



Makit Humbot S: Robot open-source basado en Arduino e impreso en 3D

Máster en software libre - Universitat Oberta de Catalunya

Proyecto fin de máster especialidad desarrollo de aplicaciones de software libre

Autor: Cristóbal Selma Tamarit

Consultor: Gregorio Robles Martínez

Tutor externo: Roser Mas Cabré

Junio 2016



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Resumen

La presente memoria es un resumen de la actividad desarrollada para el proyecto final de master en software libre por la UOC (Universitat Oberta de Catalunya). El objetivo del proyecto es el desarrollo de un robot educativo y/o doméstico basado en software libre. En concreto se pretende desarrollar un robot construido con piezas impresas en 3D. Esto incluye todo el proceso de diseño, impresión, programación, montaje, documentación y liberación del código y los diseños mediante una licencia libre.

Este proyecto forma parte de un PFM de orientación profesional. Esto conlleva que paralelamente se realizarán unas prácticas externas. Dado que este robot será utilizado en el aula con fines educativos, estas prácticas externas se realizarán en el instituto público Berenguer d'Entença de L'Hospitalet de l'Infant en Tarragona. Con estas prácticas se pretende a la vez mejorar el producto e introducir la robótica de código abierto en el aula.

Una vez el producto se encuentre en un estado funcional, el objetivo es utilizarlo en el aula con alumnos. El material realizado se pondrá a la disposición de otros centros educativos a través de una página web. Se pretende pues que el proyecto sea completamente de código abierto de manera que cualquiera que disponga de los medios necesarios pueda construirse su propio robot. El código fuente de los diferentes programas, así como el diseño de las piezas, será liberado con licencia libre (dependiendo en cada caso se elegirá la licencia más adecuada).

Respecto la programación del robot, se desarrollarán diversos prototipos que realizan diferentes funciones y se creará una página web de presentación del producto donde se publicarán los diseños, programas y documentación. Al mismo tiempo, se pretende crear una comunidad donde los usuarios puedan subir sus piezas creadas para los robots, los programas personalizados, etc.

Por otra parte se diseñará el logotipo y se realizará un manual de montaje. Finalmente, se desarrollará una aplicación para Android para poder controlar el robot mediante Bluetooth.

Las diferentes partes del proyecto junto con el software o hardware utilizado serán las siguientes:

- Diseño del robot (Sketchup – no libre)
- Impresora 3D Prusa hephestos¹ (Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License) y ZYYX+ 3D printer² de Magicfirm
- Software impresión 3D (Cura³- GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LICENSE V3)

¹ Prusa i3 hephestos: http://reprap.org/wiki/Prusa_i3_Hephestos/es

² <http://www.zyyx3dprinter.com/>

- Placa arduino UNO compatible (Creative Commons Attribution ShareAlike license)
- Entorno de programación del robot (Arduino IDE software⁴ – GPL y LGPL)
- Desarrollo de la página web (Wordpress – GNU GPL-v2)
- Desarrollo de la aplicación Android (Android Studio)
- Logo, gráficos y manuales (Inkscape – GNU GPL v2)

Summary

This document summarizes the development of a final project of a Free Software master's degree at Universitat oberta de Catalunya. The main purpose of this project is to develop an open source educational/domestic robot. Specifically, we want to use 3D printing to help people enter the world of robotics. This project includes the designing of the parts, printing, coding, assembling, documenting, publishing the code, writing manuals and guides and designing logos.

This project is part of a professional oriented project. This means that, in addition to the project itself, I will be testing and using it in a public high school (INS Berenguer d'Entença) located in L'Hospitalet de l'Infant in Tarragona.

Moreover, the project takes into account the development of some activities and guides to help schools and students to use the robot. This content is going to be accessible from anywhere in the world because I am going to publish a web page in Spanish-English dual language where I will upload all content under open source licenses.

Different aspects of the project and used tools are listed below:

- Robot design (Sketchup)
- 3D printer ZYYX+ 3d printer by Magicfirm and Prusa hephestos (Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License)
- Printing software (Cura - GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LICENSE V3)
- Arduino compatible UNO board (Creative Commons Attribution ShareAlike license)
- Integrated development environment (Arduino IDE software – GPL y LGPL)
- Web page development (Wordpress – GNU GPL-v2)
- Android app development (Android Studio)
- Logo, images, documents (Inkscape – GNU GPL v2)

³ Cura: <https://github.com/Ultimaker/Cura/blob/master/LICENSE>

⁴ www.Arduino.cc

Contenido

Resumen	3
Summary	4
1. Introducción	7
1.1. Contexto y justificación	7
1.1.1. Contexto tecnológico	7
Makers: Cultura DIY (Do It Yourself)	7
Internet y comunidades open-source	7
Impresoras 3D.....	8
Arduino	9
Android	10
Proyecto Humbot Sargantana.....	10
1.1.2. Contexto social	11
1.2. Motivación personal.....	12
1.3. Diagrama conceptual	13
1.4. Estructura de esta memoria	13
2. Objetivos y planificación.....	14
2.1. Objetivos	14
2.2. Planificación temporal.....	15
3. Desarrollo	17
3.1. Requisitos	17
3.2. Descripción.....	18
3.3. Componentes	19
3.4. Diseño	21
Software	21
Iteraciones.....	21
3.5. Lista de piezas	24
3.6. Impresión de las piezas	25
3.7. Programación del robot	26
3.7.1. Comunidad	27
3.8. Instrucciones y actividades.....	27
Uso particular	28
Uso en el aula	28
Test de autoevaluación	33
3.9. Aplicación Android	33

3.10.	Gráficos y logotipo	33
4.	Resultados	35
4.1.	Pruebas con alumnos	35
4.2.	Página web	36
	Legislación	37
4.3.	Licencias	39
5.	Conclusiones.....	40
5.1.	Consecución de objetivos.....	40
5.2.	Valoración personal.....	40
5.3.	Aplicación de los conocimientos adquiridos en el máster.....	41
5.4.	Líneas futuras	41
5.4.1.	Scratch X.....	41
5.4.2.	Kits de ampliación	41
5.4.3.	Aplicación móvil	42
5.4.4.	Promoción y redes sociales	42
6.	Bibliografía y referencias	43
	Anexo 1: Instrucciones de montaje.....	44
	Anexo 2: Instrucciones de conexión.....	45
	Anexo 3: Código de los programas.....	46
	Anexo 4: Presentación del proyecto	47
	Anexo 5: Lista de materiales	48

1. Introducción

El objeto del proyecto es el desarrollo de un robot educativo y/o doméstico basado en software libre. En concreto se pretende desarrollar un robot construido con piezas impresas en 3D. Esto incluye todo el proceso de diseño, impresión, programación, montaje, documentación y liberación del código y los diseños mediante una licencia libre. Se ha considerado que “robot open source” era demasiado genérico y se le ha dado un nombre. Dada la relación con el mundo DIY (hágalo usted mismo) se ha decidido el nombre de Humbot Sargantana. Humbot es la abreviatura de “hágalo usted mismo”, mientras que bot, como se sobreentiende, proviene de robot. Sargantana (o simplemente S) significa lagartija y es el animal al que pensamos se parece el robot.

1.1.Contexto y justificación

Respecto al contexto en el que se desarrolla el presente proyecto, vamos a diferenciar la parte tecnológica de la social. Es muy importante conocer las tecnologías que se van a utilizar, pero también la aplicación educativa que se pretende.

1.1.1. Contexto tecnológico

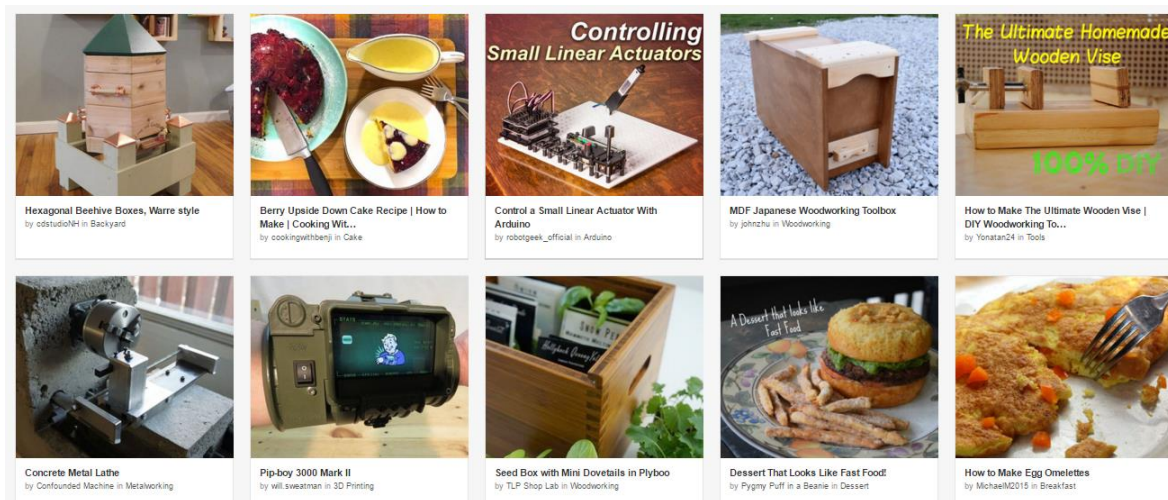
Makers: Cultura DIY (Do It Yourself)

No hay duda que los proyectos HUM (hágalo usted mismo) o como mejor se conocen DIY (Do it yourself) están en auge. Es el momento de los “makers” y eso es innegable. Los makers podrían considerarse las personas que tienen inquietudes por realizar proyectos relacionados con electrónica, informática y otras categorías por ellos mismos. Esta comunidad crece cada día, y en este sentido hay varios aspectos que han ayudado a su crecimiento como Internet y las comunidades de usuarios o las impresoras 3D, de los que hablaremos a continuación.

Internet y comunidades open-source

Un eje importantísimo en este mundo maker es por supuesto Internet y las comunidades. Para casi cualquier proyecto que se quiera realizar existe información en Internet o alguna comunidad de desarrolladores o aficionados que ayudan a otros que empiezan. Estos a su vez ayudarán en un futuro a otros y así este mundo crece exponencialmente. Existen algunas páginas web muy conocidas con muchísima información que puede ir desde lo más básico, para aquellos que quieran iniciarse en este mundo, hasta proyectos prácticamente profesionales.

Un ejemplo sería la página web instructables, donde se pueden encontrar muchísimos ejemplos de proyectos hágalo usted mismo (HUM) de muy diversa índole como podemos ver en la siguiente imagen.



Captura portada Instructables.com a fecha de 05-04-16

El presente proyecto también se ha subido a la página de instructables y se puede consultar en el siguiente enlace⁵.

Impresoras 3D

Una parte importante del crecimiento del movimiento maker ha sido la popularización de las impresoras 3D. Las impresoras 3D son máquinas que permiten pasar de un diseño o modelo informático a un objeto. La creación de estos objetos impresos en 3D se consigue mediante la adición de material. Este proceso consiste en añadir capas finas de material una encima de la otra hasta que el objeto está completo. Existen diferentes tecnologías de impresión 3D pero en este caso para el proyecto se usará la deposición de material fundido.

El nacimiento de las impresoras open source y su liberación de instrucciones, planos y demás, han hecho que ya sean muchas las personas que se adentran en este mundo. Esto abre un abanico de posibilidades infinitas que los makers están aprovechando para hacer cosas magníficas ya que permite pensar y diseñar un objeto y convertirlo en realidad en apenas unas horas.

⁵ <http://www.instructables.com/id/Arduino-3D-Printed-Robot-Humbot-Sargantana/>



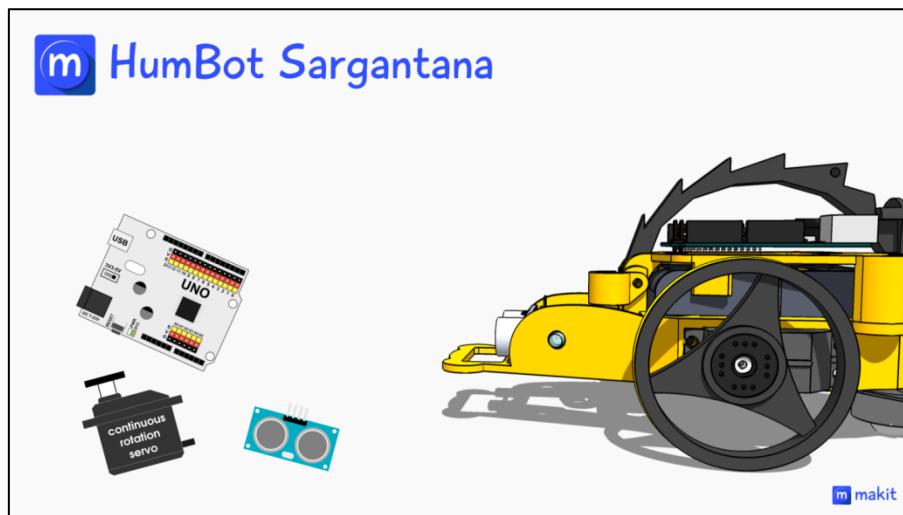
Imagen extraída de wikipedia

Arduino

Por otra parte, el entorno Arduino también ha acercado en gran manera la electrónica a los makers haciéndola más fácil que nunca. Arduino (Evans, 2007) es una plataforma open-source basada en una combinación de hardware y software sencilla de utilizar. Su público objetivo son todos aquellos que quieran hacer proyectos interactivos. Arduino analiza el entorno recibiendo señales de diferentes sensores y actúa en consecuencia controlando luces, motores u otros actuadores. Las placas Arduino se pueden controlar escribiendo código en el lenguaje de programación de Arduino utilizando su entorno de programación.

Dado su carácter de código abierto, a partir de Arduino han nacido otras plataformas compatibles o similares que aun han popularizado más este aspecto de los proyectos DIY.

Como ejemplo, el presente proyecto utiliza unas placas compatibles con Arduino llamadas UNO. Los detalles de estas placas serán explicados en el apartado correspondiente.



Android

Además del desarrollo principal del Proyecto, también se ha desarrollado una aplicación para sistemas operativos Android que permite el control del robot mediante Bluetooth. Android es un sistema operativo para dispositivos móviles que nació en 2007. Desde entonces su crecimiento ha sido exponencial y actualmente no solo se usa en móviles y tabletas sino en otros dispositivos como relojes, televisores, coches y otros en los que se utilizará en el futuro. Android es un sistema operativo personalizable y fácil de utilizar que incluyen más de mil millones de dispositivos de todo el mundo. Una de las razones de tener tantos usuarios es la accesibilidad que tienen los desarrolladores para crear aplicaciones. En Android, si se tienen las habilidades y conocimientos necesarios, el proceso de publicación de aplicaciones es relativamente sencillo y disponible para cualquiera. Además, la mayoría de estas aplicaciones son gratuitas.

Proyecto Humbot Sargantana

Con tanta información disponible, el presente proyecto no pretende revolucionar este mundo pero si aportar un granito de arena. Después de analizar las alternativas de robots educativos que existen en la red o en el mercado, se han detectado una serie de aspectos que el Makit Humbot S. pretende mejorar. Uno de los problemas es el soporte y las instrucciones de montaje así como el material educativo asociado. Existen empresas (generalmente localizadas en China) que ofrecen productos similares a precios competitivos pero el soporte y material disponible es nulo o de muy baja calidad. Por otra parte algunas empresas ofrecen robots con muy buen soporte e instrucciones pero tienen un precio demasiado elevado. Además de los problemas mencionados, muchas de estas empresas no apuestan por el software/hardware libre y por tanto no comparten sus diseños ni sus programas con la comunidad.

Con el presente proyecto y el Makit Humbot S. se pretende desarrollar un producto accesible a cualquiera en el que los componentes no supongan un desembolso elevado. Además se trabajará el aspecto de sopor-

te e instrucciones y se liberará todo el desarrollo para que cualquiera con los medios lo pueda construir. Todo esto con el fin de acercar la robótica a la mayor cantidad de personas posible.

1.1.2. Contexto social

Muchas empresas importantes como la misma Alphabet (nuevo nombre que adquirió recientemente el conglomerado de empresas de Google) están apostando muy fuerte por la programación informática y la robótica en las aulas (Cohen, 2016). No hay duda de que en el futuro los robots serán parte de nuestra vida. Para ello hace falta que se empiece a trabajar este aspecto en las aulas. Muchos ya lo están viendo y el principal objetivo del proyecto es desarrollar un robot que fomente la programación y robótica en las aulas.

La robótica integra, a través de un robot, distintas áreas del conocimiento como matemáticas, física, electrónica, mecánica y informática entre otras, convirtiéndola en una gran alternativa para la enseñanza.

La presencia de la robótica en el aula de clase, ofrece a niños y jóvenes la posibilidad de entrar en contacto con las nuevas tecnologías a través de robots y programas especializados, además de que genera interesantes y motivadores ambientes de aprendizajes multidisciplinarios donde pueden desarrollar nuevas habilidades y conceptos que les permitan dar respuesta eficiente a los entornos cambiantes del mundo actual.

Una forma de involucrar la robótica en el aula de clase es por medio de actividades prácticas, de modo que nuestro objetivo es diseñar estas actividades prácticas y recursos de aprendizaje usando robótica para que el docente pueda introducir sus temas de clase de una manera diferente y divertida para el estudiante.

El desarrollo de actividades prácticas incentiva a los estudiantes a participar en la clase, generando interesantes ambientes de aprendizaje donde pueden poner en práctica todos los temas vistos, crear sus propias ideas de los conceptos que están siendo aplicados y al mismo tiempo relacionarlos con la realidad. El uso de un robot en el desarrollo de las actividades fomenta en los estudiantes curiosidad, interés y concentración por los temas e incentiva su conocimiento visual y creativo frente a nuevas tecnologías.

Ventajas de la robótica en el aula de clase:

- Sirve de apoyo al docente en la explicación de aquellos temas que suelen ser confusos y abstractos para el estudiante
- Genera interesantes ambientes de aprendizaje
- Se puede desarrollar los temas de forma práctica y didáctica
- Fomenta el trabajo en equipo
- Permite a los estudiantes crear sus propias ideas de los conceptos que están siendo aplicados y al mismo tiempo relacionarlos con la realidad

- Incentiva a los estudiantes a participar activamente en la clase
- Fomenta en los estudiantes la curiosidad, interés por los temas

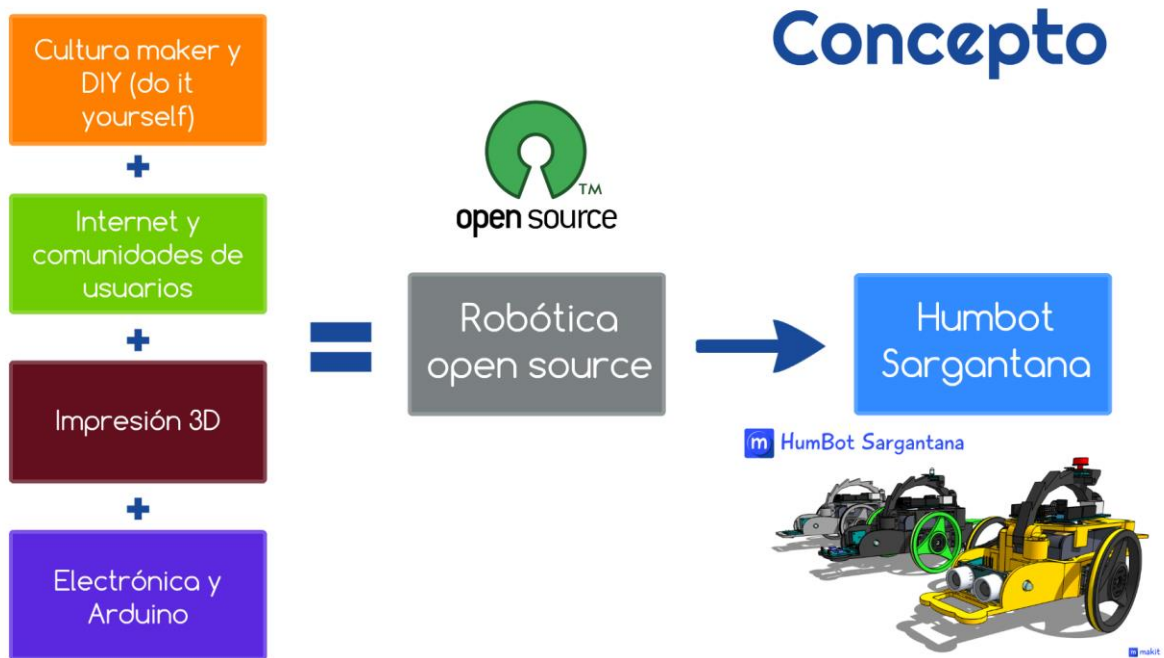
Dificultades de la robótica en el aula de clase que el Makit HumbotS pretende mejorar:

- Se cree que este tipo de herramientas solo pueden ser manipuladas por personas que tengan experiencia y conocimientos de robótica. Para solucionarlo se crearan materiales sencillos de utilizar por los alumnos con instrucciones claras y códigos de colores.
- La falta de conocimiento y experiencia en el manejo de un robot por parte de los docentes, genera en ellos temor e inseguridad al momento de usarlo frente a sus estudiantes. Para solucionarlo se crearán materiales sencillos de utilizar por los profesores.
- Los docentes no ven claramente cómo pueden aplicar estas herramientas en la explicación de los temas de las asignaturas que dictan. Por tanto, los materiales indicaran que contenidos se están trabajando así como las competencias básicas asociadas.
- No todos los colegios/institutos tienen la capacidad económica de adquirir uno o más kits de robótica. Por ello se pretende reducir al máximo el coste de adquisición sin comprometer la calidad.
- Un grupo de secundaria está conformado generalmente por más de 30 estudiantes lo que dificulta el desarrollo de la actividad práctica con un solo material, debido a que no todos los estudiantes pueden interactuar y participar activamente en la clase. Lamentablemente en este caso no podemos hacer nada por mejorar este aspecto. Pensamos que es muy importante que la atención a los alumnos en clase sea lo más personalizada posible pero esto depende del ministerio de educación. Esperemos que recapaciten en un futuro y no solo piensen en lo económico fijándose aunque solo sea un poco en el bien de los que son el futuro.

1.2.Motivación personal

La motivación personal viene por dos partes. Por una, el entorno tecnológico en el que se encuentra el proyecto es una de mis pasiones y por tanto tiene todo el sentido dedicar mi tiempo y esfuerzo en esta dirección. Podríamos decir que el mundo maker, la robótica, Arduino, electrónica, informática, etc, y todos los aspectos que trabaja el proyecto forman parte de mi vida. Por otra parte, mi trabajo como profesor me motiva para intentar utilizar esta afición en mi trabajo diario. Por eso cuando se me planteó la idea de realizar el PFM, no dude en escoger este proyecto en el que puedo unir mi pasión y mi profesión. Es muy satisfactorio saber que haciendo este proyecto puedo al mismo tiempo mejorar mi labor profesional y hacer lo que más me gusta.

1.3. Diagrama conceptual



1.4. Estructura de esta memoria

La presente memoria resume la actividad llevada a cabo como parte de las prácticas de fin de máster en software libre por la UOC. El proyecto se estructurará de la siguiente forma:

- Objetivos y planificación temporal. Donde se plantean los objetivos a conseguir.
- Desarrollo. Donde se explica el proceso seguido en el desarrollo del proyecto mediante los siguientes puntos:
 - Requisitos
 - Componentes
 - Diseño
 - Impresión 3D
 - Programación
 - Documentación y gráficos
- Resultados. Donde se exponen los resultados de las prácticas y se habla de su presentación mediante una página web desarrollada para la ocasión.
- Conclusiones. Donde se valora la consecución de objetivos, la valoración personal y las líneas futuras.

2. Objetivos y planificación

2.1. Objetivos

Una vez determinado el contexto y la justificación, se van a fijar los objetivos. Principalmente se pretende desarrollar un robot educativo open-source impreso en 3D. El robot debe ser de diseño propio y debe mejorar en algún aspecto los robots existentes. Además hay que tener en consideración que debe ser asequible económicamente para poder llegar a más personas.

Los objetivos secundarios que debe cumplir el robot son los siguientes:

- Partir de cero con el objetivo de conseguir un diseño atractivo pero a la vez muy funcional.
- Facilitar la impresión con una impresora 3D.
- Ir acompañado de la documentación necesaria para su uso.
- Economizar los componentes electrónicos sin comprometer la calidad. Así mismo, facilitar la accesibilidad a los componentes utilizando elementos que sean fáciles de conseguir y que tengan detrás una buena comunidad.
- Seguir las pautas DIY y la cultura maker. Para ello todo el contenido debe ser open source y poner los diseños, documentos y programas a disposición de todo el mundo bajo una licencia libre.
- Debe facilitar el uso en el aula.



2.2. Planificación temporal

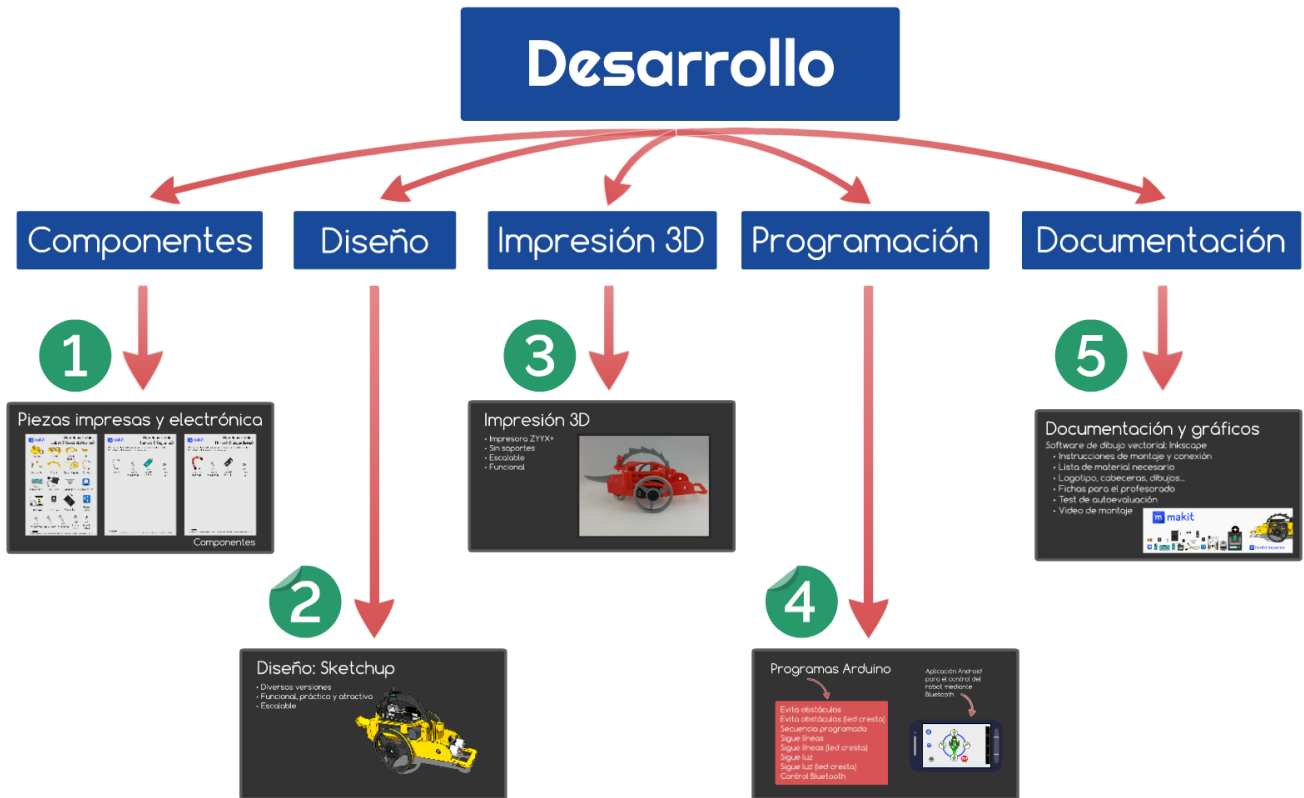
Esta es la planificación inicial. Durante el proceso de desarrollo del proyecto se ha ido actualizando y realizando pequeños cambios. Para la realización de la planificación temporal se ha utilizado una herramienta para crear diagramas de Gantt (David Aycart Pérez, Marc Gibert Ginestà, Martín Hernández Matías, Jordi Mas Hernández, 2012).

Los pasos del desarrollo del proyecto serán los siguientes (consultar diagrama de Gantt):

- Elección de componentes
- Diseño de las diferentes versiones
 - Impresión de las piezas
 - Rediseño si es necesario
 - Impresión versión definitiva
- Programación del robot
 - Función 1
 - Función 2
 - Función 3
- Instrucciones y actividades
- Logotipo
- Página web
- Robots de prueba
- Resultados
- Mejoras
- Conclusiones

3. Desarrollo

El proyecto combina piezas impresas en 3D con componentes electrónicos básicos. En los siguientes apartados se explicará cómo se ha desarrollado el robot.



Resumen etapas de desarrollo

3.1. Requisitos

Una vez determinado el contexto y los objetivos, se van a fijar los requisitos. Principalmente se pretende desarrollar un robot educativo con las siguientes características:

- Facilidad de impresión si se dispone del equipo necesario, evitando el uso de soportes.
- Facilidad de uso tanto por docentes, alumnos, como por personas interesadas en el mundo maker.
- Utilización de software de código libre en la mayor medida posible.
- Coste reducido sin comprometer la calidad de los componentes.
- Escalabilidad, de forma que los usuarios, docentes o alumnos puedan construir nuevos conocimientos y crear nuevos diseños y programas a partir del kit básico.

3.2.Descripción

El robot desarrollado dispone de dos servomotores de rotación continua que le permiten avanzar, retroceder o girar izquierda-derecha dependiendo de cómo se accionan. Para controlarlos se dispone de una placa controladora compatible Arduino UNO. Esta placa permite programar los movimientos de los servos y por ejemplo darle una serie de instrucciones para que se mueva. También se añade un sensor de ultrasonidos que permite programar el Humbot para que evite obstáculos, un LED RGB para la cresta, un pulsador y un potenciómetro. Todo esto va alimentado por un conjunto de 6 pilas AA de 1,5V conectadas en serie con lo que tenemos una tensión total de alimentación de 9V. Las placas Arduino funcionan bien con tensiones de entrada entre 7-12V con lo que trabajamos con una alimentación ideal.

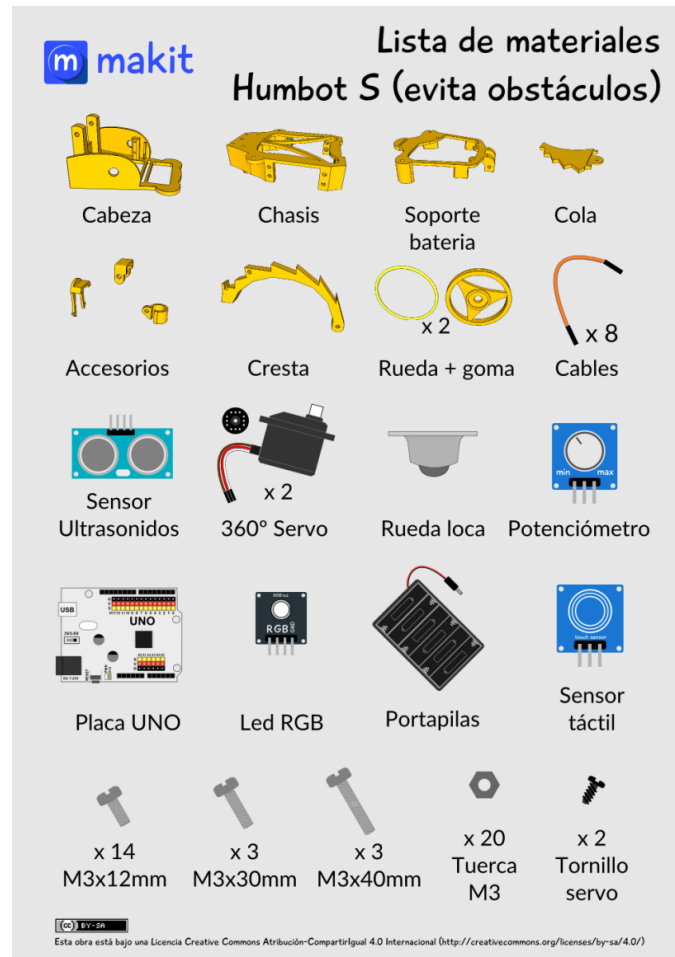
Además de las funciones básicas explicadas anteriormente, se han desarrollado de momento tres kits de ampliación que le otorgan funciones extra al robot. Concretamente se trata de un seguidor de líneas, una función de huye-sigue luz y unos leds RGB para los ojos. Estos kits permiten añadir funciones extra con tan solo cambiar algunas conexiones y añadir algún componente. Además hay que añadir el kit bluetooth que consta de un módulo que permite la conexión y pilotaje mediante bluetooth del robot con un smartphone android.

El proyecto con los kits de ampliación queda de la siguiente manera:

- **Humbot S. Evita obstáculos:** Se trata del robot básico que incluye los servos de rotación continua, el sensor de ultrasonidos, un led RGB, un pulsador y un potenciómetro. Aun siendo el básico se pueden programar infinidad de aplicaciones.
- **Humbot S. Ojos furia:** Este kit de ampliación incluye 2 leds RGB para los ojos. De este modo se pueden añadir ojos al Humbot. Estos leds se pueden programar y cambiar de color libremente.
- **Humbot S. Sigue líneas:** El kit añade 3 sensores de infrarrojos con emisor y receptor de manera que se puede programar el Humbot para que detecte la diferencia entre superficies o colores con alto contraste. Así podemos por ejemplo hacer que siga una línea negra sobre fondo blanco.
- **Humbot S. Sigue luz:** Este kit amplía las capacidades del Humbot para que sea capaz de seguir o huir de la luz gracias a dos sensores LDR.
- **Humbot S. Bluetooth:** Este kit otorga conectividad bluetooth al Humbot para que pueda ser controlado desde un teléfono Android compatible.

3.3.Componentes

Los componentes utilizados tanto en la versión estándar como en los cuatro kits disponibles inicialmente son los siguientes:





Lista de materiales Humbot S (sigue líneas)

Para montar el kit con la función sigue líneas necesitarás, además de los materiales del Humbot básico, lo siguiente:


x 3
Cable triple
trenzado


x 3
Tornillo
M3x12mm


x 3
Sensor
infrarrojos


x 3
Tuerca
M3



Lista de materiales Humbot S (sigue líneas)

Para montar el kit con la función sigue líneas necesitarás, además de los materiales del Humbot básico, lo siguiente:


x 3
Cable triple
trenzado


x 3
Tornillo
M3x12mm


x 3
Sensor
infrarrojos


x 3
Tuerca
M3



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

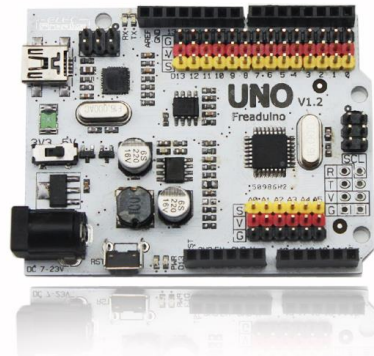
A continuación se comentaran las razones por las que se han elegido algunos de los componentes clave del proyecto.

Respecto al módulo bluetooth, en la mayoría de proyectos que podemos encontrar que hacen uso de la combinación Arduino-Bluetooth, se utilizan los módulos de comunicación HC-05 o HC-06. Para el presente proyecto se han escogido los módulos HM-10 que utilizan tecnología Bluetooth 4.0 lo que les otorga más alcance, menor consumo, emparejamiento más sencillo y mayor fiabilidad. Aunque cabe decir que también pueden funcionar con versiones anteriores, dado que son más económicas i por tanto pueden ser preferibles en algunos casos.

Para la parte motriz, se han escogido unos servos de rotación continua que se utilizan en robótica por su facilidad de uso y su fiabilidad. En este caso aunque su precio es un poco mayor que el de la competencia se ha optado por elegir una marca conocida, SpringRC. Además se ha optado por un modelo superior (4306r) con un mayor par y menor consumo. En cuanto a la placa Arduino compatible, se ha elegido una placa compatible en lugar de la original por que posee algunas ventajas. Los servos necesitan una corriente importante para su funcionamiento, sobretodo en el momento del arranque. Por ello algunas placas Arduino se reinician porque no son capaces de proporcionar la intensidad suficiente. En este caso la placa Freaduino UNO (o similar) compatible con Arduino puede proporcionar cuatro veces más corriente en sus

conexiones de 5V. En concreto pasamos de 500mA de las versiones estándar a los 2000mA de la placa usada en el proyecto.

Además hay que añadir la facilidad de conexión de los módulos y servomotores gracias a los pines dedicados SVG.



Respecto a la resta de componentes, son elementos que se encuentran fácilmente en cualquier tienda dedicada al mundo DIY o en bazares asiáticos.

3.4.Diseño

Software

Para el diseño de las piezas se ha elegido Sketchup Make. Este software es el único utilizado en el proyecto que no es de código abierto aunque sí que es gratuito. Se ha elegido este programa por su facilidad de uso y su versatilidad a la hora de exportar las piezas para poder ser impresas con una impresora 3D. Además este software ya se utiliza en muchos centros educativos y por ello consideramos que se trata de una buena opción. Si queremos utilizar software de código libre, podemos optar por OpenScad⁶ aunque la curva de aprendizaje es elevada y pensamos que no es el más adecuado para iniciarse en el mundo del diseño 3D.

Iteraciones

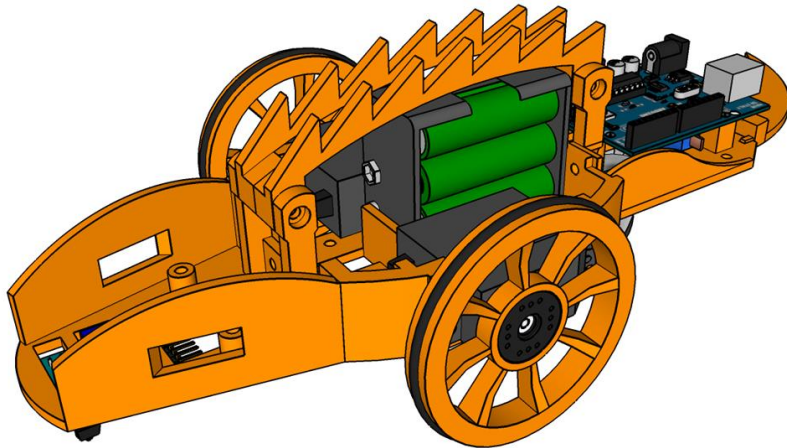
Las piezas del robot se han diseñado e impreso en diferentes iteraciones buscando siempre la máxima facilidad de montaje y una buena funcionalidad. Se ha pensado en muchos detalles y se ha ido mejorando progresivamente.

Podemos definir dos versiones principales aunque entre las dos se han realizado multitud de cambios menores. Sobre la segunda versión también se han hecho modificaciones menores.

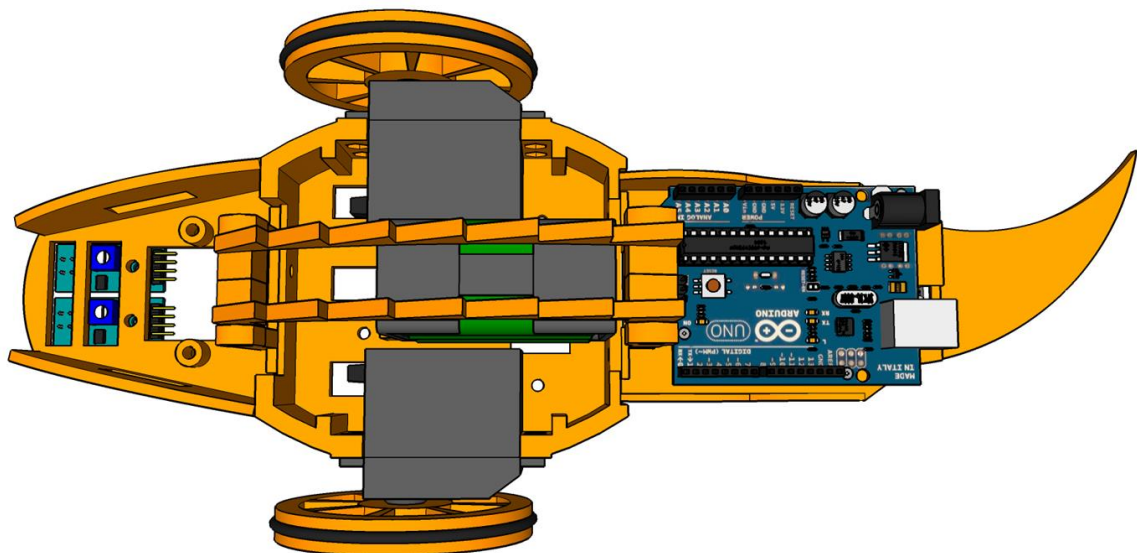
Versión 1.0

⁶OpenScad.org

Esta es la primera versión completa de robot. Esta versión tenía algunos problemas de diseño. Se trata de un robot demasiado grande, esto aumenta el tiempo de impresión a la vez que se hace menos manejable y más difícil de guardar. Así mismo, la unión entre las piezas y la sujeción de los componentes no es ideal.



Además, su anchura dificulta la realización de giros cerrados.



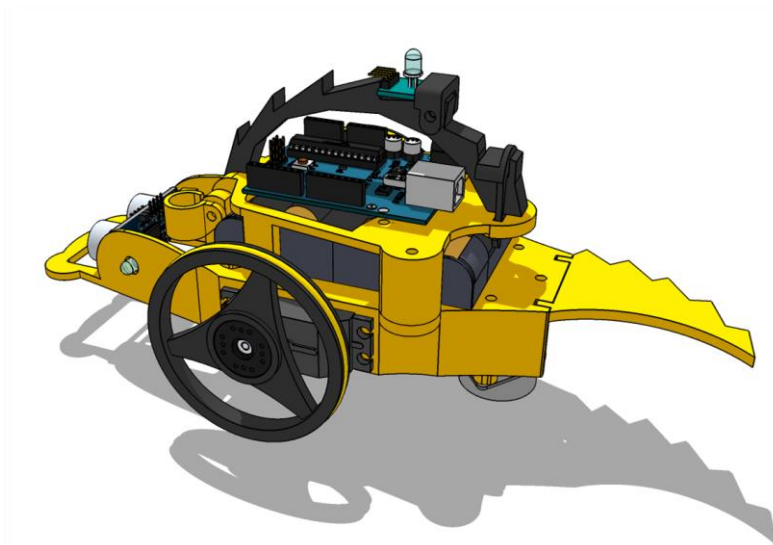
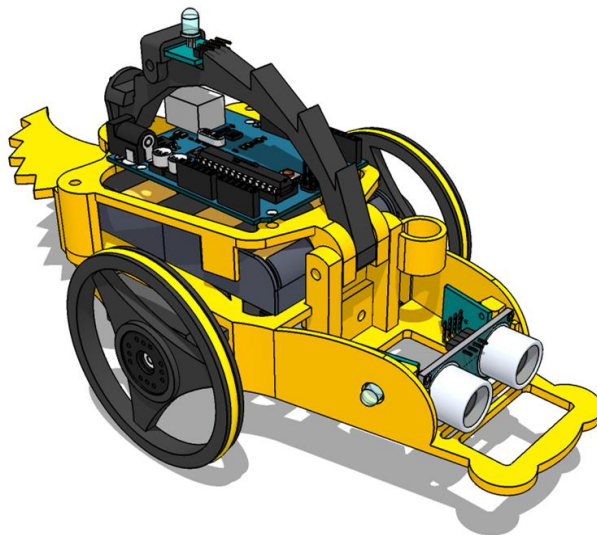
Versión 2.0

Es una versión mejorada en muchos aspectos desde la primera.

- Se trata de un robot más pequeño, con lo que se hace más manejable y fácil de guardar.
- Es más fácil de montar.
- La pieza frontal es mucho más adaptable a diferentes módulos de forma que podemos añadir kits sin necesidad de reimprimir piezas.
- Es más fácil de coger.
- Tiene un clip recoge-cables para poder organizar mejor los cables.
- El diseño está más trabajado.

Versión 2.1

Esta es la última versión. Respecto al diseño general los cambios no son apreciables, solo se han realizado algunos ajustes de tolerancia para que las piezas se impriman mejor en el mayor número posible de impresoras. Además se han rediseñado las ruedas para que la goma que hace de neumático ajuste mejor.



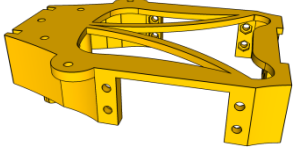
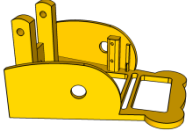

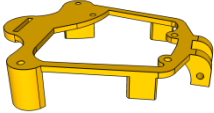

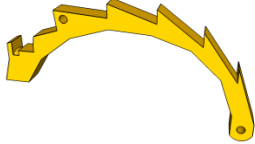
Diseño y comunidad


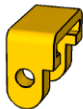
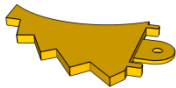
Para llegar a más gente se subirá el diseño a diferentes páginas donde se comparten diseños para impresión 3D. Entre ellas Pinshape, thingiverse, youimage, myminifactory...

Inicialmente se ha llegado a un acuerdo con Pinshape para subirlo a su página en exclusiva temporal. A cambio ellos harán publicidad extra del diseño en redes sociales como twitter o facebook. Más adelante se subirá a otras páginas.

3.5.Lista de piezas

La lista de piezas diseñadas e impresas del robot es la siguiente:

Pieza	Cantidad	Código	Descripción	Imagen
Chasis	1	A010-A1000-1a	Parte principal del cuerpo	
Frontal	1	A010-A1001-1a	Parte frontal donde se colocan los módulos	
Rueda-servo	2	A010-A1002-1a	Ruedas motrices	
Soporte-pilas	1	A010-A1003-1a	Soporte puente para colocar las pilas	
Clip-soporte-pilas	1	A010-A1004-1a	Clip de sujeción para la cresta y las pilas	
Cresta	1	A010-A1005-1a	Cresta de protección	

Pasa-cables	1	A010-A1006-1a	Clip para organizar cables	
Clip-led	1	B020-B1007-1a	Clip para sujetar led a la cresta	
Cola	1	B020-B1009-1a	Cola de decoración	

3.6. Impresión de las piezas

Una vez tenemos el diseño de las piezas exportado desde Sketchup a formato .stl que es uno de los más utilizados en la impresión 3D en la actualidad, necesitamos un software de impresión 3D que transforme este archivo stl en gcode. Los archivos gcode contienen las coordenadas y parámetros que necesitan las impresoras para poder realizar la impresión. Para este fin, se ha utilizado el software libre Cura licenciado bajo GNU AFFERO GENERAL PUBLIC LICENSE V3.

Para la impresión de las piezas lo más importante es el material utilizado y el perfil de impresión. Este perfil depende del software de impresión y de la impresora en sí. En nuestro caso se han utilizado dos impresoras 3D. Una impresora procede del proyecto rewrap. Este proyecto se basa en la construcción de impresoras open-source a partir de la impresora inicial de Josef Prusa. A partir de esta impresora han surgido muchas otras. La empresa Bq, ha hecho una iteración de esta impresora y la ha llamado Prusa Hephestos. La impresora sigue las consignas básicas de las impresoras rewrap⁷ en cuanto a código abierto habiendo liberado tanto el firmware de la impresora (basado en marlin⁸) como los diseños de las piezas.

La otra impresora utilizada ha sido la ZYYX+ 3D printer de la empresa Magicfirm. Esta empresa, después de conocer nuestro proyecto open-source ha sido muy amable y nos ha proporcionado plástico para poder imprimir de forma totalmente gratuita.

A continuación listaremos los parámetros más importantes del perfil de impresión. Éstos servirán a cualquier persona que desee imprimir las piezas de los robots si disponen de acceso a una impresora.

- Material utilizado: PLA

⁷Reprap: rewrap.org

⁸Marlin es un firmware muy utilizado en las impresoras 3D domésticas. Para más información visitar www.marlinfw.com.

- Altura de capa (Layer height) = 0.2
- Relleno (Infill) = 20%
- Soportes (Supports) = no se necesitan para ninguna pieza
- Velocidad (Print speed) = exterior (outer shell) 20mm/s, interior (inner shell) 30mm/s, general 40mm/s
- Tiempo de impresión (print time): alrededor de 12 horas

3.7.Programación del robot

Para la programación del robot se ha utilizado el entorno de desarrollo Arduino IDE (Massimo Banzi co-founder of Arduino, 2009). Se han desarrollado cuatro diferentes programas para cada una de las funciones del robot y dos variantes en cada programa. A continuación se explicará su funcionamiento. En los anexos se puede encontrar el código completo del programa. Recordamos que este código se ha liberado bajo la licencia GNU GPL v3 y subido a github de makitpro.

- **Programa evita obstáculos:** El robot dispone de un módulo de ultrasonidos que funciona con emisor y un receptor de forma que emite un ultrasonido y espera y calcula el tiempo que tarda el sonido en rebotar en un objeto y volver. De esta forma y mediante una fórmula matemática puede detectar objetos a una determinada distancia (configurable) y girar para no chocar. La distancia y el tiempo de giro cuando detecta un obstáculo son configurables mediante una variable.
- **Programa evita obstáculos (con led cresta):** Se trata del mismo programa que el anterior pero añadiendo el código necesario para instalar un led en la cresta del robot y que éste cambie de color dependiendo del estado del programa.
- **Programa secuencia programada:** Se trata del programa más básico en el que no se usa ningún sensor ni detector. Se han programado una serie de funciones que permiten al robot avanzar, retroceder, girar derecha o izquierda y girar sobre sí mismo. Estas funciones están preparadas para ser llamadas por la función principal con el tiempo de actuación como parámetro de entrada. De esta forma se puede programar una secuencia de movimientos. También se ha preparado una función de fin de programa ya que sin ésta, por la arquitectura de Arduino, éste repetiría el programa indefinidamente. Se ha utilizado un bucle infinito (`while(1)`) para acabar el programa.
- **Programa sigue líneas:** en este caso nuestro Humbot utiliza tres sensores de infrarrojos que permiten diferenciar una línea oscura sobre un fondo blanco o viceversa. De esta forma podemos pintar una línea negra en el suelo o en una cartulina blanca y así el robot seguirá el camino. El estado de los servos cambiará en función de las lecturas de los sensores. Si el robot se sale del camino, se ha programado para que haga marcha atrás buscándolo de nuevo.

- **Programa sigue líneas (con led cresta):** Se trata del mismo programa que el anterior pero añadiendo el código necesario para instalar un led en la cresta del robot y que éste cambie de color dependiendo del estado del programa.
- **Programa sigue luz:** Este programa permite al Humbot seguir o huir de la luz. Esto se hace gracias a unos sensores LDR que miden la luz que incide sobre ellos. Esta luz se compara entre los sensores y se actúa en consecuencia.
- **Programa sigue luz (con led cresta):** Se trata del mismo programa que el anterior pero añadiendo el código necesario para instalar un led en la cresta del robot y que éste cambie de color dependiendo del estado del programa.
- **Programa con bluetooth:** se han realizado variaciones de los programas anteriores que utilizan sensores para detectar diferentes parámetros y actuar en consecuencia. Con el módulo bluetooth se consigue que el robot se conecte a un dispositivo Android y puede ser controlado desde este. La aplicación permite realizar los movimientos básicos (avanzar, retroceder, girar derecha o izquierda) y además activar o desactivar la función disponible según el modelo de Humbot que tenemos.

3.7.1. Comunidad

Para compartir el código de los programas se ha utilizado github por ser una de las plataformas más utilizadas. Hemos creado el usuario makitpro y hemos utilizado github para Windows. Para trabajar en el repositorio, realizamos las siguientes acciones:

- Al iniciar navegamos al directorio del repositorio: `cd /ruta del repositorio`
- Si realizamos cambios remotos: `git pull https://github.com/makitpro/Humbot-S.git`
- Si realizamos cambios locales:
 - `git add .`
 - `git commit -m "comentario"`
 - `git push -u origin master`

Se aceptarán contribuciones de la comunidad pero siempre aprobadas por el administrador. La idea es desarrollar los programas y que surjan variantes. Además pueden surgir nuevas funciones que hagan uso de otros sensores u otras piezas. Se pretende que los usuarios puedan diseñar nuevas piezas e integrarlas en el robot para crear nuevos diseños y nuevas funciones.

Para llegar a más gente, también se ha creado un tutorial en página **Instructables**. Así, además de la página web se pretende que el proyecto vaya llegando poco a poco a más usuarios.

3.8.Instrucciones y actividades

Inicialmente se han pensado actividades para mayores de doce años aunque en el futuro se podría adaptar la programación para trabajar con ScratchX mediante bloques, lo que haría más fácil el trabajo con niños a partir de seis años. Estas edades son recomendadas siempre pensando en el trabajo individual sin apoyo. Si se dispone de la ayuda de un adulto el Humbot puede resultar muy interesante y satisfactorio para cualquier edad **a partir de los seis años**.

Uso particular

El proyecto pretende proporcionar todo el material necesario para la construcción, montaje y programación del robot. Esto incluye lista de materiales, instrucciones de montaje, instrucciones de conexión y código de los diferentes programas. Todo este material se puede encontrar en la página web. La mayoría de material está en formato pdf para que se pueda utilizar en cualquier dispositivo.

Uso en el aula

Además de para un usuario particular, los Humbots pueden ser usados en el aula. Las actividades preparadas para el proyecto están repartidas en fichas. Existen dos tipos de fichas, las fichas para el profesor y las fichas para el alumno o usuario particular.

Las fichas para el profesor tratan aspectos didácticos del robot mientras que las instrucciones para el alumno o usuario particular pretenden hacer de manual de instrucciones detallado con el que cualquiera sea capaz de montar y programar el robot.

Nota: las instrucciones para alumno o usuario particular se han añadido a anexos.

Las siguientes actividades han sido probadas con alumnos de tercero de la ESO. En el apartado de resultados se detallan las conclusiones extraídas de estas pruebas.

Ficha para el profesor (práctica 1)	
Título: Introducción a Arduino: Blink	Nivel: 3º ESO
Duración estimada: 2 sesiones (1 teórica i 1 práctica)	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducir a los alumnos en los conceptos básicos de Arduino, que es y cómo se programa. ✓ Instalar el entorno de desarrollo ✓ Dar a conocer a los alumnos las partes principales de los programas de Arduino ✓ Programar el primer ejemplo usando solo una placa controladora y el led incluido en el pin13. 	
Conceptos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación informática, conceptos básicos ✓ Lenguajes de programación ✓ Estructura básica de un programa de Arduino ✓ Programación de Arduino, salidas digitales, encendido, apagado y temporización básica de un LED. 	
Competencias básicas más trabajadas: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender.	
Recursos: Arduino IDE, Genially, Placa Arduino o compatible	
Evaluación: Preguntas	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Qué se necesita para programar una placa Arduino? ✓ ¿Qué lenguaje de programación utiliza Arduino? Conoces otros lenguajes de programación? ✓ ¿Cuáles son las partes de un programa básico de Arduino? ✓ ¿Para qué sirve la función setup de Arduino? ✓ ¿Qué pasa con las instrucciones que escribimos en la función loop? ✓ ¿Con que instrucción se enciende un LED? ¿Y para apagarlo? ✓ ¿Cómo le decimos al programa que haga una pausa manteniendo activa la última instrucción que se le ha dado? ✓ ¿Cómo sabemos si nuestro ordenador ha reconocido la placa controladora UNO? 	

Ficha para el profesor (práctica 2)	
Título: Introducción a Arduino: Variables y funciones	Nivel: 3º ESO
Duración estimada: 2 sesiones (1 teórica i 1 práctica)	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducir a los alumnos en los conceptos básicos de Arduino, que es y cómo se programa. ✓ Dar a conocer a los alumnos las variables, qué son y cómo se declaran. ✓ Introducir las funciones, cómo se crean y cómo se ejecutan. ✓ Programar el primer ejemplo usado en la primera práctica para introducir el uso de variables y funciones. 	
Conceptos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación informática, conceptos básicos ✓ Lenguajes de programación ✓ Estructura básica de un programa de Arduino ✓ Programación de Arduino, uso de variables y funciones. 	
Competencias básicas más trabajadas: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender.	
Recursos: Arduino IDE, Genially, Placa Arduino o compatible	
Evaluación: Preguntas	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Qué ventajas proporciona el uso de variables? ✓ ¿Cómo se declara una variable? ✓ ¿Qué debemos tener en cuenta cuando damos nombre a las variables? ✓ Enumera 3 tipos de variables y di un ejemplo de uso de cada uno de ellos ✓ ¿Qué tipo de variable utilizarías para guardar valores de temperatura con decimales? ✓ ¿Cómo se declara una función? ✓ ¿Cómo se “llama” a una función? ✓ ¿Qué ventajas proporciona el uso de funciones? 	

Ficha para el profesor (práctica 3)	
Título: Introducción a Arduino: Entradas y salidas	Nivel: 3º ESO
Duración estimada: 2 sesiones (1 teórica i 1 práctica)	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducir a los alumnos en los conceptos básicos de Arduino, que es y cómo se programa. ✓ Dar a conocer a los alumnos los algoritmos y funciones lógicas básicas ✓ Conocer el uso de if, if...else, i for ✓ Programar un ejemplo de uso de las funciones lógicas a través de un led y un pulsador táctil. 	
Conceptos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación informática, conceptos básicos ✓ Lenguajes de programación ✓ Estructura básica de un programa de Arduino ✓ Programación de Arduino, if, if...else, for ✓ Entradas y salidas: pulsador y led RGB 	
Competencias básicas más trabajadas: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender.	
Recursos: Arduino IDE, Genially, Placa Arduino o compatible pulsador táctil, led RGB	
Evaluación: Preguntas	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿En qué se diferencia un led RGB de un led convencional? ✓ ¿Cómo escribimos una condición if? ✓ Pon un ejemplo de uso de una función if ✓ En el programa de ejemplo de la práctica, ¿qué cambiaríamos para que el led esté siempre encendido y se apague cuando tocamos el pulsador? 	

Ficha para el profesor (práctica 4)	
Título: Introducción a Arduino: señales analógicas	Nivel: 3º ESO
Duración estimada: 2 sesiones (1 teórica i 1 práctica)	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Introducir a los alumnos en los conceptos básicos de Arduino, que es y cómo se programa. ✓ Dar a conocer a los alumnos la diferencia entre señales digitales y analógicas. ✓ Conocer el uso de las señales analógicas ✓ Saber utilizar un led RGB ✓ Conocer el funcionamiento de un potenciómetro como señal analógica 	
Conceptos:	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Programación informática, conceptos básicos ✓ Lenguajes de programación ✓ Estructura básica de un programa de Arduino ✓ Programación de Arduino, señales analógicas y digitales ✓ Entradas y salidas: pulsador y led RGB ✓ El potenciómetro como regulador de intensidad de luz de un led 	
Competencias básicas más trabajadas: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender.	
Recursos: Arduino IDE, Genially, Placa Arduino o compatible, potenciómetro, led RGB	
Evaluación: Preguntas	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿En qué se diferencia una señal analógica de una digital? ✓ ¿Qué valores analógicos utiliza el potenciómetro en Arduino? ✓ ¿Cómo podemos encender diferentes colores con un LED RGB? ✓ Piensa en otras aplicaciones del potenciómetro, ¿para qué lo podríamos utilizar? 	

Test de autoevaluación

Adicionalmente se ha creado un test de autoevaluación⁹ para que los alumnos (o cualquier persona) pueda evaluar lo que ha aprendido en el montaje del robot y en la realización de las prácticas.

3.9. Aplicación Android

Para la realización de la aplicación Android para controlar el robot mediante una conexión de bluetooth, se ha utilizado el código de la aplicación robopad¹⁰ de BQ que se encuentra disponible bajo licencia GNU GPL en github. A partir de este código, se han realizado las modificaciones necesarias para que funcione con el Humbot. La aplicación es funcional pero requiere de más modificaciones antes de ser publicada en Google Play. El código se ha liberado bajo una licencia GNU GPL V3 para cumplir los requisitos de la licencia original. Tanto el código como la aplicación se han publicado en github¹¹. (Gironés, 2011)

3.10. Gráficos y logotipo

Todos los gráficos han sido desarrollados explícitamente para este proyecto. Además del logotipo, toda la maquetación de los manuales i las instrucciones se han dibujado utilizando el programa de dibujo vectorial Inkscape licenciado con GNU GPL v2. Cabe decir que solo tengo nociones básicas de este programa y ninguna de diseño gráfico, pero considerando que la imagen es importante se ha intentado realizar un logotipo simple pero atractivo. Se cree que la imagen, los colores, el logotipo, son elementos muy importantes que influyen en el resultado final del proyecto. Además, la página web necesita ser atractiva para atraer a más personas. Por ello se ha dedicado cierto tiempo a la realización del logotipo, los gráficos, los montajes, y a la elección de colores.

Para la elección del logotipo se ha realizado un cuestionario a modo de estudio de mercado para decidir qué imagen representaba mejor la filosofía y valores del proyecto.

⁹ Enlace a formulario google:

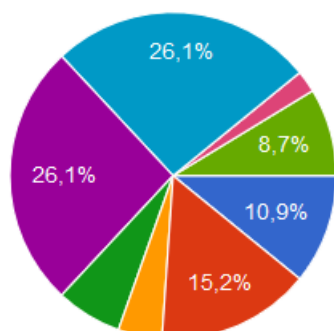
https://docs.google.com/forms/d/1BIJFMA37JYZtMcGpkDXIHtO_oMcw5jbmtvszWHVK2KU/viewform

¹⁰ Enlace github robopad: <https://github.com/bq/robopad>

¹¹ <https://github.com/makitpro/Humbot-S>

El cuestionario se puede consultar en el siguiente enlace¹². Los resultados han se pueden ver en la siguiente imagen.

Que tipo de letra y logo te gustan más? (46 respuestas)



- Opción 1
- Opción 2
- Opción 3
- Opción 4
- Opción 5
- Opción 6
- Opción 7
- Opción 8



Como podemos ver, los resultados dan un empate entre la opción cinco y la seis. A título personal me gusta más la opción seis así que me he quedado con esa.

Logo resultante:



A continuación explicaremos el porqué de la elección de los colores.

Después de realizar un pequeño estudio, se ha pensado que se trabajará con dos colores:

- Color principal: azul 304ffeff. A menudo relacionado con la confianza, inteligencia, calma, estabilidad y naturalidad.
- Color secundario: naranja f78c40ff. A menudo relacionado con la juventud, felicidad y sobresalir.
- Color de fondo/neutro: Blanco o gris claro.
- Color de texto: blanco/negro. El texto blanco/negro se lee muy bien en la mayoría de situaciones.

¹²Enlace a cuestionario de logotipos: <https://docs.google.com/forms/d/1rSRKZUISRTdj9EpZK8cg3T9-lgbB42jRVl0cKfcyXQA/viewform>

4. Resultados

Después de mucho trabajo los resultados han sido muy buenos. El robot es perfectamente funcional y ha sido probado con éxito con alumnos de tercero de la ESO. A continuación se detallan las conclusiones de estas pruebas.

4.1. Pruebas con alumnos

La metodología seguida y los materiales utilizados han sido los siguientes:

- Con la ayuda de las presentaciones interactivas se han introducido los conceptos teóricos y procedimentales necesarios para la realización de cada práctica (un total de cuatro).
- Después de la introducción teórica, se ha realizado cada práctica. Por lo tanto se han ido alternando las sesiones teóricas con las prácticas.
- Una vez terminadas las prácticas, se ha dedicado una sesión al montaje del robot. No ha sido necesario mucho soporte del profesor ya que las instrucciones están bastante claras.
- Con los robots montados se les ha proporcionado el código base para cada función del robot. Después se han dedicado tres sesiones a la modificación de los programas. Esto ha sido mucho más fácil gracias a las zonas de modificación fácil que se han marcado en el código.

Los resultados han sido muy positivos y los alumnos, en general, han quedado muy satisfechos. Algunos han tenido dificultades pero nada que no se haya podido resolver con una orientación básica. La mayoría de veces ha sido simplemente por no leer detenidamente las instrucciones. Queda patente que los alumnos están muy orientados a resultados y tienden a intentar que el robot funcione directamente sin tener que hacer nada. Parece que solo quieren ver resultados sin ningún trabajo ni esfuerzo. Parte del trabajo de las prácticas es por tanto inculcar que para que las cosas salgan se requiere un esfuerzo y unos conocimientos previos. Muy pocos alumnos no han podido terminar las prácticas sin unos resultados mínimos, y esto se ha dado debido a una dejadez completa por su parte. La mayor parte de los alumnos, incluso los que muestran dificultades, han podido llegar a unos resultados satisfactorios.

Respecto el material, se han detectado pequeños cambios que se podrían hacer para evitar confusiones y se tendrán en cuenta para futuras mejoras, teniendo en cuenta que los cambios comportan una gran carga de trabajo de maquetación.

Algunos alumnos más interesados en el tema, han dejado patente que les gustaría tener un Humbot para poder experimentar con él en casa por lo que estamos estudiando la posibilidad de iniciar un proyecto de viabilidad de poner el robot a la venta. Este estudio está siendo llevado a cabo por una compañera y pretendería llevar la robótica educativa y doméstica a aquellas personas que no disponen de los recursos ne-

cesarios para imprimirse sus propias piezas o quieren facilidades para comprar los componentes electrónicos.

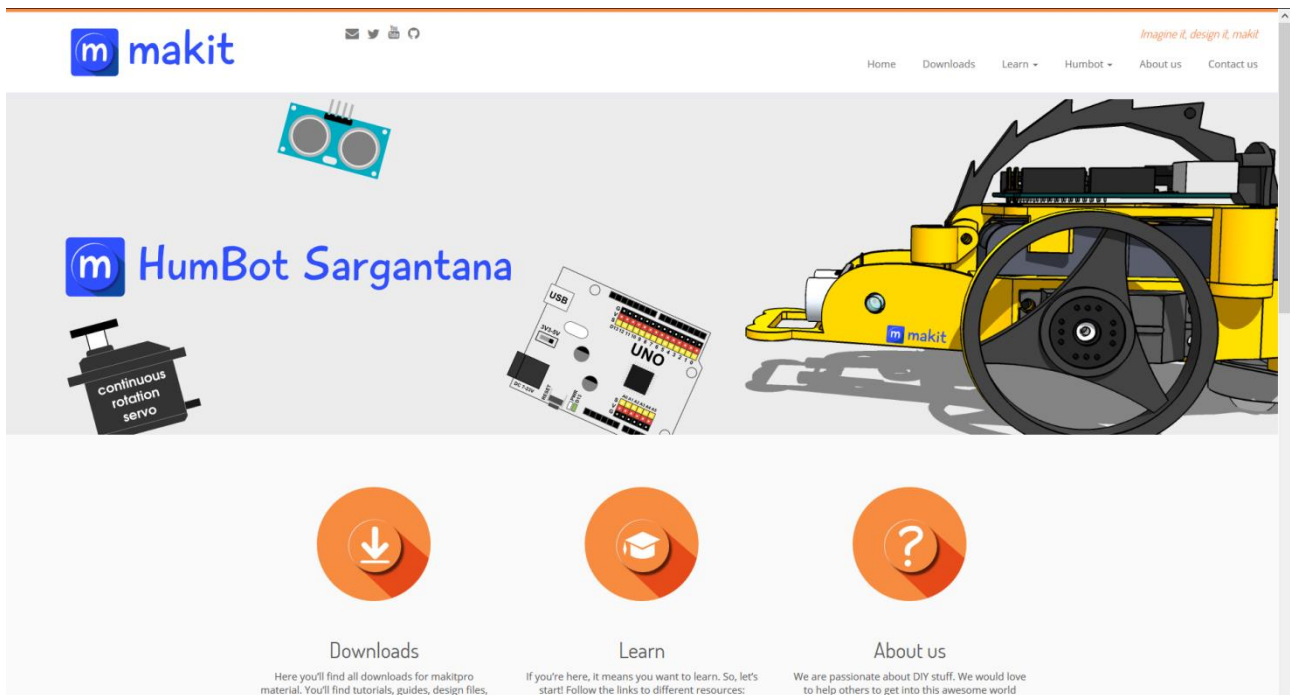
4.2.Página web

Para la realización de la página web se ha adquirido el dominio makitpro.com y se ha decidido trabajar con wordpress (Press Customizr, Consulta: 2016). Es el entorno más utilizado y además es open-source por lo que es perfecto para el presente proyecto. Se ha comprado el dominio makitpro.com y se ha montado en un servidor que me han prestado para la ocasión. El proyecto solo pretende crear una página web de presentación del producto. Si quisiéramos crear una página web profesional nos consumiría todo el tiempo del proyecto. Aun así pienso que el resultado ha sido satisfactorio y la web cumple con su función que no es más que la de dar soporte a las personas interesadas en el proyecto. Se han creado las siguientes sub-páginas:

- Inicio: Página con un slider con imágenes de los robots y acceso a las páginas destacadas
- Descargas: Todo el material que se ha preparado incluyendo diseños, manuales, instrucciones, etc.
- Aprende: Tutoriales interactivos y vídeos de montaje.
- Humbots: Página con los detalles de las tres versiones iniciales de los robots.
- Acerca de: Información sobre los creadores.
- Contacto: Información de contacto

Además se ha configurado el plugin polylang de wordpress para **ofrecer la página en diferentes idiomas** (castellano e inglés). Aunque inicialmente hay contenidos que solo estarán disponibles en un idioma, se pretende ir actualizando contenidos poco a poco. También se ha configurado un plugin de backups de wordpress que automatiza las copias de seguridad de la página. Se han programado backups diarios de la base de datos mientras que cada semana se realiza una copia de seguridad completa de la web.

Periódicamente se van añadiendo nuevos contenidos y se va mejorando la página web.



Aspecto de la portada de la página web

Legislación

Respecto a la legislación vigente, los tres aspectos que tenemos que considerar en cuanto a la normativa ¹³básica en una página web son el aviso legal, la política de privacidad y la ley de cookies (Rodríguez, Consulta: 2016).

Aviso legal

El aviso legal es el documento dentro del sitio web que identifica a su propietario. La ley que rige este texto es la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico (LSSI). Y es ésta la que indica los datos obligatorios que deben aparecer en nuestro documento de «aviso legal» (nombre, dirección, CIF/NIF, email, etc.).

El aviso legal es obligatorio si tu web cumple alguna de estas funciones:

- Es una web corporativa de autónomo o empresa
- Tienda online
- Web o blog particular si incluye publicidad.

¹³ [Normativa](#) (CC-BY-SA)

Bastaría con crear una página con el texto del aviso legal y poner un enlace visible desde cualquier página de tu sitio web. Para la redacción del texto, se puede usar el modelo que ofrece el propio Ministerio de Industria, a través del ahora denominado Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE).

Existe también una herramienta gratuita online que genera el documento de aviso legal redactado para cumplir con los requisitos básicos de la ley de Servicios de la Sociedad de Información y Comercio Electrónico (LSSICE). Sólo es necesario rellenar los datos en este formulario y se te envía por correo electrónico el documento de aviso legal.

En nuestro caso el aviso legal no es necesario.

Política de privacidad

Otra página que debemos tener en nuestro sitio web es la página de la «política de privacidad». Es obligatoria si la web recoge algún dato personal del usuario, lo que es prácticamente aplicable a cualquier sitio web si tiene, por ejemplo, un formulario de contacto donde se pide al usuario el correo electrónico. Ya con esto estamos pidiendo un dato personal.

La ley que rige este apartado es la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD). Y es bastante más compleja de llevar a cabo que el aviso legal. El procedimiento sería:

- Abrir un registro en la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD), donde indicamos los ficheros involucrados en la recogida de datos de los usuarios de la web.
- Crear una página con el documento de la política de privacidad.
- Para el texto podemos usar nuevamente el modelo que proporciona el Ministerio.
- Incluir en los formularios donde se piden datos personales al usuario, una casilla de marcación obligatoria con un enlace a la página donde informamos de la política de privacidad del sitio web.

Además de estas actuaciones, debemos generar los textos de respuesta ante el ejercicio de derecho de acceso, rectificación o cancelación por parte del usuario, implementar un sistema de copias de seguridad, etc. Y otros documentos más relativos al envío de correo electrónico, contratos y demás.

En nuestro caso se ha querido simplificar la página y por tanto no se ha incluido un formulario de contacto. De esta forma no se requiere ningún dato y por tanto de momento no necesitamos hacer este paso. Para el contacto simplemente proporcionamos un correo electrónico.

Ley de cookies

Las cookies son fragmentos de información enviados por un sitio web y almacenados en el navegador del usuario que visita ese sitio. Esto permite a la web tener información sobre tus preferencias o actividades.

Las cookies son necesarias para, por ejemplo, seguir el proceso de una compra online, pero también para cosas no tan necesarias aunque comunes como analizar las visitas a nuestra página web (ya sea con Google Analytics) o mostrar publicidad dinámica. También los populares botones de compartir en redes sociales tienen sus propias cookies.

Dado que nuestra web sí será monitorizada con google analytics, debemos cumplir con la ley de cookies. La implementación de esta «ley» no está clara, y por eso hay sitios web que usan unos mensajes más invasivos que otros. **En nuestro caso hemos utilizado un plugin (cookie law info) que genera los textos necesarios para su implementación y muestra el mensaje correspondiente la primera vez que visitamos la página.**

4.3.Licencias

La elección de la licencia con la que se publicará el proyecto no ha sido una tarea fácil. En un futuro se ha planteado la posibilidad de realizar un estudio de viabilidad de crear una empresa basada en la venta de los robots. Por ello inicialmente se pensó en utilizar la Creative Commons (CC-BY-SA-NC) para proteger el proyecto del uso comercial. Se han estudiado los pros y contras de usar esta cláusula NC y después de diferentes opiniones (Malcolm Bain, Manuel Gallego, Manuel Martínez Ribas, Judit Rius, 2014) y lecturas de artículos (Vidal, 2010) se ha decidido prescindir de la cláusula NC ya que introduce algunos inconvenientes y no está claro que proteja realmente. Esta cláusula podría ser interpretada como que no se permite revender los diseños pero sí los productos que resultan de estos diseños. Además si utilizamos la cláusula NC estamos usando el marketing de que el proyecto es libre cuando en realidad se restringen mucho los usos y además no cumple con las cuatro libertades básicas. Por tanto se ha elegido CC-BY-SA 4 Internacional como licencia para la mayor parte del proyecto, mientras que los programas de Arduino y Android se licenciarán con GNU GPL v3.

Parte	Licencia
Diseño de las piezas del robot, documentos, manuales, página web, etc.	Creative commons CC-BY-SA 4.0 Internacional
Código de los programas de Arduino	GNU GPL v3
Código de la aplicación Android para el control Bluetooth	GNU GPL v3

5. Conclusiones

5.1. Consecución de objetivos

El objetivo principal planteado al inicio del proyecto se ha conseguido de manera satisfactoria. Los resultados de las pruebas con alumnos han sido muy buenos y sus comentarios acerca del proyecto muy positivos.

Los requisitos y objetivos secundarios del robot también se han satisfecho:

- El robot se puede imprimir sin necesidad de soportes en ninguna pieza.
- Se ha facilitado el uso con instrucciones gráficas que facilitan la iniciación a la robótica.
- Todo el proyecto está licenciado bajo licencias open-source.
- El coste se ha reducido dentro de las posibilidades sin comprometer la calidad.
- El proyecto es escalable y flexible de forma que los usuarios, docentes o alumnos pueden construir nuevos conocimientos y crear nuevos diseños y programas a partir del kit básico.
- Se facilita el uso en el aula con la realización de fichas para el profesor y manuales y documentación completa para el alumno/usuario.
- Además he hablado con el centro de recursos pedagógicos de Reus Baix Camp y les ha gustado mucho el proyecto. Por lo tanto hemos programado un curso de formación dirigido a otros profesores que estén interesados en la utilización del robot en el aula. Este curso está planificado para el primer trimestre escolar del curso que viene. Yo mismo seré el formador y utilizaré el material del proyecto para formar otros profesores.

5.2. Valoración personal

Personalmente estoy muy contento con los resultados. El proyecto ha sido un éxito con los alumnos. Algunos de hecho, me han pedido donde pueden conseguir estos robots para seguir aprendiendo en casa.

Durante el proceso de realización del proyecto he aprendido muchas herramientas nuevas y me ha hecho crecer tanto personal como profesionalmente.

La web ha tenido una buena aceptación aunque ahora me doy cuenta que para llegar a más personas se necesita mucho trabajo de publicidad y en las redes sociales. Como sabemos, nuestro tiempo es limitado pero poco a poco se pretende ir haciendo publicidad y enriquecer la web con nuevos proyectos.

La mayor problemática con la que me he encontrado es su diversificación. Éste utiliza diferentes herramientas que he tenido que aprender sobre la marcha mediante autoaprendizaje. Esto ha hecho que por ejemplo la realización de los manuales, logotipos, dibujos y la página web (herramientas que nunca había utilizado) hayan sido especialmente laboriosas y costosas.

5.3. Aplicación de los conocimientos adquiridos en el máster

Respecto los conocimientos adquiridos en el máster, cabe decir que el proyecto no hubiese sido posible sin el máster. Éste es el que me dio a conocer el mundo del software libre y una de las razones por la que he realizado el proyecto. Concretamente, me han sido especialmente útiles los conocimientos relacionados con el desarrollo y gestión de aplicaciones de software libre. El máster también me ha ayudado a escoger las licencias a aplicar en cada una de las partes del proyecto. Este punto ha sido especialmente delicado ya que he tenido que analizar las diferentes licencias y consultar diversos profesores para encontrar la solución que más se adaptase a las necesidades del proyecto (Malcolm Bain, Manuel Gallego, Manuel Martínez Ribas, Judit Rius, 2014), (Jesús M. González Barahona, Joaquín Seoane Pascual, Gregorio Robles, 2001). Otro aspecto en el que me ha ayudado el máster ha sido en el control de versiones con herramientas como github. Por otra parte, la organización de proyectos o su planificación (como con los diagramas de Gantt) también ha sido de gran ayuda.

5.4. Líneas futuras

En este apartado se comentarán futuras mejoras que se podrían llevar a cabo para potenciar el proyecto. Cabe mencionar que se sigue trabajando en el proyecto y continuamente se cuelgan nuevos artículos, fotos, videos y se traduce contenido en la medida de lo posible.

El proyecto sigue en marcha y como futuras actuaciones me gustaría seguir añadiendo contenido nuevo que otorgue nuevas funcionalidades al robot y/o crear otros robots diferentes, todo esto acompañado de manuales, tutoriales, guías, etc.

5.4.1. Scratch X

Se podría explorar la posibilidad de facilitar la programación del robot utilizando Scratch. Scratch permite la programación de Arduino mediante bloques. Le pega es que no todas las funciones están disponibles. Por eso sería interesante estudiar la creación de librerías para Scratch X que permitan explotar las posibilidades de los robots. Scratch X es la versión que permite librerías experimentales y por tanto podemos desarrollar la nuestra propia.

5.4.2. Kits de ampliación

El robot se ha desarrollado con la idea de añadir funcionalidades en el futuro. Simplemente añadiendo algunos componentes y cambiando la programación se pueden hacer robots con diferentes funciones a las ofrecidas inicialmente. Algunos ejemplos que se quieren desarrollar incluyen:

- Añadir un servo posterior y una cola retráctil que puede dejarse caer como haría una lagartija.
- En lugar de la cola también se ha probado a utilizar un servo y una pieza impresa para sujetar un lápiz o rotulador y poder dibujar en el suelo.
- Añadir un servo y una pieza trasera para hacer luchas de robots.
- También se contempla la inclusión de sensores de temperatura o de humedad para que el Humbot se convierta en un termostato.
- Otra opción sería añadir una pantalla o matriz led que permita al Humbot mostrar emociones o mensajes.
- Con la conexión Bluetooth se podría desarrollar algún tipo de interacción entre un robot y otro.

Estas son solo algunas de las ideas que tenemos pero las posibilidades son infinitas.

5.4.3. Aplicación móvil

La aplicación móvil es funcional pero aún se encuentra en versión beta y requiere de modificaciones en la interfaz gráfica para mejorar el aspecto, adaptarse mejor a más dispositivos, así como añadir funcionalidades.

5.4.4. Promoción y redes sociales


Para promover el proyecto y la página web se necesita estar activo en las redes sociales. Esto es una tarea que consume mucho tiempo. Actualmente se dispone de una cuenta de twitter @makitpro donde se van colgando las novedades en la web. Para trabajar el posicionamiento en un futuro se pretende trabajar más y mejor las redes sociales e ir añadiendo contenido que atraiga más visitantes.

6. Bibliografía y referencias

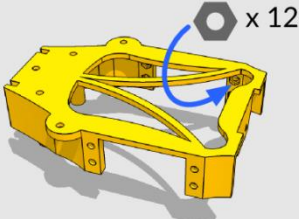
- Cohen, P. (2016). *A rising call to promote stem education and cut liberal arts funding*. Obtenido de <http://www.nytimes.com/2016/02/22/business/a-rising-call-to-promote-stem-education-and-cut-liberal-arts-funding.html>
- David Aycart Pérez, Marc Gibert Ginestà, Martín Hernández Matías, Jordi Mas Hernández. (2012). *Enginyeria del programari en entorns de programari lliure*. XP06/M2012/01486.
- Evans, B. W. (2007). *Arduino Programming Handbook: A Beginner's Reference*. Licencia: Creative Commons Attribution-Share Alike 2.5 License.
- Gironés, J. T. (2011). *El gran libro de Android*. (l. 978-84-267-1732-0, Ed.) Marcombo.
- Jesús M. González Barahona, Joaquín Seoane Pascual, Gregorio Robles. (2001). *Introducció al programari lliure*. XP07/M2001/02708.
- Malcolm Bain, Manuel Gallego, Manuel Martínez Ribas, Judit Rius. (2014). *Aspectes legals del programari lliure*. XP07/M2001/02708.
- Massimo Banzi co-founder of Arduino. (2009). *Getting Started with Arduino* (Vols. ISBN: 978-0-596-15917-7 | ISBN 10: 0-596-15917-X).
- Press Customizr. (Consulta: 2016). *Customizr theme*. Obtenido de <http://docs.presscustomizr.com/>
- Rodríguez, N. (Consulta: 2016). *Webs conscientes*. Obtenido de <http://www.tacande.net/>
- Vidal, M. (2010). *Sobre la clàusula no-comercial*. Obtenido de <http://gsyc.es/~mvidal/docs/nc.pdf>

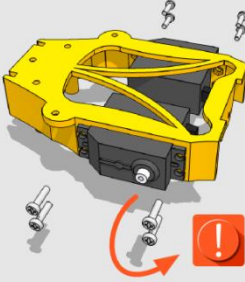
Anexo 1: Instrucciones de montaje

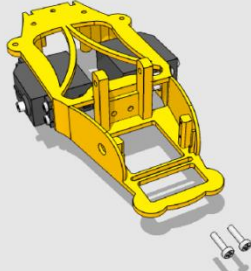
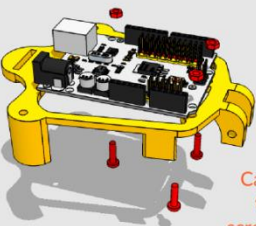
Adjunto en formato pdf las instrucciones completas. Las instrucciones de montaje son las mismas para todas las versiones de los robots. Solo difieren en el último punto. Las instrucciones se han elaborado en dos idiomas, castellano e inglés. También se ha realizado un video de montaje en castellano e inglés para facilitar el montaje. Todas las instrucciones están disponibles en la página web makitpro.com en el apartado de descargas.

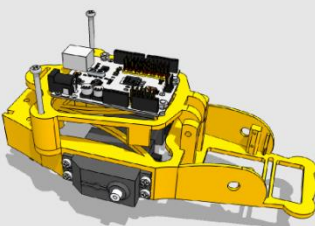
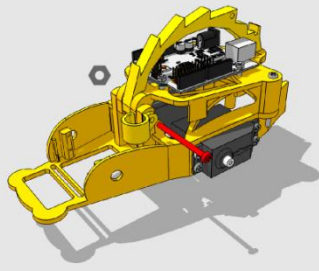


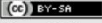
Assembly instructions Humbot S (1 of 3)

1. Insert the M3 nuts in their holes, it should be a tight fit


x 12
2. Fix the servos with 8 small screws (M3x12mm)


Check the servo position!
3. Connect the head with the chassis with two small screws and nuts (M3x12mm)

4. Put the UNO board in its place with three small screws and nuts (M3x12mm)


Careful do not tighten the screws too much!
5. Fix the UNO board to the chassis with 2 medium screws and nuts (M3x30mm)

6. Now put the crest in place and insert a long screw and nut (M3x40mm)


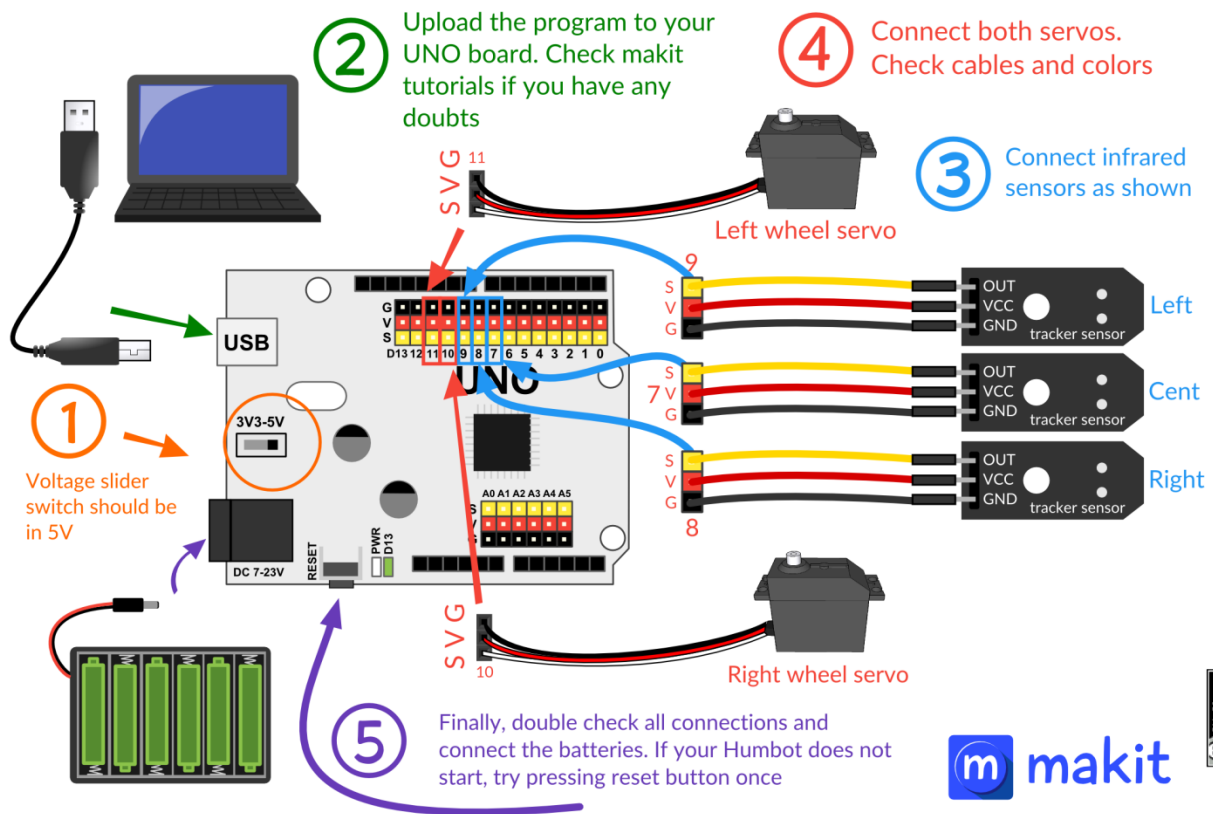
 BY-SA
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Ejemplo instrucciones de montaje

Anexo 2: Instrucciones de conexión

Adjunto en formato pdf las instrucciones completas. Estas instrucciones de conexión son diferentes para cada función del robot. Todas las instrucciones están disponibles en la página web makitpro.com en el apartado de descargas. Se han elaborado en castellano e inglés para llegar a más gente.

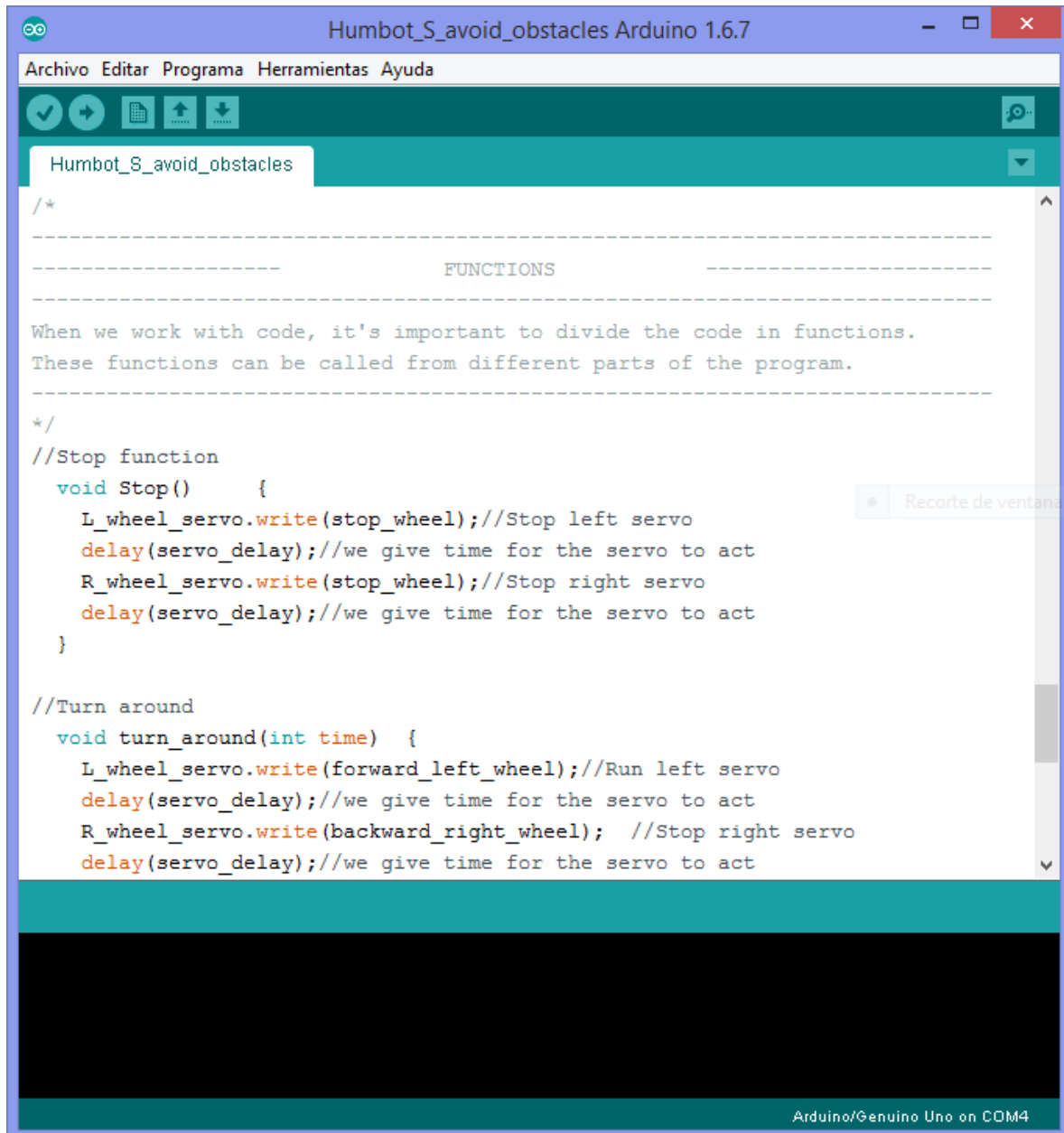
Humbot S. Line follower: Connection instructions



Ejemplo instrucciones de conexión

Anexo 3: Código de los programas

El código de los programas se adjunta en formato zip y también está disponible en github en el siguiente enlace, <https://github.com/makitpro/Humbot-S> y en la página web del proyecto en el apartado de descargas.



The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "Humbot_S_avoid_obstacles Arduino 1.6.7". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for file operations and a gear icon. The main editor window shows the following code:

```
/*
-----
                        FUNCTIONS
-----

When we work with code, it's important to divide the code in functions.
These functions can be called from different parts of the program.
-----

*/
//Stop function
void Stop()    {
  L_wheel_servo.write(stop_wheel); //Stop left servo
  delay(servo_delay); //we give time for the servo to act
  R_wheel_servo.write(stop_wheel); //Stop right servo
  delay(servo_delay); //we give time for the servo to act
}

//Turn around
void turn_around(int time) {
  L_wheel_servo.write(forward_left_wheel); //Run left servo
  delay(servo_delay); //we give time for the servo to act
  R_wheel_servo.write(backward_right_wheel); //Stop right servo
  delay(servo_delay); //we give time for the servo to act
}
```

At the bottom right of the IDE, the text "Arduino/Genuino Uno on COM4" is visible.

Ejemplo porción de código Humbot Sargantana

Anexo 4: Presentación del proyecto

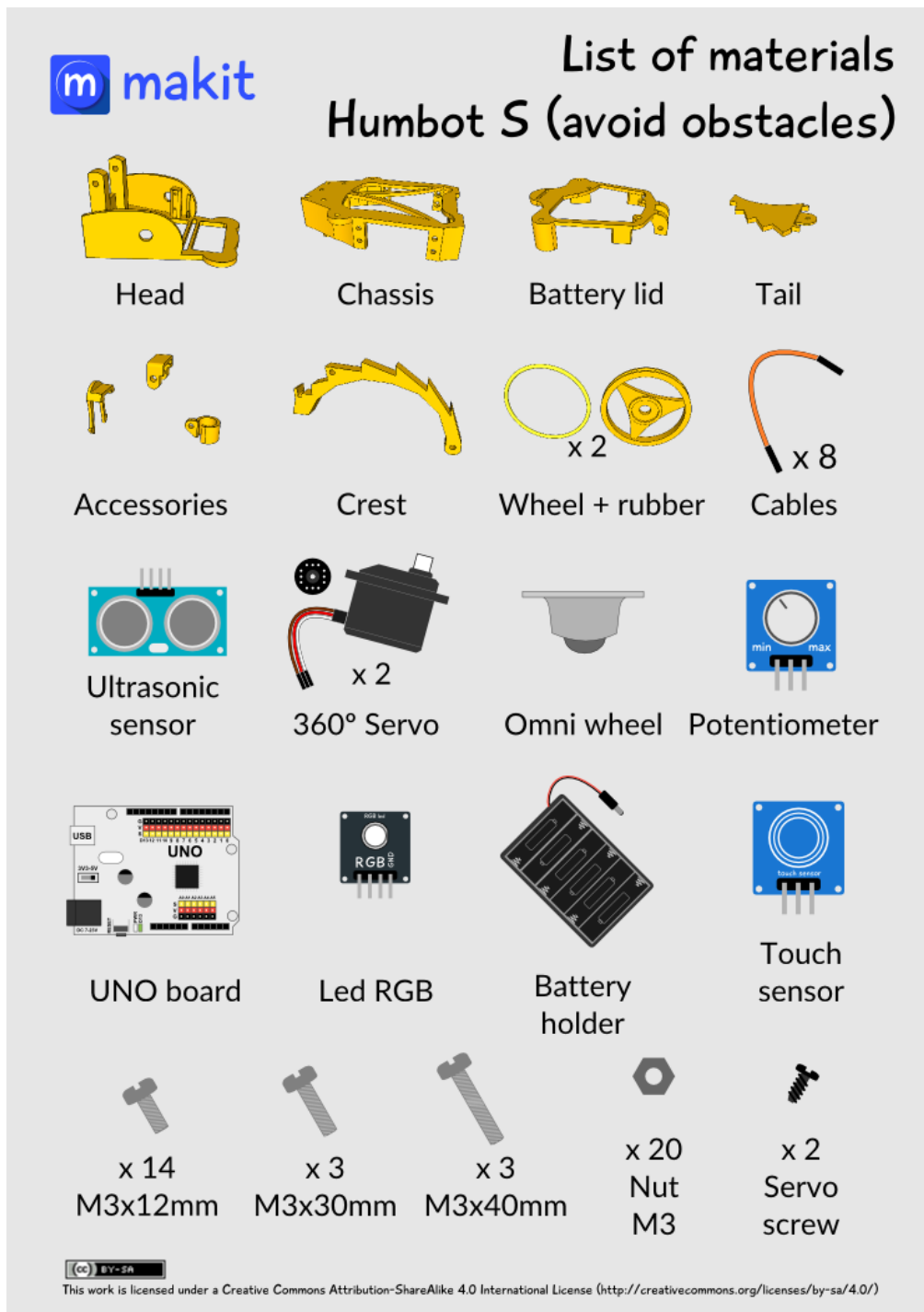
La presentación del proyecto se ha realizado con Prezi. Ésta se adjunta como anexo en pdf pero también está disponible la versión online completa donde se puede visualizar con animaciones y transiciones en el siguiente enlace: http://prezi.com/d8ce-52hl8hh/?utm_campaign=share&utm_medium=copy&rc=ex0share



Portada de la presentación

Anexo 5: Lista de materiales

Se adjunta en pdf la lista de materiales necesarios para el montaje del robot.



Ejemplo lista de materiales