



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Diseño de robot móvil con arduino para resolver laberintos

MEMORIA PRESENTADA POR:

Desiderio Rico Diez

GRADO DE INGENIERÍA MECÁNICA
CUARTO AÑO ACADÉMICO

Universidad: Universidad politécnica de Valencia

Denominación escuela: EPSA

Tutor: Jaime Masía Vaño

Convocatoria de defensa: Alcoy, Julio 2018

-Título: Diseño de robot móvil con arduino para resolver laberintos.

-Title: Design a mobile robot to solve labyrinths with arduino

-Resumen español: La finalidad del siguiente trabajo de fin de grado es el diseño de un robot móvil para la resolución de laberintos con arduino. Para ello se realizara el diseño de chasis y ensamblaje a través de solidworks, la programación de dicho robot será a través del lenguaje de programación arduinoblocks, y por último se realizara una selección de materiales para el chasis y los posibles métodos de fabricación del mismo.

-English summary: The goal of this final work degree is to design a mobile robot for solving labyrinths with arduino. For this purpose, chassis and assembly will be design with software solidworks, the programing will be done with arduinoblocks language, and finally materials selection will be made as well as manufacturing methods.

-Palabras clave español: robot, diseño, arduino, solidworks, chasis.

-English key words: robot, desing, arduino, solidworks, chassis.

D. Desiderio Rico Díez

Prof. D. Jaime Masiá Vañó

Alcoy, Julio 2018

Agradecimientos

En la realización de este proyecto he podido contar con la ayuda y apoyo de una gran cantidad de personas. Quisiera dar las gracias especialmente a mi tutor, Jaime Masiá Vañó quien me ha ayudado y aconsejado durante toda la duración de este proyecto así como a todos los integrantes del club de robótica (Gromep). También dar las gracias a mi familia cuyo apoyo constante me ayudó a completar de forma satisfactoria este proyecto y me han permitido enfrentar con éxito todos los retos que he encontrado durante la carrera. Por último dar las gracias a todo el profesorado de la EPSA, gracias a los cuales he podido obtener los conocimientos necesarios para emprender mi futuro profesional.

Índice:

1. Introducción

2. Diseño robot móvil

2.1 Consideraciones a tener en cuenta antes del diseño

2.1.1 Normativa competición

2.1.2 Elementos mecánicos y electrónicos

2.2 Diseño chasis

2.2.1 Predisposición estructural y de tracción

2.2.2 Diseño CAD

2.2.3 Ensamblaje

3. Electrónica y Programación del robot móvil

3.1 Electrónica del robot

3.1.1 Construcción y diseño

3.2 Programación

4. Selección de método de fabricación y materiales

4.1 Criterios para la selección de materiales y procesos de fabricación

4.2 Selección método de fabricación

4.3 Selección de materiales

5. Presupuesto

6. Bibliografía

7. Anexos

7.1 Anexo 1

7.2 Anexo 2

7.3 Anexo 3

7.4 Anexo 4

1. Introducción

La robótica es una disciplina la cual está conformada por diversas ramas de ingeniería como puede ser ingeniería electrónica mecánica o informática entre otras. El documento desarrollado a continuación trata sobre el diseño de un robot de laberinto o robot de micromouse. Este tipo de robot se ha popularizado gracias a los diversos concursos de robótica tanto a nivel nacional como internacionales. Para el diseño de dicho robot se tomara como base un Arduino uno el cual servirá como hardware para poder conectar todos los dispositivos (sensores, motores, etc.), Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación en proyectos multidisciplinarios por ello resulta un sistema muy útil para la realización de este tipo de robots.

Empezamos el desarrollo de este proyecto realizando el diseño estructural de dicho robot, el cual servirá de bastidor para incorporar todos los componentes y en el cual se buscara optimizar lo máximo posible las dimensiones del robot. Obviamente necesitaremos algún método para salir del laberinto, esto lo abordaremos en el capítulo de electrónica y programación, en el cual se realizara un algoritmo básico para poder controlar el robot. A continuación se realizara una selección de posibles métodos de fabricación y selección de materiales óptima y por último se realizara el presupuesto total que sería necesario para la fabricación de dicho robot.

2. Diseño robot móvil:

En este capítulo nos dispondremos a explicar todo lo relevante al diseño de nuestro robot, haremos especial hincapié en el diseño de chasis y todos los elementos que conformaran el robot de micromouse.

2.1 Consideraciones a tener en cuenta a la hora del diseño

Antes de empezar es imprescindible tener en cuenta una serie de factores que serán fundamentales a la hora de empezar a diseñar el robot móvil. Estos factores son principalmente, la normativa del concurso al cual queremos participar, y los elementos mecánicos y electrónicos de los cuales haremos uso para construir el robot.

2.1.1 Normativa de la competición:

Hay diversas competiciones de robots para resolver laberintos, cada cual con sus diferentes normas y peculiaridades.

A nivel nacional cabría destacar la competición hispabot o alcabot [1] (ambas comparten la misma normativa), en dicha competición como en todas el ganador será aquel micro-robot que consiga salir del laberinto en el menor tiempo. Para esta competición los laberintos estarán conformados por una superficie de 3,6x3,6 metros, con paredes de 25 cm y calles de 40 cm de ancho aproximadamente, con una incertidumbre del 10% de media. El suelo será de madera aglomerada y plastificada en blanco, con los bordes sin pintar y con acabado indefinido.

Por otra parte, a nivel internacional (cuya normativa cogeremos de referencia) tenemos la competición "MICROMOUSE" [2], esta competición surgió en Reino unido y se ha sostenido cada año desde los años 80. Como en las competiciones de hispabot/alcabot los "ratones" compiten a contrarreloj, con la diferencia de que buscan el centro del laberinto, en vez de la salida, en el menor tiempo posible. El laberinto consiste en 256 cuadrados (celdas) dispuestos en un formato 16x16, en una rejilla de 180mm. Cada pared es 50 mm de alto y posee 12 mm de grosor, por lo tanto, la distancia mínima entre las paredes es de 168 mm. Esta competición, ha sido apoyada por una variedad de organizaciones y las instituciones académicas incluyendo Euromicro, el instituto de ingenieros eléctricos, la universidad de Londres del este, el RAC, la universidad de Manchester, el BBC, University de Bristol, el centro de la innovación de la tecnología de la universidad de Inglaterra central, entre otras.

2.1.2 Elementos mecánicos y electrónicos.

Una vez elegimos la competición en la que participaremos es hora de seleccionar los elementos constructivos que conformaran nuestro robot. Estos elementos son un factor determinante a la hora del diseño del chasis, puesto que tendremos que optimizar lo máximo posible el diseño

para cumplir con las especificaciones de la competición. En este caso los elementos mecánicos y electrónicos que se utilizarán serán:

-Arduino [3]

Como se mencionó anteriormente, esta placa de hardware libre se utilizará como la base del robot móvil, concretamente se utilizará la placa Arduino modelo uno, y encima de esta un arduino motor shield, diseñado por el grupo de robótica Gromep, y el cual se explicará con más detalle en el capítulo de electrónica y programación.

A la hora del diseño es imprescindible conocer las dimensiones de esta placa, puesto que necesitaremos prever dónde colocarlo y también tener en cuenta los elementos de sujeción de dicho aparato. Por lo tanto, podemos observar las dimensiones en la siguiente imagen.

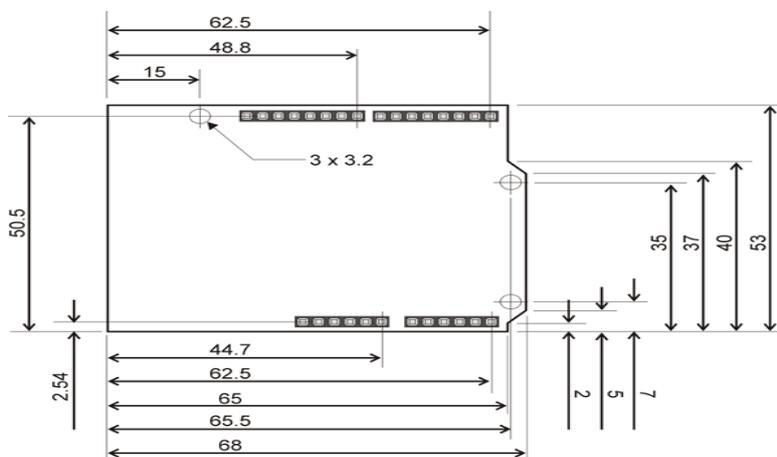


Ilustración 1: Dimensiones Arduino Uno

-Motores [4]

Como sistema motriz, se han seleccionado 2 servomotores de rotación continua de la marca parallax por su sencilla implementación con arduino. Las especificaciones técnicas de dicho servomotor facilitadas por el proveedor son las siguientes:

- Rotación continua bidireccional
- 0 a 50 rpm, con respuesta lineal a PWM para rampa de velocidad sencilla
- Potenciómetro para ajustar la parada del motor
- Par: 38 oz-plg. A +6 V
- Montaje de servo R/C (hobby) estándar y conector de 3 contactos
- Fuente de alimentación: +4 V a +6 V dc, 15 a 200 mA
- Rango de temperaturas de funcionamiento: -10 a +50 °C
- Peso: 42,5 g

Cuyas dimensiones estandarizadas podemos apreciar en la siguiente ilustración:

-Rueda loca [6]

Como parte del sistema motriz y para darle más estabilidad al micromouse, será necesario incorporar una o varias ruedas locas, para facilitar el giro cuando encuentre algún obstáculo. Para ello se ha seleccionado una rueda loca metálica de 3/8 cuyas dimensiones en pulgadas serán las siguientes.

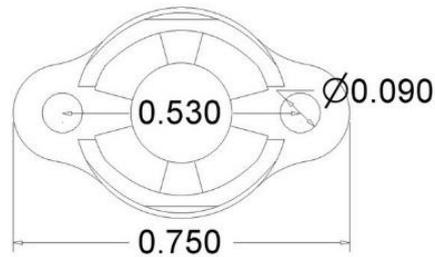


Ilustración 4: Dimensiones rueda loca

-Batería

La batería modelo *rhino 750mah 7.4 v 20 c*, será la alimentación de nuestro robot, sin ella, nuestro robot no podría resolver el laberinto ya que sería inviable tenerlo conectado a una fuente de alimentación externa. A la hora del diseño hay que tener en cuenta donde ira situada la batería, ya que es un elemento relativamente pesado y ello conllevara un desplazamiento del centro de masas y por lo tanto puede desestabilizar el robot, además de ello debemos conocer las dimensiones de la misma para poder optimizar lo máximo posible el espacio requerido. En este caso, la batería seleccionada tendrá una longitud de 80 mm, un ancho de 40 mm y un grosor de 20 mm.

-Cableado

Por último, habrá que tener en cuenta el cableado del robot móvil, por lo que a la hora de diseñar habrá que dejar espacio suficiente para poder interconectar todos los elementos.

Otro factor muy importante a la hora del diseño reside en el método de fabricación, puesto que habrá que tener en cuenta las limitaciones propias de los diferentes tipos de mecanizados, por ello se explicara detenidamente en el capítulo de selección de métodos de fabricación.

2.2 Diseño del chasis

2.2.1 Predisposición estructural y de tracción.

Una vez tenemos claras las limitaciones propias de los diferentes elementos del robot, así como las limitaciones por normativa del concurso nos dispondremos a diseñar el chasis, el cual tendrá principalmente una misión estructural, la cual aportara rigidez y forma a nuestro robot e irán ensamblados el resto de componentes del micromouse. A simple vista, puede parecer que cualquier estructura es válida, y que lo que realmente importa son los componentes internos del robot, pero es no es del todo cierto. Una mala elección puede hacer que se compliquen las cosas en un futuro, por ello, es conveniente utilizar parte del tiempo en pensar la forma que tendrá nuestro robot, así como donde colocaremos las partes de dicho robot.

En primer lugar, analizaremos la forma que tendrá el chasis, la misión principal de este robot será atravesar los pasillos de un laberinto con unas dimensiones preestablecidas. Imaginemos que realizamos una estructura rectangular, en esta predisposición nos encontramos principalmente con un problema, al girar, es posible que las esquinas del chasis choquen con las paredes del laberinto, dificultado la resolución del mismo.

Ahora pensemos en darle una forma redonda, en este caso el problema con las esquinas quedaría subsanado, pero al mismo tiempo esta predisposición podría provocar que se ensanchara más de la cuenta, por lo que habría espacio poco optimizado.

Por este motivo se ha decidido seleccionar una estructura mixta, basándonos en el robot mircomouse de alto rendimiento que encontraremos en la siguiente referencia [7], redondeando las esquinas, pero manteniendo un tamaño lo más optimizado posible.

Una vez elegida la forma seleccionaremos el tipo de tracción así como la posición de las ruedas.

Básicamente elegiremos el tipo de tracción en función del tipo de giro que proporcione. Existen muchos tipos de tracción, pero en nuestro caso solo nos va a interesar un tipo. Para un robot de laberintos, el cual es nuestro caso, podemos decir que lo más importante es la maniobrabilidad, y por este motivo utilizaremos una tracción diferencial, la cual nos permitirá realizar giros de 90°-180° sin ningún tipo de complicación. Para conseguir esta tracción se utilizara como ya se comentó anteriormente, 2 servomotores independientes, lo cual nos permitirá controlar cada rueda por separado.

Ahora pasaremos analizar la predisposición de las ruedas y ver donde deberían ir colocadas. En principio podemos pensar en una tracción tanto delantera como trasera, pero para el caso que nos ocupa debemos tener en cuenta cual será el eje de giro, si seleccionamos una posición como la mencionada anteriormente provocara que el robot no gire en torno a su centro, y podría hacer que colisione con el entorno. Por este motivo las ruedas se posicionaran en una zona lo más centradas posible y se colocaran 2 ruedas locas, una delante y otra detrás del robot para proporcionar estabilidad.

2.2.2 Diseño CAD

Teniendo en cuenta las disposiciones iniciales, nos dispondremos a realizar el diseño del chasis mediante un software de diseño en CAD, concretamente se utilizara solidworks, el cual nos permitirá realizar un modelo 3D con todo tipo de medidas. Con ello conseguimos saber las dimensiones y distribución que tendrá nuestro robot antes de construirlo físicamente. La estructura del robot consistirá en 3 piezas diferenciadas, las cuales formaran el ensamblaje final con el resto de componentes, para así construir finalmente el micromouse.

-Parte 1

Esta será la parte de mayor volumen, y servirá como base para ensamblar en ella el resto de componentes. En esa pieza se acoplaran los sensores, los cuales se dispondrán en cuatro orificios, dos en dirección frontal para comprobar la distancia de una posible pared en frente y otros dos que se dispondrán a cuarenta cinco grados para poder medir la distancia con las paredes laterales del laberinto. Así mismo, en esta pieza irán atornillados los servomotores mediante cuatro tornillos de métrica 3 (M3) y las 2 ruedas locas que se atornillaran a la base con tornillos métrica 2 (M2). En la parte trasera habrá una guía por la cual se acoplaran el resto de piezas sobre esta estructura, así como un tornillo frontal y dos laterales, ambos de métrica 3 (M3) que servirán para fijar el robot. Observando la *ilustración 5* podemos obtener una idea general respecto a esta pieza, sin embargo, todos los detalles al respecto se podrán encontrar en el anexo 1, el cual hace referencia al plano de dicha pieza.

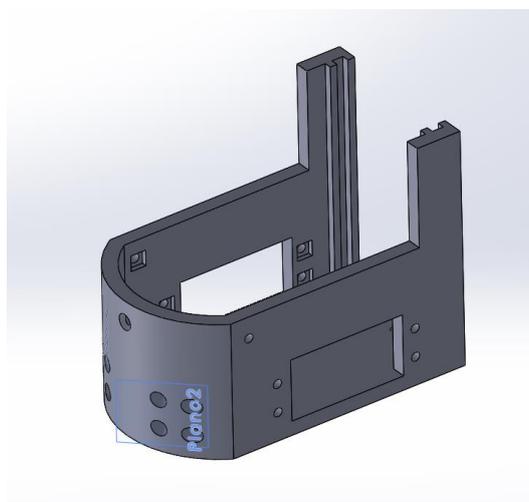


Ilustración 5: Modelado 3D pieza 1

-Parte 2

Esta segunda pieza servirá principalmente para anclar en ella el arduino, y además también será donde ira sujeta la batería. Haciendo esto reduciremos significativamente el ancho de nuestro robot, ya que optimizaremos el espacio utilizado en la pieza 1 al no tener que dejar hueco en ella para la batería. Para anclar el arduino se han realizado los 4 agujeros propios para atornillarlo por cuatro tornillos de métrica 3,5 (M3, 5) en la parte superior de la pieza. Para la batería se ha propuesto realizar 2 ranuras por las que pasara una cinta la cual servirá de amarre, además de unas paredes laterales que evitaran movimientos indeseados dentro del robot móvil. Por último, cabe destacar la necesidad de una ranura en la parte trasera, que servirá para

permitir pasar los cables desde el interior de la pieza 1 hasta la electrónica de la parte superior. Para acoplar esta pieza a la pieza 1, se ha dispuesto una pared la cual pasara por la guía diseñada en la parte anterior, así como un agujero en la parte frontal por la cual será atornillada mediante 1 tornillo de métrica 3 (M3). En la ilustración 6 podemos ver todo lo mencionado anteriormente, sin embargo todas las medidas relacionadas a esta pieza se podrán consultar en el anexo 2, que hará referencia al plano de esta pieza.

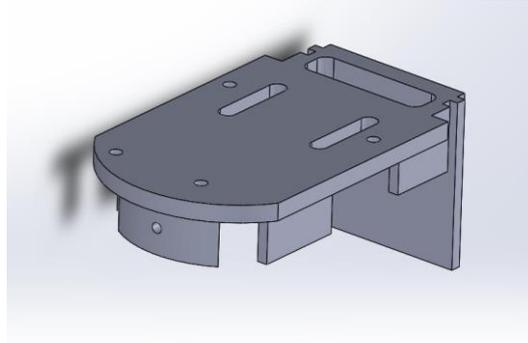


Ilustración 6: pieza 2

-Parte 3

Esta será la parte superior del robot y tendrá 2 funciones principales. La primera función será la de proteger la parte electrónica, cubriendo por la parte superior al arduino. Por otra parte, cumplirá una función meramente estética, siendo esta parte personalizable con diversos modelos. En este caso concreto será una carcasa emulando la parte superior de un tranvía, como se puede apreciar en la figura que se encuentra más abajo. Para ensamblarla al robot se pondrá una pared que pasara a través de la guía de la pieza base, así como 2 tornillos laterales de métrica 3 (M3). Todos los detalles de las medidas se podrán consultar en el Anexo 3, que referirá al plano de esta pieza.

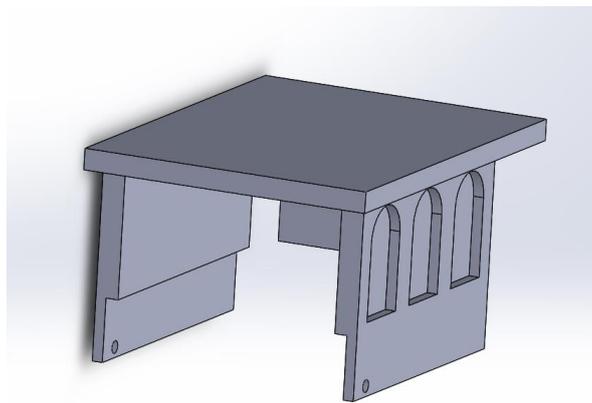


Ilustración 7: Pieza 3

-Rueda

Por último, se diseñaran las ruedas. Al diseñarlas nosotros mismos podremos calibrar mejor la altura y el ancho del robot, así como la velocidad a la que se podrá desplazar nuestro robot. La rueda tiene un diámetro de 56,4 mm en la parte central dispondrá de una guía a la que acoplaremos una goma que hará la función de neumático para que agarre bien en la superficie del laberinto. Además se dispondrá una cruceta para poder atornillar la rueda al servomotor. Para más detalles se podrá consultar las dimensiones en el anexo 4, en el cual se podrán contemplar todas más medidas relevantes.

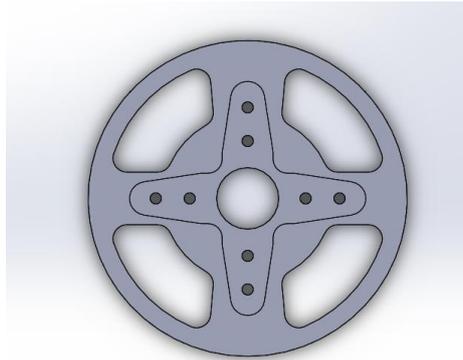


Ilustración 8: Ruedas del micromouse

A pesar de que en este caso no buscamos una velocidad de desplazamiento elevada, podemos calcular la velocidad máxima a la que podrá desplazarse nuestro robot con una sencilla fórmula. Conocemos el diámetro de las ruedas (56,4 mm), así como la velocidad máxima de los servomotores (50 rpm), con estos datos bastara con calcular la longitud de la circunferencia y multiplicarlo por el número de vueltas por minuto del servo, obteniendo un resultado de:

$$V = \pi * D * n$$

Siendo:

V= velocidad

D=Diámetro

N=número de vueltas por minuto

$$V = \pi * 56,4 * 50 = 8859.29 \text{ mm/s}$$

O lo que es lo mismo

$$V = 14,76 \text{ m/s}$$

2.2.3 Ensamblaje

Finalizando el capítulo del diseño haremos mención al orden de ensamblaje, pues es importante tener este orden en cuenta para evitar problemas a la hora de montar nuestro robot. Partiremos de la pieza 1 que como ya se dijo anteriormente servirá de base, a partir de aquí se propone el siguiente orden de montaje:

1. **Diodos leds y foto transistores:** para poder introducir fácilmente los sensores y diodos dentro de los huecos asignados, ya que de haber otros elementos, entorpecería su manipulación.
2. **Bolas locas:** en segundo lugar montaremos las bolas locas por el mismo motivo que se ha mencionado anteriormente, ya que otros elementos dificultarían el atornillado de este elemento.
3. **Servomotores parallax:** una vez montados los elementos anteriores se colocaran y atornillaran los servomotores a la pieza 1.

Una vez tengamos estos elementos ensamblados, pasaremos a montar los elementos que irán sobre la pieza 2:

4. **Batería:** para ello se pasara una cinta a través de las ranuras diseñadas para ello, por lo que quedará sujeta a la parte inferior de la pieza 2.
5. **Arduino:** a continuación se atornillara el arduino a la parte superior de la pieza 2.
6. **Pieza 2:** una vez tengamos montados los elementos anteriores sobre esta pieza, la colocaremos sobre la pieza 1, utilizando el pasador por la guía diseñada para esto y atornillando ambas piezas a través del agujero frontal. Obviamente antes de montarla será necesario pasar por la ranura correspondiente, todos los cables de los sensores y servomotores y conectarlos en su lugar correspondiente en el arduino.
7. **Pieza 3:** una vez terminado el montaje anterior, se colocara encima, la pieza superior a través de la guía, y se atornillara mediante los agujeros laterales predispuestos para este cometido.
8. **Ruedas:** por último, y para evitar cualquier tipo de entorpecimiento por parte de las mismas, se ensamblaran las ruedas en su lugar correspondiente en el servomotor.

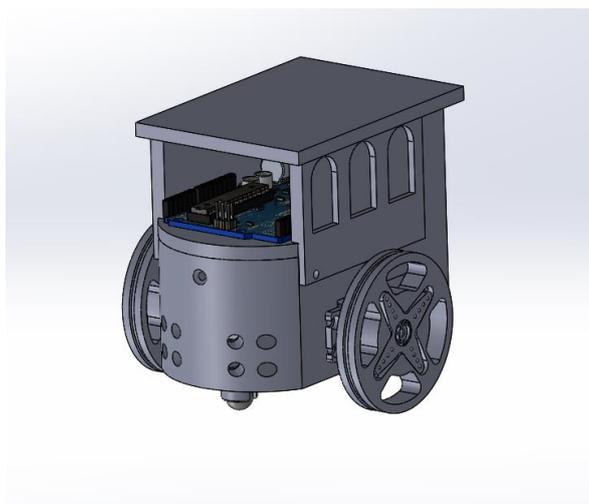


Ilustración 9: Ensamblaje terminado robot móvil

3. Electrónica y programación robot móvil

3.1 Electrónica del robot.

En este apartado, nos centraremos en explicar la parte electrónica de nuestro robot, principalmente la placa Arduino Motor shield diseñada por el grupo de robótica de la EPSA (gromep).

Esta placa se basa en el L298, que es un controlador de puente completo dual diseñada para manejar cargas inductivas como relés, solenoides, DC y motores paso a paso. Esto te permite conducir 2 motores con tu placa de Arduino, control de la velocidad y dirección de cada uno de manera independiente entre otras funciones.

3.1.1 CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO

-Placa circuito impreso (PCB)

Es uno de los principales componentes del robot, fue diseñada con dimensiones similares a arduino en la figura se puede apreciar un ejemplo de dicha placa. Se puede fabricar esta placa manualmente o llevarla a fabricar si no se tiene conocimientos de soldadura de circuitos.

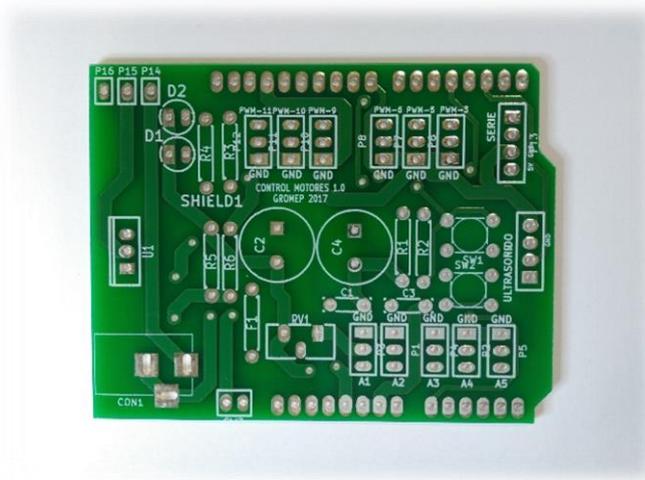


Ilustración 10: Placa circuito impreso (PCB)

-Montaje sobre PCB

Cuando ya tengas la placa lista debes ahora soldar todos los componentes, para ello te explicaremos paso a paso la mejor manera para hacerlo.

PASO 2: PULSADORES DE TACTO

Seguidamente insertaremos los 2 pulsadores tal como indica la ilustración 13

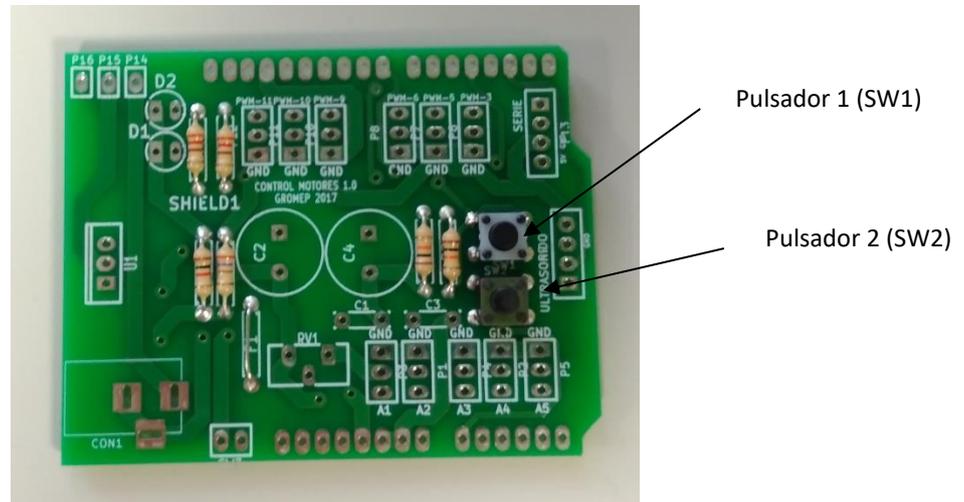


Ilustración 13: Pulsadores

PASO 3: CONDENSADORES DE 100 NANOFARADIOS

A continuación, procederemos a soldar los dos condensadores de 100nF (ilustración 14).

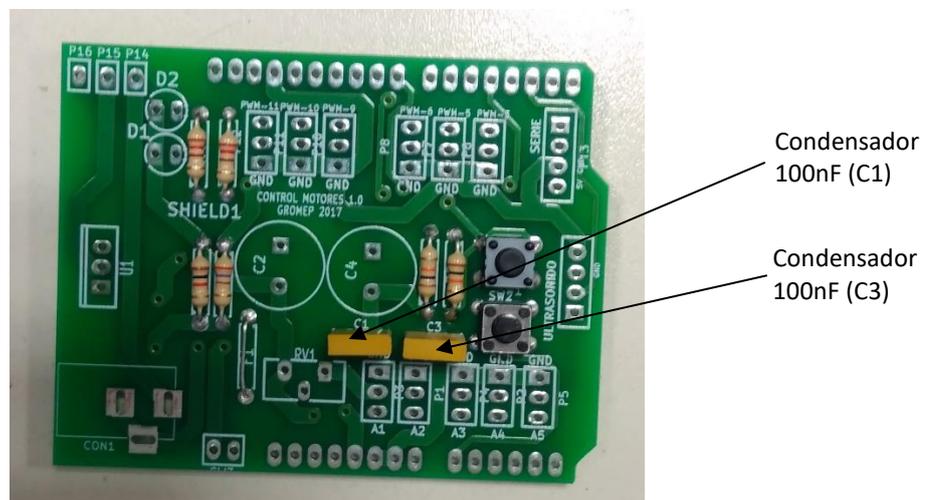


Ilustración 14: Condensadores 100 nanofaradios

PASO 4: TIRA DE PINES MACHO Y LEDS

En el siguiente paso insertaremos la tira de pines macho (dividida en dos o tres pines según indica la *ilustración 15*) y los LEDS, estos últimos teniendo especial cuidado ya que tienen polarización, por lo cual se deben colocar de una manera específica. Para diferenciarlos, la pata corta del LED (y también un chafado) se corresponde con el ánodo, polo positivo, y la corta con el cátodo, el polo negativo.

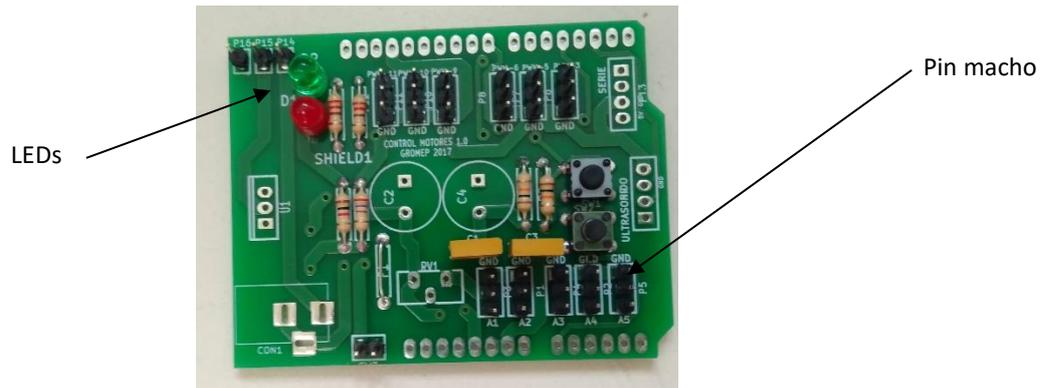


Ilustración 15: Pines macho y leds

PASO 5: CONECTORES PARA PLACA DE ARDUINO Y CONECTOR JACK

Seguimos con el siguiente paso en el cual insertaremos y soldaremos cuidadosamente los conectores para la placa de Arduino y el conector de la alimentación (*ilustración 16*). Los conectores para las placas de Arduino no coinciden con los taladros de la placa del coche. No representa ningún problema, pero hay que fijarse que no se usan todos los pines, por lo que hay que poner el conector de forma que no se deje sin conectar ninguna pista necesaria. En la siguiente foto se ve como hay que colocarlos.

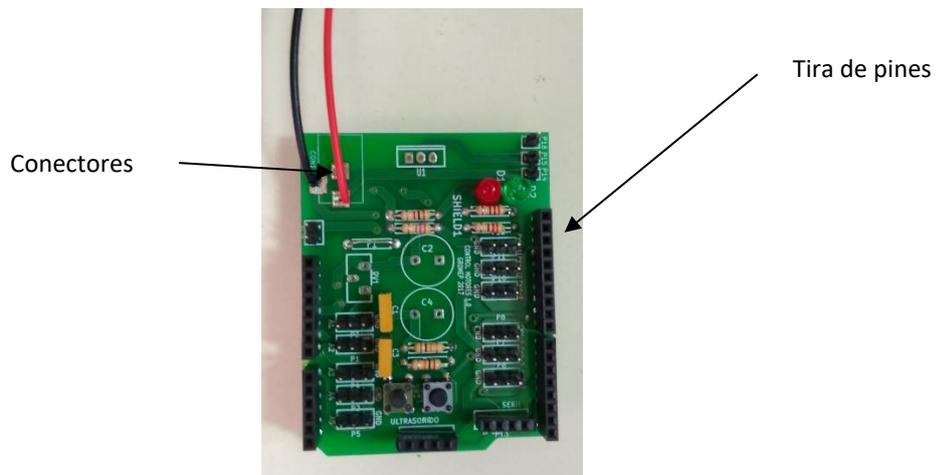


Ilustración 16: conectores para placa arduino y Jack

PASO 6: POTENCIÓMETRO Y DISIPADOR DE CALOR

A continuación, montaremos el potenciómetro con el potenciador de calor tal y como se indica en la *ilustración 17*. También, se añaden los condensadores de 2200 μF y 1000 μF , los cuales tienen polaridad (la banda representa el lado negativo). El condensador azul claro se corresponde con el de 2200 μF y el de 1000 μF con el azul oscuro.

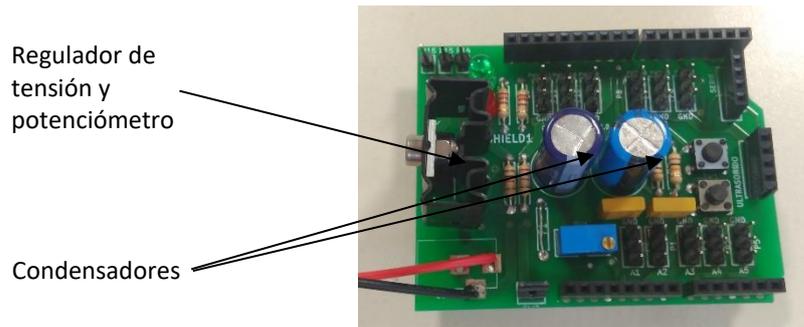


Ilustración 17: Potenciómetro y disipadores de calor

PASO 7: BLUETOOTH Y ULTRASONIDO

Seguidamente, primero se coloca el Bluetooth y luego el ultrasonido como aparece en las ilustraciones 18 y 19. Se recomienda colocar cinta aislante alrededor del Bluetooth para aislarlo, tal como se muestra en la *ilustración 19*.

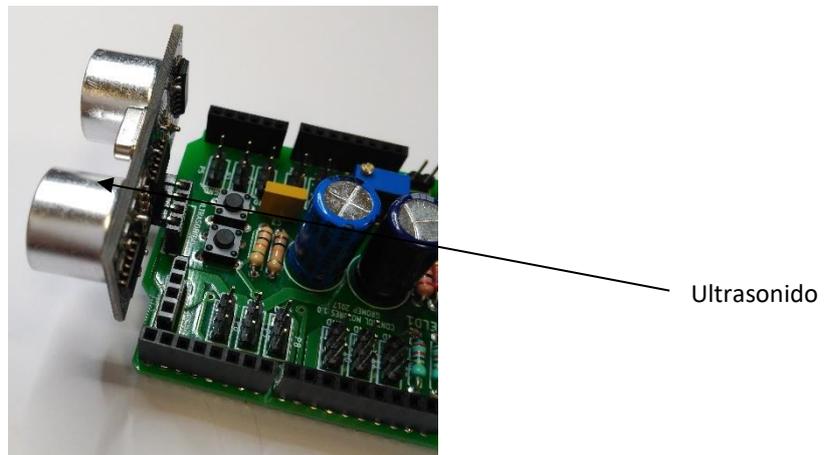


Ilustración 18: ultrasonico

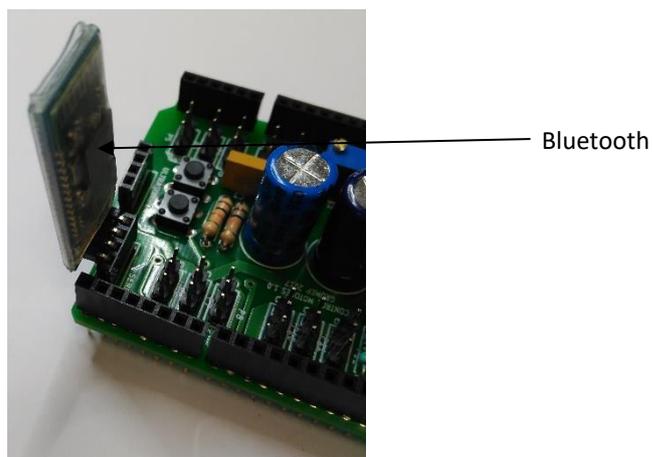


Ilustración 19: Bluetooth

PASO 8: ARDUINO

Vamos a instalar el controlador en la parte superior de la PCB, guiarse de la posición por la imagen de la ilustración 20



Ilustración 20 Montaje arduino y la placa

PASO 9: CONEXIÓN BATERÍA Y SERVOMOTORES

La batería va conectada al Jack de la forma en que se muestra en la ilustración 21. Los motores van conectados también de la forma indicada en dicha imagen.

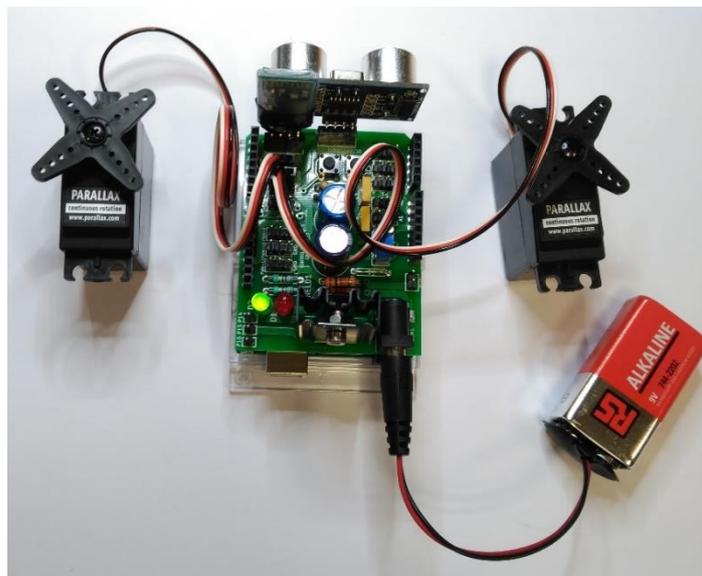


Ilustración 21: motores y batería conectados

PASO 10: CONECTOR JST CON LED INFRARROJO Y FOTOTRANSISTOR

Para hacer el conector JST para los LED y los fototransistores, se deben seguir los siguientes pasos mostrados en las imágenes siguientes. Necesitaremos soldar y tubos retráctiles u otro tipo de aislante.

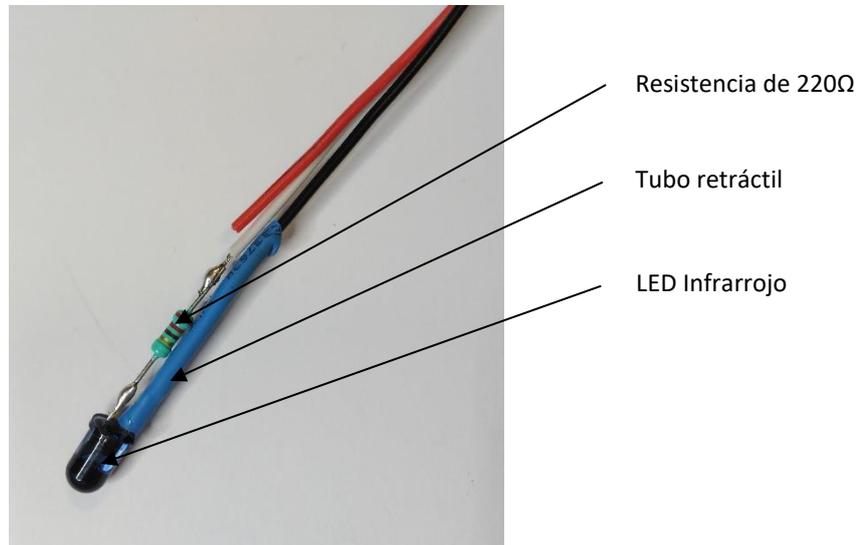


Ilustración 22: Montaje led

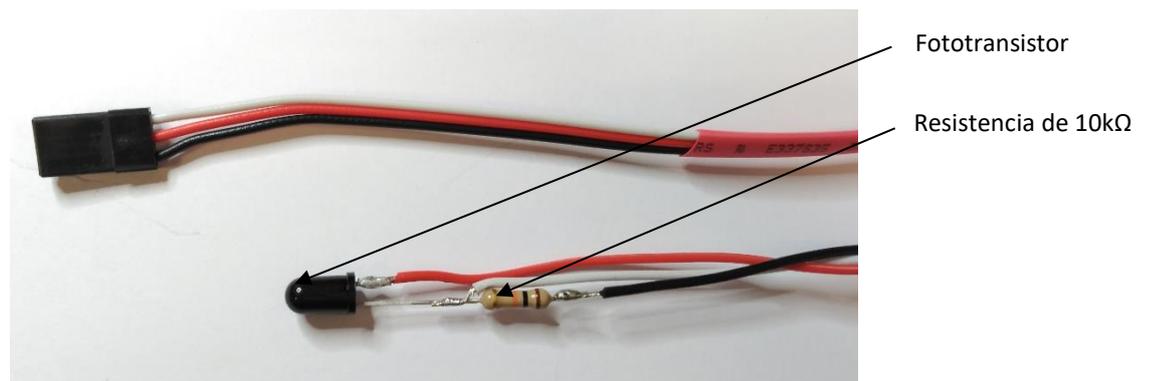


Ilustración 23: Montaje fototransistor

3.2 Programación:

Ya para terminar este capítulo, se realizara un sencillo algoritmo para comprobar que nuestro robot funcione correctamente. Para realizar este código, se utilizara el lenguaje de programación grafico de arduinoblocks, el cual nos proporcionara una forma sencilla de programar nuestro robot sin la necesidad de tener grandes conocimientos en programación.

El código en cuestión, podremos observarlo en la ilustración 24, el cual se explicara a continuación:

Empezaremos iniciando nuestro robot con la velocidad de ambos motores a 0. A continuación entraremos en un bucle, en el cual el sensor ultrasónico actuara. Si detecta una pared a 20 centímetros o más, activara la función adelante, la cual hará que nuestro robot se desplace, como su nombre indica, hacia delante. En caso de que la distancia medida por el sensor sea

inferior a 20 cm, se ejecutara la función atrás, la cual hará retroceder a nuestro robot mientras gira y a continuación, seguirá hacia delante en otra dirección, en la cual no se encuentre una pared cercana.

Este código es simple, pero nos sirve para comprobar que las dimensiones elegidas así como los componentes mecánicos y la electrónica funcionan correctamente.

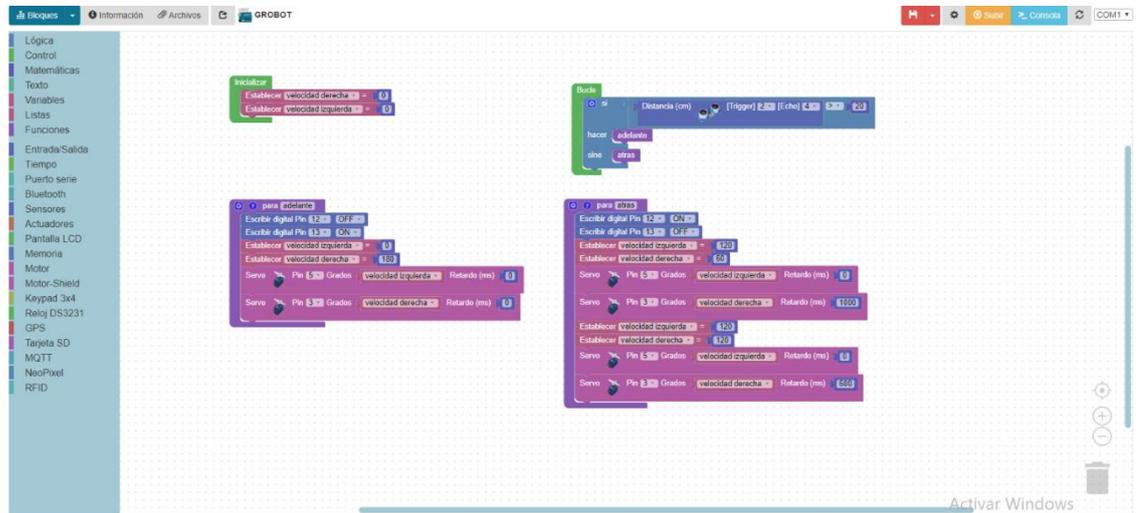


Ilustración 24: código con arduino blocks

4. Selección método de fabricación y materiales

Una parte importantísima a la hora de realizar un diseño, ya sea de un chasis, un motor, o cualquier tipo de objeto es la selección tanto del material como del método de fabricación, pues de esto dependerá en gran medida la optimización, ya sea de cuestiones técnicas o constructivas, o directamente económicas de nuestro producto.

4.1 Criterios para la selección de materiales y procesos de fabricación

La elección del material y el proceso de fabricación, depende en una primera aproximación a 4 grupos de criterios; técnicos, económica, la tecnología y ecológicas. La elección final es a menudo el resultado de un compromiso entre estos diferentes criterios [8].

-Los criterios técnicos:

Van intrínsecamente ligados al material cuyos factores a tener en cuenta, entre otros, son:

- Las propiedades mecánicas (Rm, Rp0.2, elongación, fatiga límite de resistencia)
- Operación de mantenimiento en caliente (220 ° C, 400 ° C, ...) en continuo o pico
- La densidad (búsqueda de alivio)
- La resistencia al desgaste
- De conductividad o de difusión térmica (o eléctrico)
- La resistencia a la corrosión (niebla salina para automóvil)

-Criterios económicos:

En cuestión de los criterios económicos, podemos integrar de manera más general, el control de los suministros, la disponibilidad de las fuentes y la evolución en el tiempo de los precios del material. Por lo tanto habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- el precio (y su posible evolución).
- La facilidad de encontrar un proveedor para el proceso (en caso de ser necesario) y el material seleccionado.
- Los costos recurrentes (proceso VA) y los costes no recurrentes (prototipo, equipo de serie, de desarrollo inicial, las muestras iniciales) y la vida del utillaje.
- Otros costes indirectos (envasado, transporte, control de calidad, etc.).

-Criterios tecnológicos:

Los criterios tecnológicos están relacionados principalmente con el método de fabricación de la pieza, que afectan a la facilidad o dificultad a la hora de producirla, estos criterios pueden ser:

- El diseño (o la dificultad del mismo).
- La maquinabilidad o la posibilidad de deformación (frío o caliente).
- La posibilidad de automatización del proceso de fabricación.
- Los subsiguientes tratamientos térmicos o tratamientos superficiales (cromados, anti-corrosión, etc.).

-Criterios ecológicos:

Estos criterios, han ido cobrando más relevancia a lo largo de los últimos años debido a las políticas medioambientales cada vez más estrictas. Estos tipos de criterios van ligados con el concepto de desarrollo sostenible, los cuales pueden incluir:

- El impacto en términos de emisiones de CO2 del proceso de fabricación, y el transporte, ya sea del producto en sí o del material que se utilizara.
- El impacto en términos de facilidad de reciclaje o la facilidad de desmontaje al final de su vida útil.
- El agotamiento (o no) del material de reserva mundial y la posibilidad de encontrar fácilmente materiales alternativos para realizar la misma función.
- Impacto social.

4.2 Selección método de fabricación:

Una vez tenemos claro los criterios a la hora de una correcta selección del método de fabricación, pasaremos a ver algunos de los métodos más típicos a la hora de fabricar nuestras piezas:

-Mecanizado por control numérico (CNC) [9]:

El control numérico es un sistema de automatización de máquinas herramientas (fresas, tornos, etc.), que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el método manual mediante volantes o palancas. Además de aplicarse en las anteriormente mencionadas, máquinas herramientas para mecanizar metales con alta precisión, el CNC se usa en la fabricación de otros muchos productos de ebanistas, carpintería, etc. La aplicación de este método han hecho aumentar enormemente la producción, al mismo tiempo que ha hecho posible realizar mecanizados que eran difíciles de hacer mediante las máquinas convencionales. Algunas ventajas de este tipo de conformado son:

- Los centros de mecanizado se puede utilizar 24h al día, 365 días al año, con la excepción de los mantenimientos necesarios.
- Los centros de mecanizado se programan con un diseño, que podrá ser fabricado cientos o incluso miles de veces, siendo exactamente iguales unos que otros.
- Se necesitan menos operarios cualificados
- Los centros CNC puede ser actualizados mediante una mejora de software informático.

El mayor inconveniente de este tipo de mecanizado es que las máquinas CNC suelen tener, por lo general, un precio elevado. Por lo que la selección de este método dependerá del número de piezas que se desea realizar, así como de la necesidad o no de piezas con dimensiones muy precisas.

-Moldeo por inyección de plásticos [10]:

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, y una vez terminada dicha solidificación, se abrirá el molde para sacar de la cavidad nuestra pieza. Este método comparte algunas ventajas con el método anterior, las cuales son:

- Altos niveles de producción
- Este método de moldeo permite piezas con geometrías complicadas
- El material de fabricación suele tener un bajo coste
- Posible automatización, dependiendo de la calidad necesaria para la pieza

Del mismo modo, este método presenta una serie de inconvenientes:

- Es un método más inexacto que el mecanizado por control numérico.
- La cantidad de material sobrante, será superior a otros métodos de moldeo a causa de del material que se queda en el bebedero y canal.
- Como el método CNC, requiere una alta inversión inicial.
- Baja flexibilidad, pues para cada pieza se necesitaría un molde diferente.

-Impresión 3D [11]:

La impresión 3D es un método de fabricación que se ha vuelto muy popular en los últimos años. Este método permite crear objetos tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, baratas y fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición. Algunas ventajas que presenta este método de fabricación son:

- Permite realizar prototipos de productos con facilidad, lo que implica posible mejoras de diseño.
- Reducción de costes, ya que tanto el desembolso inicial como el material es relativamente barato.
- Muchas posibilidades a largo plazo. Muchos campos de trabajo como en medicina, podrían obtener grandes avances gracias a esta tecnología.

A pesar de todas las posibilidades y ventajas que ofrece esta tecnología, también presenta una desventaja fundamental, y es la baja precisión a la hora de fabricar en comparación con otros métodos.

-Elección final del método de fabricación:

Estos son algunas opciones que se han barajado para el posible método de fabricación del chasis de nuestro robot, esto no implica que otros métodos no puedan ser utilizados a la hora de fabricarlo, pues existen otros muchos métodos de mecanizados o moldeado que podrían ser válidos.

Para nuestro caso en cuestión, se decidió por utilizar el método de fabricación mediante impresión 3D. Este método nos permitió realizar unos primeros prototipos, para ver las fallas de los diseños preliminares, además supone un bajo coste de producción, y el motivo principal de esta decisión, fue la no necesidad de una gran producción de nuestro chasis. Además, podíamos imprimir nuestro diseño directamente de los archivos del programa de solidworks que utilizamos para el diseño.

4.3 Selección de materiales

Ya seleccionado el método de fabricación, se dispondrá a elegir el material más óptimo. Para esta selección se utilizara la base de datos que nos proporciona el software Ces edupack [12], y habrá 2 factores primordiales a la hora de elegir, que son, obviamente la sinergia con el método de fabricación elegido, y principalmente bajo coste y baja densidad del material para hacer nuestro robot lo más liviano posible, así mismo se tendrá en cuenta el factor medioambiental como factor desequilibrante.

Los materiales usados en impresión 3D son muy variados, que van desde algunos tipos de metales a los más típicos como los termoplásticos, por ello se dispondrá a explicar brevemente diferentes tipos de filamentos que hemos tenido en cuenta, así como sus propiedades. Siendo esta selección variable en un futuro, ya que el sector de los filamentos termoplásticos están en continuo desarrollo y surgen materiales nuevos continuamente.

- ABS: el acrilonitrilo butadieno estireno es uno de los termoplásticos más usados en la impresión 3D. No es biodegradable, pero es muy tenaz, duro y rígido, con resistencia química y a la abrasión, pero sufre con la exposición a rayos UV. Es soluble en acetona

y su densidad es de 1,05 g/cm³. Requiere una temperatura de cabezal de unos 240°C y de bandeja de 110°C. El precio oscila entre 12 y 16 euros el kilo.

- PLA: el ácido poliláctico es otro de los filamentos estrella de la impresión 3D. Es biodegradable y normalmente se obtiene de almidón de maíz, por lo que al derretirse huele casi a comida y puede usarse para recipientes de comida. La textura de las piezas no queda tan suave como con el ABS, pero sí más brillantes y las esquinas salen mejor. Su densidad es de entre 1,2 y 1,4 g/cm³. La temperatura necesaria para su impresión es de unos 210°C con la cama a unos 60°C. El precio varía entre 12 y 17 euros el kilo.
- HIPS: el poliestireno de alto impacto es un material muy parecido al ABS, y que requiere los mismos perfiles de temperaturas. Suele usarse en combinación con el ABS para hacer piezas con espacios huecos, usando el HIPS como soporte que luego se eliminará con D-Limoneno, con el que es soluble mientras que a él la acetona no le afecta. Al igual que el ABS soporta mal la luz UV y su densidad es de 1,04 g/cm³. Teniendo una temperatura de manufactura similar a la del ABS. El precio oscila entre 12 y 18 euros el kilo.
- PET: el tereftalato de polietileno es uno de los materiales más usados para las botellas y otro tipo de envases. Su principal propiedad es su capacidad de cristalización, generando piezas transparentes con efectos sorprendentes. Es muy fuerte y resistente a los impactos. Su densidad cristalina es de 1,45 g/cm³. La temperatura de trabajo es similar a la que se utilizan con el PLA. El precio oscila entre 18 y 23 euros el kilo.

Para los casos tanto del PLA como el ABS, podemos encontrar de todo tipo, pero disponemos además de variedades con propiedades especiales. Tenemos por ejemplo colores fosforescentes, que brillan en la oscuridad, o fluorescentes, que brillan al exponerlos a luz UV. También materiales que cambian de color según la temperatura y hasta variedades flexibles o que conducen la electricidad.

En nuestro caso concreto, se ha decidido por utilizar filamentos de PLA, ya que no hay una gran variabilidad en cuanto al precio y propiedades. Por lo que el factor ambiental decanta la balanza en favor de este material.

5. Presupuesto:

Para terminar se realizara el presupuesto total que se necesitara para producir nuestro robot. Para ello se cogerán los precios de cada componente de la empresa RS. El precio del chasis diseñado por nosotros se obtendrá a través de volumen de cada pieza, el cual podemos obtener del programa de diseño solidwork, y la densidad del material elegido para obtener la masa de cada pieza.

En primer lugar se calculara la masa de cada pieza:

Pieza 1

-Volumen (V): 80.41 cm³

-Densidad del material (d): 1.3 g/cm³

$$m = V * d$$

Masa (m): 104.53 g

Pieza 2

-Volumen (V): 36,66 cm³

-Densidad (d): 1.3 g/cm³

$$m = V * d$$

Masa (m): 47.66 g

Pieza 3

-Volumen (V): 60.19 cm³

-Densidad del material (d): 1.3 g/cm³

$$m = V * d$$

Masa (m): 78.25 g

Rueda:

-Volumen (V): 11.28 cm³

-Densidad del material (d): 1.3 g/cm³

$$m = V * d$$

Masa (m): 14.66 g

Masa total=259.76 g

Una vez tenemos calculado la masa total que tendremos que imprimir, se dispondrá a realizar el presupuesto final, el cual podemos observar en la siguiente tabla:

Elemento	numero	Precio (inc. IVA)	Precio final
Chasis	1	14.5€*	3.76€*
Arduino [13]	1	25.71€	25.71€
Diodo led [14]	4	0.24€	0.96€
Sensor [15]	4	0.39€	1.56€
Servomotor [16]	2	14.57€	29.14€
Rueda loca [17]	2	2.90€	5.8€
Batería [18]	1	7.90€	7.90€
Tornillo (paquete) [19]	1	11.50€	11.50€
Cables tinkerkit [20]	11	2.35€	25.85€

Tabla 1: Presupuesto robot móvil

*El precio del chasis se saca a partir de la media en el precio de 1 kilo de material y el porcentaje utilizado en la fabricación total del chasis.

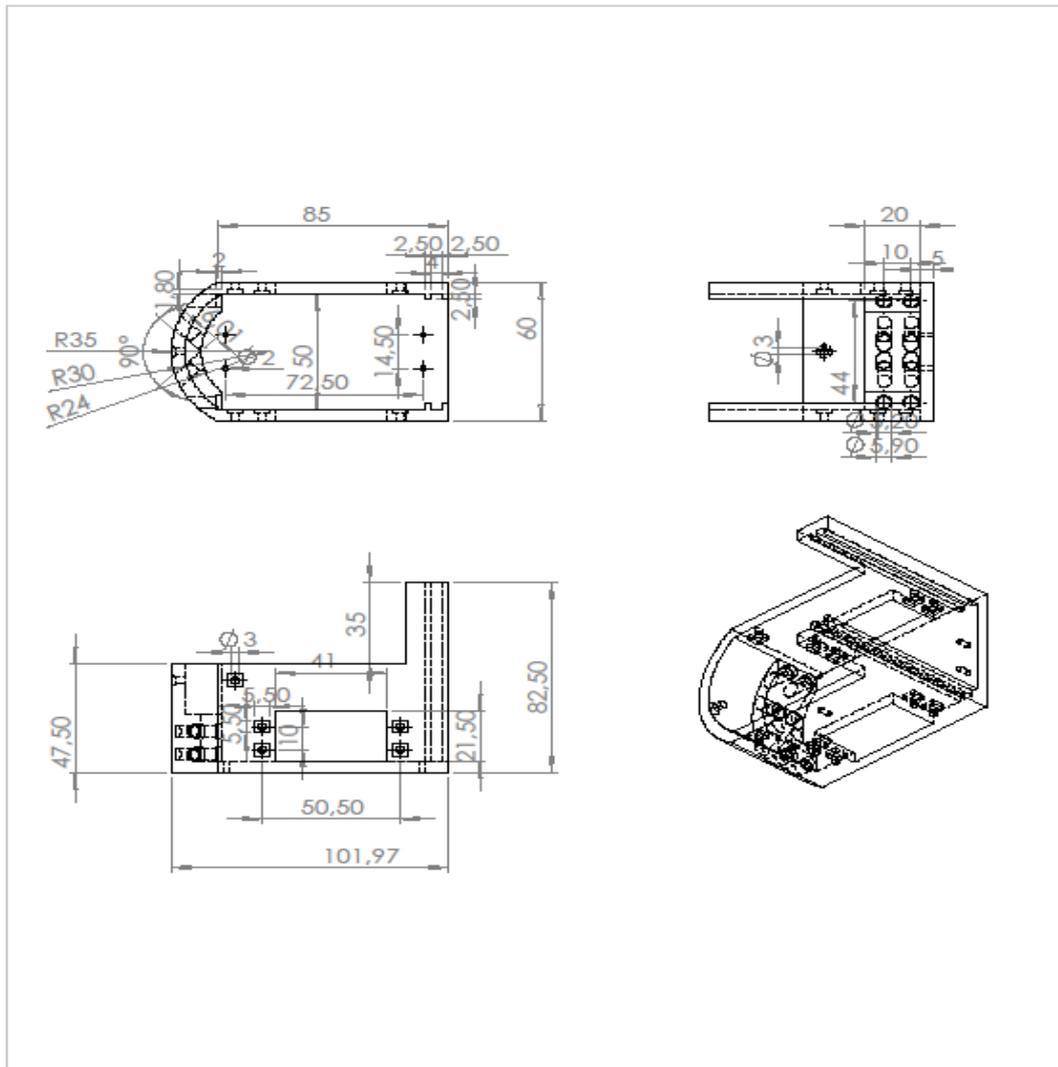
Por lo tanto el presupuesto final necesario para fabricar nuestro robot será de un total de 112.18€.

6. Bibliografía:

- [1] <http://asimov.depeca.uah.es/robotica/>
- [2] <http://www.micromouseonline.com/micromouse-book/rules/>
- [3] <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [4] <https://www.parallax.com/downloads/servo-dimensions>
- [5] <http://www.ugr.es/~juanki/LED.htm>
- [6] <http://tienda.bricogeek.com/robotica/108-rueda-loca-metalica-3-8.html>
- [7] https://www.researchgate.net/publication/267394680_DISENO_Y_CONSTRUCCION_DE_MI_CROMOUSE_DE_ALTO_DESEMPENO
- [8] <https://es.slideshare.net/EnaUcles1/criterio-de-seleccion-de-los-materiales>
- [9] <http://www.grumeber.com/mecanizado-que-es/>
- [10] <https://easchangesystems.com/es/application/moldeo-por-inyeccion-del-plasticomoldeo-por-inyeccion-del-plastico/>
- [11] <https://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes-esperar-de-ellas>
- [12] Ces Edupack 2017 [software], (año 2017).
- [13] <https://es.rs-online.com/web/p/kits-de-desarrollo-de-procesador-y-microcontrolador/7154081/>
- [14] <https://es.rs-online.com/web/p/products/2286004/?tpr=1>
- [15] <https://es.rs-online.com/web/p/products/6548019/?tpr=1>
- [16] <https://es.rs-online.com/web/p/servomotores/7813046/>
- [17] <http://tienda.bricogeek.com/robotica/108-rueda-loca-metalica-3-8.html>
- [18] https://hobbyking.com/es_es/rhino-610mah-2s-7-4v-20c-lipoly-pack.html
- [19] <https://es.rs-online.com/web/p/tornillos-allen/0171792/>
- [20] <https://es.rs-online.com/web/p/kits-de-desarrollo-de-procesador-y-microcontrolador/7485414/>

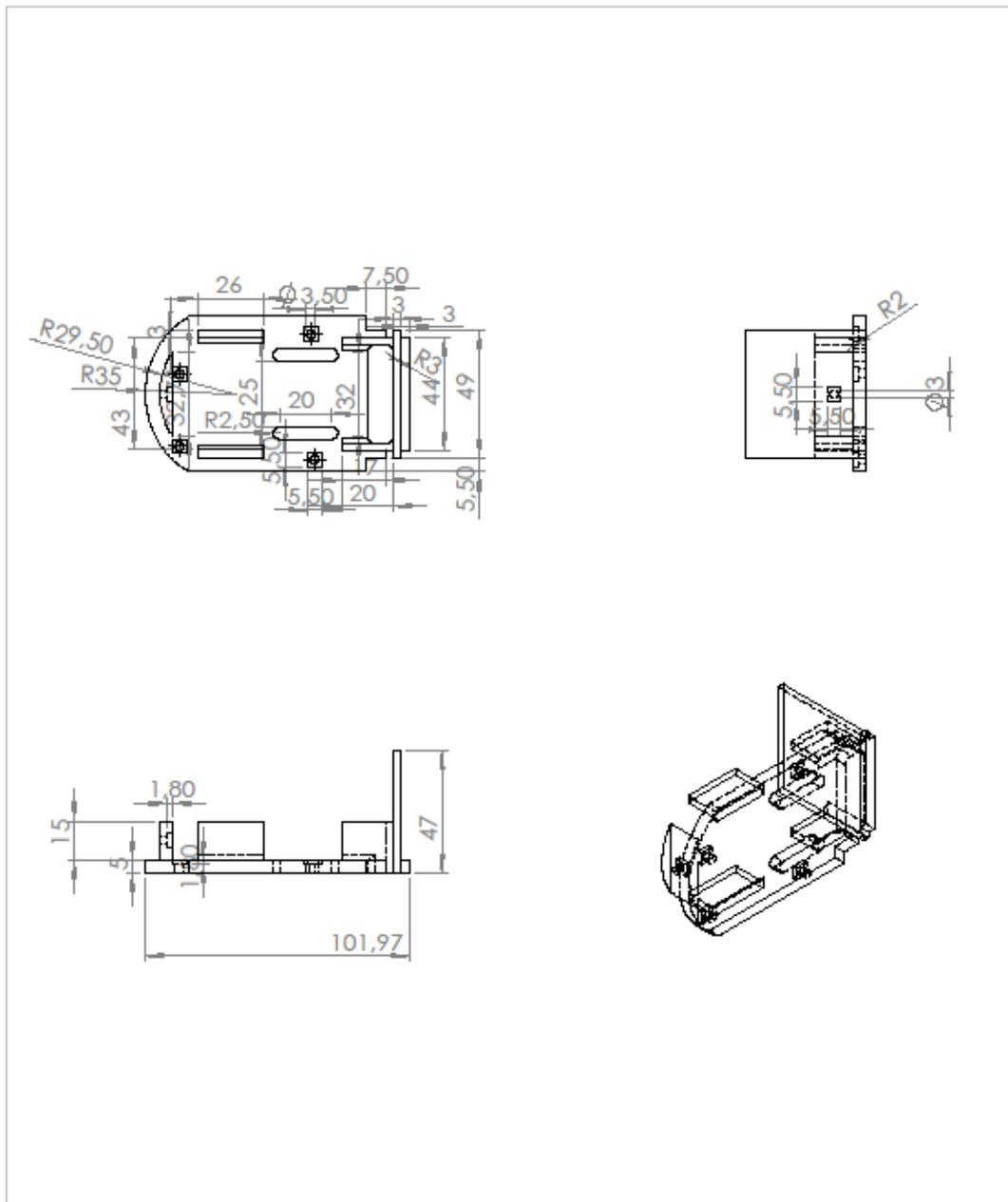
7. Anexos:

7.1 Anexo 1:



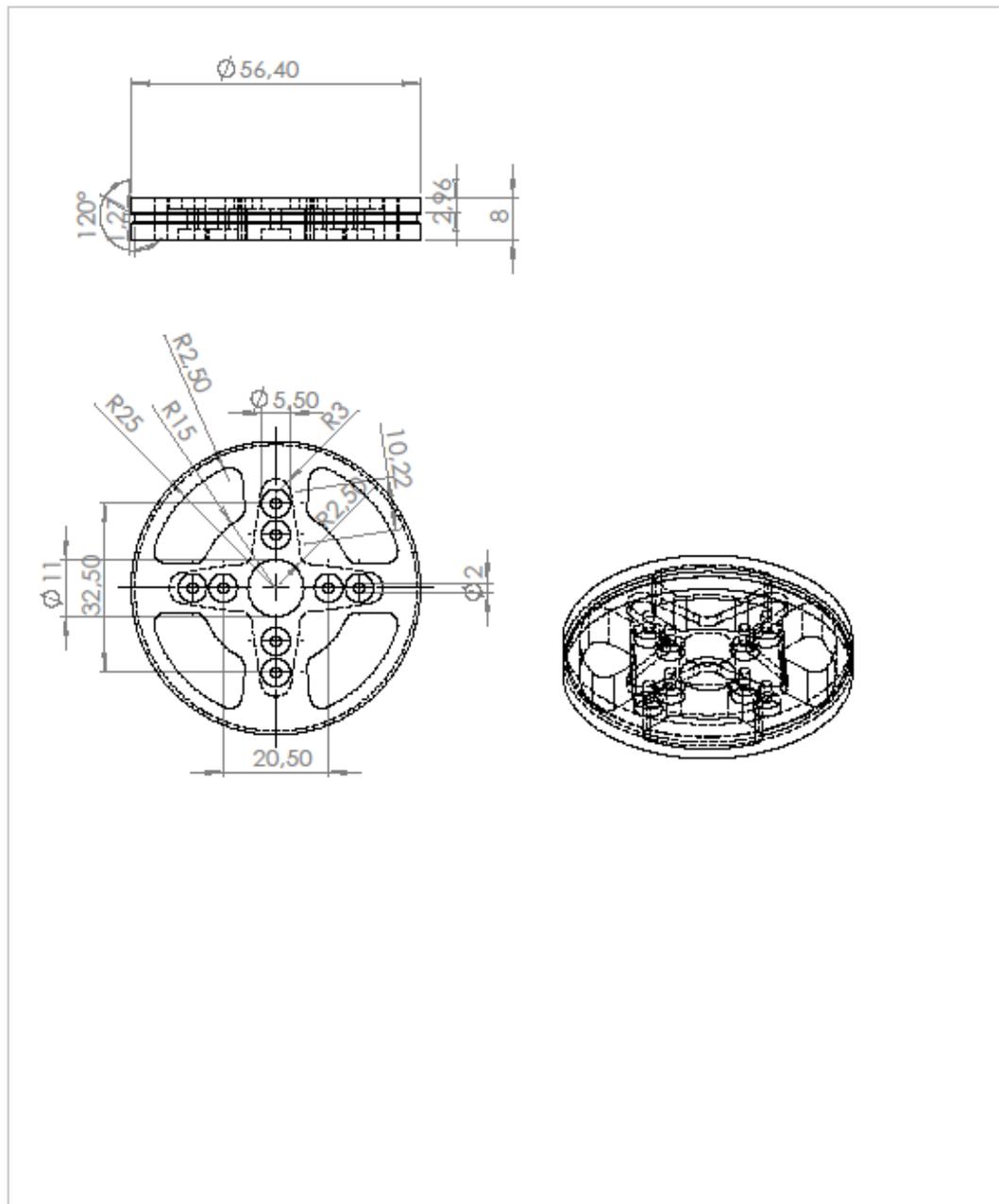
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: N.º DE DIBUJO	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					
MATERIAL:			chasis robot arduino buenc		
PESO:			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

7.2 Anexo 2:



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE: _____ FIRMA: _____ FECHA: _____				TÍTULO: chasis arduino parte 2			
DEJ.				N.º DE DIBUJO:			
VERF.				ESCALA: 1:2			
APROB.				HOJA 1 DE 1			
FABR.				MATERIAL:			
CAJED.				PESO:			

7.4 Anexo 4:



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIA LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
DELL.					Rueda robot movil ^{A4}	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.						
			MATERIAL:		N.º DE DIBUJO:	
			PESO:		ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1