pilares soporte sistema dribler montados sobre Chasis.....	94
Figura 2. 44 Imagen real del Sistema Dribbler completo.....	94
Figura 2. 45 Modelo en Catia de Base de la primera planta.....	96
Figura 2. 46 Separadores Inter-planta.....	97
Figura 2. 47 Ubicación de la base primera planta en el conjunto robot .....	98
Figura 2. 48 Modelo en Catia Base segunda planta .....	99
Figura 2. 49 Ubicación de la Base segunda planta en el conjunto Robot.....	100
Figura 2. 50 Esquema de alimentación de sistemas .....	102
Figura 2. 51 Características Eléctricas Motor Maxon EC 45 .....	103
Figura 2. 52 Cargador/Regulador IMAX b6 Dual Power .....	107
Figura 2. 53 Ruedas omnidireccionales No comerciales.....	109

# Índice de tablas

Tabla 1 Elementos estructurales diseñados y su función .....	61
Tabla 2 Peso de elementos estructurales .....	101

# Capítulo 1. Introducción y objetivos

## 1.1 Introducción

El presente trabajo se enfoca a la creación de un robot F180 de la Robocup Small Soccer League. Basándonos en estudios previos realizados por estudiantes de la Universidad Carlos III de Madrid, integrantes del Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) se procedió a la implementación de un prototipo totalmente autónomo y funcional, con la intención de que fuese el primero de los cinco robots necesarios para la futura participación de la Universidad en la Liga Small Size.

En esta introducción se describe el problema que este proyecto pretende resolver, definiéndose el objetivo y acotando el alcance del trabajo, así como una breve descripción del resto de sistemas que intervienen en el correcto funcionamiento del robot.

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 sistema robótico. Ese mismo año se llevó a cabo una competencia por demás singular: más de cuarenta equipos se reunieron para formar parte del primer campeonato mundial de fútbol robótico.

El origen de esta extraña competencia se encuentra en el documento “On Seeing Robots” publicado en 1992 por Alan Mackworth de la UBC Canadá, desde ese momento su equipo de investigación publicó trabajos relacionados con el tema de robots que juegan fútbol. De manera paralela, un grupo de investigadores japoneses organizó en octubre de 1992 un taller sobre los grandes retos de la inteligencia artificial. En él 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 competencia robótica, llamada originalmente Robot J-League, en honor a la recién 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.

Por todo esto, 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 Logo 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.

La iniciativa RoboCup se divide en tres grandes áreas: “RoboCup Soccer”, “RoboCup Rescue” y “RoboCup Junior”.

En el presente documento se expone primeramente lo que es la competición de Robocup con su reglamentación para presentar el problema u objetivo que se persigue con el proyecto. A continuación se presentara una breve descripción de los distintos sistemas que componen cada equipo, y por último se estudiará más en profundidad los sistemas de control y golpeo de la pelota de un microrobot para esta competición en la categoría SSL F180.

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 y enfrentándose a un entorno dinámico y en continuo cambio de tal forma que pueden llevar a cabo 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 competencia, 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.



Figura 1. 2 Liga de simulación

- 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 altura máxima 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.



Figura 1. 3 Liga Small Size

- 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.



Figura 1. 4 Liga Medium Size

- Liga de robots con cuatro patas, en el que cuatro robots cuadrúpedos (SONY AIBO) disputan el encuentro y que al igual que en la anterior poseen sensores de abordo y sistema de visión local y se comunican entre ellos.



Figura 1. 5 Liga de Cuadrúpedos

- Liga de robots humanoides, es la única liga en donde los robots, en este caso con forma humana, se permite la intervención humana.



Figura 1. 6 Liga Humanoide

El presente documento se centrará en la liga de robots de tamaño pequeño (Small Size League). En esta competición participan hasta cinco robots pequeños por equipo con un tamaño máximo descrito en la normativa del juego. Los robots deben ser capaces

de saber cuál es su posición dentro del terreno de juego, dónde se encuentra la pelota y 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. Se irá viendo la complejidad de cada uno de las acciones descritas anteriormente y las posibles soluciones a cada una de ellas.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes de la UC3M es un centro de investigación enfocado al desarrollo de tecnología en las áreas de inteligencia artificial, visión por computadora, comportamientos autónomos, comunicaciones inalámbricas, colaboración de agentes y robótica. En él, los alumnos de las Ingenierías de la UC3M participan en proyectos motivados por competiciones nacionales e internacionales tales como EUROBOT. En 2008 se decidió comenzar con el proyecto RoboCup en la liga de robots pequeños. Es la primera vez que realiza dicho proyecto en la historia de la UC3M, y el objetivo del presente proyecto será diseñar y construir la base para poder desarrollar un equipo de cinco robots de la liga F180 que cumplan con las reglas establecidas por la Federación RoboCup y puedan participar en competiciones oficiales.

El alcance de este proyecto se centra en el diseño y la construcción de los robots. El diseño de la solución abarca los módulos que forman parte del robot comenzando por la recepción de información, el procesamiento, su correcta ejecución en los dispositivos actuadores de los motores, disparo y dribbling. Centrándose especialmente en estos dos últimos sistemas.

Por tanto el presente proyecto se centra en dotar al futuro robot de:

- Un sistema de procesamiento de datos y de comunicaciones, compuesto por una placa base que incorpora un microprocesador y un sistema WIFI.
- Un sistema de locomoción omnidireccional compuesto por ruedas omnidireccionales, motores, reductoras, encoders y drivers de potencia.
- Un sistema de alimentación compuesto por baterías que dota al robot de autonomía y le permite moverse libremente sin necesidad de estar conectado mediante cables a un sistema de alimentación externo.
- Una estructura sólida en la que poder fijar los componentes.
- 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.

Por lo tanto el presente proyecto se ha desarrollado con la finalidad de crear un primer prototipo de robot Robocup SSL (small soccer league) que sea capaz de cumplir con los objetivos impuestos por el tutor, estos son desarrollar un vehículo con capacidad de control sobre sus principales sistemas (sistema de control que a su vez gobierna los sistemas: sistema de tracción, sistema de golpeo de la pelota y sistema de regate o dribbler) siendo un primer paso para alcanzar el objetivo primordial fijado a largo plazo de adquirir el nivel y las competencias necesarias para pasar las pruebas iniciales de cara a entrar en el concurso Robocup Small Size esto quiere decir, que el robot debe de cumplir con las directrices de la normativa vigente y presentar un mínimo de calidad competente para el concurso.

Así encontramos una gran cantidad de motivación tratando de diseñar y construir un prototipo que cumpliendo con los objetivos sea adaptable y configurable, sufriendo modificaciones posteriores y que pueda estar en continua evolución sin ser necesario aplicar reingeniería ni grandes complicaciones a la hora de hacer cambios en la implementación de mejoras.

En concreto, este documento en una parte se va a centrar en solventar el diseño de toda la estructura necesaria para albergar y sustentar los elementos hardware de todos los sistemas. Se habla de cada sistema, explicando cómo funciona, se justifica la ubicación y posición de cada objeto perteneciente al sistema y se adjunta el diseño mediante la herramienta software Catia de cada pieza necesaria para su instalación, incluyendo las fases de desarrollo, con los inconvenientes superados e incertidumbres encontradas, materiales empleados etc.

En una segunda parte se resuelve todo el entramado de conexiones y alimentación de los sistemas, cables seleccionados, estudio de consumo de potencia incluyendo la batería seleccionada y conectores empleados de cara a facilitar intercambio de componentes hardware con comodidad y sencillez. Se incluye un esquema general de la alimentación de los sistemas para tener conocimiento de cómo se han alimentado partiendo de la fuente de potencia principal.

Es importante solventar y documentar como se ha llevado a cabo el diseño de cada pieza o elemento estructural de cara a obtener una primera base de datos tanto en planos de diseño con medidas y cotas como en formato electrónico y conocido como es Catia, muy usado en procesos de diseño industrial y que permite la integración de diferentes líneas de desarrollo para un prototipo final.

## 1.1.1 Reglas de juego, liga 2011

Para poder hacerse una idea del proyecto es necesario hacer una breve descripción de lo que será el sistema completo y es necesario conocer cuáles son las reglas, limitaciones, etc. que se imponen para ubicarse en el contexto y entender mejor el por qué de cada subsistema. Se describirán por tanto las reglas de juego ya que nos marca las restricciones a la hora del diseño y en el transcurso de un partido y por tanto son determinantes en el diseño global del sistema.

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

## 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

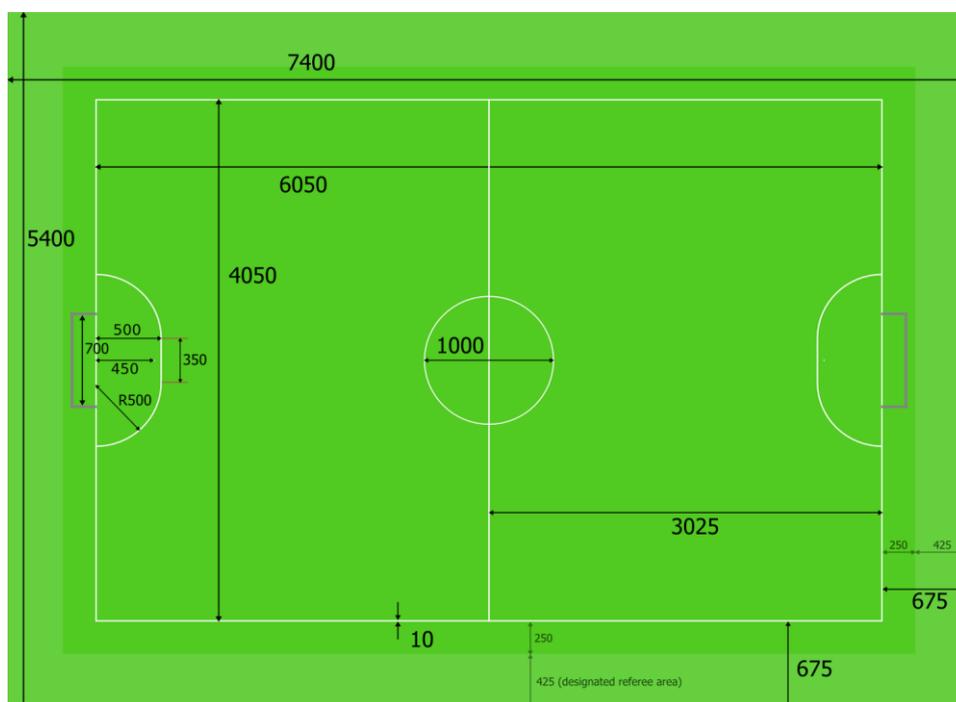


Figura 1. 7 Dimensiones del Terreno de Juego

### 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.

## **Marcas 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 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.

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.

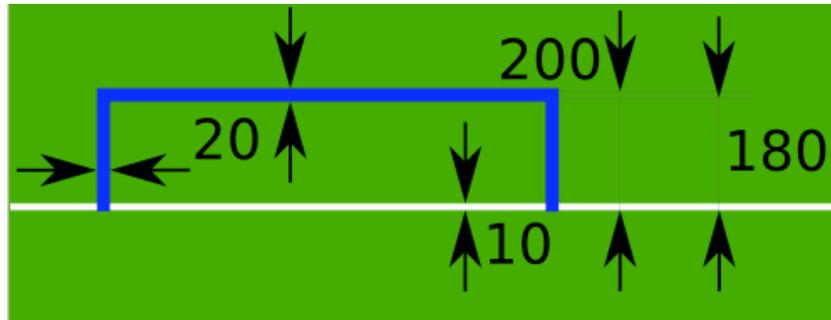


Figura 1. 8 Dimensiones Portería

#### 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.

## **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:

- 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.

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

## **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 los 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.

## **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.

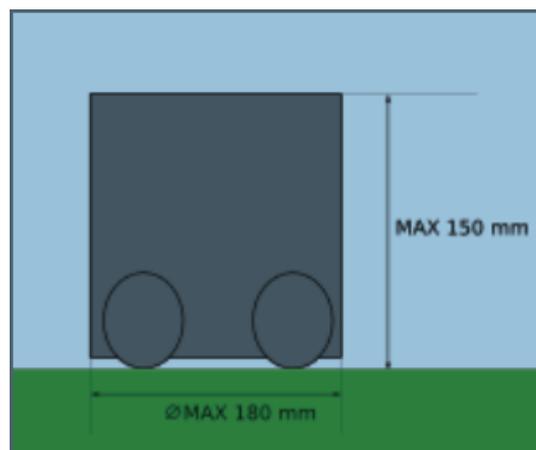


Figura 1. 9 Dimensiones máximas Robot

### **Los colores y marcadores**

Antes de que un partido, cada uno de los dos equipos tienen un color asignado, es decir, amarillo o azul. Cada equipo debe ser capaz de usar marcadores de color amarillo y azul. Marcas circulares del color asignado deben ser puestas en la parte

superior de los robots. El centro de la marca debe estar ubicado en el centro visual del robot cuando se ve desde arriba. Los marcadores deben tener un diámetro de 50 mm.

Los robots podrán utilizar colores en blanco y negro sin ninguna restricción. Los robots también pueden utilizar marcas de color verde claro, rosa y cian.

### **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. Los equipos deben asegurarse de que la parte superior de su robot cabe perfectamente en esta área.

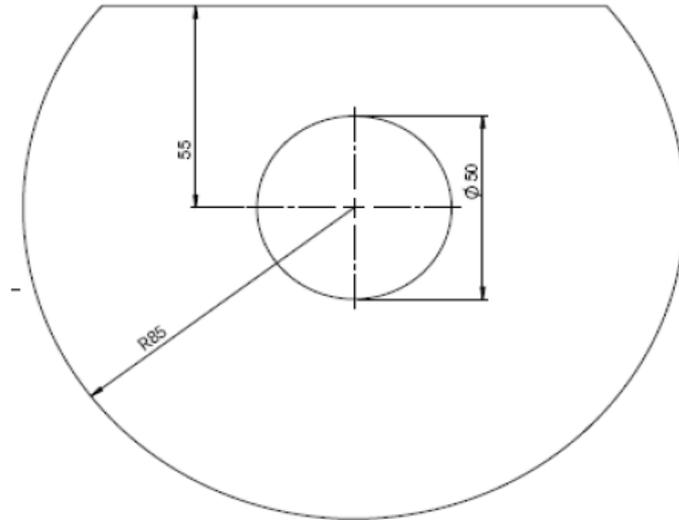


Figura 1. 10 Planta Robot

El patrón estándar que se usará por todos los equipos en el RoboCup 2010 se muestra en la Figura 1.12. Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar el patrón en cualquier momento, si fuese necesario. Los equipos deben, por consiguiente, asegurarse de que todavía se mantiene conforme al tamaño de la parte superior del área estandarizado como se representa en la Figura 1.12.

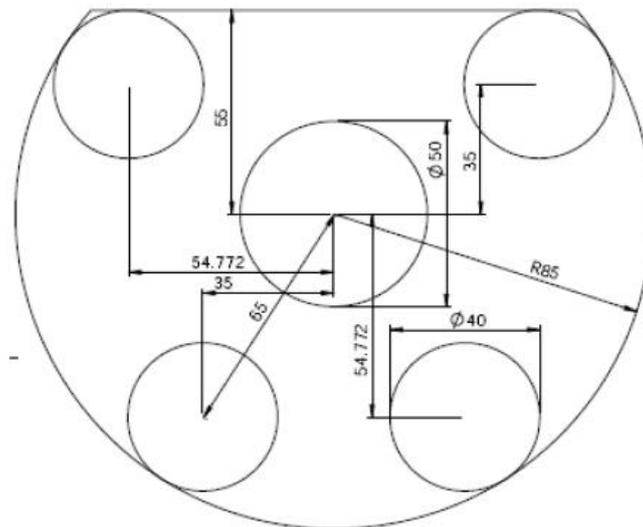


Figura 1. 11 Ubicación de las marcas identificadoras

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

1.13 Nota, los organizadores se reservan el derecho de cambiar esta asignación de colores en cualquier momento en caso de ser necesario.

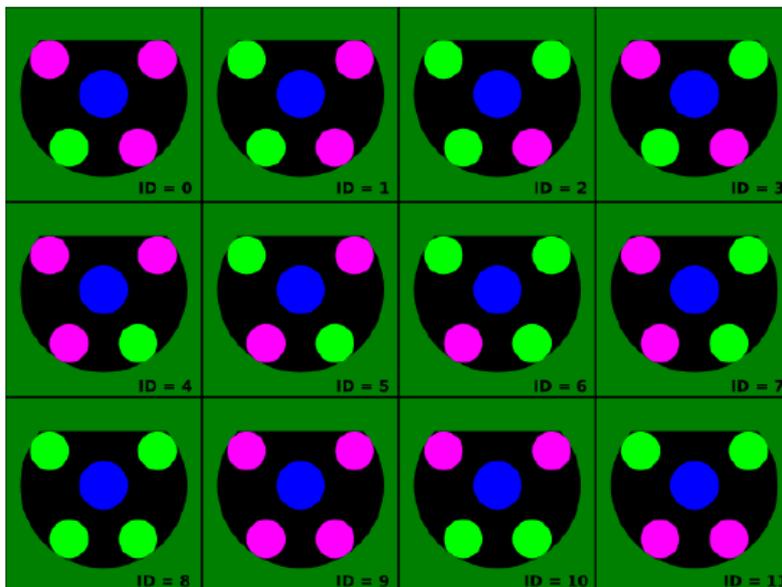


Figura 1. 12 Asignación de colores

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.

### Visión Global del Sistema

El uso de un sistema de visión global o de sistemas externos de visión distribuidos son permitidas, pero no necesarias para identificar y rastrear la posición de los robots y la pelota. Esto se logra mediante el uso de una o más cámaras. Las cámaras no pueden sobresalir más de 150mm por debajo de la parte inferior del montaje suministrado por el campo. (Ley 1).

### 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.

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.

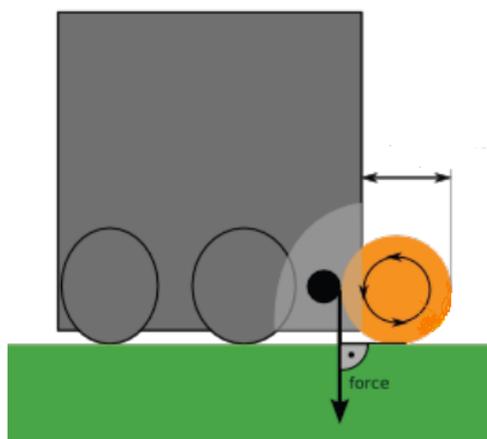


Figura 1. 13 Condiciones sistema de regateo

### 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 para corregir su equipo.
- el robot deja el campo de juego cuando la pelota deja de estar en juego.
- ningún robot obligado a abandonar el terreno de juego para corregir 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 reanuda 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.

## **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 y controla el partido en cooperación 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.
- Se detiene, suspende o termina el partido, a su discreción, por cualquier infracción de las leyes.
- Se detiene, suspende o termina el partido debido a interferencias externas de cualquier clase.
- Se detiene el partido si, en su opinión, un robot es probable que 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.
- 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.
- Reanuda el partido después de haber sido detenido.

- Proporciona al comité técnico de un informe del partido que incluye información sobre cualquier acción disciplinaria tomada contra los equipos y cualquier otro incidente ocurrido antes, durante o después del partido.
- Compruebe 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 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 esta 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. El tipo de 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.

## **LEY 6 - EL ÁRBITRO ASISTENTE**

### **Deberes**

El árbitro asistente nombrado, con sujeción a la decisión del árbitro, tiene las siguientes obligaciones:

- 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 cometidas 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 ayudan 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.

## **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 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 tomar 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.

## **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 meta atacará en la primera la mitad del partido.

El otro equipo toma 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 lo 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 pistoletazo 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.
- 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 pistoletazo 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 pistoletazo 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.

## **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.

## **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.

## **LEY 11 - FUERA DE JUEGO**

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

## **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 los 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).
- es el segundo robot de la defensa y a la vez ocupa el área de la defensa del equipo de tal forma de afectar 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.
- patea 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 del 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 entren o se desplacen dentro de la zona de tránsito del árbitro.

Al recibir una tarjeta amarilla, un robot del equipo penalizado debe mover inmediatamente fuera y ser removido 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.

## LEY 13 - TIROS LIBRES

### Tipos de Tiros Libres

Serán directos o indirectos.

Tanto en los directos como en los indirectos, la bola debe ser parado 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 tiro libre indirecto

#### 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 entre 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.

## 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.

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).

## **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.
- Desde el punto, a 100mm, perpendicular al 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**

Si, 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.

## **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.

## **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.

## **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.

#### **Tiempo extra**

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. 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 recuperarse la pelota, no puntuará. 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 papeles 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.

## 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 debe estar hecho de tal forma que cada sistema de visión compartido tenga asignado, al menos, un experto en visión.

### Deberes

El experto en visión:

- 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-Visión cuando sea necesario o los equipos lo requieran durante los tiempos de configuración.
- Calibrar o realizar el mantenimiento durante el partido del SSL-Visión cuando el árbitro lo requiera.
- Antes de cada partido, comprobar que ambos equipos reciben los paquetes del SSL-Visión 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).

## 1.1.2 Arquitectura del sistema

Este apartado expone una breve descripción de la arquitectura del sistema para que el lector del presente documento pueda entender la funcionalidad de sus partes y por tanto los posteriores capítulos del proyecto.

Como se ha visto anteriormente en la reglamentación un equipo de fútbol consta como mucho de 5 robots y cada uno debe caber en cilindros de 180 mm de diámetro y 150mm de altura en caso de la implementación de visión global 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 4 m. de altura. En el transcurso del encuentro los robots utilizan comunicación inalámbrica mediante la cual el PC central que está fuera del campo, les envía información sobre su posición, la estrategia del juego, etc.

En general la arquitectura del sistema puede ser dividido en cuatro partes bien diferenciadas:

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.

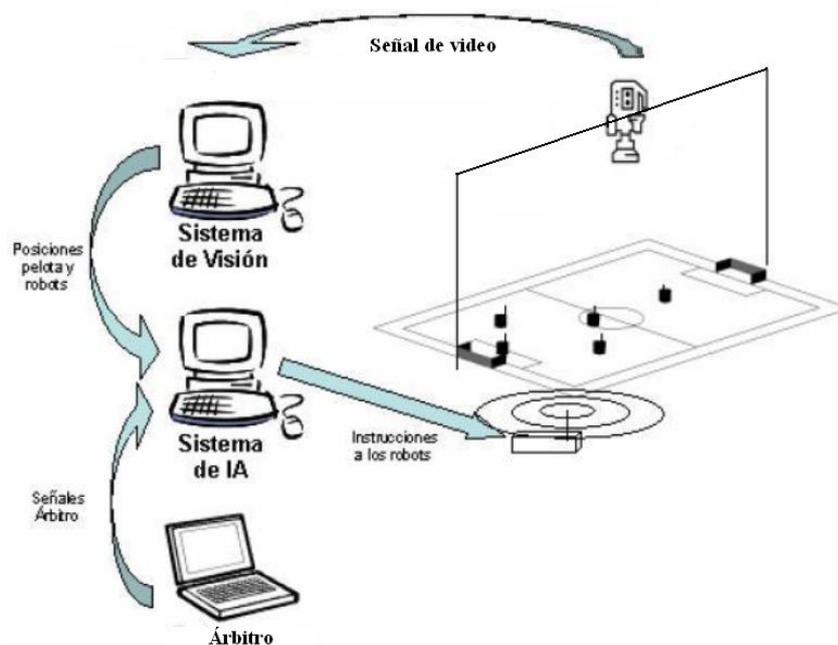


Figura 1. 14 Esquema general del sistema

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

## **SISTEMA DE VISIÓN**

El objetivo del Sistema de Visión es conocer la posición y orientación de cada uno de los robots de cada equipo en el ambiente. Los robots se identifican con unos colores colocados en su parte superior. El sistema, 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, que actuará según la estrategia deseada.

## **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.

## **SISTEMA DE CONTROL DEL ÁRBITRO**

La persona 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.

## **FUNCION DE LOS ROBOTS**

Los robots se encargan de jugar al fútbol y para lograrlo deben ofrecer la siguiente funcionalidad básica:

- Deben ser capaces de desplazarse dentro de la cancha.
- Requieren “patear” la pelota para enviar pases y marcar goles.
- Necesitan “controlar” la pelota, de modo que se puedan desplazar sin perder la pelota.

- 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.

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 y de control y pateo de la pelota.

El siguiente esquema representa un diagrama de los componentes principales de un robot F180.

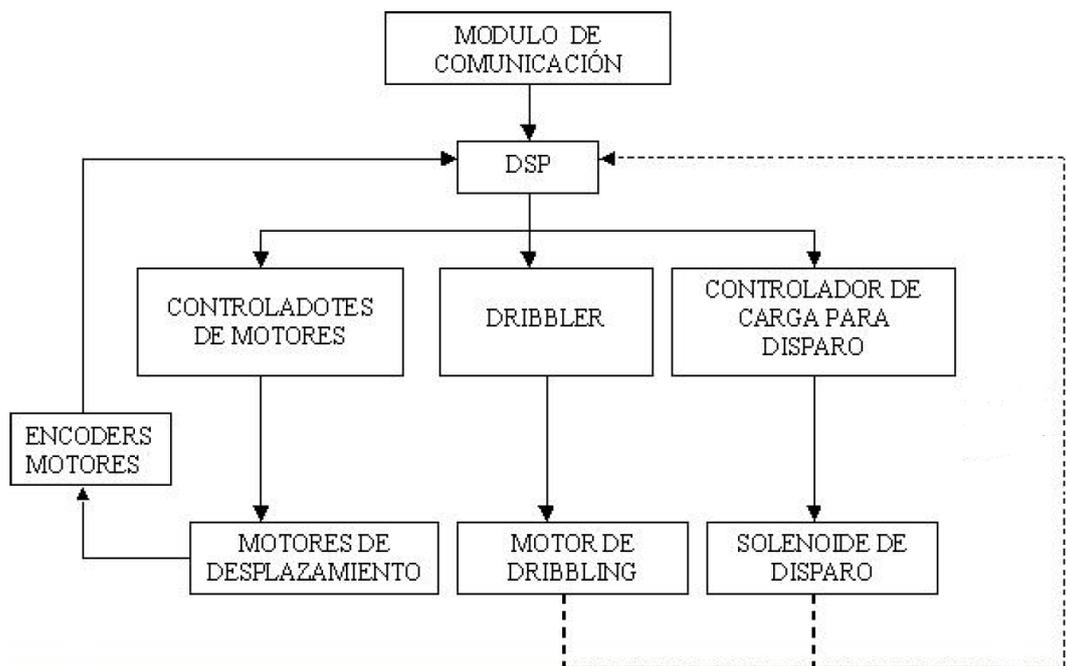


Figura 1. 15 Diagrama de Componentes

## LOS PARTIDOS DE LA SSL

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

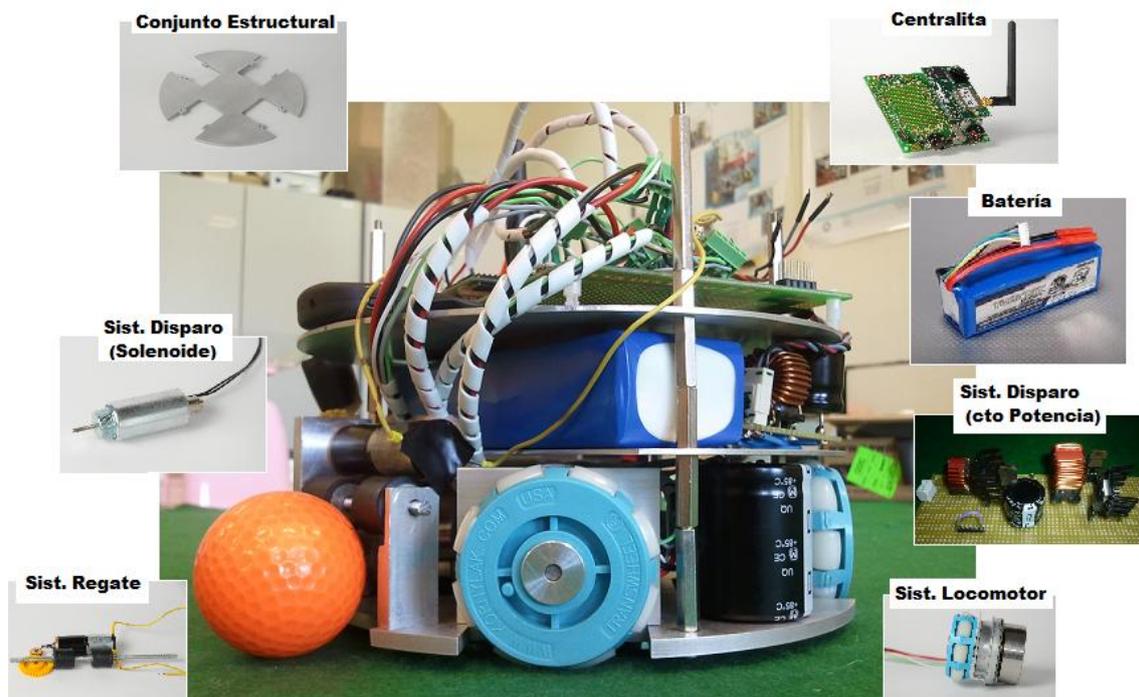
La liga F180 es posiblemente la liga en la cual los partidos tienen gran intensidad por la velocidad de juego, la pelota llega a alcanzar una velocidad de hasta 3m/s y los robots se mueven a más de 2,3 m/s.

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.

## 1.1.3 Arquitectura del robot SSL

### ARQUITECTURA DEL ROBOT F180

En esta sección se elabora un análisis de los sistemas que componen a un robot para la SSL. El análisis parte de la funcionalidad básica requerida y sirve como punto de partida para el diseño y la implementación de un equipo de robots F180.



## Procesamiento y comunicación del robot

La comunicación del robot F180 está hecha para la ejecución de órdenes de movimiento, actuación de dribbler y solenoide del motor, y la lectura de datos necesarios para la futura retroalimentación. El presente robot aprovecha el hecho de que el módulo RCM5400W está dotado de un módulo WLAN que proporciona la comunicación inalámbrica necesaria para su fin, competir de manera autónoma en partidos de liga.

Para lograr una comunicación inalámbrica entre los robots y la IA se requiere de alguna tecnología que lo permita. Independientemente de la tecnología de comunicación, es importante señalar que es necesario establecer un flujo de comunicación para que la información circule entre la IA y los robots de manera bidireccional.

En nuestro caso, y debido a las opciones del módulo del robot, se ha creado la comunicación con Sockets. Básicamente, un Socket es una estructura de comunicación por el cual dos máquinas pueden intercambiar información de manera bidireccional. Esta estructura está definida por una dirección IP, un protocolo de transporte y un número de puerto, definidas previamente tanto en un servidor como en el cliente (módulo RCM5400W y ordenador respectivamente). En la comunicación, también es muy importante saber el tipo y la cantidad de información que se va a manejar.

Una ligera descripción de esta información, se detalla a continuación. Hay que tener en cuenta que el módulo de control mueve los motores, indicándoles el sentido en el que girar y controlar los sistemas de dribbler (control de bola) y solenoide (pateo de bola). Entonces la cantidad de información que la IA debe manejar para cada robot se puede agrupar en dos bloques: control, que hace referencia a todos los sistemas que funcionan a nivel alto o bajo, y velocidad, donde es necesario un paquete de datos.

**Bloque de control:** En esta sección se ubica la información relativa al estado de los dispositivos de control y pateo de la pelota, así como la dirección (el sentido) a la que los motores deben moverse. El estado de cada dispositivo puede ser encendido o apagado y la dirección de un motor puede ser hacia delante o hacia atrás y por lo tanto, el estado de cada dispositivo y la dirección de cada motor se pueden representar con un bit por dispositivo.

**Bloque de velocidades:** En este bloque se especifica la velocidad de cada uno de los motores. Las ondas PWM con las que se controla la velocidad obtenibles del módulo RCM5400W, son ondas de 10 bits, por lo que a la hora de programar esta velocidad en la IA del módulo, tendremos que hablar de velocidades entre 1 y 1024 (10 bits en programación son  $2^{10} = 1024$ ).

## **Locomoción**

El sistema de tracción y el locomotor son los encargados de hacer que el robot sea capaz de desplazarse por el campo de juego.

Desde el punto de vista de la tracción la robótica puede clasificarse en dos grandes grupos: los basados en movimiento por actuadores o piernas y los basados en movimiento por rodadura.

En nuestro caso se ha optó por el movimiento basado en rodadura ya que es el más sencillo. Entre todas las posibilidades que incluyen este tipo de tracción, se optó por un control omnidireccional por resultar el más conveniente para efectividad del robot en el terreno de juego.

El control omnidireccional se lleva a cabo mediante cuatro motores EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada, ya que ofrecían el par requerido en los requisitos propuestos. A pesar de que la velocidad máxima excedía la requerida, no se ha visto en esto inconveniente alguno puesto que, el control de la velocidad del robot se lleva a cabo mediante un control PWM, consiguiendo asignar la velocidad deseada en cada momento. Debido a esto, se desechó la posibilidad de aplicar una reductora, que disminuiría la velocidad máxima pero aumentaría el par. Además estos motores se presentan ocupando un espacio muy limitado gracias a su tecnología sin escobillas, no requieren mantenimiento por desgaste de las mismas y no requerían un control externo, gracias a lo cual, consiguiéndose liberar peso y espacio que puede ser utilizado por los demás sistemas que integran el robot F180.

Para las ruedas se buscaron modelos comerciales, optándose por utilizar unas ruedas omnidireccionales, modelo 2051 de Kornylak.

## **Alimentación**

Para la alimentación del robot F180 se optó por utilizar una batería modular. Entre los diferentes tipos que nos ofrece el mercado, se eligió una batería de tipo LiPO que nos proporciona de una tensión nominal de 14,7V y con un límite en corriente muy alto, especialmente pensado para poner a los motores en su máxima potencia durante todo el partido.

## **Estructura**

La estructura del robot F180 debe ser estable y sólida, ya que los sistemas del interior no deben ser dañados durante el partido ya que se tendría un robot inutilizado. Debido a esto se opta por una estructura de aluminio de diferentes grosores, de 4mm para la base inferior y los soportes del dribbler; para la primera, segunda base y soportes de motores y solenoide de 1,5mm.

### **Sistema de disparo**

Para que un equipo gane un partido de fútbol es necesario que haya goles, incluso en un partido de RoboCup. Los robots F180 necesitan de algún mecanismo que les permita impulsar la pelota lejos de sí mismos para poder mandar pases y tirar a gol.

La dificultad del problema del golpeo de la pelota radica en encontrar un dispositivo lo suficientemente pequeño para que quepa en el robot F180 y lo suficientemente poderoso para que la pelota salga impulsada con fuerza. Múltiples propuestas surgieron para resolver el problema utilizando mecanismos con resortes, sistemas de aire comprimido, etc. A lo largo de la historia de las competencias del RoboCup se ha generalizado el uso de un solenoide con un núcleo metálico.

En un solenoide, cuando la corriente está fluyendo en la bobina, las líneas de fuerza salen del solenoide por uno de sus extremos, el polo norte, y entran por el extremo opuesto, el polo sur, esas líneas de fuerza se aprovechan para que el núcleo metálico sea impulsado con fuerza para que el robot pueda lanzar la pelota. En la figura 3.7.a se puede ver este sistema antes de hacer pasar la corriente por la bobina y en la 3.7.b en el momento del disparo.

El uso de un solenoide requiere una gran cantidad de corriente eléctrica y la única fuente de corriente en el robot son sus baterías. Para utilizar un solenoide se necesita de un circuito que almacene carga y se disponga de ella cuando sea necesario patear la pelota. Para ello y poder almacenar carga de manera temporal se puede hacer uso de un capacitor.

### **Circuito de potencia**

La alimentación de la mayoría de los componentes de robot puede llevarse a cabo mediante la conexión directa con la batería o mediante algún circuito concreto para aplicar una tensión o corriente adecuada a lo que se necesita.

La excitación del solenoide requiere de una alta tensión en una batería de condensadores, de alrededor de unos 200 voltios, y para conseguirla se hará uso de un circuito elevador.

El circuito elegido para este propósito es un elevador de tipo Boost con dos etapas. En la primera etapa se eleva la tensión a 63 voltios y en la segunda conseguimos los 200 voltios requeridos para un disparo óptimo.

Dado a que el objetivo del elevador es almacenar carga en el capacitor y no proporcionar una corriente constante a otro circuito se necesita de un sistema de control que permita interrumpir y reanudar el funcionamiento del elevador según el nivel de carga en el capacitor.

Conseguimos esto mediante un comparador que mide la diferencia entre un nivel de tensión prefijado en un divisor de tensión y un nivel proporcional al existente en el capacitor conseguido también mediante otro divisor de tensión. Dependiendo de la diferencia de niveles entre las tensiones, este comparador permitirá o no que pase corriente al elevador a través de la activación de un interruptor implementado mediante un transistor, permitiendo la alimentación del circuito elevador tipo Boost.

### **Dribbler**

Como cualquier jugador de fútbol, el robot debe hacer desplazamientos manteniendo la pelota en su poder. Para que esto sea posible se utiliza un motor unido mediante engranajes a un rodillo de algún material antideslizante. Éste en contacto con la pelota hace que gire sobre sí misma y se mantenga “controlada” por el robot.

Este tipo de solución es la más popular en la liga F180 y se conoce como “dribbler”. En la actualidad, la mayoría de los equipos utiliza un dispositivo de ese tipo en los robots para poder controlar la pelota. La figura siguiente muestra un prototipo general de este sistema para controlar la pelota.

## 1.2 Objetivos

El objetivo fundamental de la tesis es diseñar y construir un prototipo robot funcional adaptándose a las bases impuestas en el concurso Robocup SSL 2011.

En base a ese objetivo principal, se proponen los siguientes objetivos parciales:

- Diseño y construcción del esqueleto principal del Robot.
- Diseño y construcción de elementos estructurales para los distintos sistemas.
- Ubicación y distribución de los sistemas.
- Alimentación de sistemas, elección de batería.

## 1.3 Fases del desarrollo

Los proyectos, entendidos como una secuencia de actividades relacionadas entre sí destinadas a lograr un objetivo, en un tiempo determinado y contando con un conjunto definido de recursos, desde su inicio tienen un proceso bastante bien determinado, generalmente llamado ciclo del proyecto, independientemente del tema a que se refieran, a la duración del proceso y a los actores que intervienen en el mismo.

El desarrollo del conjunto estructural y alimentación de los sistemas del robot se ha llevado a cabo al mismo tiempo que se definían y construían los distintos sistemas del prototipo, empleando así una metodología ágil que ayuda a la perfecta unión y sincronía de todos los sistemas. Este modelo de trabajo en equipo aumenta la eficiencia de trabajo de las distintas partes del robot. Una constante comunicación entre las distintas ramas de desarrollo del robot permite un crecimiento consolidado y un progreso constante que ayuda en el desarrollo del prototipo robot.

Las distintas ramas de crecimiento y desarrollo del robot se dividen en: Programación y software de la centralita del robot, sistema de disparo, sistema de regate (dribbler) y sistema locomotor. Paralelamente, como hemos comentado con anterioridad, se ha trabajado en el desarrollo del conjunto estructural necesario para albergar y ubicar todos y cada uno de los elementos de los sistemas mencionados.

**Fase 1. Programación / Definición:** En esta fase inicial se han acordado cuáles serían los principales objetivos a alcanzar con la realización del proyecto, como definir aspectos estructurales, configuración de tres o cuatro motores para el sistema de tracción o método de disparo de la pelota empleado.

**Fase2. Investigación:** Se ha buscado información sobre todos los equipos que participan en la liga Robocup Small Size, observando cuáles son sus configuraciones principales de sistemas y almacenando gran cantidad de información sobre su funcionamiento. Esta fase tiene mucha importancia porque los equipos existentes que participan en Robocup poseen años de experiencia, esto nos ayuda a la hora de valorar o seleccionar elementos hardware o configuraciones para nuestro prototipo. Además que es fundamental conocer en qué punto de evolución se encuentran los que, en un futuro pueden ser competidores nuestros para encontrar así aspectos diferenciadores que puedan suponer una ventaja frente a otros prototipos robot.

**Fase 3. Viabilidad técnica y económica:** En esta segunda fase se han estudiado las posibilidades tecnológicas disponibles o estudios suplementarios que han de llevarse a cabo antes de la ejecución del proyecto. Se ha realizado una estimación en costes de material, peso total del robot, y sistema de alimentación ya que todo esto influyen en conjunto unos aspectos sobre otros. Se estudia por ejemplo, si es más viable seleccionar unos motores con unas mejores prestaciones a cambio de un coste superior mejorando la eficiencia energética y afectando al sistema de alimentación por baterías.

**Fase 4. Ejecución:** En este punto de proyecto, cada uno de los integrantes del proyecto ha tomado su propia línea de desarrollo. En mi caso en particular se ha llevado la realización del diseño y construcción de elementos estructurales para todos y cada uno de los sistemas del robot, por lo tanto he tenido una colaboración estrecha con con todas las líneas del proyecto. Se han realizado bocetos iniciales, más tarde se han diseñado los primeros planos en Catia y finalmente se han mandado construir al departamento de Oficina técnica.

**Fase 5. Validación:** Una vez terminado el proyecto, el robot ha sido presentado ante nuestro tutor para verificar que cumple los objetivos y requisitos impuestos en la fase definición. Comprobando que todos los sistemas funcionan de acuerdo a los objetivos impuestos el robot ha sido concluido de manera satisfactoria.

## 1.4 Medios empleados

Los medios utilizados para la consecución de este proyecto los dividimos en:

- Medios humanos
- Medios físicos
- Software específico empleado

### Medios Humanos

En primer lugar la ayuda del tutor, quién nos ha guiado y ayudado en todo momento en el desarrollo del proyecto.

Profesorado perteneciente al departamento de electrónica: Han sido de ayuda resolviendo, en la medida de lo posible dudas de electrónica de potencia así como prestado toda su atención, aconsejándonos en el dimensionado de algunos elementos y electrónica de distintos sistemas aportándonos también materiales necesarios para pruebas.

Personal perteneciente al departamento de compras: Nos han ayudado en las gestiones necesarias para el pedido de componentes electrónicos y elementos hardware.

Personal de oficina técnica: Para el mecanizado de algunas partes y piezas del robot hemos contado con las personas de este departamento perteneciente a la escuela.

### Medios físicos

Se ha contado con un espacio de la Universidad Carlos III habilitado para el desarrollo de proyectos ingeniería enfocados en el área de automatización y robótica.

El laboratorio se ha compartido con otros compañeros que elaboraban diferentes proyectos de robotización y sistemas de visión, creando un ambiente de trabajo con una atmósfera ideal para el desarrollo de un proyecto de estas características. En general, un lugar donde tener la posibilidad de pensar con tranquilidad, buscar información con los Pc's habilitados para tal fin, con material de oficina, material electrónico básico y herramientas para el mecanizado básico de todo tipo de materiales.

En éste laboratorio contábamos también con el espacio suficiente para montar una parte del terreno de juego necesario para ejecutar las pruebas de los sistemas de locomoción, disparo y regate. En resumen, hemos contado con un espacio climatizado y acondicionado, creando el lugar idóneo para el desarrollo del Robot.

### Software empleado

Para el diseño de las partes estructurales del robot se ha empleado Catia V5 R18

#### ¿Qué es CATIA V5?



Catia V5 R18 (realease 18) es el software para PC empleado para diseñar las piezas o partes del robot. Es una aplicación software con un potencial increíble, usado por grandes empresas en el apartado del diseño industrial.

Con Catia V5 he encontrado un verdadero asistente a la hora de ensamblar en un producto diferentes partes o piezas del robot. Obteniendo buenos resultados a la hora de ajustar los huecos o capacidades en cuanto a ubicación de las piezas.



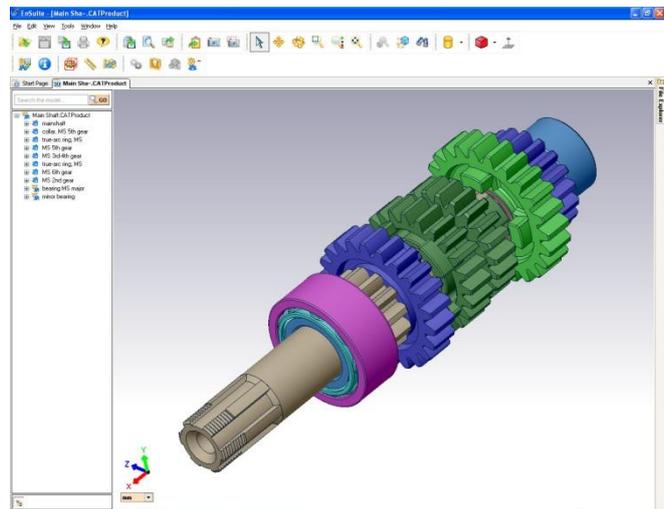
*Catia es un Programa de Diseño Integral,* desarrollado por Dassault Systemes y Distribuido por IBM. El objetivo era crear una solución de Diseño que abarcara **CAD/CAM/CAE/KBE/PDM** (Diseño /Mecanizado /Cálculo de Estructuras/Gestión del conocimiento/Gestión del producto). Para ello se han basado en Catia V4, líder en los sectores europeos aerospacial, automóvil y utillaje.

**Catia V5** funciona bajo Windows lo que permite al usuario, integrar en su entorno de trabajo, todas las ventajas de este sistema operativo, sacrificando por el momento la estabilidad que tenía el entorno Unix. El programa está concebido para satisfacer las necesidades de todos sus clientes, suministrándoles todas las herramientas que necesiten en su trabajo, por ello se ha pensado en un entorno modular, en el que el usuario compra lo que necesita y dónde siempre queda la puerta abierta a nuevos módulos.

Catia es el mejor programa de modelado industrial, y lo están utilizando *PSA Citroën, Renault, Mercedes Benz, BMW,...* aunque en la versión 4. Se espera que en el plazo de uno o dos años, toda la industria del automóvil se pase a la versión 5.

## Diseño Mecánico

El módulo de **modelado sólido**, proporciona todas las herramientas para la creación de piezas, el análisis ángulos de salida y desmoldeos, análisis de curvaturas, propiedades físicas, etc. Este módulo está directamente relacionado con el de **ensamblajes**. Ya que casi siempre nuestra pieza ha de ir incluida en un producto final. Catia incorpora el método de diseño Top-Down, *arriba-abajo*, en el que se pueden diseñar piezas en el entorno de conjunto filtrando la geometría que consideremos conveniente del Ensamblaje.



A partir de un ensamblaje se generan listas de materiales automáticamente, se detectan las colisiones y las holguras. La **generación de planos** es automática, fácil e intuitiva. Si el diseño se ha parametrizado correctamente, la aplicación recuperará las cotas del modelo 3D. Las vistas, se hacen de forma automática, podemos incluir holguras tolerancias, cambiar el formato de las cotas, según muchos de los estándares. Funciona muy bien generando planos de montaje, ya que en un mismo plano podemos tener distintas configuraciones de producto, que se corresponderán con las distintas fases de montaje de este.

Posee también dos **módulos de chapa**. Un módulo de diseño con muchas operaciones específicas en chapa y comandos directos. Permite la ingeniería simultánea entre las representaciones plegadas y desplegadas de la pieza. Un módulo de producción con el que se puede estudiar la viabilidad de cualquier pieza para ser construida en chapa.



Otro módulo interesante es el de Diseño de **estructuras metálicas**.

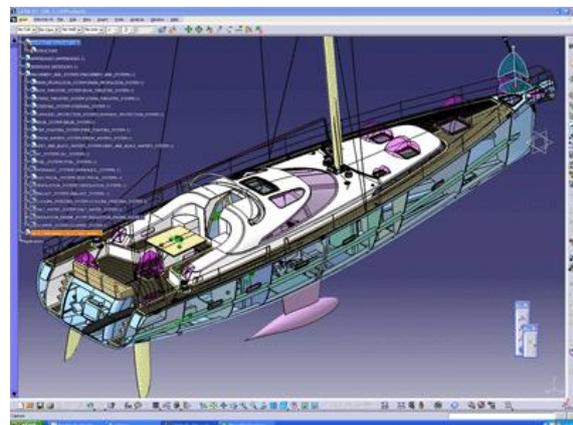
Con él se pueden construir directamente estructuras lineales, curvas y placas. Los perfiles se escogen de una librería en la que están los principales estándares del mercado (IPN, IPE, UPN, UAP, CAE,...).

Posee además un **módulo de moldes** con las librerías de los principales fabricantes del mercado (DME, EOC, HASCO, RABOURDIN,..). La información en el árbol en este caso se ordena automáticamente, y en la salida a planos tendremos los componentes perfectamente gestionados (casquillos, guías, expulsores, boquillas, etc,...). Sin embargo el programa ofrece poca ayuda a la hora de determinar el plano de partición, tarea que hasta al momento ha de realizarla el usuario.

Esta herramienta utilizada conjuntamente con los módulos de mecanizado, puede convertirse en una opción interesante para empresas dedicadas a los moldes, pero por el momento aun ha de mejorar bastante.

### ***Diseño de Formas y Estilo***

Este es la parte más fuerte de CATIA V5. Para empezar Catia dispone de un módulo específico de Digitalizado, que aunque por si mismo se queda muy corto en opciones, es sencillo e intuitivo. Al estar perfectamente integrado con los demás módulos, tenemos toda la potencia de las superficies paramétricas. Con este tipo de superficies se pueden hacer modificaciones en los perfiles en cualquier momento, y estas modificaciones se propagan a todo el diseño. Disponemos de herramientas de análisis de superficies, inflexión de curvas, curvaturas, distancias.



Catia controla todos los parámetros de unión en superficies, como la tensión en la superficies de unión, la continuidad, de estas, factores de suavizado, etc.

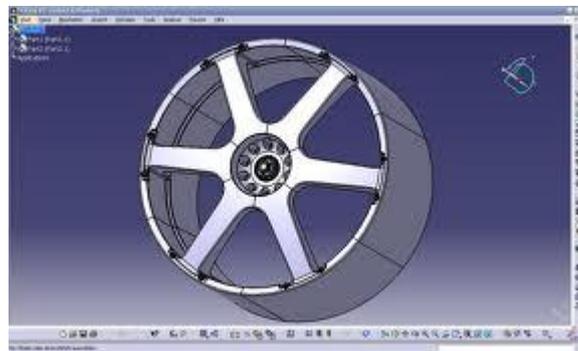
El módulo más importante en este sector es el GSD (Generative Shape Desing). En este entorno el usuario puede crear formas avanzadas basadas en la combinación de la estructura alámbrica y las múltiples características de las superficies.

Proporciona un completo conjunto de herramienta de para crear y modificar las superficies mecánicas utilizadas en el diseño de formas complejas y piezas híbridas.

En nuevas versiones y en configuraciones de programa avanzadas se influye un módulo llamado **superficies de clase A**, con las que se crea geometría con unas especificaciones muy exigentes, con las que satisfacer a la industria automovilística y aeronáutica.

Para modeladores más avanzados Catia dispone de un módulo de superficies de estilo libre, en el que se trabaja con NURBS y Bezier, los diseñadores pueden manipular de forma directa las superficies y conservar las asociaciones de forma subyacente.

Vinculado a este módulo tenemos otro con el que podemos crear geometría a partir de modelos 2D. Este módulo, es especialmente útil cuando detrás de un Diseño hay un trabajo grande de bocetado por parte de los estilistas.



### **Análisis**

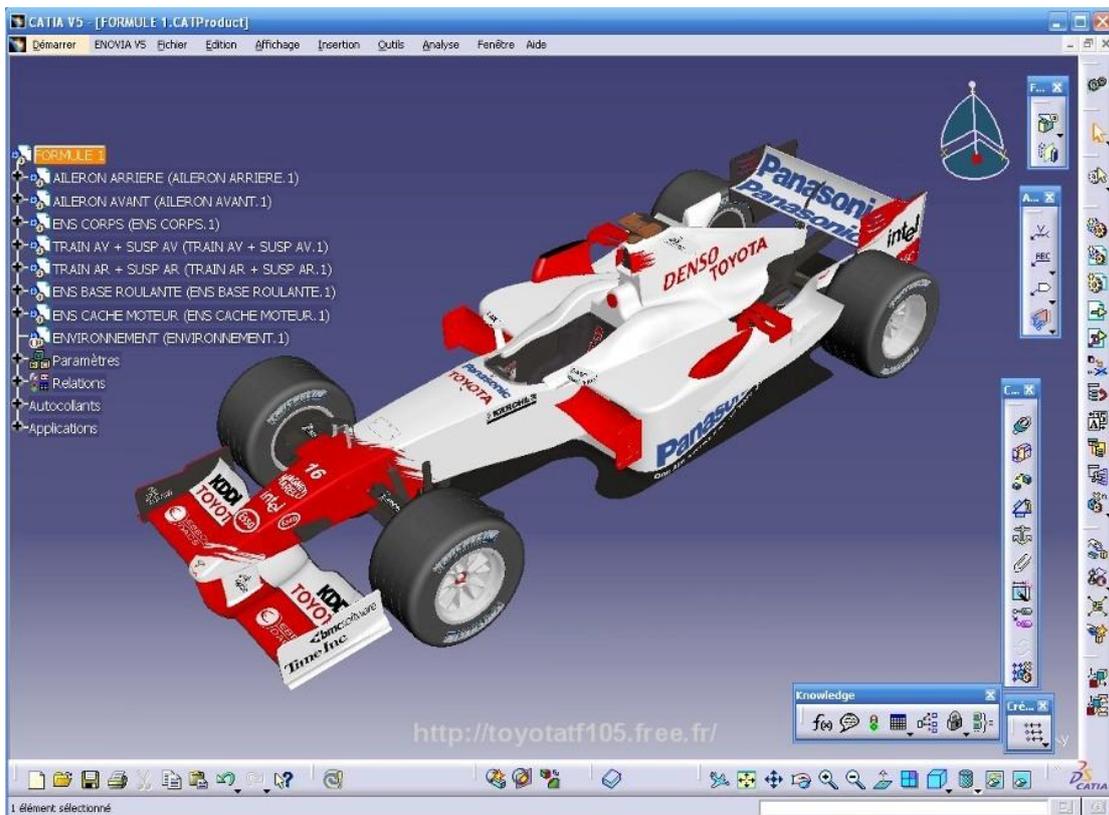
Realiza análisis de esfuerzos y de vibración en conjuntos para conjuntos con el fin de generar diseños de alta calidad en poco tiempo. No es un programa estricto de cálculo por elementos finitos, ya que hay muchos parámetros que no se pueden controlar, pero simplifica enormemente el análisis, sacrificando precisión. El programa genera reportes en modo automático, con representaciones gráficas de las tensiones y deformaciones.

Las nuevas actualizaciones del programa incorporan un módulo de mallado, que permite calcular algunos parámetros y realizar cálculo a superficies.

## Mecanizado

CATIA V5, dispone de tres módulos de mecanizado, que generan el programa para nuestra máquina de control numérico que podemos escoger en la base de datos, donde están los principales postprocesadores del mercado.

Los módulos de los que dispone el programa son: Mecanizado prismático en 2,5 ejes, de superficies 3 ejes, y superficies en 5 ejes.



## Equipamiento e Ingeniería de sistemas.

Conforman un conjunto de aplicaciones orientadas a los ingenieros, que sirven de ayuda para sacar toda la información posible a un producto. Pongamos el ejemplo de un ingeniero que quiere cablear un coche. Utilizando el módulo de **ruteado eléctrico**, el ingeniero puede obtener información de la cantidad de cable que va a necesitar de cada tipo, si habrá interferencias en las distintas zonas del coche, si habrá o no problemas a la hora de cambiar ese componente... Podemos optimizar también el ruteado de sistemas de tuberías, diseñar y revisar sistemas eléctricos, etc.

Otros módulos incluidos en esta sección son:

- Diseño de placas electrónicas y dispositivos eléctricos, donde estamos auxiliados por una extensa librería de componentes estándar, como conectores, resistencias, condensadores, etc.
- Librería de componentes eléctricos: crea y gestiona catálogos de dispositivos eléctricos.
- Diagramas de sistemas, son diagramas 2D de sistemas de tuberías.
- Instrumentación y tuberías: Crea y gestiona diseños lógicos de sistemas de tuberías utilizando las convecciones, terminología y practicas estándar en el sector.
- Diagramas HVAC: Crea y gestiona diseños lógicos de climatización y ventilación.
- Disposición en Planta: Permite organizar y distribuir una planta de producción.

### ***Síntesis de Productos***

**Simulador de montaje de conjuntos:** Este módulo dispone de las herramientas necesarias para hacer una validación del montaje y ensamblaje de piezas. Genera información útil sobre el espacio reservado a las operaciones de desmontaje, con el fin que se tenga en cuenta en futuras modificaciones del diseño.

**Simulador de Mecanismos:** Define mecanismos utilizando gran variedad de tipos de acoplamientos o bien generándolos automáticamente a partir de restricciones de conjuntos mecánicos.

Comprobamos las interferencias las distancias mínimas. Está pensado para todo tipo de industrias.

**Render:** Este módulo permite situar piezas o conjuntos en un entorno, en el que manipulando puntos de luz y las propiedades de los materiales creamos imágenes foto realísticas de nuestras piezas.



**Gestión del conocimiento:** También llamado KBE, que ha sido tratado en el número anterior de esta revista. Las piezas generadas por ingeniería basada en el conocimiento, incorporan en al Diseño, el comportamiento, las fórmulas, las reglas, y todo lo que el ingeniero considere necesario, en la realización de una pieza de ese tipo. Los diseñadores de una empresa no tienen los conocimientos técnicos del ingeniero. Si un producto se diseña bien por este método, el programa le guiará avisándole.

## 1.5 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo:

### 2.1 Conjunto estructural:

Se define como se ha llevado a cabo el diseño de las diferentes partes del robot, mostrando los problemas encontrados a lo largo del proceso. Se explica cuáles han sido los criterios de diseño, tanto los impuestos por las reglas o normativa del concurso como los perseguidos con el diseño de todas las piezas.

#### 2.1.1 Planta baja:

Se justifica el diseño del chasis y los elementos estructurales que van colocados sobre esta, diseñados para dar soporte y sujeción a los diferentes sistemas del robot.

#### 2.1.2 Primera planta:

En este apartado describiremos el proceso de diseño de la base de la primera planta del prototipo robot así como los elementos o componentes que se incorporan en ella.

#### 2.1.2 Segunda planta:

En este apartado describiremos el proceso de diseño de la base de la segunda planta del robot.

### 2.2 Cableado, conexión y alimentación de los sistemas

En este apartado se va a desarrollar como están configuradas las conexiones del robot, la alimentación de los distintos sistemas y elección de la batería.

# Capítulo 2. Memoria

## 2.1 Conjunto estructural

Dentro del apartado diseño estructural se define como se ha llevado a cabo el diseño de las diferentes partes del robot, mostrando los problemas encontrados a lo largo del proceso. Se explica cuáles han sido los criterios de diseño, tanto los impuestos por las reglas o normativa del concurso como los perseguidos con el diseño de todas las piezas. Se hablará también de los materiales empleados y sus ventajas e inconvenientes frente a otros.

Ajustándose al tamaño máximo impuesto por las reglas del concurso, se han diseñado y construido piezas para prácticamente todos los sistemas principales del robot, con la finalidad de ser lo más ligero, sin comprometer la calidad y robustez de su estructura, empleando materiales livianos y resistentes como el aluminio y con exigentes condiciones de contorno centradas en ser eficientes energéticamente en todos los sistemas y aprovechar el espacio al máximo. También se ha pensado en incorporar los elementos más pesados del robot situándolos en la posición más cercana al suelo para mejorar el comportamiento dinámico ya que su centro de masas es más bajo.

El diseño estructural final del robot se ha planteado y desarrollado dividiéndose en tres partes:

- ❖ Planta baja
- ❖ Primera planta
- ❖ Segunda planta

Como se ha comentado con anterioridad, el esqueleto principal del robot lo forman: La planta baja, primera planta y segunda planta. A esto hay que añadir diferentes elementos estructurales o pilares de unión entre las bases o pisos de las plantas y la carcasa exterior.

Por lo tanto se procede a describir toda la arquitectura o conjunto estructural existente en cada una de las partes o plantas que consta el robot.

## 2.1.1 Planta baja

La planta baja es la cavidad del robot más próxima al suelo donde irán incorporados gran parte de los componentes del prototipo. La base de esta planta baja es el Chasis del prototipo robot. Se justifica el diseño del chasis y los elementos estructurales que van colocados sobre esta, diseñados para dar soporte y sujeción a los diferentes sistemas del robot.

Se plantea un pequeño índice para este apartado:

- Diseño del Chasis
- Diseño Escuadras para los motores del sistema de Tracción
- Diseño Escuadra fijación solenoide
- Diseño pilares de fijación a la base para el sistema Dribbler
- Columnas de soporte para plantas superiores

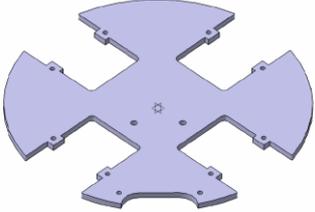
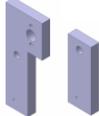
Elemento	Función	Imagen CatiaV5
Chasis	Base soporte principal del robot Diseño tipo Piso Bajo	
Escuadras para los motores	Pieza de soporte para los motores del sistema de tracción y fijación a la base principal	
Escuadra fijación solenoide	Escuadra para la fijación del solenoide a la base principal	
Pilares sistema Dribbler	Piezas de soporte para el sistema Dribbler y fijación a la base principal	
Casquillo Ruedas	Pieza para la unión de la rueda omnidireccional al eje del motor	

Tabla 1 Elementos estructurales diseñados y su función



➤ **Diseño del Chasis**

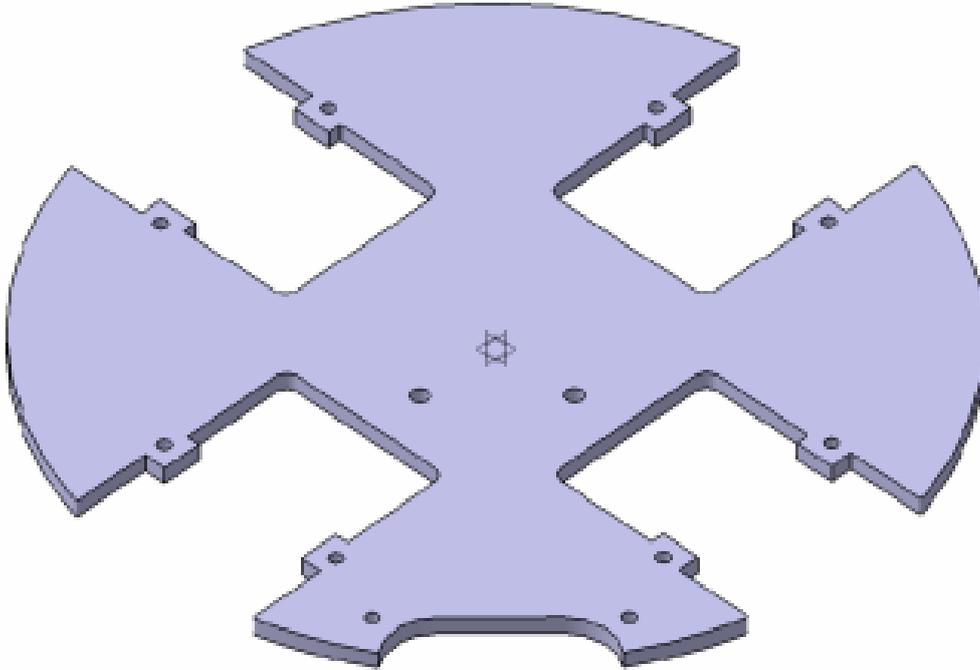


Figura 2. 1 Chasis

La base principal o chasis del prototipo se considera la parte estructural más importante de toda la arquitectura o estructura física del robot.

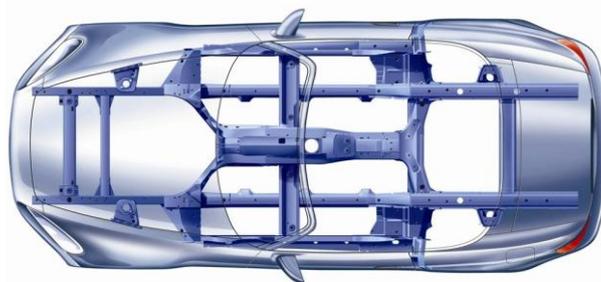


Figura 2. 2 Vista en planta, Chasis Honda S2000

Su diseño de forma circular se basa principalmente en la regla 2.4 del concurso donde se especifica que el diámetro máximo del robot no puede sobrepasar los 180mm.

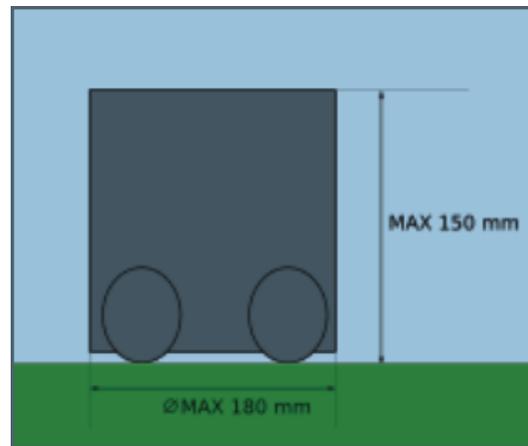


Figura 2. 3 Dimensiones máximas

El material a emplear ha de ser resistente a la vez que ligero, ya que por un lado debe aguantar posibles choques con otros robots y golpes de la pelota, y por otro es la estructura que a sufrir todos los esfuerzos derivados del peso total. Se necesita un material que sea sencillo para su mecanizado ante futuras modificaciones para mejoras o cambios. Se pensó en materiales duros y ligeros como metacrilato, que fue descartado rápidamente debido a su fragilidad ante golpes y deformaciones debidas al peso o tensión. Se eligió entonces el Aluminio como material para esta base principal, y como más adelante se demuestra, el aluminio se convertirá en uno de los principales protagonistas en cuanto a los materiales empleados en el diseño estructural del prototipo robot.

Para explicar cómo se ha llegado al diseño final de la base principal del robot se detallan los pasos que se siguieron superando las dificultades que iban surgiendo en el proceso de diseño y construcción:

En un primer momento se pensó colocar los motores empleados en el sistema de tracción bajo esta base principal, acoplados mediante unas escuadras de sujeción y fijación a la superficie inferior de la base de forma que los motores quedarán en configuración voladiza, como ejemplo de lo comentado se observa un prototipo de la robot con esta configuración en la siguiente imagen.

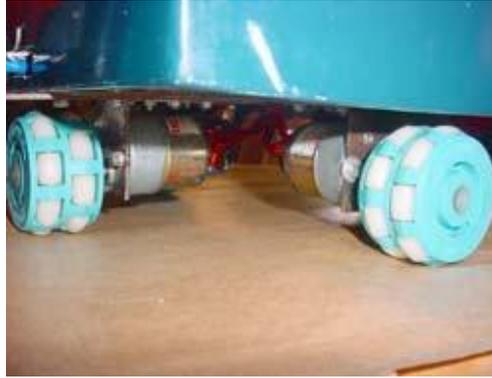


Figura 2. 3 Configuración voladiza (No seleccionada)

Más tarde, según se iba trabajando en el diseño de los diferentes sistemas del robot, el equipo de trabajo se percató rápidamente de uno de los principales inconvenientes con los que se ha tenido que lidiar continuamente: El espacio.

El espacio ha sido un gran problema a la hora de embeber todos los sistemas necesarios. Como hemos comentado con anterioridad, con un diámetro máximo de 180mm y una altura máxima permitida de 150mm según las reglas de concurso, situar los motores bajo la estructura en configuración voladiza podría generarnos problemas de espacio a la hora de incorporar todos los sistemas necesarios. Por lo tanto se ideó otra forma inteligente de colocar el sistema de tracción sin desaprovechar lo más mínimo el espacio en esta base principal, ésta nueva colocación de la base principal sería la definitiva.

La configuración elegida es la denominada configuración tipo “**Piso Bajo**”. El piso bajo es una solución que aporta mejoras en el aprovechamiento del espacio, véase los bogie’s de tranvías, trenes de última generación que se encuentran perfectamente integrados en el chasis principal, otro ejemplo el piso bajo usado en los autobuses.



Figura 2. 4 Piso Bajo Autobús



Figura 2. 5 Piso bajo Tren

El único posible inconveniente a la hora de elegir una configuración tipo piso bajo para el diseño de la base principal es su alto coste en tiempo de diseño, siendo necesario un mecanizado a medida exhaustivo para incorporar los motores de forma que queden a la altura seleccionada como óptima tanto para el aprovechamiento del espacio como para el golpeo de la pelota por parte del solenoide. Con esta configuración tipo “**Piso Bajo**” conseguimos entonces aumentar el aprovechamiento del espacio disponible al máximo para embeber todos los sistemas necesarios en esta planta baja.

Una vez seleccionada la configuración para la colocación de los motores, se pensó en la manera en que el chasis iba a soportar la tensión de esfuerzo que genera el peso del robot completo sobre la base. Este esfuerzo se transmite a través de las ruedas en contacto con el suelo, a su vez, éstas unidas a los ejes del motor. Los motores por su parte deben ir fijados sólidamente al chasis tipo piso bajo del robot. Por lo tanto los esfuerzos del peso total del robot se reparten en los 4 motores, tanto en el eje de cada uno como en la fijación o unión del motor con la base principal del robot por medio de las escuadras diseñadas para tal fin de las que hablaremos más adelante. Todo esto se ha tenido en cuenta a la hora de escoger tanto los motores (se tuvo en cuenta las capacidades en peso que soportaba el eje del motor) como el espesor de la base de aluminio. Habiendo consultado con expertos en mecánica, diseño industrial y el departamento de oficina técnica de la universidad, se llegó a la conclusión que la base debería de soportar todo tipo de esfuerzos con un coeficiente de seguridad elevado con tan sólo 3mm de espesor. Como se estaba en una fase inicial de proyecto y no se sabía si se incrementaría el peso total del robot por encima de los 3Kg estimados, se decidió seleccionar un espesor de **4mm** para el diseño de la base principal.

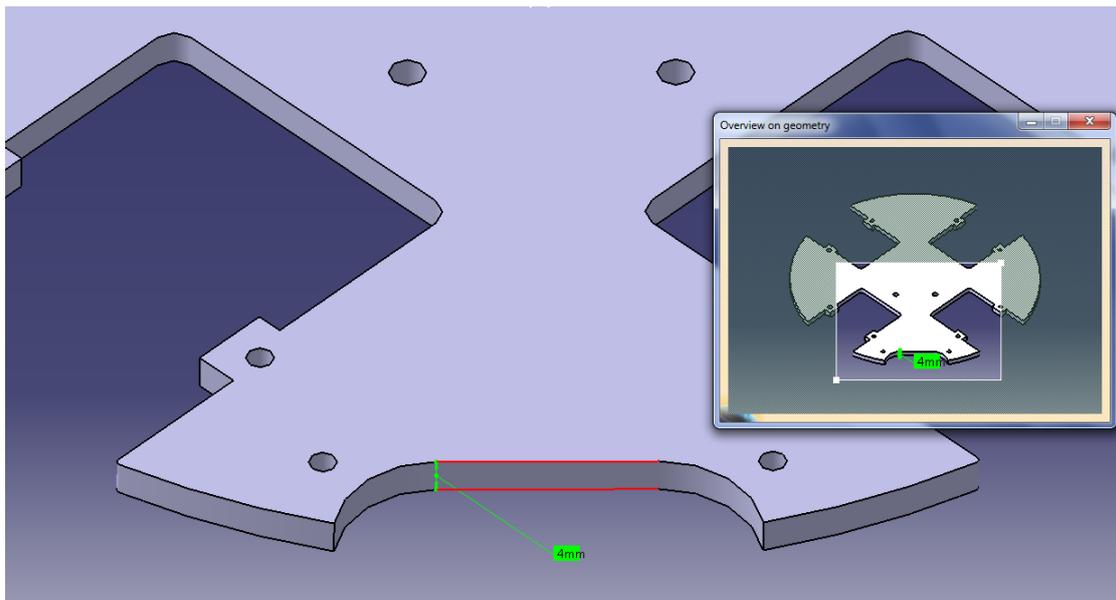


Figura 2. 6 Grosor del Chasis

Una vez seleccionado el material, Aluminio y el espesor de éste, 4mm, se dispuso a diseñar el orificio para los motores maxon flat EC 45 seleccionados para el sistema de tracción quedando entonces la base en configuración tipo piso bajo.

En el diseño de los huecos u orificios donde irán insertados los motores en el chasis principal tipo piso bajo entra en compromiso la altura final del robot, ya que al diseñar las orificios para insertar los motores, su variación vertical con respecto al suelo y al ser de forma cilíndrica hace que se ensanche o estreche el hueco con la forma de la planta del motor.

La altura óptima se ha seleccionado en base a las dimensiones del solenoide del sistema de disparo ya que éste fijado sobre la base principal ha de tener una altura al suelo en la que la pluma que golpea a la pelota quede en el punto medio de la pelota para ejercer un golpeo adecuado. El ajuste final de la altura del solenoide se realizará con el diseño de la escuadra soporte del solenoide para su fijación al chasis.

Por lo tanto se optó por configurar un airgap<sup>1</sup> de 4mm. En el siguiente esquema se muestra el porqué de los 4mm de espacio entre la base y el suelo.

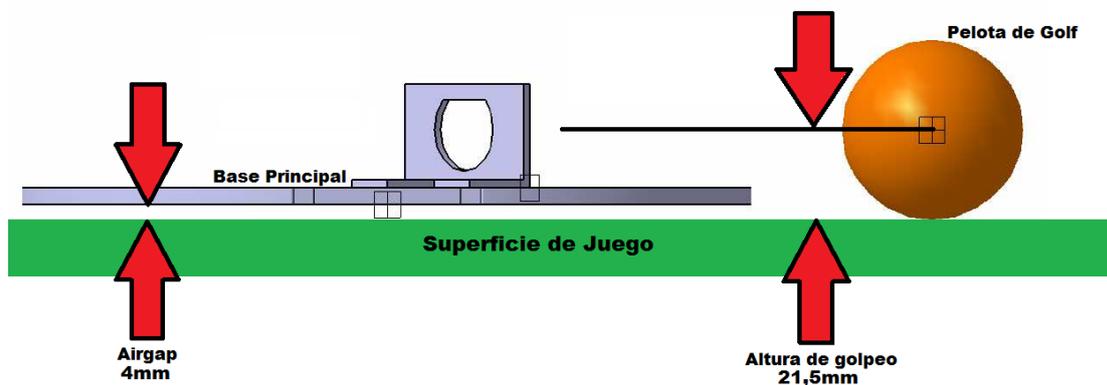


Figura 2. 7 Altura o Airgap del Chasis

Como se observa en la imagen de arriba, el diseño está optimizado para que el golpeo de la pluma del solenoide sea lo más centrado posible del punto “dulce” de golpeo de la pelota de golf. El punto óptimo de golpeo o punto dulce se encuentra en el centro absoluto de la pelota de golf, exactamente a 21,5 mm del suelo o superficie de juego.

El proceso de diseño de la base también necesita estar en concordancia con los motores seleccionados y ruedas omnidireccionales, ya que se necesitan las medidas exactas de los motores y las ruedas para elaborar un primer boceto y comprobar

<sup>1</sup> Airgap: Espacio comprendido entre la cara inferior de la base principal y la superficie del suelo.

tomando medidas de cómo quedarían los 4 motores colocados a 45°, teniendo en cuenta tanto espacio superficial en planta como altura vertical al suelo.

A continuación se incluyen los extractos de las hojas de características tanto de los motores Maxon seleccionados como de las ruedas omnidireccionales:



2051

**Standard 2" O.D. - 1/4" Plain Bore**  
**Metric 49.2mm O.D. - 6.35mm Plain Bore**  
Recommended max load | Steel Bottom = 25 lbs. **11.3kg**  
Plywood Surface = 7.5 lbs. **3.4kg**  
200# Test Corrugated Bottom = 5 lbs. **2.25kg**  
Weight = 1.00 oz

Figura 2. 8 Dimensiones Rueda Omnidireccional

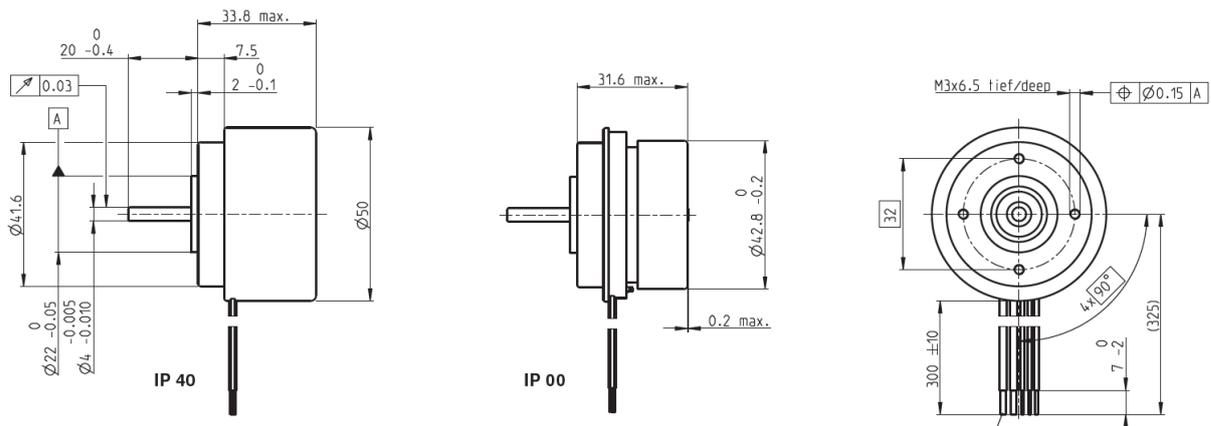


Figura 2. 9 Dimensiones Motor Maxon EC 45

Observamos que el diámetro exterior máximo de los motores son 50mm y el diámetro exterior de las ruedas omnidireccionales 49.2mm. Una vez tenemos en cuenta todo lo comentado anteriormente diseñamos con Catia el hueco orificio o perforación con las dimensiones exactas para albergar los motores, quedando una altura óptima para el sistema de golpeo y un airgap de 4mm. Por otro lado, en la imagen de arriba se observan dos vistas laterales del motor, en la del centro se observa el motor sin la tapa o caja, tal y como fue pedido a Maxon motors. La de más la izquierda es el motor con la tapa y para el cual se han realizado los huecos a medida en el chasis.

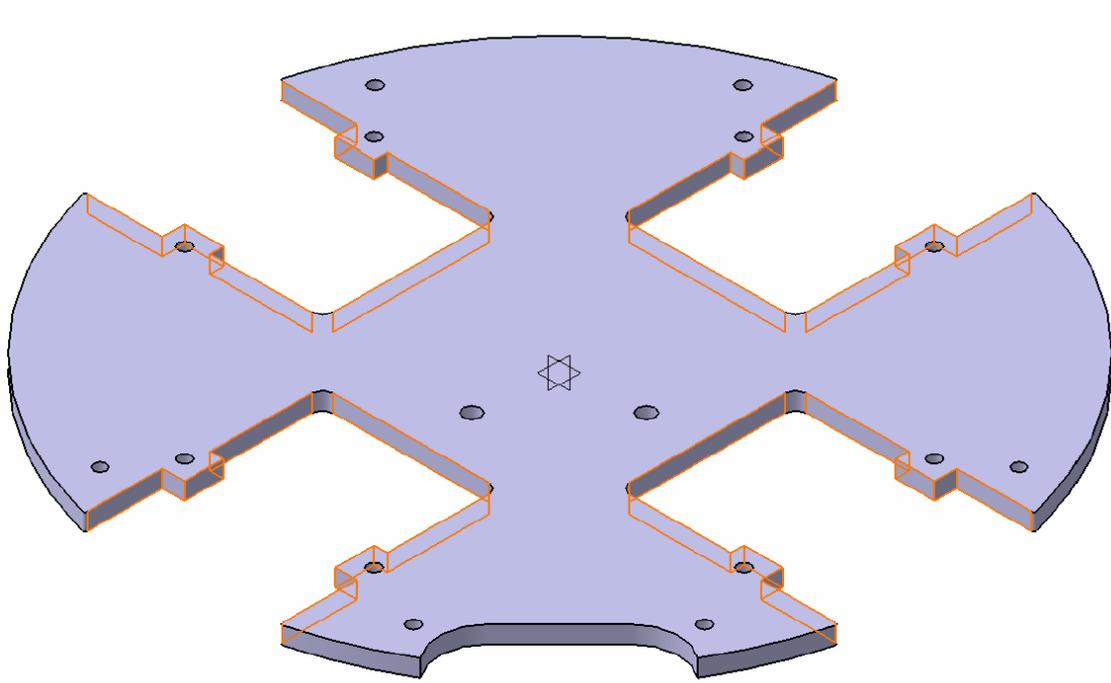


Figura 2. 10 Huecos para la inserción de los Motores en el Chasis

Para asegurarnos todavía más que la base no sufriría ningún esfuerzo no deseado ocasionando líneas de concentración de tensión, se pensó en eliminar los puntos que podrían concentrar esfuerzos como los acabados en ángulo recto de los huecos para los motores. Estos puntos de concentración de esfuerzos fueron eliminados realizando el empalmado de bordes, suavizándolos con forma circular, en el software de diseño Catia esto tiene la connotación Edge Fillet.

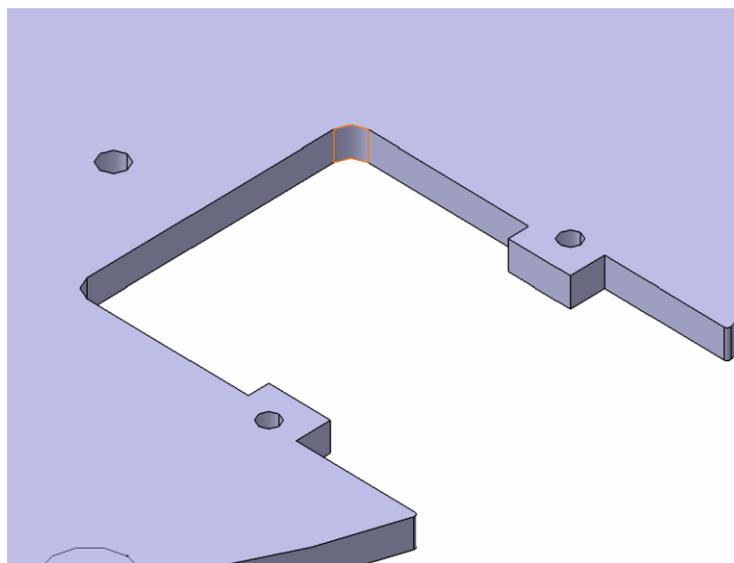


Figura 2. 11 Eliminación de punto de concentración de Tensiones

Tras su mecanizado, la base principal en configuración tipo piso bajo queda de la siguiente manera:



Figura 2. 12 Imagen real del Chasis Terminado

## ➤ Diseño Escuadras para los motores del sistema de Tracción

Una vez seleccionados los motores y las ruedas omnidireccionales que formarán parte del sistema de tracción del robot, se buscó documentación con las hojas de especificaciones de éstos encontrando las medidas exactas para la ubicación de los orificios de fijación y así poder diseñar y construir una escuadra que permita unir firmemente los motores a la base principal sin desviarnos de la problemática encontrada con el espacio.

Los motores seleccionados para el sistema de tracción son EC flat 45 del fabricante Maxon, quién dispone de un soporte técnico importante, tanto de hojas de especificaciones muy completas como de todo tipo de documentación o ficheros para programas de diseño industrial. Por otro lado, las ruedas omnidireccionales seleccionadas son del fabricante Kornylak modelo Transwheel 2051-1/4.

De las hojas de características de ambos extraemos la información necesaria para el diseño de las escuadras: Medidas precisas de la ubicación de los orificios-taladros que cuenta el motor para su fijación y medidas exactas de las ruedas omnidireccionales.

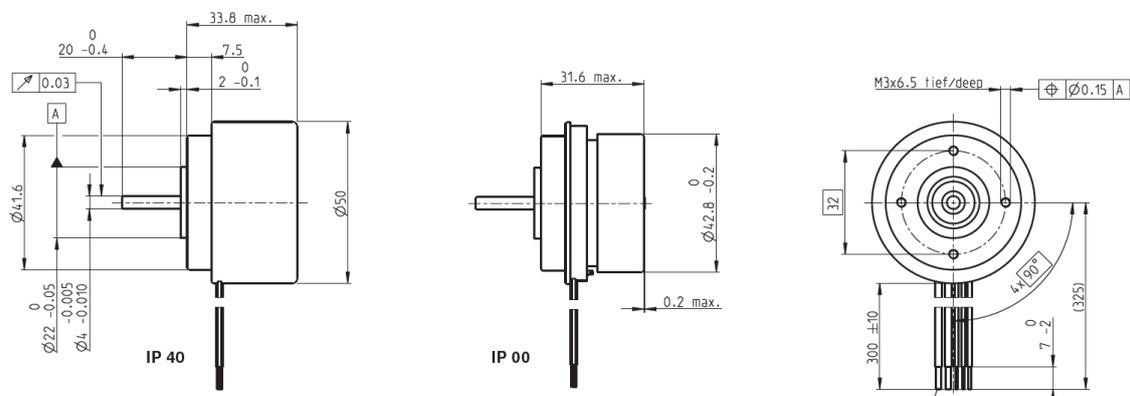


Figura 2. 13 Dimensiones Motor Maxon EC 45

Tras conocer la posición exacta de los taladros del motor para su fijación y las medidas exactas de las ruedas comenzamos con el diseño de las escuadras para la fijación de los motores a la base.

Se ha tenido en cuenta el diseño tipo Piso Bajo del chasis por lo tanto el diseño de las escuadras para la incorporación de los motores posee un orificio por el que se superpone la estructura cilíndrica del robot.

A continuación se muestra un boceto de cómo fue concebido el diseño de las escuadras para la fijación de los motores al chasis:

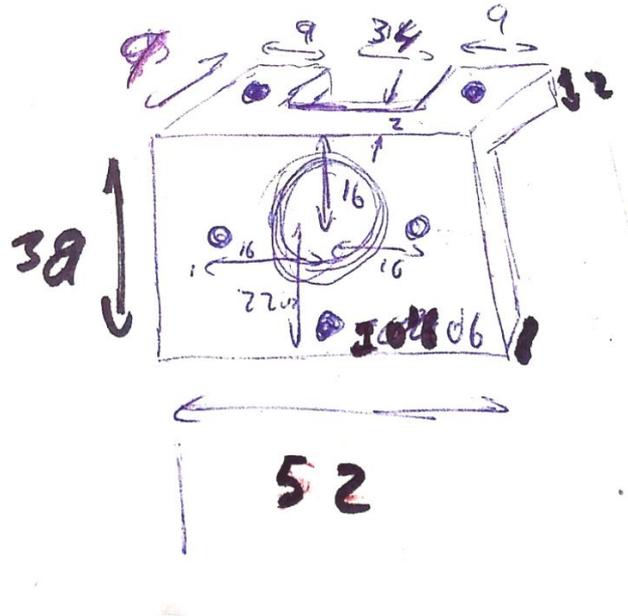


Figura 2. 14 Boceto de diseño Escuadra motor

Se seleccionó el aluminio como material con un grosor de 2mm para la construcción de las escuadras y se realizó entonces su modelado en Catia dando como resultado:

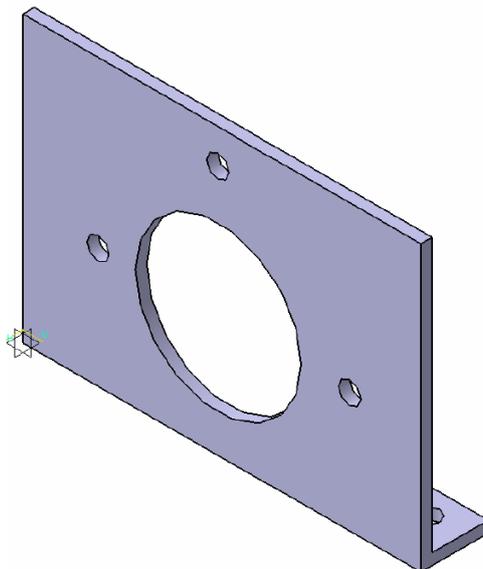


Figura 2. 15 Vista en Catia de la escuadra Motor 1

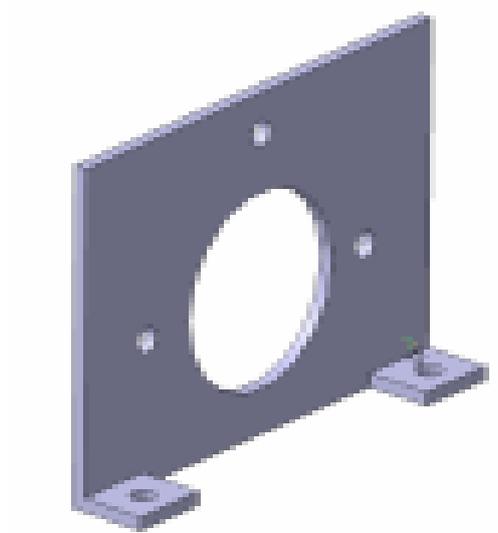


Figura 2. 16 Vista en Catia de la escuadra Motor 2

Una vez concebidas las escuadras para los motores, se crea un nuevo producto formado en Catia formado por dos partes: El modelado del motor maxon ec 45 flat (verde en las imágenes posteriores) y la propia escuadra en la que se fijará el motor mediante los orificios para tal fin.

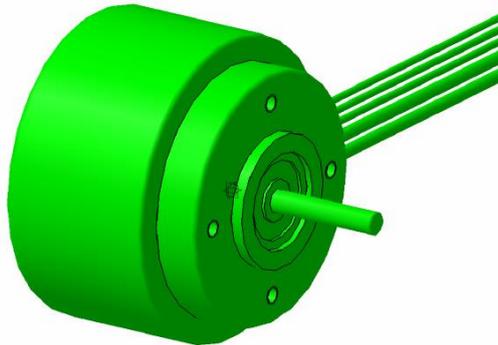


Figura 2. 17 Modelado en Catia del Motor Maxon EC 45

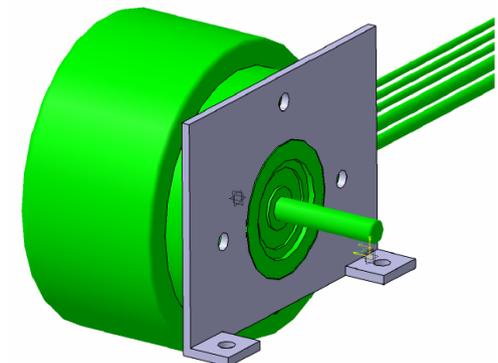


Figura 2. 18 Vista en Catia de la escuadra acoplada al Motor

Se observa como sobresale el motor por la parte inferior de la escuadra de fijación, comprendiendo así el diseño piso bajo del chasis, embutiendo los motores y seleccionando la altura deseada para el chasis.

La unión del motor a la escuadra se realiza mediante el aprovechamiento de tres de los cuatro taladros de fijación disponibles, se emplean tornillos con avellanado en su cabeza para que quede una superficie totalmente plana y sin irregularidades que permite el montaje de la rueda omnidireccional a menos de un milímetro de la superficie de la escuadra por su cara exterior.



El diseño en Catia de las cuatro escuadras montadas en la base principal junto con los motores:

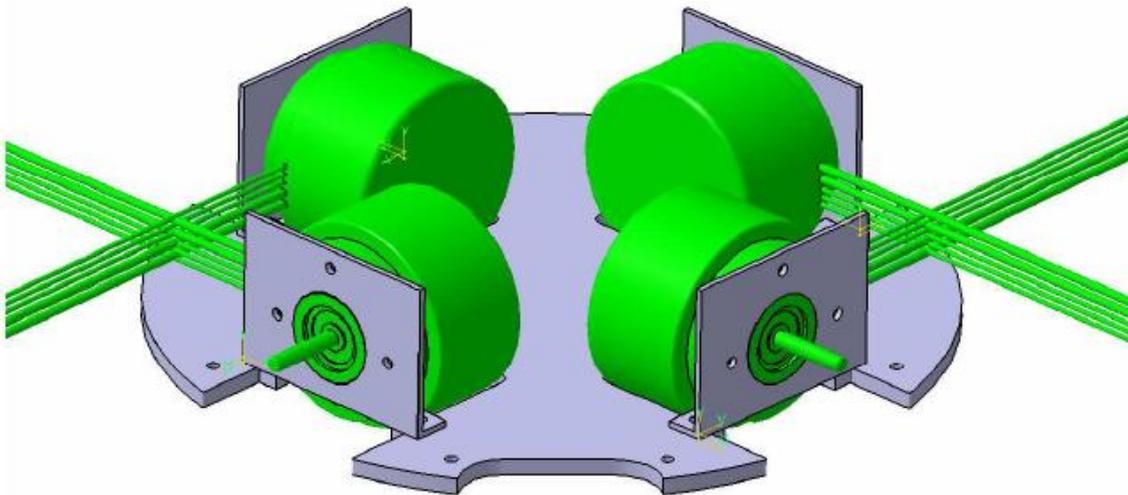


Figura 2. 19 Chasis con las escuadras y motores acoplados

Habiendo consultado con el departamento de oficina técnica para realizar simulaciones de pruebas de esfuerzo con el aluminio, todo indicaba que con 2mm de espesor y dos taladros roscados eran más que suficiente para obtener una fijación sólida entre los motores y la base.

El material seleccionado es una vez más aluminio y se trabajó en la construcción a partir de un retal con perfil en L.

Resultado final de la escuadra tras pasar por el departamento de oficina técnica, totalmente terminada a punto para su montaje:



Figura 2. 20 Imagen real de la escuadra motor Mecanizada 1



Figura 2. 21 Imagen real de la escuadra motor Mecanizada 2

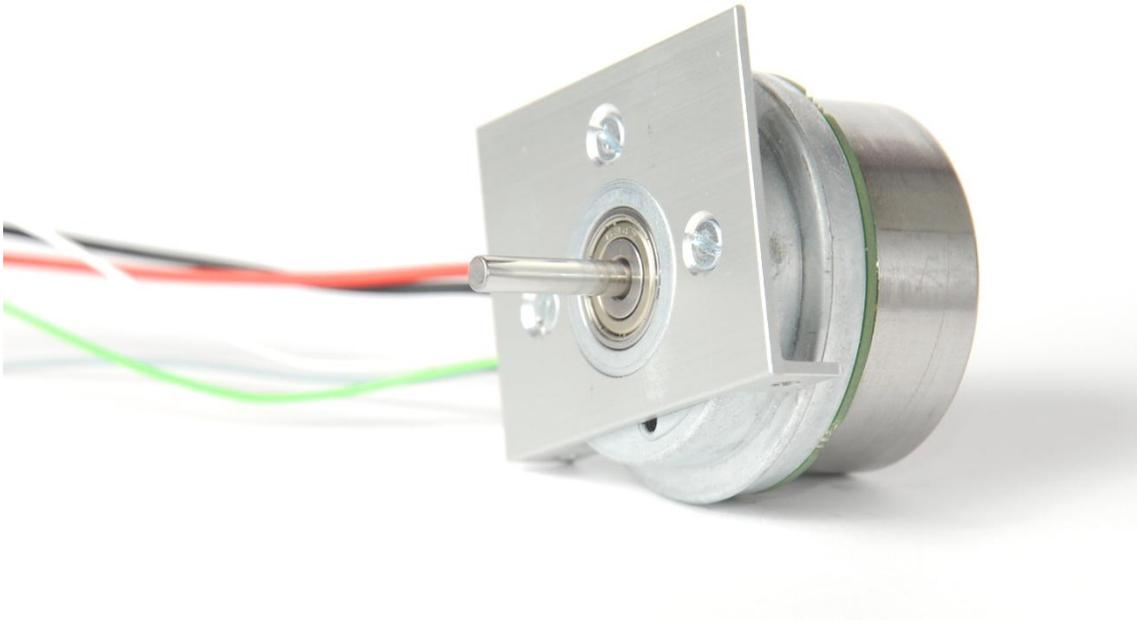


Figura 2. 22 Imagen real de la escuadra con el motor acoplado

### **Ubicación de las escuadras en base principal tipo piso bajo:**

Es necesario realizar los taladros en la base principal para la fijación de las escuadras mediante tornillos roscados, para ello se ha de conocer las dimensiones exactas de las ruedas y los motores insertados en las escuadras ya que debemos de ser conscientes de las limitaciones de espacio y ajustarnos el máximo posible pegándonos al exterior del círculo que forma la base.

Para dar con el punto exacto de la ubicación de las escuadras nos planteamos un primer boceto a tamaño real en el que desde la parte exterior del robot y colocando las ruedas de forma que queden inscritas en el círculo formado por la base, colocamos a continuación la escuadra con el motor unido dejando un milímetro de separación entre la rueda y la superficie de la escuadra. De este modo tenemos el punto exacto donde irán los taladros roscados para la fijación de la escuadra del motor. Se muestra a continuación un boceto realizado:

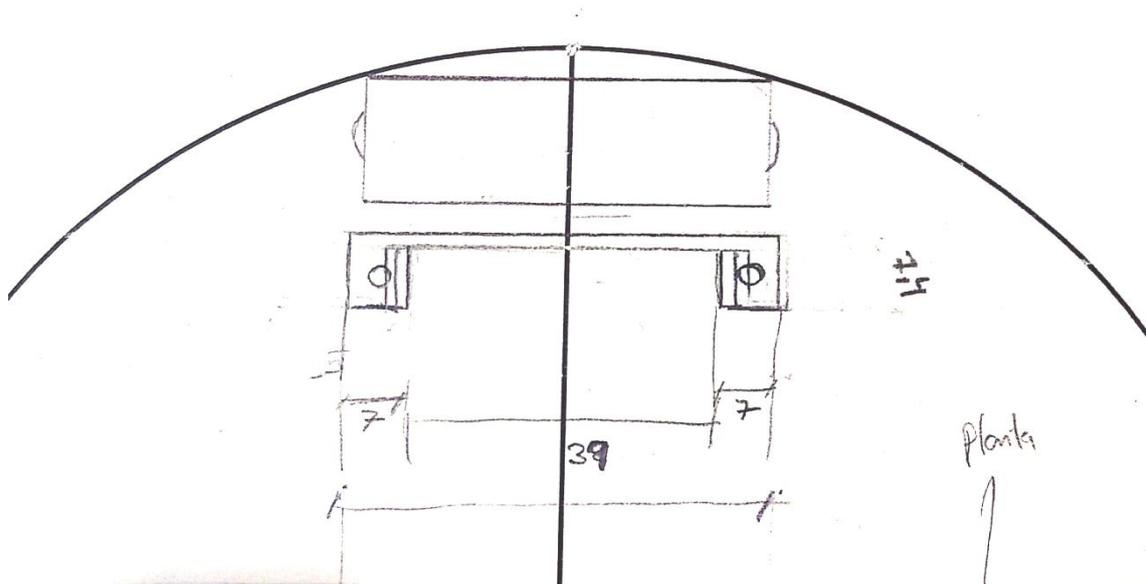


Figura 2. 23 Boceto ubicación rueda omnidireccional y escuadra del motor en el chasis

La unión se realiza con tornillos de métrica 2 de cabeza redonda con su correspondiente tuerca. La cabeza del tornillo queda por encima de la escuadra y la tuerca se enrosca por debajo de la superficie del chasis.



Para un correcto montaje de los motores y las escuadras nuestra experiencia aconseja primero ser emparejados los motores a las escuadras de fijación y posteriormente se atornillan las escuadras al chasis.

Se puede ver a continuación el resultado final tras el ensamblaje de las escuadras con los motores en el chasis.



Figura 2. 24 Imagen real del chasis con los motores acoplados

### ➤ **Diseño del casquillo para la fijación Rueda-Eje del motor**

Las ruedas omnidireccionales poseen un diámetro interior de métrica 6,35mm y el eje del motor un diámetro de 3mm. Por lo tanto se ha de diseñar y construir un dispositivo de acoplamiento Rueda-Eje que permita la firme fijación del eje del motor a la rueda omnidireccional.

El diseño de la pieza de acoplamiento Rueda-Eje se denomina comúnmente Casquillo. El resultado del diseño del casquillo con Catia es el siguiente:

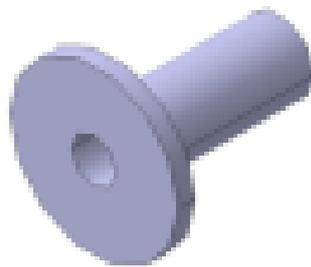


Figura 2. 25 Casquillo Rueda Omnidireccional 1

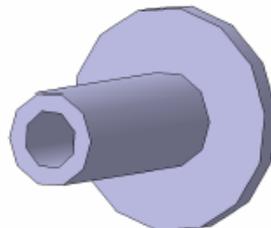


Figura 2. 26 Casquillo Rueda Omnidireccional 2

El material seleccionado para su construcción es Aluminio.

Para realizar el correcto acoplamiento de la rueda al eje del motor mediante el casquillo se empleó una pequeña gota de pegamento cianocrilato distribuida alrededor del eje del motor. Esperados unos segundos se introduce el eje del motor en el casquillo y una vez seco el pegamento se consigue una unión muy fuerte y firme para evitar pérdida de tracción en la rueda debido a una posible holgura milimétrica.

A continuación se muestra el resultado real de la rueda omnidireccional con el casquillo acoplado:



Figura 2. 27 Imagen real de la Rueda con el casquillo insertado

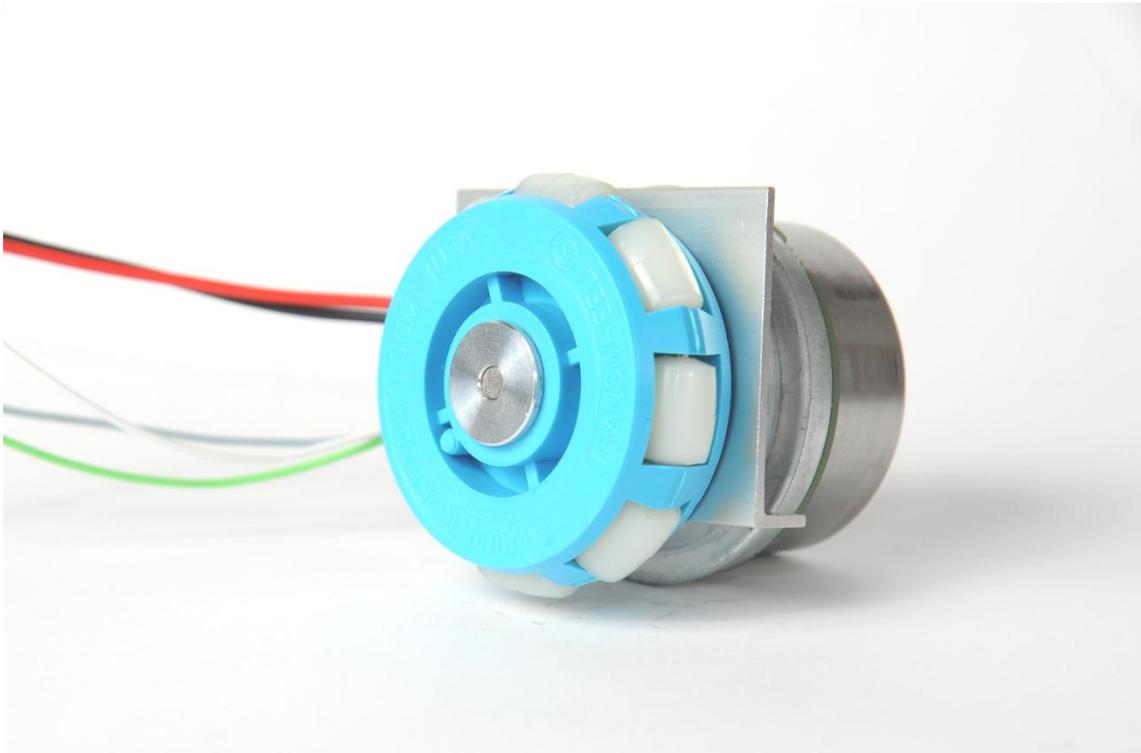


Figura 2. 28 Imagen real del conjunto tracción 1

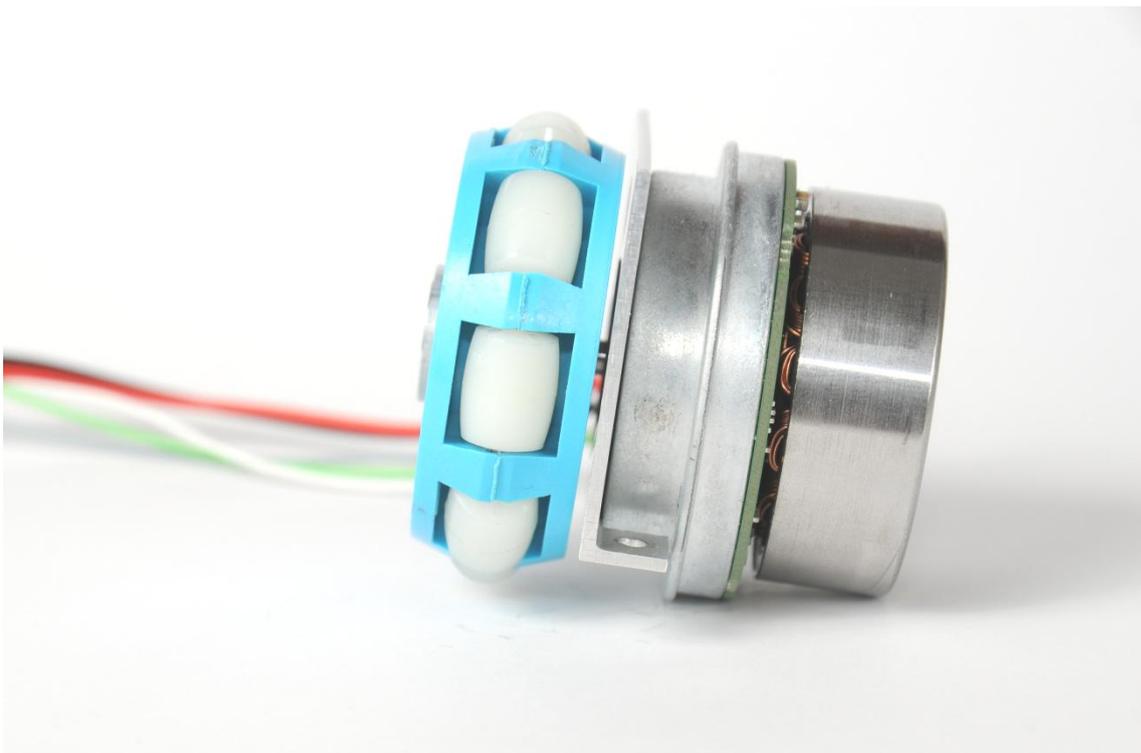


Figura 2. 29 Imagen real del conjunto tracción 2

El resultado real final del conjunto estructural Base, escuadras con motores y ruedas es el siguiente:

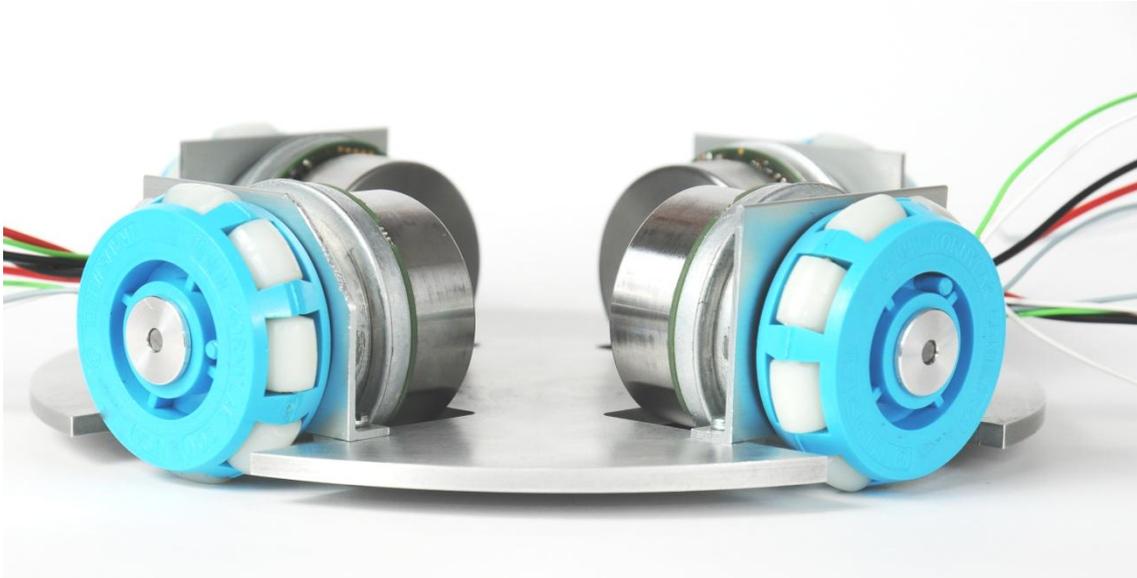


Figura 2. 30 Imagen real del Chasis con sistema de tracción acoplado

### ➤ **Diseño de la escuadra para la fijación del solenoide a la base principal**

El solenoide es el mecanismo electromecánico empleado para catapultar la pelota, tanto para efectuar un pase como un disparo a puerta.

La primera decisión a tomar es si fabricamos nosotros nuestro propio solenoide, dándole las propiedades y dimensiones que creamos adecuadas, o si buscamos uno comercial que se ajuste a nuestras necesidades. Como no sabíamos exactamente cómo iba a funcionar el disparo mediante este sistema y además este robot es un primer prototipo sobre el que se va a seguir trabajando y evolucionando, hemos optado por buscar un solenoide estándar y que se pueda comprar en alguna compañía especializada.

Nuestro patrón de búsqueda fue muy sencillo, encontrar el solenoide que mayor potencia nos entregara y que nos cupiese dentro del robot en el espacio comprendido y reservado a priori para el solenoide, en la parte central de la base entre los cuatro motores. Esto último es muy importante, ya que disponemos de un espacio muy reducido. Para aprovecharlo al máximo situaremos el disparador en la planta de abajo del robot fijado al chasis, entre medias de los motores. Así dejaremos las plantas superiores para la batería placa de control y circuito elevador de tensión para el sistema de disparo. A continuación se muestra qué dimensiones máximas puede tener, si es más ancho tendrá que ser menos largo y viceversa:

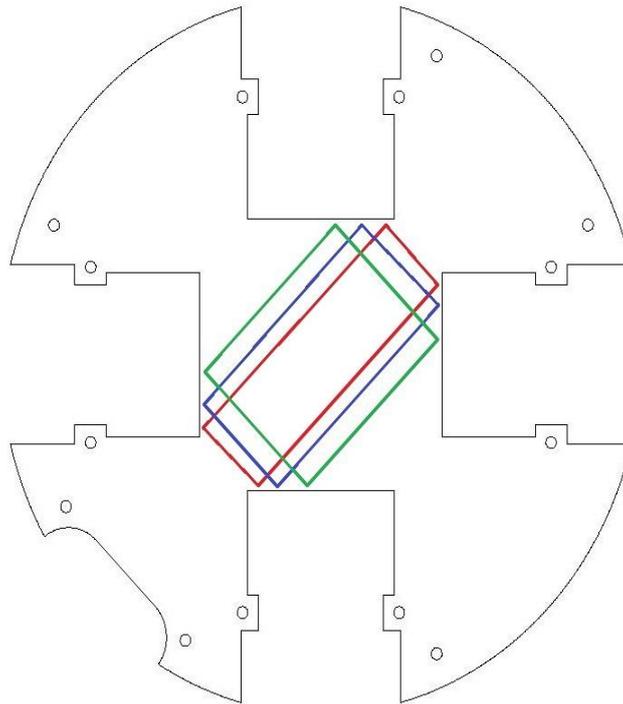


Figura 2. 31 Ubicación de los diferentes tipos de solenoide

Después de mucho buscar encontramos un solenoide que nos venía a la perfección, tanto en potencia como en dimensiones, el RP 16X16-ID. Este es un solenoide cuyas características principales son:



Figura 2. 32 Solenoide seleccionado RP16x16-ID

- Tipo push
- Potencia 38 W
- Anchura 23.5 mm
- Longitud del cuerpo 50.8 mm
- Ciclo completo 10%
- Peso 161 g

Este solenoide encaja perfectamente en la base del robot y es el que mayor potencia nos entrega de los que hemos encontrado. Se dice que nos da 38 W, pero si

profundizamos en su hoja de características (ver anexo) vemos que para un pulso, un ciclo de trabajo inferior al 10%, es capaz de entregarnos hasta 96 W. Además tiene la ventaja de pertenecer a RS, casa con la que trabaja la universidad con asiduidad.

Cuando llegó el envío a nuestras manos comprobamos que no disponía de suplemento o accesorio necesario para su fijación, por lo tanto, había que pensar y desarrollar cual sería la mejor opción para su fijación al chasis. Desde un principio y antes de su elección, se pensó ubicarlo en la parte central del robot, lo más bajo posible mejorando las condiciones dinámicas del robot, ya que el solenoide es un elemento construido básicamente a partir de un arrollamiento de cobre alrededor de un núcleo férrico, cubierto todo esto por una capa metálica, además, la pluma o elemento móvil que contacta con la pelota y hace que salga disparada también es de metal férrico, por tanto, es un elemento muy pesado y cuanto más bajo se situé colocado sobre el robot mejores será el centro de masas de este.

El solenoide nos llegó tal y como se ve en la imagen anterior, sin ningún tipo de mecanismo de retorno para el vástago y con la punta roscada. En primer lugar le pusimos una chapa metálica en la parte posterior, en la que va un resorte que permitía retroceder el pistón o pluma a una posición de reposo. Este muelle no debe de ser muy potente, ya que la fuerza que tiene que ejercer para llevarlo a su posición inicial es muy pequeña y además nos opondrá menos resistencia a la hora de realizar el disparo.



Seguidamente nos centramos en el extremo que golpea la pelota. Necesitamos alguna pieza para extender su longitud y que pueda alcanzar la bola. Para ello, aprovechando el

roscado que tiene la pieza, utilizaremos unos separadores (como los que se usan para la separación de las plantas del robot) que enroscan perfectamente. Además con esta ampliación aportamos algo de peso en este extremo, con la que podremos transmitir mayor energía a la pelota.



Por último sólo nos queda anclar el solenoide a la base. Para ello se ha diseñado con Catia una escuadra (planos en anexo) que lo fija perfectamente mediante 2 tornillos y además lo deja a una altura alineada con el centro de la pelota para que el disparo sea óptimo. Estos dos elementos van unidos entre sí mediante una tuerca.

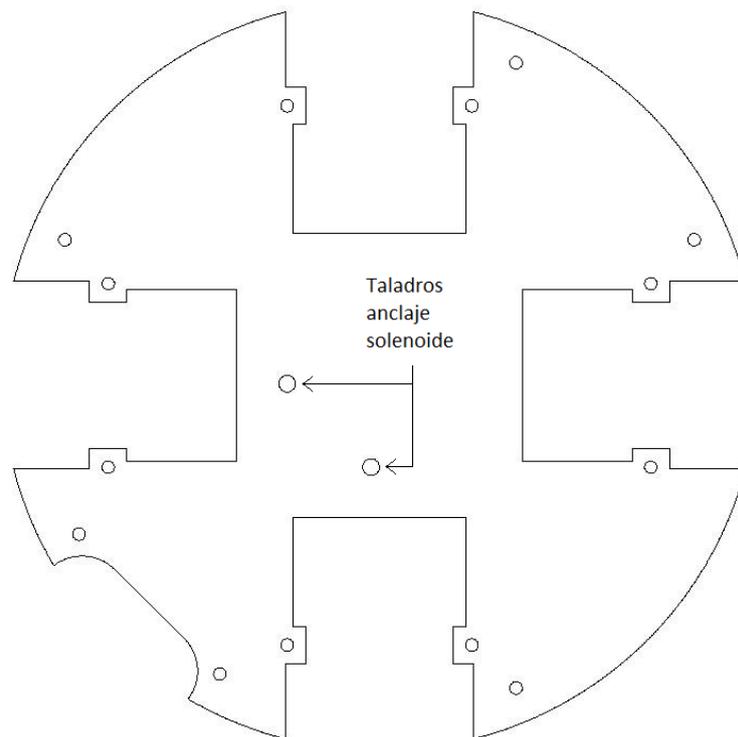


Figura 2. 33 Ubicación de los taladros para la fijación de la escuadra del solenoide

La forma más sencilla de fijar el solenoide a la base sería diseñar una escuadra en forma de L, parecida a las escuadras de los motores, con un orificio con la forma necesaria para insertar el solenoide fijándolo con la tuerca en el propio cuerpo roscado de este. Tras tomar las medidas necesarias el diseño realizado con la herramienta software Catia es el siguiente:

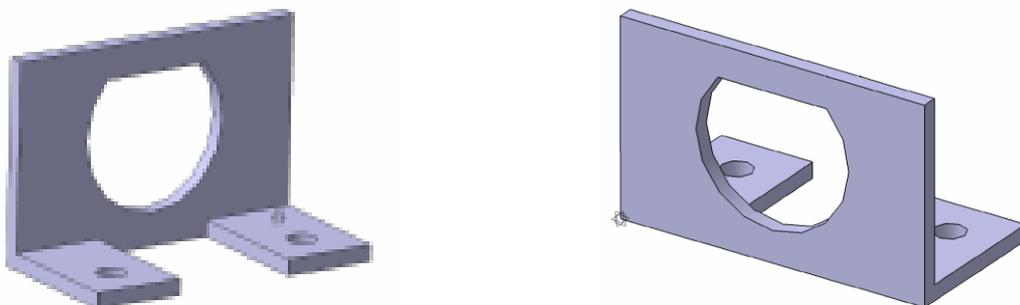


Figura 2. 34 y 35 Modelado en Catia Escuadra Solenoide Vista 1

La unión de la escuadra con el chasis se realiza con tornillos roscados métrica 2 de cabeza redonda con su correspondiente tuerca.



#### Ubicación del solenoide en el robot:

Como ya hemos comentado anteriormente, el solenoide irá fijado en la parte central de la base principal del robot. En este caso, ha de ir colocado entre los cuatro motores maxon ec45 del sistema de tracción. El solenoide fue seleccionado en base al espacio disponible en la planta baja del robot, siempre y cuando cumpliera las necesidades de potencia de golpeo necesarias para ejercer un disparo decente, luego, disponemos del espacio necesario para colocarlo. Para la disposición de la escuadra de fijación del solenoide, se han realizado los taladros en la base con la métrica adecuada.

Para golpear la pelota con la pluma del solenoide, es necesario dar alcance hasta la pelota estando esta retenida y en la posición correcta gracias al sistema de dribbler del que hablaremos más adelante. Se añadió un aplique en la punta roscada de la pluma para dar el alcance necesario y efectuar el disparo de manera efectiva.



Tras múltiples pruebas de golpeo realizadas demostró cual es la posición idónea de golpeo de la pelota y la posición exacta de la pluma en estado de reposo. El estado de reposo al cual nos referimos es el punto desde el que parte la pluma en el interior del solenoide e inicia su movimiento inducida por el campo creado por el solenoide. Para la regulación oportuna de esto, y para devolver la pluma al estado de reposo tras efectuar un disparo, la solución adoptada fue incorporar un muelle que encaja entre la parte trasera del solenoide y el resalte trasero de la pluma.



Figura 2. 35 Solenoide con escuadra

Es importante dejar claro este aspecto y dimensionarlo correctamente porque sería inadmisibles emplear toda una línea del proyecto completo del prototipo orientada al circuito elevador de potencia para el disparo del solenoide y luego sufrir pérdidas de energía en el golpeo de la pelota. Recordamos que para efectuar un disparo correcto dentro de las premisas impuestas para el diseño, es necesario elevar de 12V que nos brinda la batería a 150V por medio de un elevador de tensión tipo Boost en dos etapas, almacenando la energía en condensadores de gran capacidad.

Los dos condensadores necesarios para el sistema de disparo irán ubicados en esta planta baja del robot, ya que disponemos del espacio adecuado para su ubicación. Un condensador irá colocado entre los motores 1 y 2 y el otro condensador irá colocado simétricamente opuesto primer condensador entre los motores 3 y 4. Abajo se adjunta un esquema para conocer la ubicación de estos pero se hablará más en detalle en el apartado 2.1.2 Primera Planta ya que se realizó un mecanizado en esta primera planta para la inserción de los condensadores.

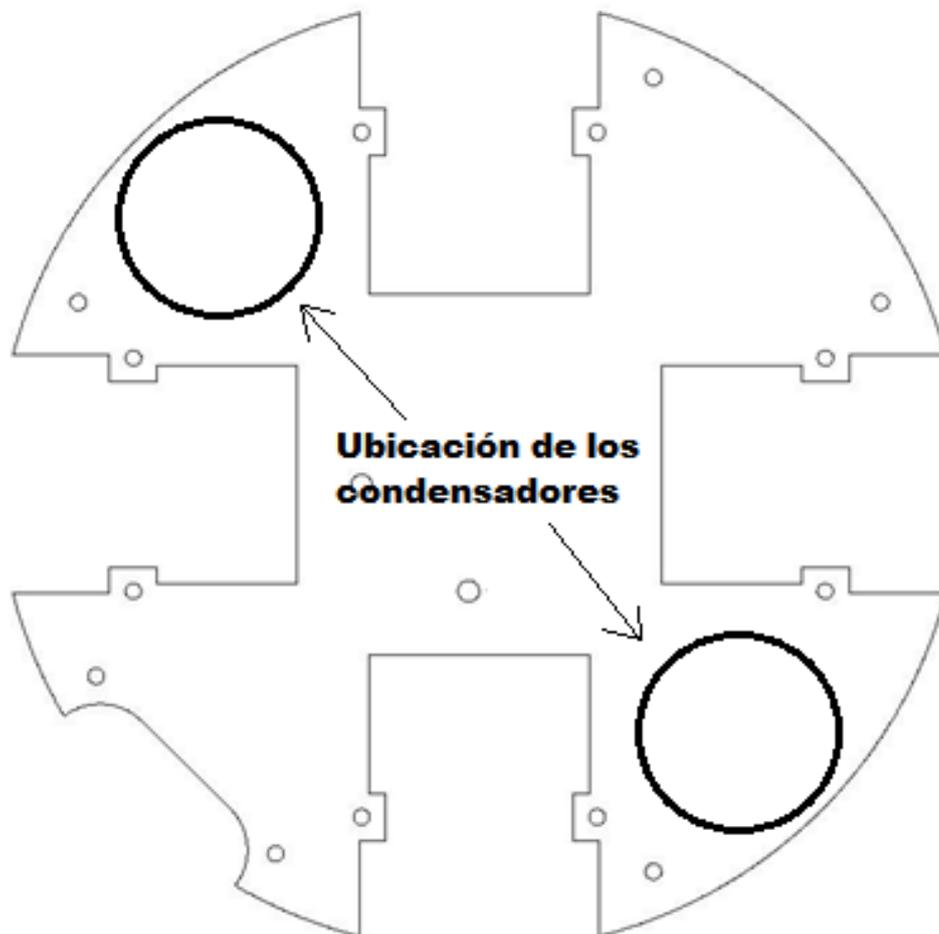


Figura 2. 36 Ubicación en el Chasis de los condensadores del sistema de disparo

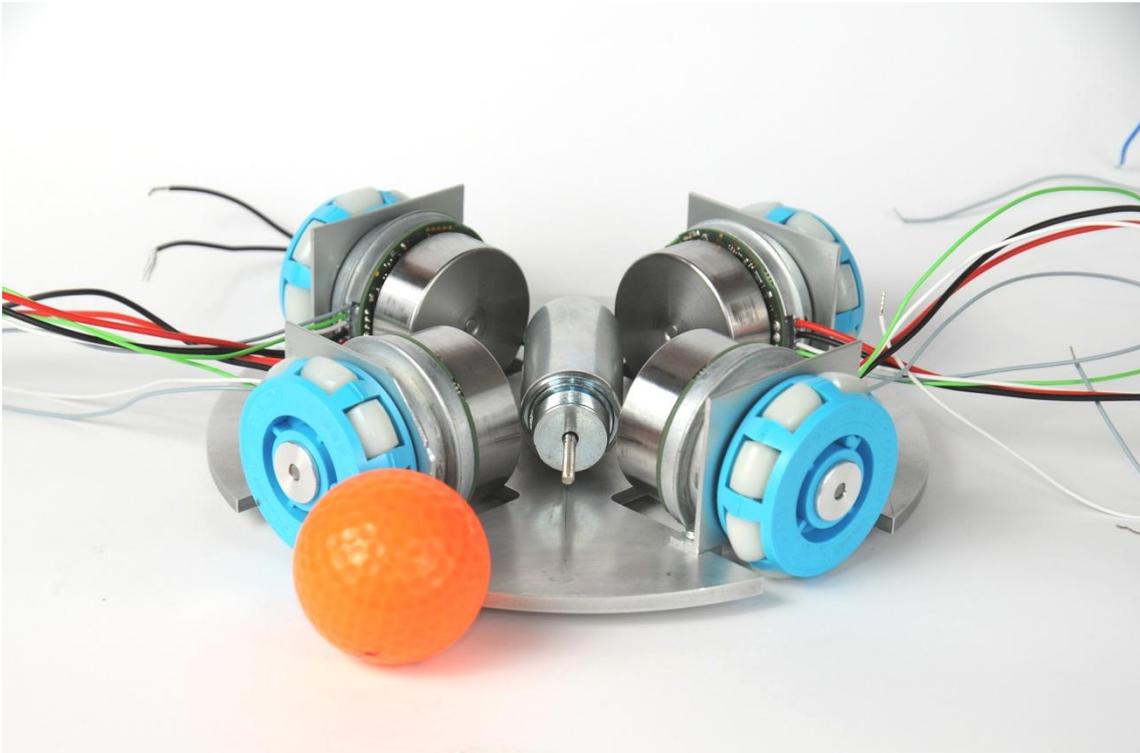


Figura 2. 37 Imagen real del conjunto de tracción y solenoide

### ➤ **Diseño de los pilares de sujeción y fijación del sistema dribbler**

También ha de ir en esta primera planta y sujeto al chasis tipo piso bajo el sistema de regate del robot.

Este sistema debe de ir colocado cerca del suelo, no olvidemos que la finalidad de este sistema es mantener la pelota unida al robot mientras este se mueve para poder orientar mediante la rotación del robot la dirección del disparo o pase.

El sistema de regate consta de:

1. Motor
2. Transmisión
3. Rodillo
4. Fijación del sistema al chasis

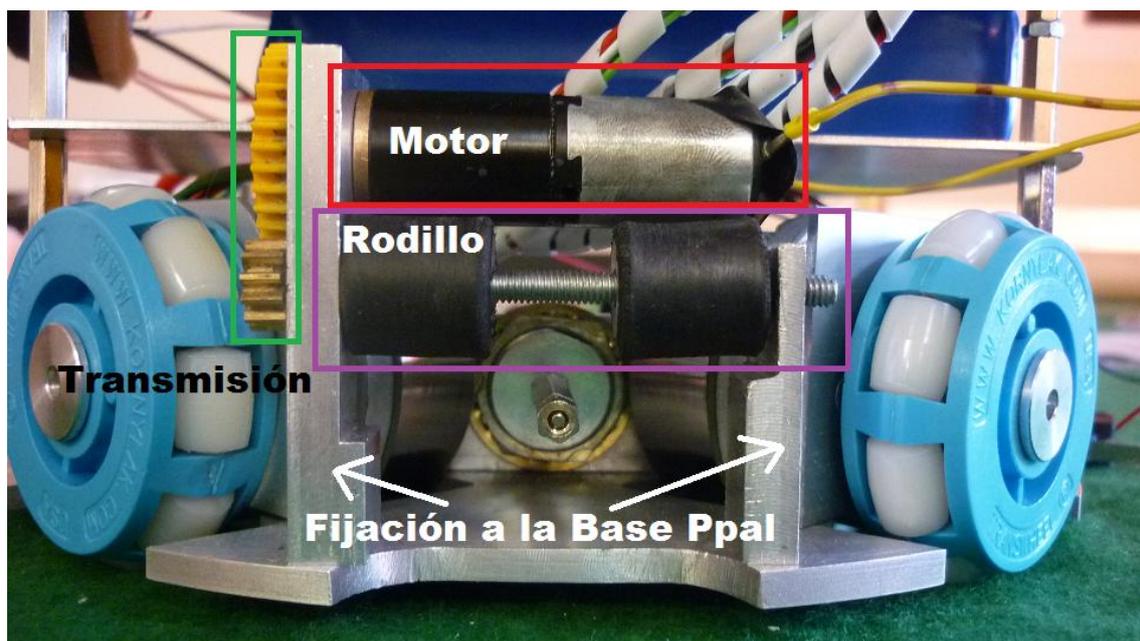


Figura 2. 38 Partes del sistema de Regate o Dribbler

**Nos centraremos en el punto 4.** Diseño de la estructura necesaria para ofrecer soporte al motor, rodillo y sistema de transmisión del sistema dribbler del prototipo robot.

## ¿Cómo funciona el sistema de regate o dribbler?

Antes de comenzar con el diseño de las piezas que darán soporte al sistema dribbler del robot, comentamos como funciona exactamente este sistema.

La finalidad del sistema es conseguir un golpeo óptimo de la pelota mediante el solenoide, tanto en fuerza como en dirección. Orientar la dirección de disparo o pase de la pelota es fundamental tanto para realizar pases entre robots como para orientar de forma precisa la dirección de disparo. Entonces, el motor es el encargado de generar movimiento en el rodillo, para transmitir este movimiento del eje del motor al rodillo se utiliza un sistema de engranajes, llamado sistema de transmisión. Ahora mediante el contacto del rodillo giratorio con la pelota conseguimos la finalidad que es mantener la pelota unida al robot mediante la rotación de esta. Para conseguir este efecto de rotación y unión al robot la pelota ha de perder las condiciones de tracción resbalando sobre la superficie de juego venciendo el coeficiente de rozamiento entre la pelota y el suelo.

### Describimos a continuación cada elemento del sistema por separado:

**1.Motor:** el motor ha de ser pequeño, muy estrecho, ya que en un espacio reducido ha de entrar el motor y el rodillo que se mantiene en contacto con la pelota. El motor se ha reciclado del material disponible en el laboratorio. No figura ninguna inscripción con el modelo para buscar sus hojas de características y poder ver si reúne las condiciones necesarias para el sistema pero se realizaron pruebas comprobando que el motor encontrado se adaptaba a las condiciones de par y revoluciones necesarias para el funcionamiento del sistema dribbler.

**2.Tranmisión:** Es el sistema de engranajes encargado de transmitir el movimiento del eje del motor al rodillo que hace contacto con la pelota. Los engranajes fueron reciclados del material disponible en el laboratorio ajustándose a lo requerido. Con la reducción de tamaño de las ruedas dentadas se consigue una velocidad de giro del rodillo adecuada. Las ruedas dentadas poseen 36 y 12 dientes respectivamente.

**3.Rodillo:** El rodillo es el elemento que se mantiene en contacto con la pelota, ha de ser de un material con gran coeficiente de rozamiento. Se construyó a partir de dos elementos gomosos con interior roscado en acero. Para situar los dos pequeños rodillos gomosos se empleo una varilla roscada de 3mm.

**4.Fijación al chasis:** Pasamos a detallar el diseño de las escuadras de fijación soporte y sujeción del sistema dribbler:

En primer lugar mencionamos las **Condiciones de contorno** para el diseño de las escuadras que darán soporte y sujeción al sistema de regate. (Según normativa del concurso):

- El giro de rotación ejercido sobre la bola debe ser perpendicular al plano del campo.
- No se permiten dispositivos verticales o parcialmente verticales en los laterales del robot para mantener la pelota en contacto con el robot.
- La pelota no debe meterse más de  $\frac{1}{4}$  de su diámetro total en el espacio del robot.

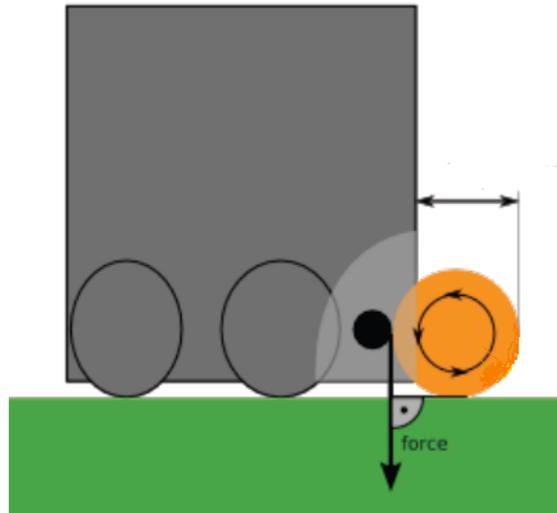


Figura 2. 39 Directrices de concurso para el sistema de regate o dribbler

Atendiendo a las directrices del concurso iniciamos el diseño de las estructuras que darán soporte al sistema dribbler. Como se demuestra en el siguiente boceto, se planteó como deberían ir colocados todos los elementos del sistema para determinar la posición exacta en vista lateral de los ejes tanto del motor como del rodillo.

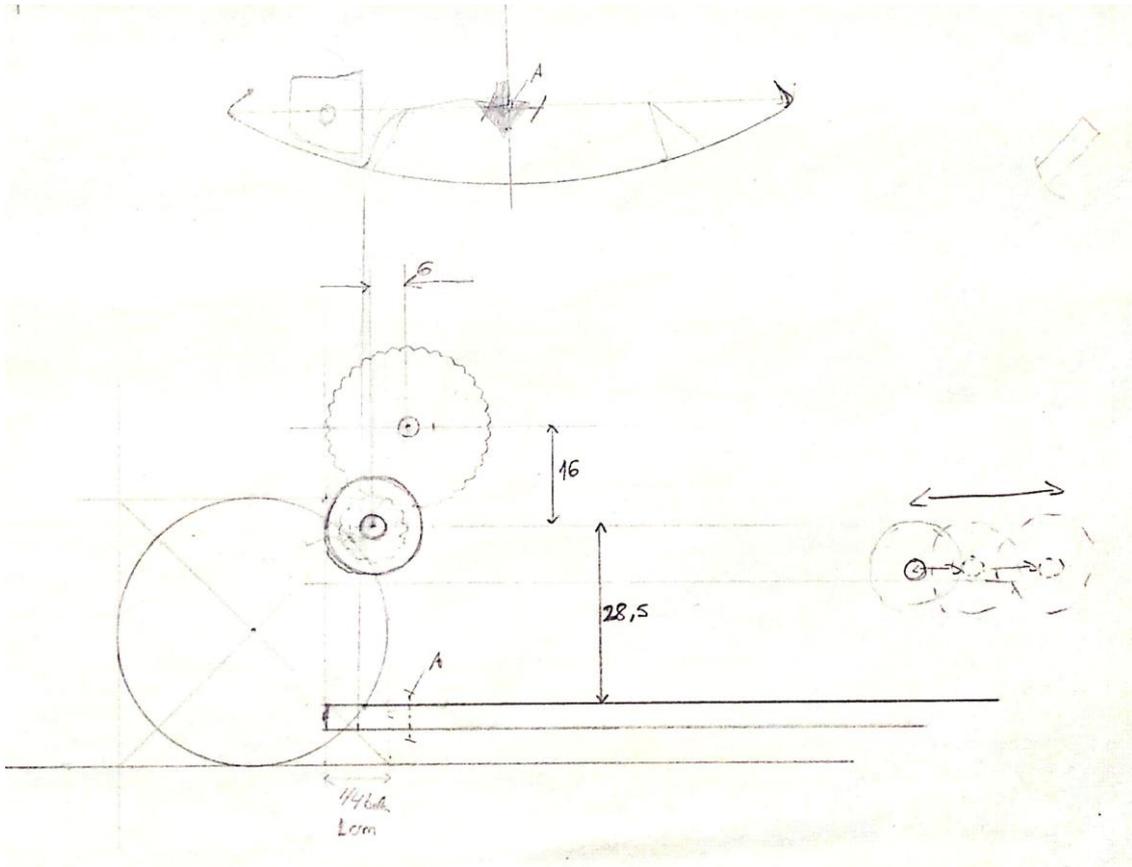
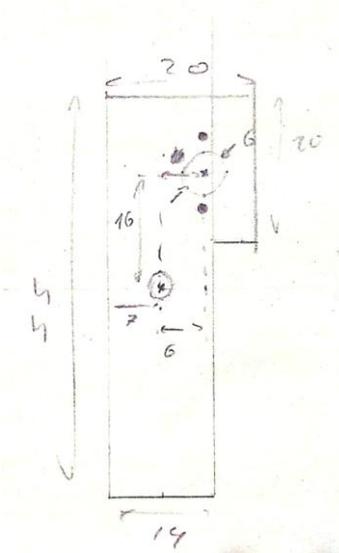


Figura 2. 40 Boceto en vista lateral de la ubicación de componentes del Sistema de regate o dribbler

Como se observa en el boceto de diseño inicial en vista lateral, tanto el rodillo como el motor no pueden sobresalir del diámetro máximo de los límites verticales del chasis definido por las reglas. Por lo tanto se buscaron los puntos óptimos para la colocación de los dos ejes del sistema, el eje del rodillo y el eje del motor. Teniendo esas medidas se puede dar comienzo diseñando lo que serán las piezas que sirvan de soporte al sistema dribbler.

Se elabora entonces el diseño de las estructuras con forma de pilar de soporte columna a las que irán acoplados el motor, el rodillo y el sistema de transmisión. Un diseño sencillo con forma de siete con los taladros necesarios para fijar el motor y mantener la sujeción del rodillo.

A la derecha se puede observar el boceto de diseño concebido.



Una vez obtenida la idea fundamental de cómo debían ir colocados los componentes del sistema dribbler, se da paso al diseño en Catia partiendo del boceto de las estructuras o pilares que dan soporte a todo el sistema.

Sustentaremos el sistema dribbler con dos piezas o estructuras con forma rectangular como se observa en el boceto de la derecha

- Pilar Derecho en la dirección de golpeo
- Pilar izquierdo en la dirección de golpeo

Tras pasar por el proceso de diseño, una vez más con la herramienta de diseño Catia los resultados fueron los siguientes:

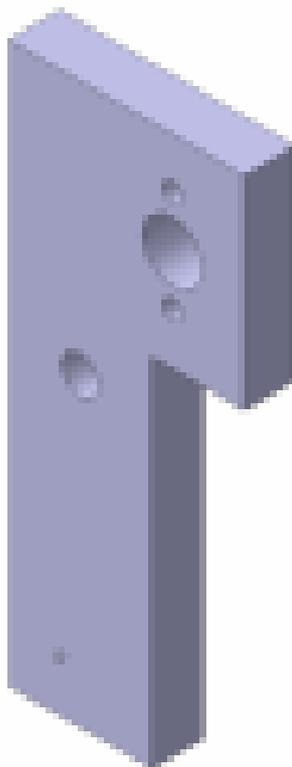


Figura 2. 41 Pilar izquierdo Sistema de regate

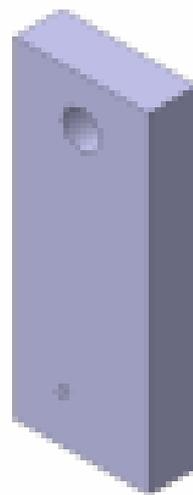


Figura 2. 42 Pilar Derecho Sistema de regate

Su integración en la base principal del sistema se hará mediante tornillos pasantes desde la superficie inferior de la base en dirección perpendicular al suelo. A continuación se muestra cómo quedan situados los pilares que dan soporte al sistema dribbler sobre la base principal:

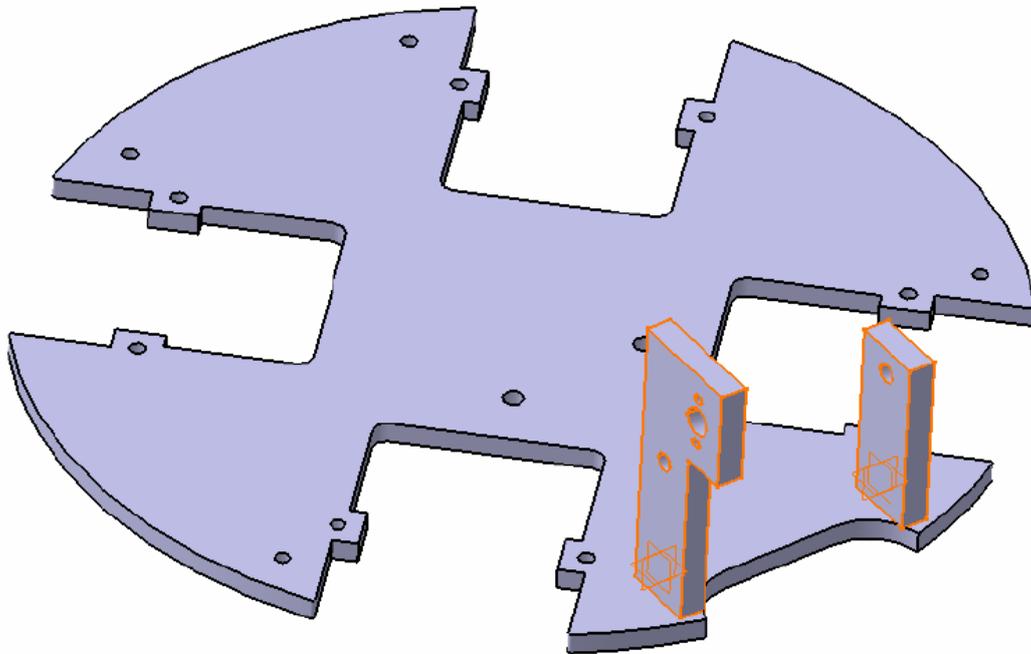


Figura 2. 43 Pilares soporte sistema dribbler montados sobre Chasis

Tras su construcción en aluminio el resultado total del sistema montado en el prototipo robot es el siguiente:

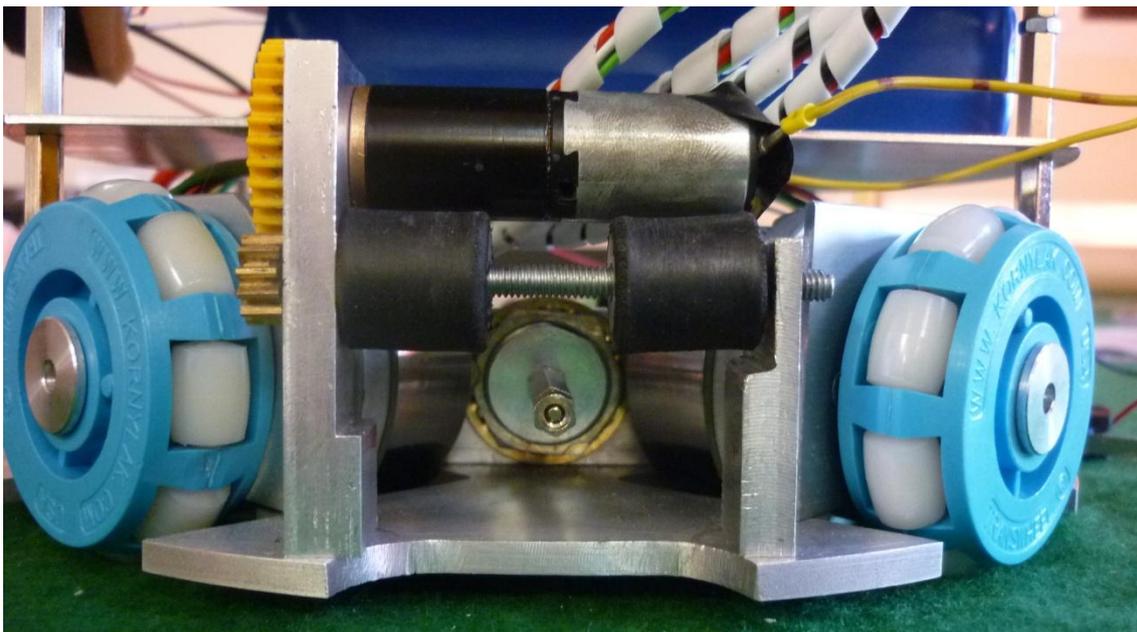


Figura 2. 44 Imagen real del Sistema Dribbler completo

Con las piezas que dan soporte al sistema dribbler terminamos lo que forma el conjunto de sistemas y elementos que van colocados en la planta baja del robot.

## 2.1.2 Primera planta

En este apartado describiremos el proceso de diseño de la base de la primera planta del prototipo robot así como los elementos o componentes que se incorporan en ella.

### ➤ Base de la primera planta

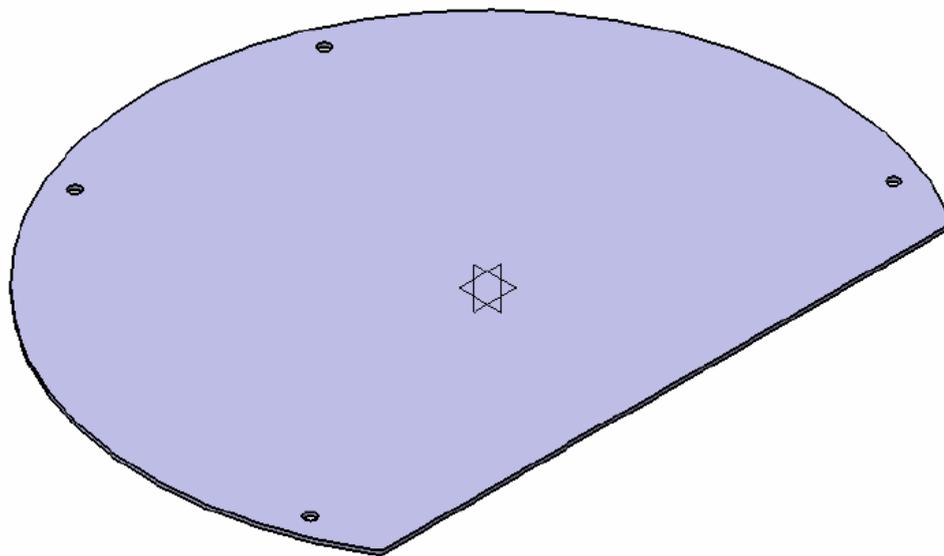


Figura 2. 45 Modelo en Catia de Base de la primera planta

A la hora de realizar el diseño de la primera planta se ha tenido muy en cuenta la problemática de espacio que se ha comentado con anterioridad.

Lo primero que se ha hecho ha sido la selección de la altura a la que irá colocada esta base teniendo en cuenta las dimensiones del sistema de tracción, las dimensiones de los condensadores del sistema de disparo y el sistema dribbler. Todos estos sistemas irán ubicados bajo esta base.

También se ha tenido en cuenta que más tarde se ha de colocar la carcasa exterior del robot, cubriendo toda la estructura, por lo tanto el diámetro final de esta segunda base es 4mm más pequeño que la base principal, no nos olvidemos que el diámetro máximo permitido son 180mm.

Una vez seleccionada la altura óptima reduciendo el consumo de espacio al mínimo se realiza el diseño de la base con Catia de esta primera planta del robot.

Diseñado en aluminio con un grosor de 1,5mm, la base de la primera planta dará soporte al circuito elevador de tensión que alimentará los condensadores del sistema de disparo situados en la planta baja. También irá colocada sobre esta base la batería del robot. Dejando la segunda planta para la centralita o placa del control. También en la distribución de los elementos que faltaban por colocar y situar dentro del robot se pensó en las condiciones dinámicas. Con la batería en la parte alta del robot no serían muy buenas aunque el intercambio y acceso de la batería sería más sencillo si estuviera en la parte alta del robot, pero la placa de control no puede estar en la planta intermedia ya que es mejor situarla en la parte de arriba para tener buena recepción de señal Wlan. Por lo tanto, en esta primera planta van ubicados el circuito elevador de potencia, y la batería que alimentará todo el robot. Aun estando en esta planta intermedia se ideó un sistema de fijación y anclaje que permite intercambiar la batería en caso de ser necesario de forma rápida y segura.

El corte que secciona la forma circular de la base está realizado para no chocar con las piezas que dan soporte al sistema dribbler, además por este hueco que nos libera haber realizado esta sección a la base irán los cables de los motores unidos en macarrones hacia la clema de conexiones principal situada en la última planta del robot de la que hablaremos más adelante.

Se han realizado los taladros en los puntos exactos de la base para unir y apoyar esta base mediante separadores. Los separadores metálicos tienen roscado en el interior y existen gran variedad de tamaños, por lo tanto son una muy buena opción para hacer de soporte entre plantas, dando una firme unión estructural entre las bases y fácilmente ajustable en altura realizando combinaciones de separadores con distintas longitudes.



Figura 2. 46 Separadores Inter-planta

A continuación se muestra como queda ensamblada la base de esta primera planta en el conjunto completo de piezas que llevamos diseñadas hasta ahora con Catia:

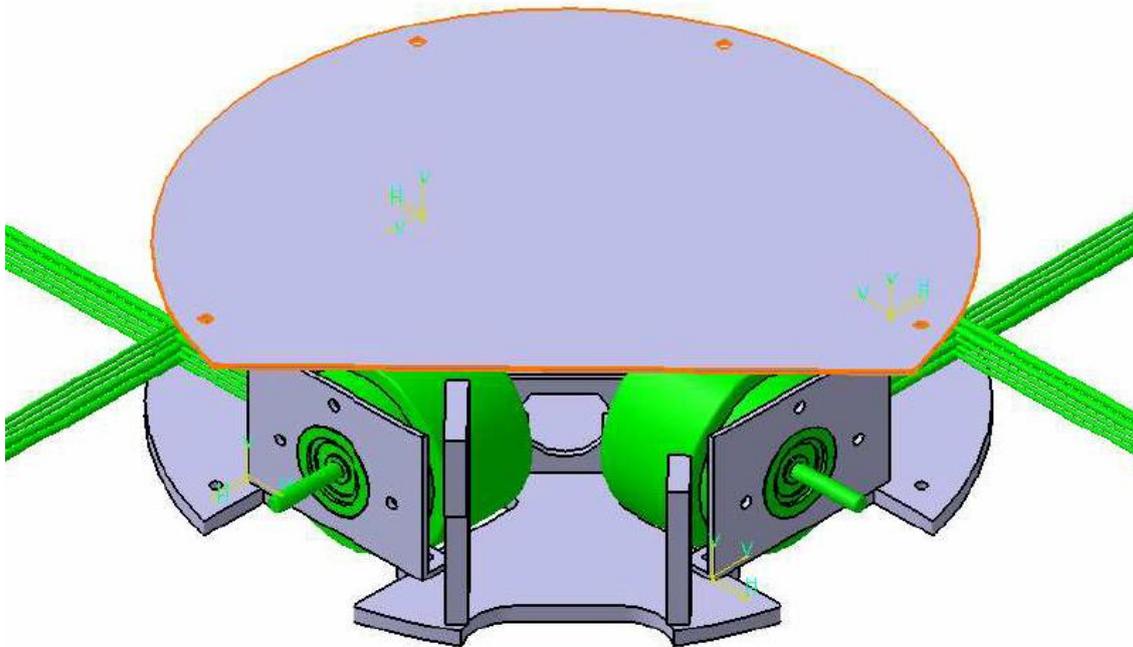


Figura 2. 47 Ubicación de la base primera planta en el conjunto robot

### 2.1.3 Segunda planta

En este apartado describiremos el proceso de diseño de la base de la segunda planta del robot.

#### ➤ Base de la segunda planta

Se diseña una base o soporte para ubicar los elementos del robot que irán ubicados en la parte más alta del robot.

La base es de aluminio con un grosor de 1,5mm. Manteniendo la forma circular y con unas dimensiones 4 milímetros en total inferiores a los 180mm de diámetro máximo para poder cubrir el robot con la carcasa negra de plástico como se ha comentado en el apartado anterior.

Se han realizado también los taladros en la posición adecuada para ensamblar la base y sujetarla con los separadores descritos en el apartado anterior.

También se ha realizado un hueco o abertura para pasar los cables que provienen de los motores situados en la planta baja del prototipo.

El resultado tras pasar por el diseño con Catia es el siguiente:

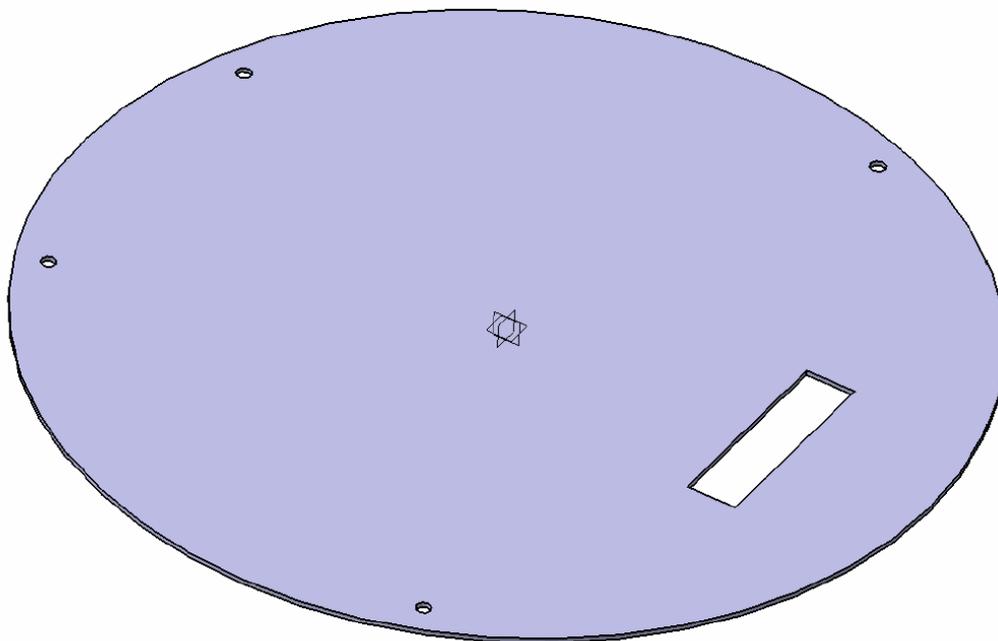


Figura 2. 48 Modelo en Catia Base segunda planta

Sobre esta base irán colocados la placa de control Rabbit 5400w la cual gobierna todos los sistemas del prototipo e irá ubicada la clema general de conexiones y el interruptor general de potencia del robot.

La placa de control es una 5400w del fabricante Rabbit, posee unas dimensiones de 70x120x (Ancho-Largo). Posee conexión Wlan, por lo tanto dispone de una antena la cual no puede sobrepasar las medidas máximas impuestas por las reglas del concurso.

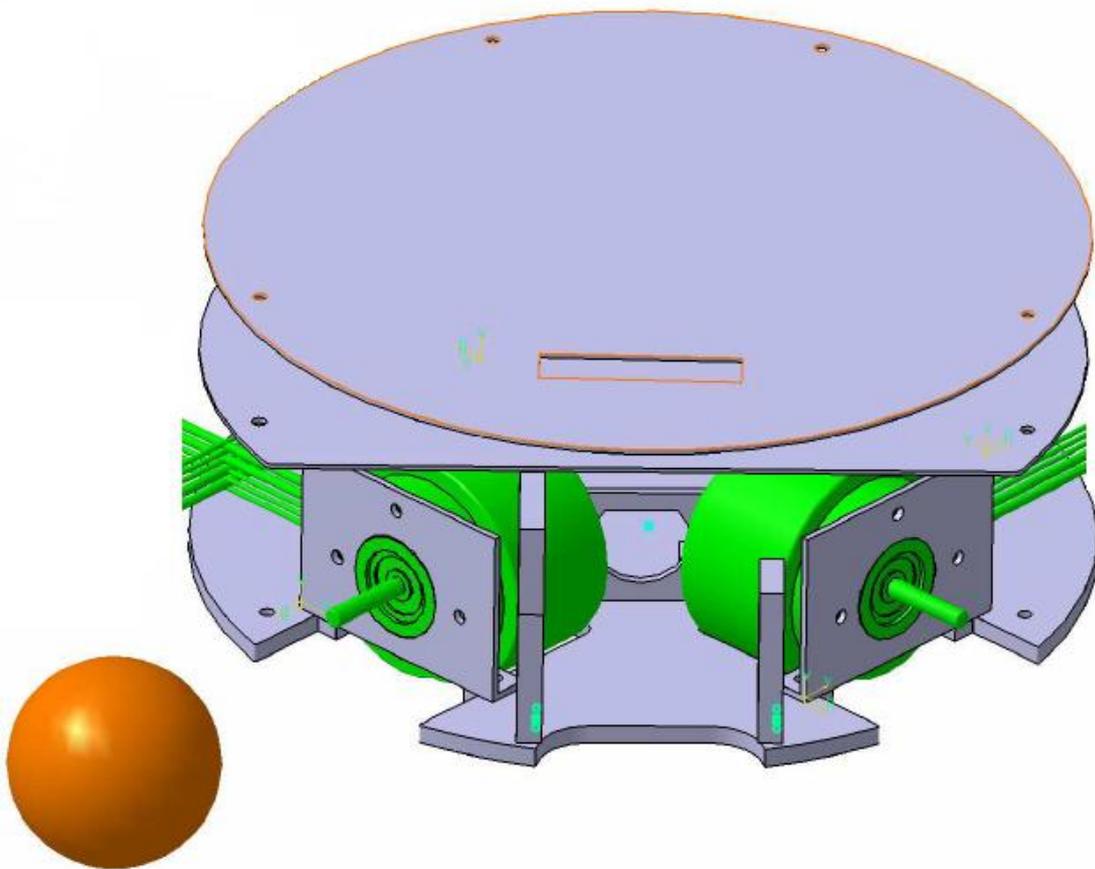


Figura 2. 49 Ubicación de la Base segunda planta en el conjunto Robot

Tabla de pesos de elementos estructurales y piezas:

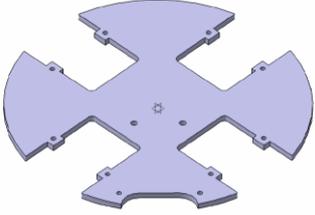
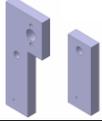
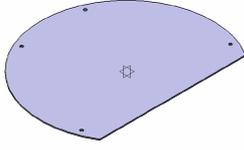
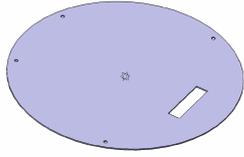
Elemento	Peso [g]	Imagen CatiaV5
Chasis	198	
Escuadras para los motores	48	
Escuadra fijación solenoide	39	
Pilares sistema Dribbler	55	
Casquillos Ruedas	27	
Base primera Planta	70	
Base Segunda Planta	82	
Tornillería	52	
Separadores	75	
<b>TOTAL</b>	<b>646</b>	

Tabla 2 Peso de elementos estructurales

## 2.2 Cableado, conexiones y Alimentación de los sistemas

En este apartado se va a desarrollar como están configuradas las conexiones del robot, la alimentación de los distintos sistemas y elección de la batería.

En primer lugar se muestra un esquema para comprender con facilidad como están dispuestos y conectados los distintos sistemas del robot:

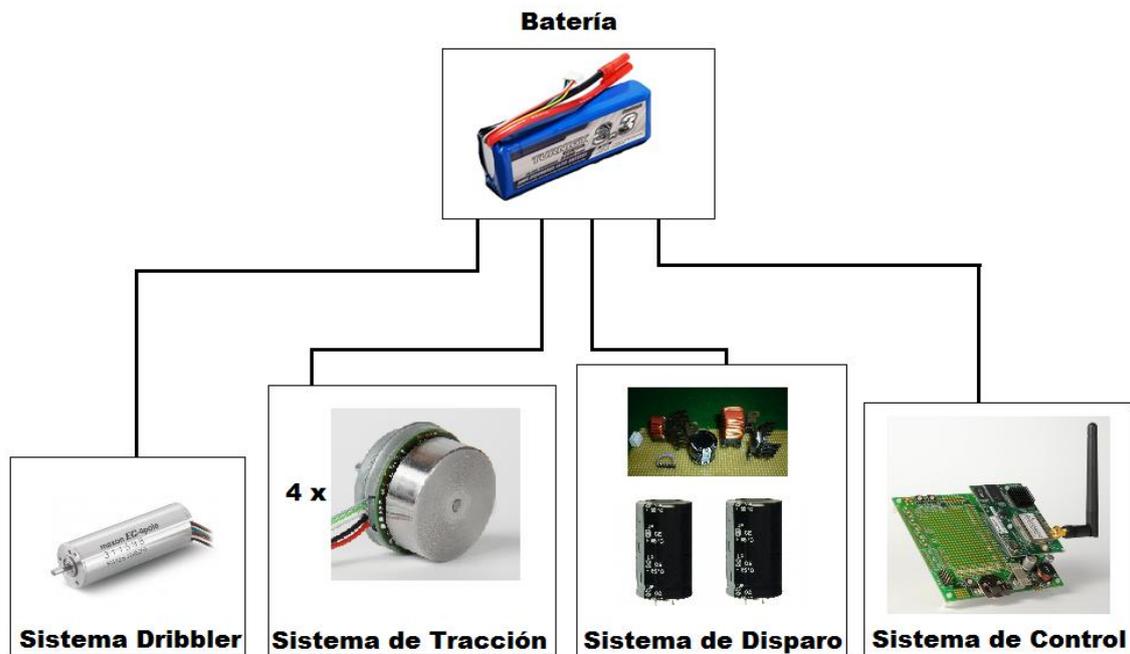


Figura 2. 50 Esquema de alimentación de sistemas

## 2.2.1 Alimentación de los sistemas

Sistema Dribbler: Para mover el rodillo que mediante contacto con la pelota y su giro la mantiene unida cuerpo del robot necesitamos un motor con una anchura mínima y una potencia o par adecuado para mover el sistema con soltura. Este motor es un maxon a max Slim, reciclado de componentes del laboratorio. Presenta unas características ideales ya que tras diversas pruebas, es capaz entregarnos la potencia requerida con un mínimo de espacio ocupado.

El **motor Maxon A max 16 Slim** del sistema dribbler tiene un valor nominal de alimentación de 12v. Nosotros lo hemos alimentado a **14.7v** sin que el motor resulte dañado en ningún momento ya que es la tensión nominal que nos ofrece la batería. Además añadiendo el sobre voltaje del que hablamos conseguimos que aumenten sus revoluciones de giro o rpm aumentando la velocidad de giro en el rodillo y por tanto, siendo satisfactorio para el propósito del sistema. En cuanto al consumo de Potencia a plena carga (con la pelota adherida al rodillo). Consume **1,176 W** (14,7v, 80mA). El cable utilizado desde la clema general de conexiones al motor es Unipolar 0,5mm.

Sistema de Tracción: El sistema de tracción del que ya conocemos su composición (introducción/Composición del robot) consta básicamente de 4 motores **Maxon EC 45 flat 30w**. Alimentados a 14.7v y según la tabla (Modelo de 5 cables 370424):

		Order Number							
		2 wire version				5 wire version			
		Enable		Direction		Enable		Direction	
IP 40 (with cover)		353518		353519		350909		370425	
IP 00 (without cover)		353516		353517		352886		370424	
<b>Motor Data (provisional)</b>									
<b>Values at nominal voltage</b>									
1	Nominal voltage	V	24	24	24	24	24	24	24
2	No load speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
3	No load current	mA	105	105	222	222	222	222	222
4	Nominal speed	rpm	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000
5	Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	65	91	67	91	67	91	67
6	Nominal current (max. continuous current)	A	1.2	1.8	2.4	3	2.4	3	2.4
33	Max. torque	mNm	106	106	104	104	104	104	104
34	Max. current	A	2.1	2.1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
9	Max. efficiency	%	71	71	73	77	73	77	77
<b>Characteristics</b>									
35	Control variable		Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed	Speed
36	Supply voltage + V <sub>cc</sub>	V	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28	10 ... 28
37	Speed set value input	V	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	= V <sub>cc</sub>	0.33 ... 10.8	0.33 ... 10.8	0.33 ... 10.8
38	Scale speed set value input	rpm/V	125	125	250	250	600	600	600
39	Speed range	rpm	1250 ... 3500	1250 ... 3500	2500 ... 7000	2500 ... 7000	200 ... 6480	200 ... 6480	200 ... 6480
40	Max. acceleration	rpm/s	3000	3000	6000	6000	6000	6000	6000

Figura 2. 51 Características Eléctricas Motor Maxon EC 45

Observamos que le motor está concebido para alimentarlo de 10 a 28Vcc. Según la experiencia, a mayor voltaje el motor gira a más rpm, por lo tanto, el motor alimentado a 14.7V (valor nominal de la batería) se comportará de forma adecuada sin

comprometer en absoluto el par necesario, ya que este tipo de motores cuando no tiene el par necesario para alcanzar las rpm adecuadas a su voltaje de alimentación, demanda más intensidad de corriente eléctrica. Según nuestras pruebas, a máximas revoluciones el motor con la carga del peso total del robot y sobre el tejido de juego consume alrededor de **300mA por motor**. Los cables no son necesarios dimensionarlos, puesto que viene de serie con los motores. Se han agrupado los 5 hilos de cada motor en un macarrón espiral de plástico blando para obtener un cierto orden al ser conducidos desde la planta baja a la segunda planta del robot, pasando por el hueco mecanizado en la planta de la segunda base para tal fin.

Sistema de Disparo: El sistema de disparo está compuesto por el circuito elevador de potencia Boost en dos etapas consecutivas, dos condensadores de 250v y 1500uF para el almacenamiento de la energía necesaria, dimensionada para generar un disparo fuerte y sólido a la pelota a través de una rápida descarga de los condensadores. El consumo de potencia, en este caso lo demanda la entrada del circuito elevador de potencia, siendo **14,7V** y en una carga de los condensadores, un consumo instantáneo medio de **165mA**.

Sistema de Control: El sistema de control lo compone la placa controladora. La placa está continuamente alimentada con los 14,7V nominales de la batería y ejerciendo un consumo de unos **0,94 W** cuando está transmitiendo por WLAN (los 20 minutos que consta la partido).

Para alimentar todos los sistemas nos servimos de una clema o bornero de conexiones con fijaciones de los extremos de los cables a las bornes por tornillos roscados. Como todos los sistemas se alimentan a partir de la tensión nominal de la batería 14,7V. No es necesario adaptar diferentes tensiones de alimentación para cada sistema. El bornero dispone de dos hileras conexas interiormente, agrupando así todas las entradas en dos polos. Usamos una hilera para el polo positivo de la batería (+) y la otra hilera para el negativo (-). Únicamente se ha tenido en cuenta que los cables de cada componente o sistema sean los adecuados de acuerdo a la demanda de este en corriente.

Para facilitar la operación de sustitución de cualquier componente ante su mal función o avería, los cables han sido diferenciados por colores, asignando cada color a un sistema. En el caso de los motores, estos están numerados M1-M4 siendo visibles fácilmente en el bornero de conexiones.

Además se ha añadido un interruptor general, colocado entre la batería y la borne general de conexiones para activar y desactivar el funcionamiento del robot de forma rápida y segura. Situado en la parte más alta del robot, junto a la placa de control, para su fácil acceso.

## 2.2.2 Batería Li-Po



### Especificaciones

Minimum Capacity: **3300mAh**  
Configuration: **4S1P / 14.8v / 4Cell**  
Constant Discharge: **20C**  
Peak Discharge (10sec): **30C**  
Pack Weight: **358g**  
Pack Size: **137 x 42 x 26mm**  
Charge Plug: **JST-XH**  
Discharge Plug: **4mm Bullet-connector**

La batería Li-Po está compuesta por Litio y Polímero, de ahí el nombre. Esta batería ha sido la elegida para configurar el sistema de alimentación del robot.

Las baterías de polímero de litio, muy usadas en aplicaciones de modelismo, radiocontrol y robótica presenta grandes ventajas frente a sus actuales alternativas como pueden ser las baterías de níquel cadmio (Ni-Cd) o níquel metal hidruro (Ni-MH). Las baterías Li-Po son una de las últimas innovaciones en el campo de la energía gracias a la cual en nuestro campo, la robótica, se puede alcanzar más autonomía reduciendo el peso total del vehículo autónoma. Sus ventajas y propiedades la convierten en una herramienta capaz de revolucionar el rendimiento y funcionamiento de nuestro prototipo. Con apenas 350 gramos de peso y unas dimensiones de 43x137x29 mm, la batería seleccionada puede entregar casi 15 voltios con una fuerza de atención, 3.300 Mah. Esto lo convierte en una pequeña bestia capaz de entregar altas dosis de potencia en regímenes de gran consumo. Así por ejemplo, en nuestro prototipo robot, no ha supuesto un impedimento en la duración de las dos partes de 20 minutos que consta una partida en competición según el reglamento. Con Ni-Cd o Ni-MH habríamos tenido un robot más pesado y estas no eran una opción válida dado que no sabíamos cómo iban a responder ante grandes descargas de potencia dado que en un momento puntual, podemos estar alimentando el circuito de potencia para el disparador solenoide, a su vez realizar una arrancada a potencia máxima con los cuatro motores y estar haciendo funcionar el sistema dribbler para recepción y retención de la pelota.

Entre sus propiedades destaca la ligereza de sus componentes, su elevada capacidad energética y resistencia a la descarga, la ausencia de efecto memoria o su capacidad

para operar con un elevado número de ciclos de regeneración. Resulta muy interesante el aporte de esta batería a la conservación del medio ambiente. A principios del siglo XXI en el contexto de la creciente carestía de combustibles derivados del petróleo, la industria del automóvil anunció el desarrollo y comercialización de vehículos con motores eléctricos basados en la tecnología de las baterías de iones de litio, con los que se pueda disminuir la dependencia energética de estas fuentes a la vez que, siendo de baja emisión de gases invernadero, también limitar los efectos en el cambio climático debido al calentamiento global. La gran desventaja de estas baterías es que requieren un trato mucho más delicado. En general, precisan una carga mucho más lenta que las de NiCd. Además, la carga de las baterías de Li-Po no produce el pico de tensión característico de las de Ni-Cd o Ni-MH al alcanzar la máxima carga, por lo que se precisan cargadores especiales para Li-Po del que hablaremos después. Bajo ningún concepto se deberán cargar con cargadores diseñados para Ni-Cd o Ni-MH. Asimismo, no se deberán descargar tan profundamente como es posible hacerlo con las de Ni-Cd o Ni-MH, bajo riesgo de deteriorar su capacidad de carga irreversiblemente. Es una inversión algo costosa pero que, finalmente, ofrece muchas satisfacciones a largo plazo, siempre y cuando si se la cuida como es debido.

### **Ventajas**

- Elevada densidad de energía: acumulan mucha mayor carga por unidad de peso y volumen.
- Poco peso.
- Gran capacidad de descarga.
- Alto voltaje.
- Carecen de efecto memoria.
- Descarga lineal: durante toda la descarga, el voltaje de la batería varía poco, lo que evita la necesidad de circuitos reguladores. Esto es una ventaja, ya que hace muy fácil saber la carga que almacena la batería.
- Facilidad para saber la carga que almacenan. La energía almacenada es una función del voltaje medido.

### **Cuidados**

- Es recomendable que permanezcan en un sitio fresco (15 °C), y evitar el calor.
- Estas baterías no tienen efecto memoria, y por ello no hace falta descargarlas por completo. De hecho no es recomendable, dado que puede acortar mucho su vida útil.
- Cuando se vayan a almacenar mucho tiempo, se recomienda dejarlas con carga intermedia. Es preciso cargarlas con un cargador específico para esta tecnología.

## Dimensiones de la batería seleccionada:

A. Largo: 137mm

B. Alto: 43mm

C. Ancho: 29mm



## Cargador-Regulador IMAX b6 AC Dual Power

El regulador utilizado para realizar los ciclos de carga de la batería tipo Li-Po es el siguiente:



Figura 2. 52 Cargador/Regulador IMAX b6 Dual Power

### Features

- AC 100~240v or 12V DC input
- Microprocessor controlled
- Delta-peak sensitivity
- Individual cell balancing
- Li-ion, LiPo and LiFe capable
- Ni-Cd and NiMH capable
- Large range of charge currents
- Store function, allows safe storage current
- Time limit function
- Input voltage monitoring. (Protects car batteries at the field)
- Data storage (Store up to 5 packs in memory)

- Input Voltage: 11~18v
- Circuit power: Max Charge: 50W / Max Discharge: 5W
- Charge Current Range: .1~5.0A
- Discharge current range: .1~1.0A
- Ni-MH/NiCd cells: 1~15
- Li-ion/Poly cells: 1~6
- Pb battery voltage: 2~20v
- Weight: 580g
- Dimensions: 133x87x33mm

# Conclusiones y mejoras

## Conclusiones:

Se ha finalizado un prototipo robot que cumple todas y cada una de las premisas hitos propuestos para el proyecto. Se ha diseñado y construido debidamente todos y cada uno de los sistemas del robot: Sistema de Control, Tracción, Disparo y retención de la pelota y todos han resultado satisfactorios en las pruebas de validación realizadas. Se han superado todos los retos encontrados en la ejecución del mismo y ha sido un placer disponer de un equipo de trabajo que no hubiera funcionado si no es por todos y cada uno de los integrantes.

En términos personales y englobando en lo que ha sido el desarrollo de este proyecto: Diseño y construcción del Conjunto estructural y alimentación de los sistemas se han aprendido los grandes valores que constituyen el desarrollo de un proyecto fin de carrera acercándose más al entorno profesional con el que nos encontraremos en un futuro próximo.

En términos de resultados físicos se está bastante contento con el trabajo realizado, se ha conseguido construir desde cero, un primer prototipo de Robocup SmallSize League dando unos tintes muy serios y acercándose a diseños que llevan muchos años de desarrollo de otras universidades.

Las piezas diseñadas con la herramienta de diseño industrial Catia V5 han salido tal y como fueron concebidas, demostrando que el tipo de línea de trabajo elegida funciona correctamente. Se han empleado muchas horas en el diseño de las piezas o partes estructurales del prototipo robot pero ha valido la pena ya que gracias a la utilización de una herramienta de diseño industrial tan potente como Catia nos ha servido no sólo para aprender a utilizar el software de diseño que tan conocido es, sino para ahorrarnos finalmente tiempo en la construcción del robot ya que se esta completamente seguro que sin una herramienta de diseño de estas características se habrían encontrado muchos más impedimentos a la hora de la construcción final del robot.

## Mejoras:

A continuación se comentan cuales son las posibles mejoras que bajo estudio pueden ser muy interesantes.

### Ruedas omnidireccionales:

Lo primero de todo es comentar la que, estoy totalmente seguro, sea la mejora que más calidad puede dar a un robot de estas características: Las ruedas omnidireccionales. Las ruedas deberían tener más rodillos transversales, más juntos y más pequeños, aumentando el número de estos. También para ahorrar en espacio, las ruedas omnidireccionales deberían ser más estrechas o planas. En la fase de investigación se encontró gran información relativa a este tema y se vió con claridad que todos los equipos veteranos y que presentan un nivel competente, montan ruedas como las que se comentan. Ruedas mecanizadas a medida, de aluminio, con mayor número de rodillos transversales en material gomoso, más estrechas: Se adjuntan imágenes de muestra a continuación:

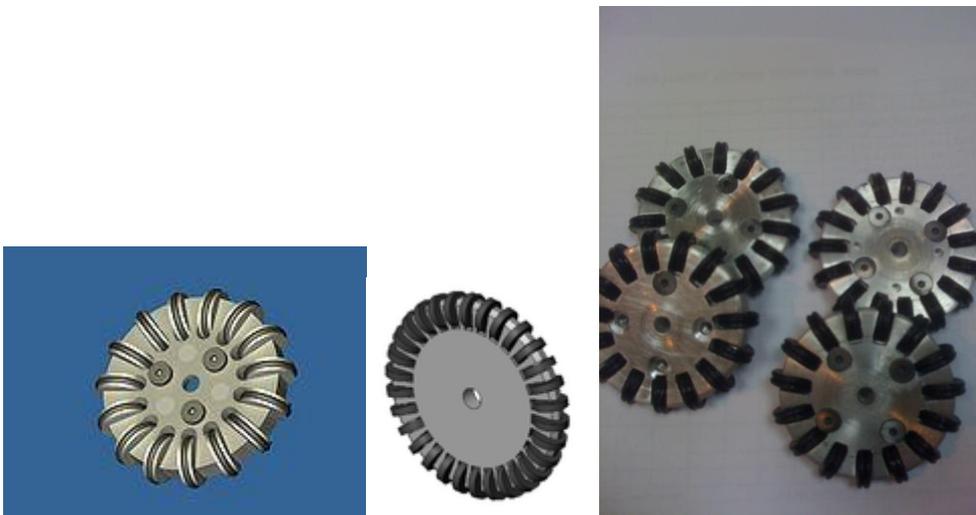


Figura 2. 53 Ruedas omnidireccionales No comerciales

### Sistema de Suspensión:

Esta mejora está estrechamente ligada a la mejora de las ruedas omnidireccionales comentada en el párrafo anterior. Las ruedas, al disponer de un gap o espacio entre rodillos transversales se generan un hueco que puede generar cojera en el robot sufriendo la pérdida de tracción y a su vez haciendo que el control del movimiento

dinámico del robot sea mucho más complejo. Este problema proveniente de las ruedas, se podría mejorar incorporando un sistema de suspensión que reparta el peso del robot con el fin de mejorar la tracción tanto en el arranque como en condiciones dinámicas.

#### Aleación más ligera:

Con el fin de mejorar el consumo energético final es importante que los motores requieran menor par para el arranque y movimiento. Esto se mejora, entre otros aspectos, reduciendo el peso total del robot. Existen muchas partes estructurales del robot que se han realizado en Aluminio por su fácil mecanizado y precio en el mercado, pero se podría emplear una aleación mucho más ligera u otro tipo de material para ciertas partes que no requieren grandes esfuerzos, como las bases de la primera y segunda planta o los separadores de acero interplantas.

#### Fijación de los pilares sistema Dribbler:

Como hemos visto en el capítulo que comprende la descripción del diseño de la planta baja del robot, en el apartado de la estructura de unión y fijación para el sistema dribbler, esta se realiza únicamente con un tornillo roscado que une las piezas de soporte del sistema dribbler al chasis, la fijación es buena pero se ha comprobado a medida que se iban realizando pruebas de comportamiento que un pequeño golpe en las estructuras que soportan el sistema dribbler puede girarlas haciendo que pierdan paralelismo entre ambas estructuras provocando que roce inadecuado del eje del rodillo contra la estructura, por lo tanto provocando malfuncionamiento del sistema. La mejora es fijar las piezas de soporte del sistema dribbler con dos tornillos roscados de manera que sea imposible la mínima desviación de las estructuras, evitando el giro y por lo tanto el malfuncionamiento del rodillo del sistema dribbler.

# Capítulo 3. Presupuesto

## COSTE MATERIAL

### Estructura

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Chasis aluminio 4mm de espesor, 18 cm diámetro	90,00	1	90,00
Escuadra motor alumnio 1.5mm	7,00	4	28,00
Escuadra solenoide alumnio 1.5 mm	7,00	1	7,00
Pilar Soporte eje de alumnio 4 mm	7,35	2	14,70
Base primera planta alumnio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Base segunda planta alumnio 1.5 mm	20,00	1	20,00
Separadores roscados	1,00	15	15,00
Tornillería	3,00	-	3,00
<b>TOTAL</b>			197,70

### Sistema Locomotor

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda omnidireccional mod 2051	2,06	4	8,24
Casquillo rueda	4,00	4	16,00
Motor EC45 Flat Brushless 30W con electrónica integrada	186,45	4	745,80
<b>TOTAL</b>			770,04

### Dribbler

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Rueda 34 dientes	1,65	1	1,65
Rueda 12 dientes	1,15	1	1,15
Topes de goma	2,15	2	4,30
Motor Maxon Slim A-max	36,51	1	36,51
Barra roscada de 3mm de diámetro	1,25	1	1,25
<b>TOTAL</b>			44,86

### Sistema de Disparo

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio 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	7,90
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
Componentes electrónicos varios	5,00	1	5,00
<b>TOTAL</b>			90,40

### Sistema de Control

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Placa de control Rabbit RCM 5400W	240,00	1	240,00
<b>TOTAL</b>			240,00

### Cableado y Conexionado

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Cables, clemas y conectores	Varios	Varios	15,00
Protector helicoidal para cables	10m	0,57	5,70
<b>TOTAL</b>			20,70

### Alimentación

Concepto	Precio Unitario	Unidades	Precio Total
Batería 14,8V 3300MAH 30C	59,99	1	59,99
Cargador/Equilibrador LiPO "Dual Power"	79,99	1	79,99
<b>TOTAL</b>			139,98

### COSTE DE PERSONAL

Los costes de personal se han calculado en función de los sueldos base para Ingenieros técnicos y la cuantía de las becas para ingeniero técnico. 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 7% en concepto de Seguridad Social y un 22% en concepto de I.R.P.F.

Concepto	Sueldo mensual	Meses	Total
Ingeniero Técnico Industrial	1.500,00	9	13.500,00
		Total antes de impuestos	13.500,00
<b>TOTAL</b>			17.415,00

## **PRESUPUESTO FINAL**

El importe total asciende a:

<b>Concepto</b>	<b>Total</b>
Coste material	1.503,68
Coste personal	17.415,00
<b>TOTAL</b>	<b>18.918,68</b>

El presupuesto de ejecución material del proyecto asciende a la cantidad de **DIECIOCHO MIL NOVECIENTOS DIECIOCHO CON SESENTA Y OCHO EUROS.**

Leganés a 21 de Diciembre de 2011

El ingeniero proyectista

Fdo. Antonio Navarro Rodríguez

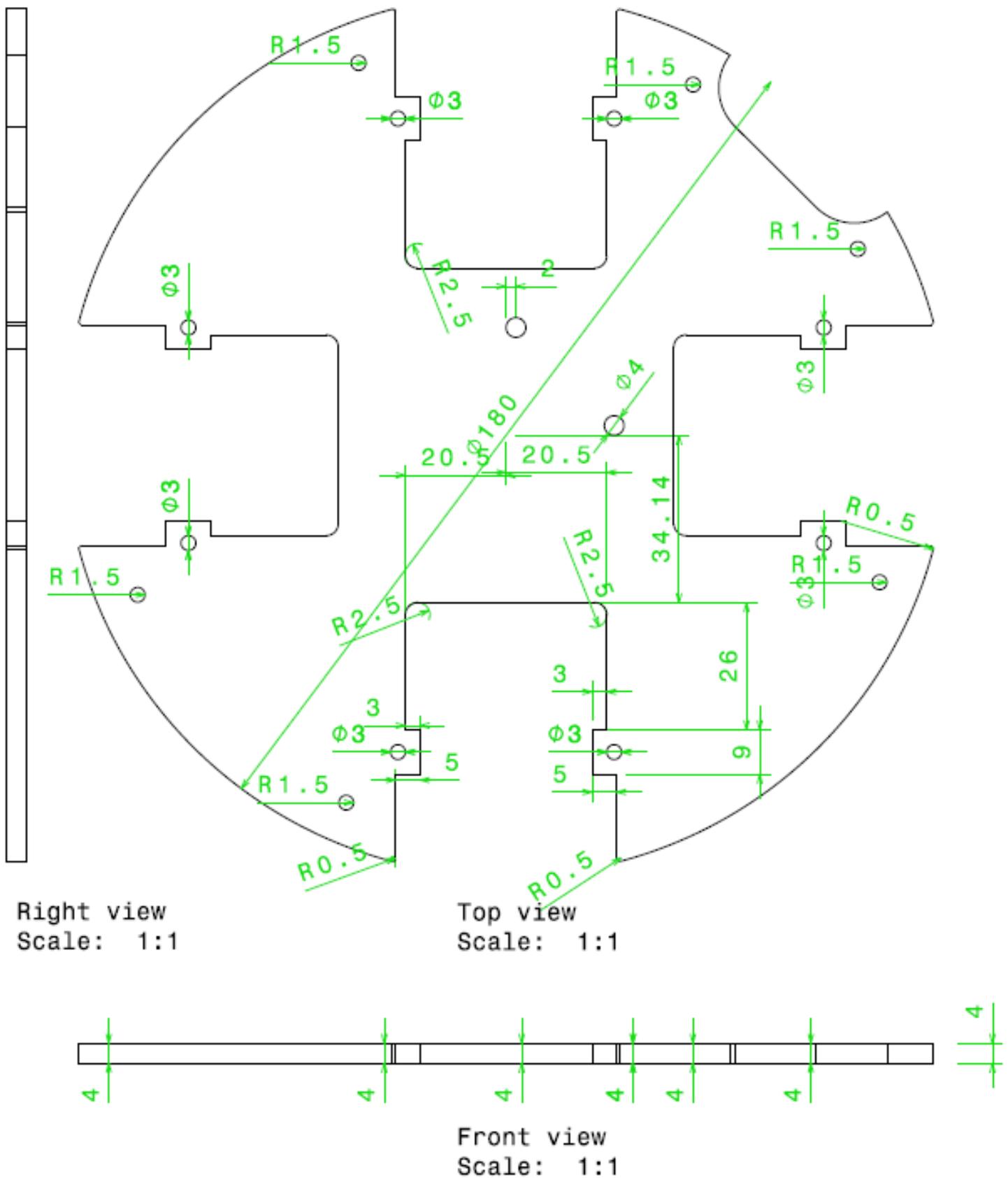
# Referencias

- [ROBOCUP] *Página oficial de Robocup*. Disponible  
[Internet]: < <http://www.robocup.org/> > [18 de enero de 2012]
- [MAXON] *Motores para el sistema de tracción*. Disponible  
[Internet]: < <http://www.maxonmotor.es/> > [18 de enero de 2012]
- [KORNYLAK] *Ruedas omnidireccionales para el sistema de Tracción*. Disponible  
[Internet]: < <http://kornylak.com/wheels/wheels.html> > [18 de enero de 2012]
- [RABBIT] *Placa de control*. Disponible  
[Internet]:  
< [http://store.rabbit.com/index.cfm?fuseaction=category.display&category\\_ID=11](http://store.rabbit.com/index.cfm?fuseaction=category.display&category_ID=11) >  
[18 de enero de 2012]
- [CATIA V5] *Sitio de Catia en Español por « Juanri »*. Disponible  
[Internet]: < <http://www.muchocatia.es/Links/LinksInteres.htm> >  
[18 de enero de 2012]
- [RS-ONLINE] *Componentes mecánicos y electrónicos*. Disponible  
[Internet]: < <http://es.rs-online.com/web/> [18 de enero de 2012]
- [Pablo Escribano García] *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MICROROBOT (EUROBOT08)*., PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [Roberto Apéstigue Oreja] *SISTEMA DE CONTROL DE TRACCIÓN Y POSICIONAMIENTO DE UN MICROROBOT EUROBOT 2008*.. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [Emilio Fernández de Frutos] *DISEÑO GLOBAL DE ARQUITECTURA Y HW DE ROBOSOCER SSL*. Jesús. PFC Universidad Carlos III de Madrid.
- [Parsian SSL Team] *TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2010*.. Amirkabir University Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [Parsian SSL Team] *TEAM DESCRIPTION FOR ROBOCUP 2009*. Amirkabir University Of Technology (Tehran Polytechnic).
- [Edgar David Sotelo Iniesta] *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS ROBOTS F180 DEL ITAM*.. Instituto Tecnológico Autónomo De México.

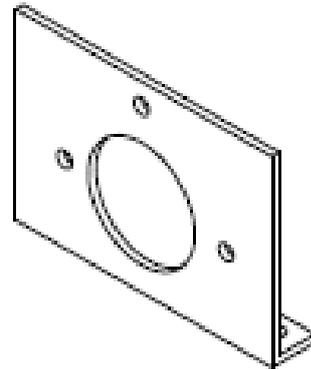
# **Anexo**

## **PLANOS**

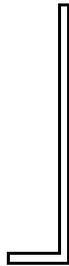
## CHASIS



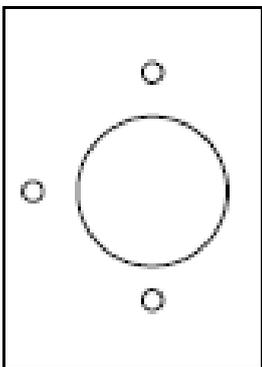
## ESCUADRAS MOTOR



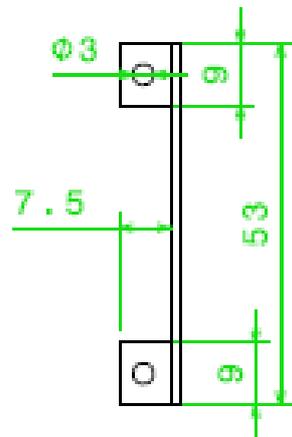
Isometric view  
Scale: 1:1



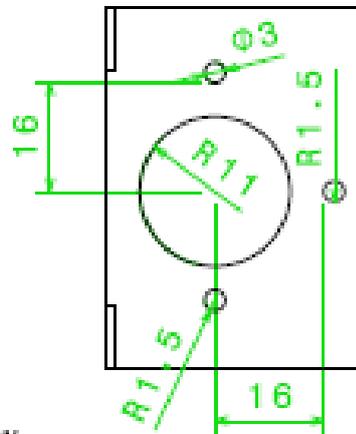
Bottom view  
Scale: 1:1



Right view  
Scale: 1:1



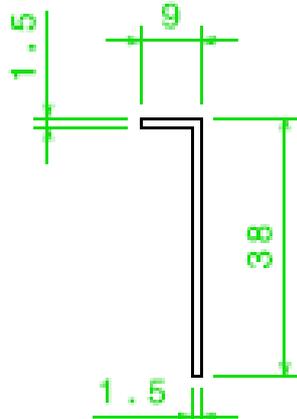
Front view  
Scale: 1:1



Left view  
Scale: 1:1



Rear view  
Scale: 1:1

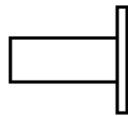


Top view  
Scale: 1:1

## CASQUILLOS RUEDA-EJE



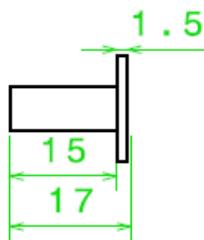
Isometric view  
Scale: 1:1



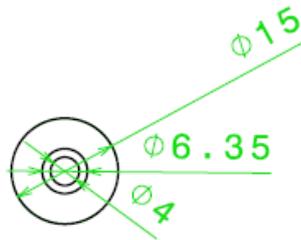
Bottom view  
Scale: 1:1



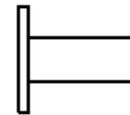
Right view  
Scale: 1:1



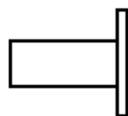
Front view  
Scale: 1:1



Left view  
Scale: 1:1

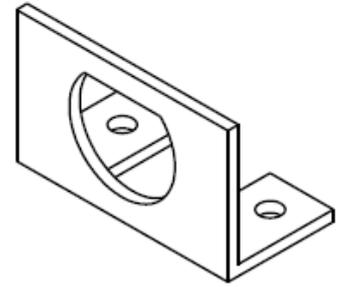


Rear view  
Scale: 1:1



Top view  
Scale: 1:1

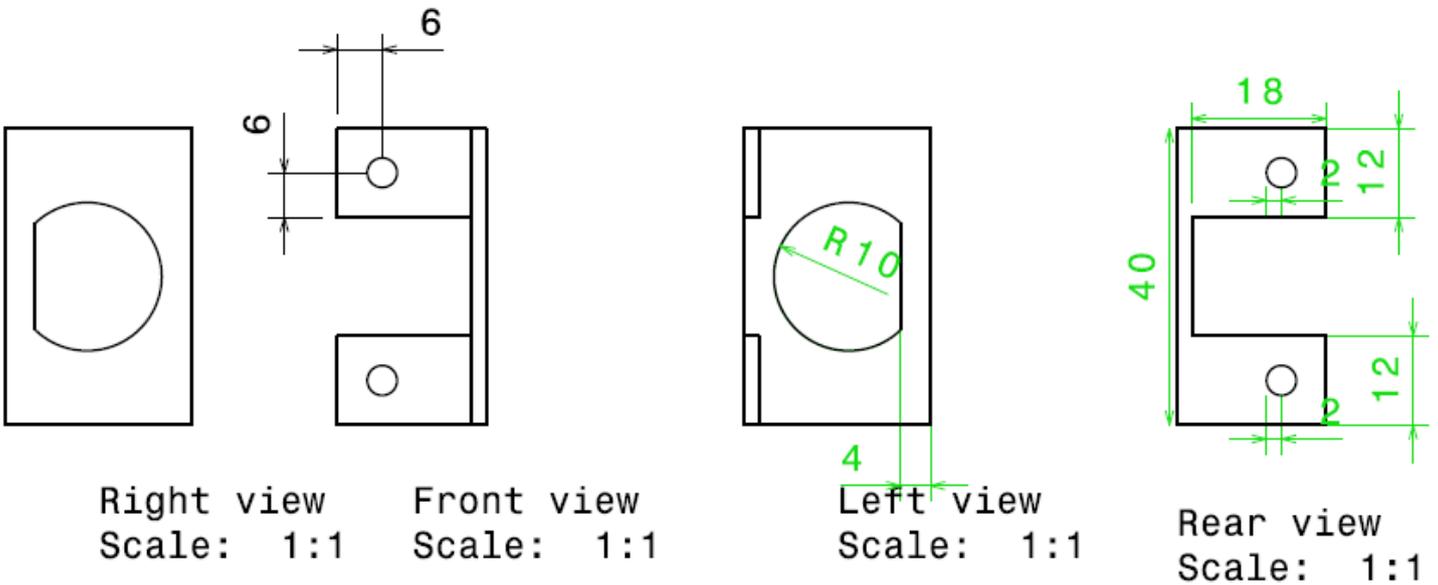
## ESCUADRA SOLENOIDE



Isometric view  
Scale: 1:1



Bottom view  
Scale: 1:1

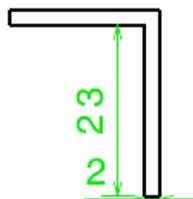


Right view  
Scale: 1:1

Front view  
Scale: 1:1

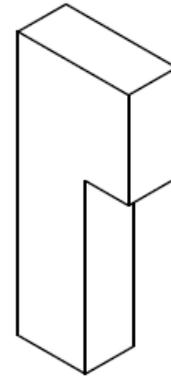
Left view  
Scale: 1:1

Rear view  
Scale: 1:1

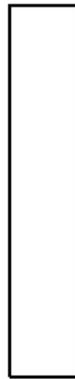


Top view  
Scale: 1:1

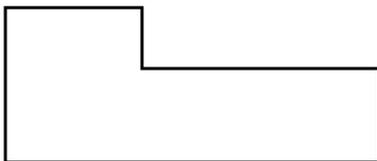
## PILAR SISTEMA DRIBBLER DCHA



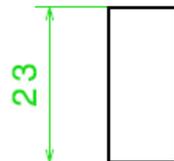
Isometric view  
Scale: 1:1



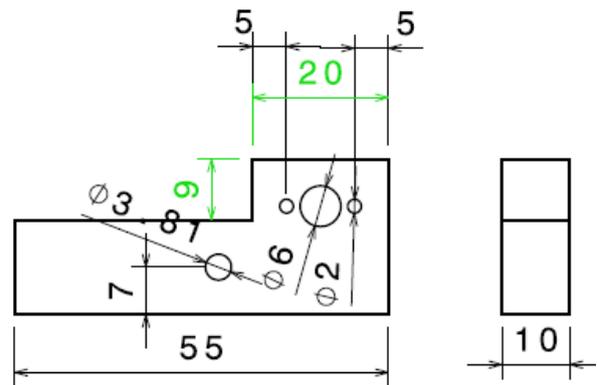
Bottom view  
Scale: 1:1



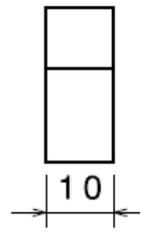
Right view  
Scale: 1:1



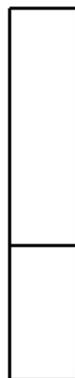
Front view  
Scale: 1:1



Left view  
Scale: 1:1

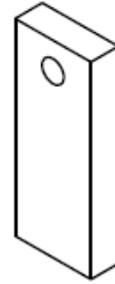


Rear view  
Scale: 1:1



Top view  
Scale: 1:1

## PILAR SISTEMA DRIBBLER IZDA



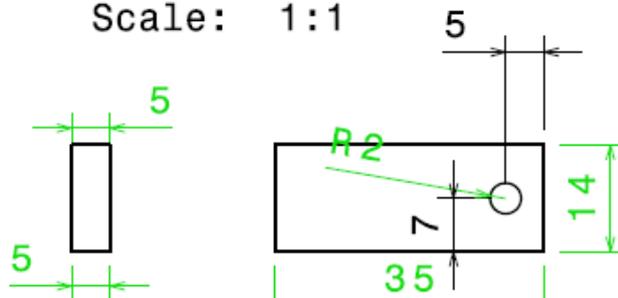
Isometric view  
Scale: 1:1



Bottom view  
Scale: 1:1

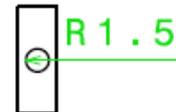


Right view  
Scale: 1:1



Front view  
Scale: 1:1

Left view  
Scale: 1:1

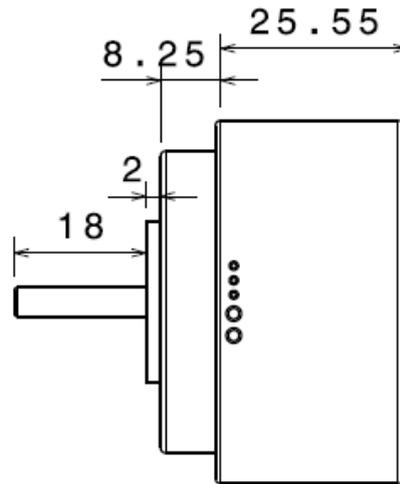


Rear view  
Scale: 1:1

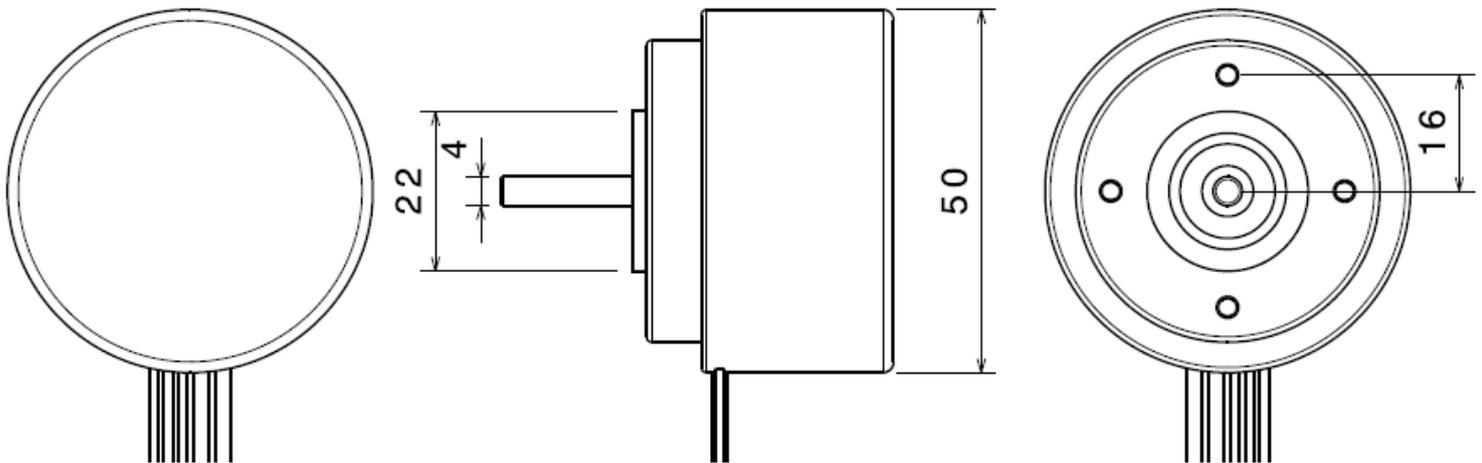


Top view  
Scale: 1:1

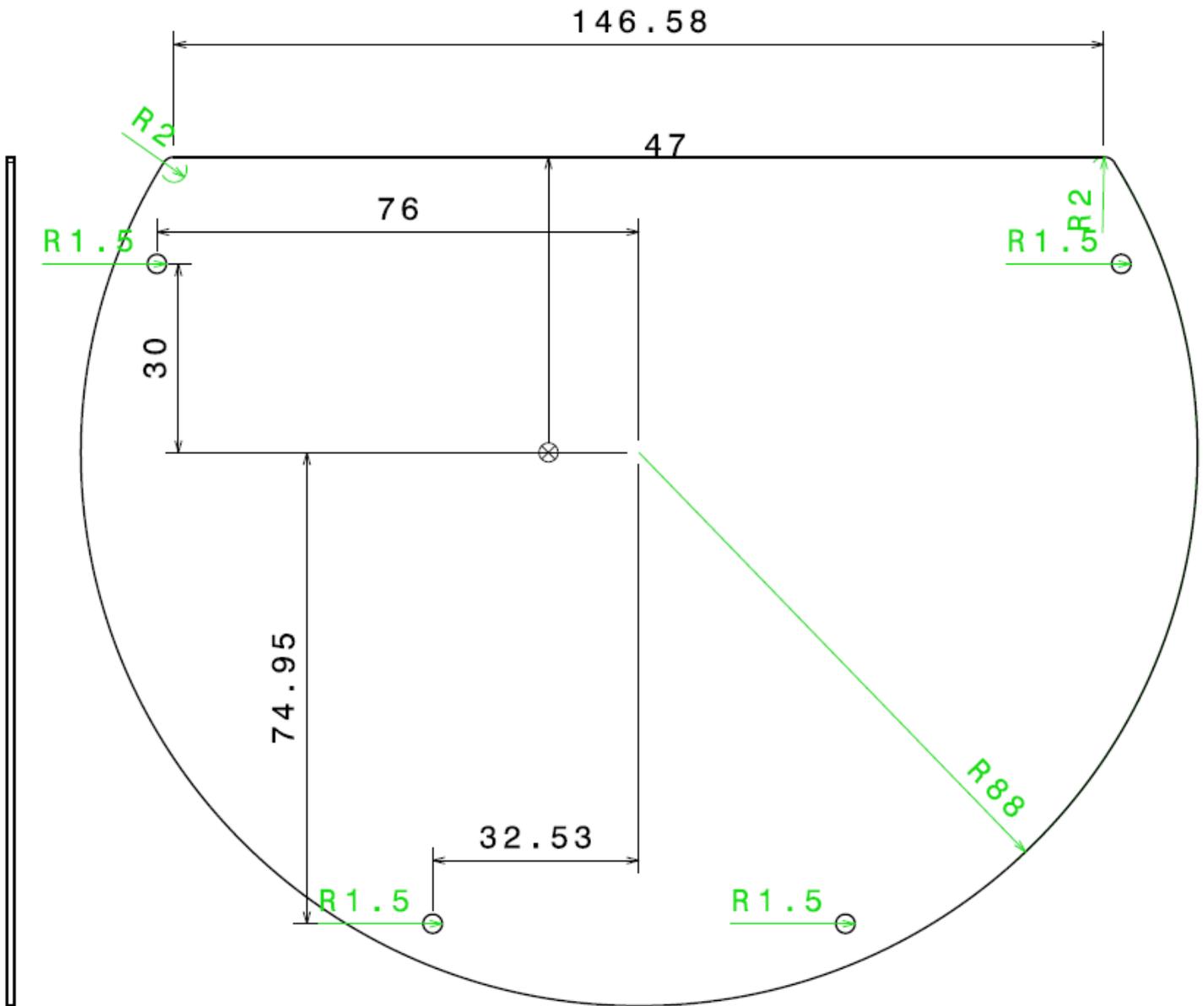
## MOTOR MAXON FLAT EC 45 WITH ELECTRONICS INTEGRATED



Bottom view  
Scale: 1:1

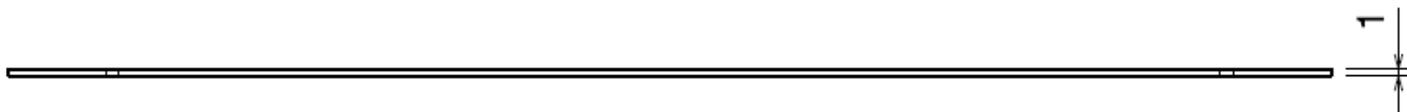


## BASE PRIMERA PLANTA



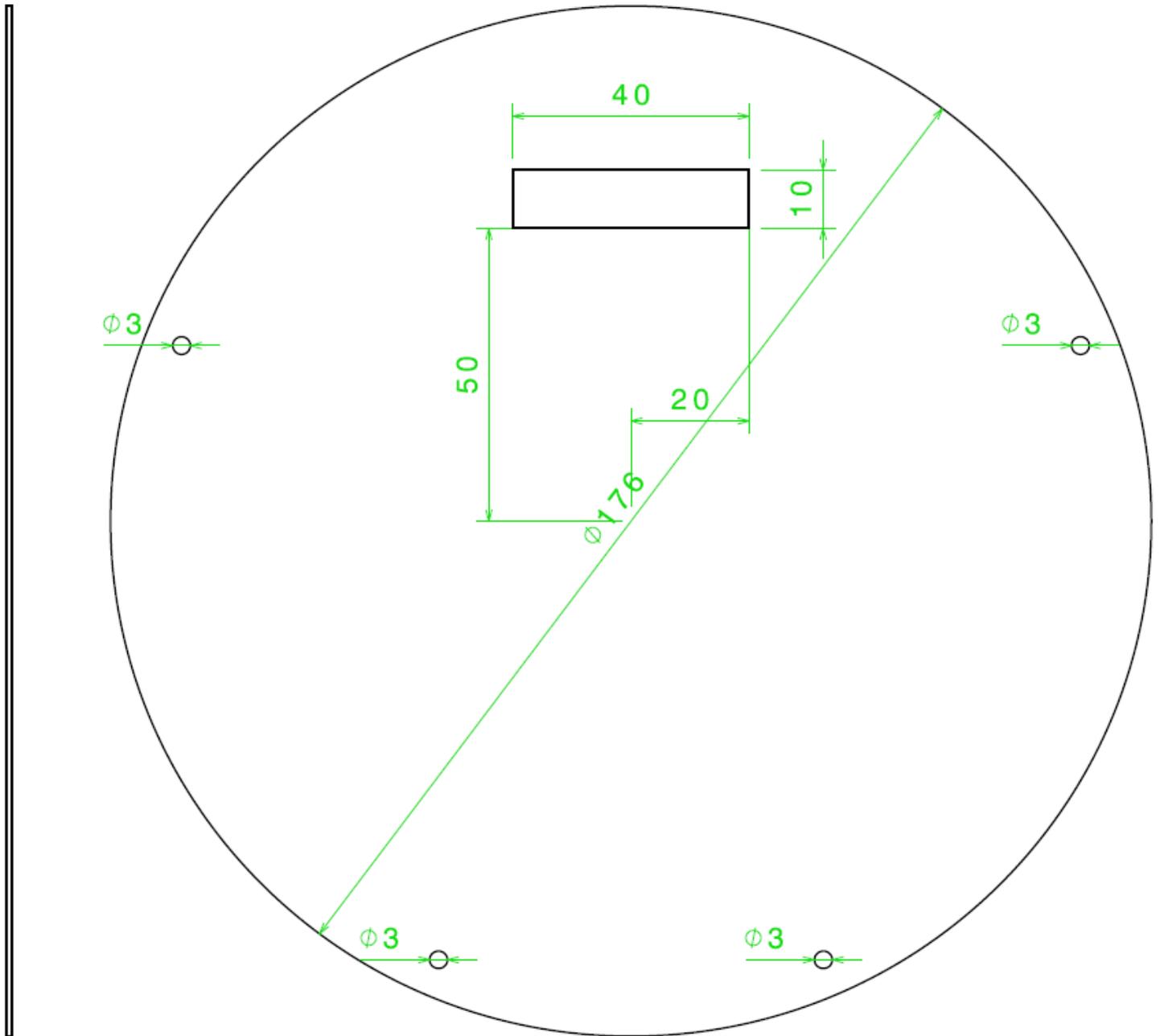
Right view  
Scale: 1:1

Top view  
Scale: 1:1



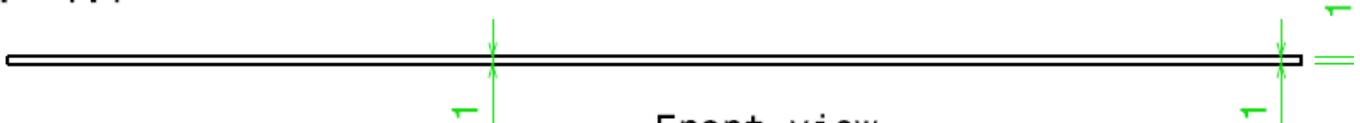
Front view  
Scale: 1:1

## BASE SEGUNDA PLANTA



Right view  
Scale: 1:1

Top view  
Scale: 1:1



Front view  
Scale: 1:1