



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOTICO MEDIANTE  
IMPRESIÓN 3D Y ARDUINO

ZAMBRANO ZAMBRANO JEFFERSON AUGUSTO  
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOTICO  
MEDIANTE IMPRESIÓN 3D Y ARDUINO

ZAMBRANO ZAMBRANO JEFFERSON AUGUSTO  
INGENIERO DE SISTEMAS

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN  
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO BOTICO MEDIANTE IMPRESIÓN  
3D Y ARDUINO

ZAMBRANO ZAMBRANO JEFFERSON AUGUSTO  
INGENIERO DE SISTEMAS

RIVAS ASANZA WILMER BRAULIO

MACHALA, 26 DE ABRIL DE 2021

MACHALA  
2021

# Jefferson

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://dspace.utb.edu.ec">dspace.utb.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.bolanosdj.com.ar">www.bolanosdj.com.ar</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://panamahitek.com">panamahitek.com</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Autónoma de Aguascalientes Trabajo del estudiante	<1%
6	<a href="http://www.studocu.com">www.studocu.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1%

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ZAMBRANO ZAMBRANO JEFFERSON AUGUSTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOTICO MEDIANTE IMPRESIÓN 3D Y ARDUINO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de abril de 2021



ZAMBRANO ZAMBRANO JEFFERSON AUGUSTO  
0706479821

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, para cumplir mis objetivos en el transcurso de la formación académica. A mi madre, quien es el pilar fundamental que gracias a su comprensión y apoyo fue el incentivo de todas mis metas propuestas.

A mis queridos hermanos que gracias a su apoyo incondicional y con sus palabras de aliento me hicieron ser mejor persona y estuvieron conmigo en todo momento para así hacer frente a las adversidades que se tiene en la vida.

**Jefferson Augusto Zambrano Zambrano**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida y permitirme cumplir los retos que se presentan día a día.

A la Universidad Técnica de Machala, por haberme dado la oportunidad de prepararme profesionalmente; a los docentes de la Carrera de Ingeniería de Sistema que impartieron sus conocimientos y experiencias para mi formación académica

Por último, al ingeniero Wilmer Braulio Rivas Asanza quien siempre estuvo dispuesto a guiarme de forma clara y precisa en este proceso de titulación.

**Jefferson Augusto Zambrano Zambrano**

## RESUMEN

En la actualidad la robótica ha evolucionado imparablemente y con esto han atraído diferentes tipos de máquinas para que faciliten o automaticen las tareas complejas, peligrosas o repetitivas para el ser humano. Es por eso que se ha creado software para controlar dichos robots desde un ordenador o de un móvil.

Existen diferentes tipos de robots que se puede encontrar en las industrias entre ellos tenemos el robot cartesiano que se caracteriza por sus ejes y su principal función es la manipulación de objetos; el robot polar que forma un sistema polar de coordenadas que permite realizar trabajo de soldadura, fundición y manipulación de máquinas o de herramientas, el robot articulado que tiene por lo mínimo tres articulaciones que permite girar sobre sí mismos y sus objetivos principales es de soldar hasta pintar con spray, el robot paralelo que está conformado por articulaciones en forma de prisma que es utilizado para plataforma móvil desde las simulaciones de vuelo, su nivel de rotación permite una gran cantidad de movimiento para que la simulación sea más compleja. Entre otros robots tenemos los brazos robóticos que permiten hacer trabajo de pick and place que en español significa coger y dejar objetos.

Los brazos robóticos son utilizados en grandes empresas para sustituir y hacer las funciones de los empleados, algunas de estas funciones pueden ser de repetir un movimiento miles de veces consecutivas sin cansancio o de mover un objeto a otro lado hasta que se llene el stock, esto procesos automatizado permitirá que los socios o dueños de las empresas tenga una mayor ganancia y tener sus productos en un tiempo menor.

La presente investigación consiste en diseñar y de construir un brazo robótico con cuatros grados de libertad que será manipulado por una aplicación móvil, su función principal es la de “pick and place” que significa coger y dejar objetos tangibles, el proceso de control y el monitoreo del brazo robótico estará basado en una aplicación móvil para celulares con sistema operativo Android.

El diseño del prototipo será construido por OnShape que es un software CAD (de diseño asistido por computadora) basado en la nube, que permite crear, modelar o editar diseños de otros usuarios para poder modificarlo desde



cualquier dispositivo: como un ordenador, una Tablet o desde un móvil. Además, podemos exportar los diseños en formato STL, para su impresión 3D.

Para la impresión 3D de las piezas del brazo robótico utilizaremos la impresora CUBE3 de gama media que es una impresora portátil con diseño “plug and print” que significa conectar e imprimir.

La conectividad que tendrá el prototipo con la aplicación móvil será por medio de una conexión inalámbrica, esto se hace posible gracias a la implementación del módulo Bluetooth HC-06 al microprocesador Arduino, para poder controlar las articulaciones del brazo robótico.

La aplicación móvil será diseñada y creada en el software Mit App Inventor 2 que es un software intuitivo y fácil de manejar, la aplicación contará con cuatro parámetros para controlar cada una de las articulaciones del prototipo independientemente.

**Palabras clave:** Brazo robótico, Arduino, Bluetooth, Aplicación móvil.

## **ABSTRACT**

Currently, robotics has evolved unstoppably and with this they have attracted different types of machines or robots to facilitate or automate complex, dangerous or repetitive tasks for humans. That is why software has been created to control these robots from a computer or cell phone.

There are different types of robots that can be found in industries or factories, among them we have the Cartesian robot that is characterized by its axes and its main function is the manipulation of objects; The polar robot forms a polar coordinate system that allows welding, casting and handling of machines or tools to be carried out, the articulated robot that has at least three joints that allows it to rotate on itself and its main objectives are to weld to paint With spray, the parallel robot is made up of joints in the shape of a prism that is used for a mobile platform from the flight simulations, its level of rotation allows a large amount of movement to make the simulation more complex. Among other robots we have the robotic arms that allow us to do pick and place work, which in Spanish means to pick up and leave objects.

Robotic arms are used in large companies to replace and perform the functions of employees, some of these functions can be to repeat a movement thousands of consecutive times without fatigue or to move an object to another side until the stock is full, this Automated processes will allow the partners or owners of the companies to have a greater profit and have their products in a shorter time.

The present research consists of designing and building a robotic arm with four degrees of freedom that will be manipulated by a mobile application, its main function is that of "pick and place" which means picking up and leaving tangible objects, the control process and the Monitoring of the robotic arm will be based on a mobile application for cell phones with Android operating system.

The prototype design was built by OnShape, which is cloud-based CAD (computer-aided design) software that allows you to create, model or edit designs from any device, be it a computer, a Tablet or from a cell phone. In addition, we can export the designs in STL, DWG format among others for 3D printing.

For the 3D printing of the robotic arm parts we will use the CUBE3 printer, it is a portable printer with a “plug and print” design that means connect and print.

The connectivity that the prototype will have with the mobile application will be through a wireless connection, this is made possible thanks to the implementation of the HC-06 Bluetooth module to the Arduino microprocessor, to be able to control the joints of the robotic arm.

The mobile application will be designed and created in the App Inventor 2 software, it will be an intuitive, easy-to-use software and will have four parameters to control each of the prototype joints independently.

**Keywords:** Robotic arm, Arduino, Bluetooth, Mobile application.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS</b> .....	3
1.1    Ámbito de Aplicación: descripción del contexto y hechos de interés ....	3
1.2    Establecimiento de requerimientos .....	3
1.3    Justificación de requerimiento a satisfacer .....	4
<b>2. DESARROLLO DEL PROTOTIPO</b> .....	6
2.1    Definición del prototipo tecnológico .....	6
2.2    Fundamentación teórica del prototipo. ....	8
2.3    Metodología .....	23
2.4    Objetivos del prototipo .....	24
2.5    Diseño del prototipo .....	25
2.6    Ejecución y/o ensamblaje del prototipo .....	45
<b>3. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....	49
3.1    Plan de evaluación.....	49
3.2    Conclusiones .....	56
3.3    Recomendaciones .....	57
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	58
<b>5. ANEXOS</b> .....	63

## ÍNDICE DE Ilustración

Ilustración 1: Componentes generales de un robot .....	6
Ilustración 2: Arquitectura del brazo robótico .....	7
Ilustración 3: Mapa mental de la Fundamentación Teórica del Prototipo.....	8
Ilustración 4: Servomotor .....	11
Ilustración 5: Diagrama de bloque del servomotor .....	12
Ilustración 6: Bluetooth HC-06 .....	13
Ilustración 7: Características de los pines del módulo Bluetooth .....	14
Ilustración 8: Microprocesador Arduino .....	15
Ilustración 9: Arduino UNO.....	17
Ilustración 10: Arduino DUE .....	17
Ilustración 11: Arduino Leonardo.....	18
Ilustración 12: Arduino Mega 2560.....	18
Ilustración 13: Arduino Mega ADK .....	18
Ilustración 14: Arduino Micro.....	19
Ilustración 15: Arduino Nano .....	19
Ilustración 16: Arduino YUN .....	19
Ilustración 17: Arduino FIO.....	20
Ilustración 18: Microprocesador Raspberry Pi .....	20
Ilustración 19: Procesos de Mit App Inventor .....	22
Ilustración 20: Características de Mit App Inventor .....	23
Ilustración 21: Metodología .....	24
Ilustración 22: Diseño del prototipo .....	25
Ilustración 23: Descargar pieza del prototipo .....	27
Ilustración 24: Exportar la pieza en formato STL.....	28
Ilustración 25: Impresora 3D Cube 3 .....	28
Ilustración 26: Filamento PLA .....	30
Ilustración 27: Cube Print opción My Library .....	31
Ilustración 28: Agregar archivos Cube Print .....	32
Ilustración 29: Imprimir el archivo en Cube Print .....	32
Ilustración 30: Imprimir en Cube Print .....	33
Ilustración 31: Imprimir la pieza en Cube Print .....	34

Ilustración 32: Ensamblaje del prototipo.....	35
Ilustración 33: Simulación del sistema para el prototipo .....	36
Ilustración 34: Código en Arduino IDE .....	37
Ilustración 35: Creación de la aplicación en la herramienta Mit App Inventor ..	39
Ilustración 36: Nombre de la aplicación móvil .....	40
Ilustración 37: Screen 1 de la aplicación móvil .....	40
Ilustración 38: Diseño final de la aplicación móvil.....	41
Ilustración 39: Código de la aplicación móvil por medio de bloques .....	42
Ilustración 40: Conexión del módulo Bluetooth .....	42
Ilustración 41: Cambiando el estado de Bluetooth .....	43
Ilustración 42: Estructura de bloques para la articulación de la pinza.....	43
Ilustración 43:Estructura de bloques para la articulación de la base .....	43
Ilustración 44: Estructura de bloques para la articulación del brazo .....	44
Ilustración 45: Estructura de bloques para la articulación del antebrazo .....	44
Ilustración 46: Generar la aplicación en archivo.apk .....	44
Ilustración 47: Compilación de la aplicación móvil.....	45
Ilustración 48: Descarga de la aplicación móvil.....	45
Ilustración 49: Abrir la aplicación móvil en archivo APK .....	45
Ilustración 50: Instalación de la aplicación móvil .....	46
Ilustración 51: Instalando la aplicación móvil.....	46
Ilustración 52: Abrir la aplicación móvil del prototipo .....	47
Ilustración 53: Diseño de la aplicación móvil .....	47
Ilustración 54: Interacción del prototipo con la aplicación móvil.....	48
Ilustración 55: Resultado de la pregunta 1 .....	51
Ilustración 56: Resultado de la pregunta 2 .....	51
Ilustración 57: Resultado de la pregunta 3 .....	52
Ilustración 58: Resultado de la pregunta 4 .....	52
Ilustración 59: Resultado de la pregunta 5 .....	53
Ilustración 60: Resultado de la pregunta 6 .....	53
Ilustración 61: Resultado de la pregunta 7 .....	54
Ilustración 62: Resultado de la pregunta 8 .....	55
Ilustración 63: Resultado de la pregunta 9 .....	55
Ilustración 64: El resultado de la pregunta 10 .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funcionamiento de un servomotor .....	11
Tabla 2: Especificaciones técnica del módulo Bluetooth .....	14
Tabla 3: Partes del microprocesador .....	15
Tabla 4: Tipos de Raspberry .....	21
Tabla 5: Piezas del brazo robótico .....	25
Tabla 6: Propiedades de la impresora 3D Cube 3 .....	29
Tabla 7: Requisitos para la instalación de los Sistemas Operativos .....	30
Tabla 8: Componentes de la aplicación móvil .....	41

## INTRODUCCIÓN

La robótica está siendo utilizada en estos últimos tiempos en la educación ya sea para el diseño o en la creación como recurso didáctico para incentivar el conocimiento del mismo, ya que en otras áreas no lo están explotando como se debe. De tal modo, la robótica genera una gran experiencia educativa la cual permitirá a los estudiantes seguir en esta área en sus futuros estudios universitarios o profesionales. [1] La robótica como herramienta educativa permite a los estudiantes que interactúen con el software, hardware para crear diversos diseños y diferentes funcionalidades para su debido uso. [2] [3]

En nuestro país, la robótica no ha sido explotada como es debido, debido que las autoridades no le toman mucho interés al momento de invertir en esta área como lo hacen en otros países que tiene profesionales en esa rama de estudio. Hoy en día la robótica es una disciplina integradora de otras áreas como son: la mecánica, la informática, inteligencia artificial, entre otras ramas.

Existen diferentes ejemplos de sistemas robóticos en la cual encontramos los brazos robóticos se han convertido en un componente fundamental en diferentes industrias porque realizan actividades repetitivas y rigurosas que anteriormente lo hacían empleados u operarios que no cumplía con el objetivo del día debido que necesita rapidez y a veces se presentaba obstáculos al momento de tener de obtener el producto [4] [5]. Con la ayuda de los microprocesadores podemos controlar los movimientos iterativos de un brazo robótico con algún algoritmo de visión y que controle los patrones de cada área o que algún operario controle su movimiento por medio de una aplicación móvil desde cualquier dispositivo. [6]

La aplicación móvil se ha incrementado de manera exponencial con fines diferentes como finanzas, juegos, compras entre otras. Para su creación se ha utilizado diferentes plataforma como son Mono, Android Studio, Mit App Inventor, Live Code, HTML5, cada una cuenta con diferente programación, pero llega a su objetivo que es la creación del software [7]. Para la creación de nuestra aplicación móvil utilizaremos el software MIT App Inventor, que es un software fácil de manejar y no necesita tener mucho conocimiento al momento de programar, su programación es por medio de bloques de manera intuitivo y gráfica,



lo único que deben estar conectados a internet y de tener una buena lógica para saber la acción que va hacer cada opción.

El presente trabajo consistirá en el diseño, construcción y el control de un brazo robótico que realizará el trabajo de pick and place de un objeto. A continuación, se detalla la estructura del documento:

Capítulo 1: en este capítulo se explica la utilidad en la implementación del brazo robótico, describiendo el contexto de la problemática, la justificación, los requerimientos del prototipo y argumentación para la solución planteada.

Capítulo 2: se detallan definiciones, fundamentación teórica de la aplicación a implementar; también se describen los objetivos, diseño, ejecución de la aplicación.

Capítulo 3: se establecen los resultados de la construcción y la funcionalidad del brazo robótico, así como también se detallan las conclusiones y recomendaciones según los objetivos descritos y acorde a la solución propuesta.

## **1. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS**

### **1.1 Ámbito de Aplicación: descripción del contexto y hechos de interés**

La robótica como otras áreas de la ciencia y de la tecnología, ha evolucionado con el pasar de los tiempos. Lo que antes solía reemplazar las tareas repetitivas, se ha convertido en un campo muy interesantes para los investigadores para crear diversas aplicaciones como es el control de una acción repetitiva o de mover un objeto tangible.

Existen tres tipos de arquitectura de control como son lo de control reactivo que significa “no piense actúa” quiere decir que el robot responda rápidamente a los cambios en su entorno, el control deliberativo que “primero piensa y después actúa”, esto permite que el robot obtenga posibles resultados y generar una respuesta eficaz o tener un plan de acción y por último tenemos el control híbrido que consiste en “pensar y actuar independientemente en paralelo” por ejemplo que un robot evita obstáculos, para utilizar estos controles se depende la necesidad o situación que se presente nuestros robots.

Dentro del área de la Robótica existen los brazos robóticos, que actualmente puede ser automático o por visión artificial, su objetivo principal es imitar la función de un brazo humano. Existen algunos brazos robóticos con diferentes articulaciones las cuales puede reemplazar o hacer el mismo funcionamiento con es el brazo, los dedos, hombros o codos. Estas articulaciones permiten al brazo robótico moverse o de rotar en formas distintas.

El alcance de esta propuesta tecnológica es la creación de un brazo robótico con cuatro grados de libertad que será capaz de manipular un objeto por medio de una aplicación móvil. El algoritmo diseñado para este prototipo tiene un estimado de 5% de error al momento de manipular un objeto y moverlo de un extremo a otro extremo.

### **1.2 Establecimiento de requerimientos**

El desarrollo del brazo robótico estará encaminado para ser una herramienta que permitirá levantar una pieza de un lado a otro lado como se lo denomina “pick

and place”, los movimientos del prototipo serán controlados por una aplicación móvil para sistema operativo Android.

El proyecto está diseñado y ejecutado por diferentes etapas, las cuales se mencionan a continuación:

- La primera etapa estará compuesta por el diseño y la impresión del prototipo; el diseño del modelo será elaborado en el software OnShape [8] y para la impresión 3D se utilizará la impresora CUBE3.
- La segunda etapa será el ensamblaje o armado de la estructura de las piezas del brazo robótico con sus respectivos sistemas de transmisión de movimiento.
- La tercera etapa es la simulación del sistema utilizando un software especializado para determinar la precisión y posibles fallos de los servomotores.
- La cuarta etapa es la automatización del sistema, es decir, programar los comandos necesarios en el microprocesador Arduino UNO con el módulo Bluetooth y con los diferentes servomotores en base a los resultados que obtuvimos en la etapa anterior que era la simulación del sistema.
- La quinta etapa es el desarrollo de la aplicación móvil, se utilizará el software MIT APP Inventor, este software es creado por Google Labs y su plataforma es de código abierto que nos permitirá crear interfaz amigable para el usuario
- Sexta y última etapa serán las pruebas que se realiza al prototipo por medio de una aplicación móvil en tiempo real.

### **1.3 Justificación de requerimiento a satisfacer**

Este proyecto tiene su enfoque a la creación de un brazo robótico controlado por una aplicación móvil que permitirá fomentar el aprendizaje y habilidades sobre la robótica.

La robótica es la rama que está compuesta en el diseño, fabricación y utilización de robots, los prototipos se pueden programar para que interactúe con objetos o

persona y así poder realizar diferentes actividades e incluso de imitar el comportamiento o el gesto de un ser humano. [9]

La robótica en la educación es un método interdisciplinario porque permite trabajar en diferentes disciplinas como Matemáticas, Tecnología, Ingeniería y Ciencias y se centra principalmente en la creación de robots o de prototipos que adquirirán código informático para que el robot realice una acción. La automatización de un prototipo se ha convertido en un tema muy interesante para los investigadores de diferentes áreas, con el propósito de facilitar la interacción de hombre-máquina.

El prototipo a desarrollarse tiene como objetivo de mover un objeto tangible a otro lado por medio de una aplicación móvil, estos movimientos se dan gracias a la conexión que va tener el microprocesador con el módulo de Bluetooth, que permitirá la interacción del prototipo con la aplicación móvil.

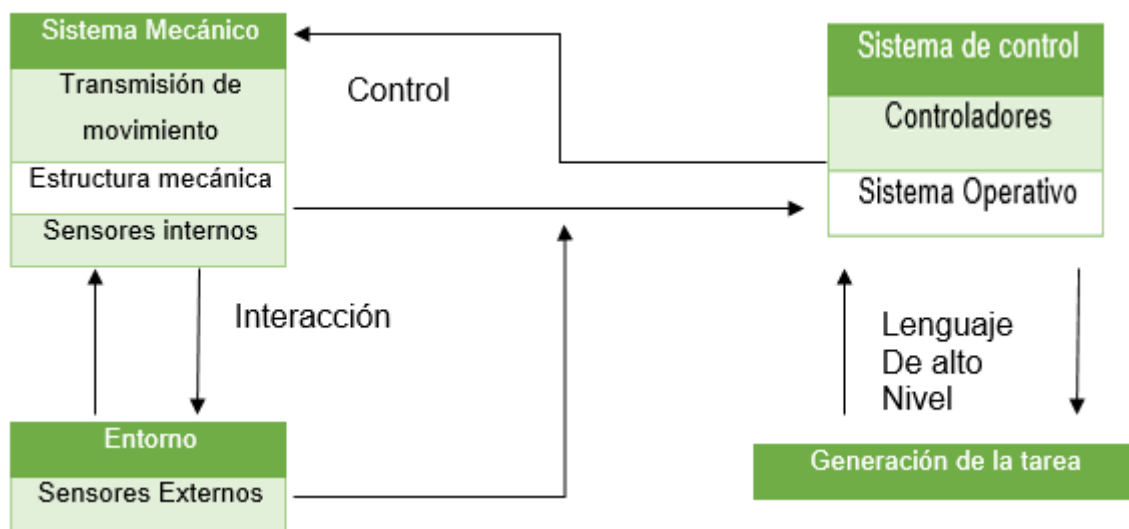
## 2. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

### 2.1 Definición del prototipo tecnológico

En el área de la educación, los diferentes prototipos han permitido adquirir conocimiento sobre la robótica, la cual es una disciplina integradora de otras ciencias como son: la matemática, la informática, la electrónica y en estos últimos años se ha implementa la visión artificial, siendo esto un gran desafío para los investigadores para afrontar nuevos cambios tecnológicos y de nuevas líneas de trabajos a nivel mundial. [10] [11]

Los componentes generales de un robot se dividen en cuatro sistemas básicos y se interrelacionan entre ellos. El sistema mecánico está conformado por componentes que dan movimientos al brazo robótico, mientras que el sistema de control está compuesto por microprocesadores o circuitos eléctricos que envía datos por medio de un lenguaje de programación.

*Ilustración 1: Componentes generales de un robot*



*Fuente: Elaboración propia*

La creación y el control de un brazo robótico tendrá 6 etapas las cuales estará dividida de la siguiente manera: la primera etapa será el diseño del prototipo con sus características como son los grados de libertad y números de articulaciones.

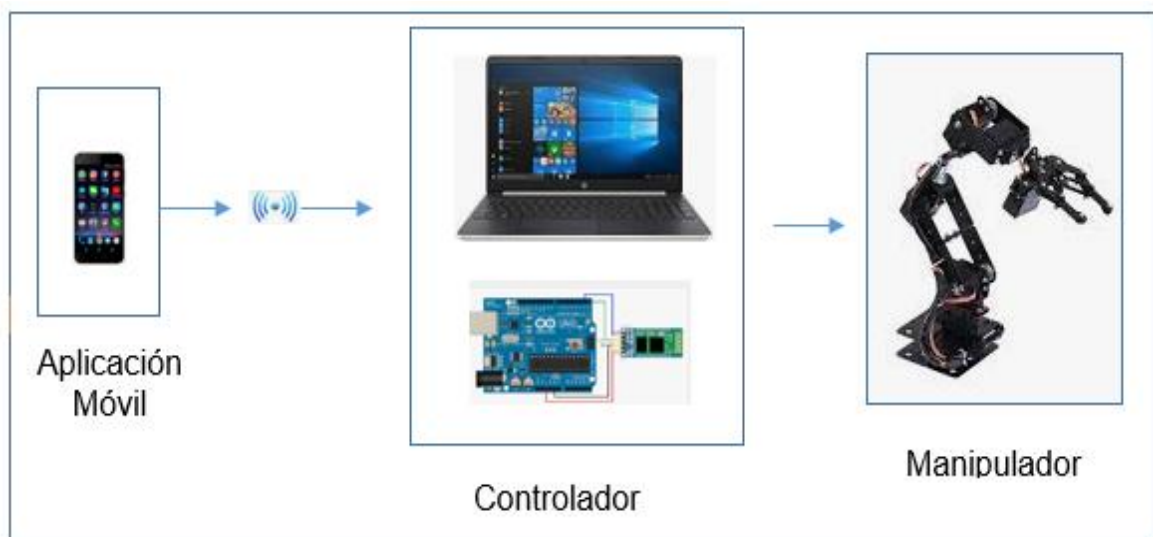
La segunda etapa es la impresión 3D de la pieza del prototipo, es decir, coger pieza por pieza con sus medidas exactas para visualizar y exportar la pieza en

formato STL para poder imprimir. La tercera etapa será el ensamblaje de todas las piezas impresa del prototipo basándose al diseño que se obtuvo en el software donde se creó.

La cuarta etapa será la simulación del sistema basado en un software especial para así determinar las limitaciones físicas de los movimientos de las articulaciones y corregir posibles fallos para tener un correcto funcionamiento del código que se va implementar en el prototipo.

La quinta etapa es la implantación del código en el microprocesador y la creación de una aplicación móvil para controlar el brazo robot. La aplicación será diseñada en el software MIT APP Inventor que es una programación basada en bloques para sistema operativo Android. Para que la aplicación funcione es necesarios tener un módulo de Bluetooth para así poder enviar órdenes o recibir información en forma inalámbrica hacia el microprocesador que tiene el brazo robótico. La última etapa serán las pruebas que se realizará desde la aplicación móvil hacia el brazo robótico.

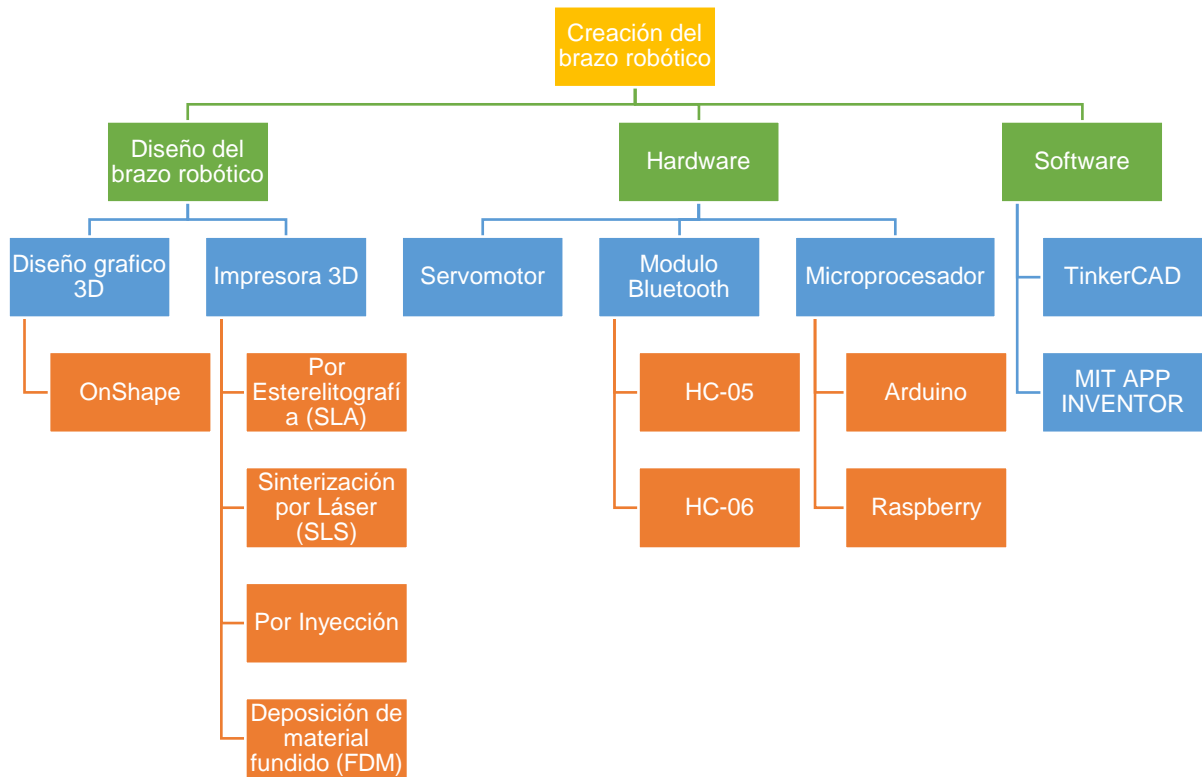
*Ilustración 2: Arquitectura del brazo robótico*



*Fuente: Elaboración propia*

## 2.2 Fundamentación teórica del prototipo.

Ilustración 3: Mapa mental de la Fundamentación Teórica del Prototipo



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.1. Diseño del brazo robótico.

#### 2.2.1.1. Diseño gráfico 3D.

Es una disciplina del diseño gráfico que permite crear objetos o construir piezas tridimensionales. Nos permite obtener las imágenes a escala o medidas exactas del producto que deseamos. Existen dos tipos de diseños 3D las cuales son sólidas y carcasa. La reconstrucción de modelos 3D se está utilizando en diferentes áreas como: la industria, la ingeniería inversa, la medicina, impresión 3D o en prototipo rápido entre otras áreas [12].

### **2.2.1.1.1. OnShape**

Es una herramienta online dedicada al CAD (Computer-Aided Design) o diseño asistido por ordenadores. Está basado en el paradigma de SaaS que significa software como servicio y está disponible para los sistemas operativos Windows, Linux, Mac, Chromebook y para los móviles con sistema operativo Android o iOS.

Permite crear diseño 3D que incluye gestión datos en tiempo real, es decir si otro usuario está modificando una parte del diseño se verá reflejado al instante a los usuarios. Posee paquetes gratuitos para educadores y makers, y todos los diseños están disponibles para todo el público. [13]

Características de la herramienta.

- Puede interactuar con la herramienta desde cualquier lugar.
- No se necesita renovar licencias.
- No es necesario actualizar la herramienta cada cierto tiempo.
- Puedes colaborar con los trabajos o diseños con otros usuarios.

### **2.2.1.2. Impresora 3D.**

Con la ayuda de la impresión 3D podemos crear o diseñar diferentes prototipos para que realicen diferentes actividades en un tiempo corto [14]. Para su impresión existen diferentes métodos, unos de los métodos más utilizada es la FMD también conocida deposición fundida, esta deposición se basa en 3 elementos importantes las cuales son [15, 16] [16]:

- Placa/cama de impresión para que se imprima los diferentes prototipos.
- Bobina de filamento.
- Cabeza de extrusión también conocida como extrusor está compuesta por platos rompedor, filtros o dados. Su función principal es la de mezclar el material y romper el patrón de flujo en espiral.

Para poder imprimir una pieza o prototipos debemos que la impresora alcance una temperatura máxima de 240° C. Cuando obtengamos esa temperatura se introduce un filamento de material de 1.75 mm de diámetro sobre la cabeza de



extrusión, esta se moverá sobre los tres ejes x, y, y z. Cada vez que se imprima la plataforma se desciende hasta que se imprima toda la pieza.

#### **2.2.1.2.1. Por Esterolitografía (SLA)**

Su año de lanzamiento fue en 1983 por el creador Chuck Hull que fue el cofundador de 3D Systems, esta tecnología funciona con dos elementos: un rayo láser ultravioleta (UV) y con resina líquida fotosensible. Las impresora SLA utilizan galvanómetros que se ubica en el eje X y otros en eje Y, estos permiten que el rayo láser sea dirigido a un recipiente de resina, para así crear el diseño capa por capa [17].

#### **2.2.1.2.2. Sinterización por Láser (SLS)**

Fue creado por la universidad de Texas en los años 80, su proceso consiste en fundir microgramos de polvos, para que se compacte entre ellos. El material que se utiliza para la creación de los diseños no debe ser metálicos.

Las piezas que son hechas por esta impresora son muy precisas y sus terminados son muy finos gracias a los materiales que se utilizan estos materiales puede ser: plata, vidrio, cerámica, nailon, entre otros [17].

#### **2.2.1.2.3. Por Inyección de aglutinante (BJ)**

Fue creada por Ely Sachs y Mike Cima del M.I.T en el año 1994, su proceso es igual a la impresora SLS con el único cambio que tiene un agente líquido que es esparcido sobre el polvo. Este proceso se repite cada vez en la capa anterior hasta que se complete el diseño. El material que utilizan para las creaciones de los objetos son: cerámicas, metal, arena o plástico [17].

Puede imprimir grandes tiradas en mucho espacio, pero sus productos finales no son demasiado buenos ni precisos.

#### **2.2.1.2.4. Deposición de material fundido (FMD)**

Este tipo de impresora es la más utilizada en los últimos tiempos, su creador fue el cofundador de Stratasys Scott Crump en los años 80, siendo su material el plástico fundido para tener un objeto de bajo costo [18].

Su proceso consiste en depositar el filamento PLA fundido por medio del cabezal de extrusión sobre una base plana y va de capa a capa, estos procesos transversales se repiten hasta que el objeto o pieza esté completamente formado. Esta impresión es más asequible que la otras impresora 3D debido a su precio [17].

## 2.2.2 Hardware

### 2.2.2.1. Servomotor

Ilustración 4: Servomotor



Fuente: [18]

Están constituido por un motor de CD, un variador (amplificador) y un mecanismo de retroalimentación que permite un control preciso en términos de posición angular, aceleración y velocidad se puede controlar a través de circuito simple o por microcontroladores como son: Arduino, Raspberry, Lego entre otros. [19]

Operan a bajos voltajes en corriente directa entre 4 y 6 voltios, para la creación del brazo robótico se lo pondrán en 5 voltios. Pueden operar tanto DC como AC (monofásico o trifásico). [20]

### Funcionamiento de un servomotor.

Tabla 1: Funcionamiento de un servomotor

Voltaje	Tierra (ground)	Señal de control

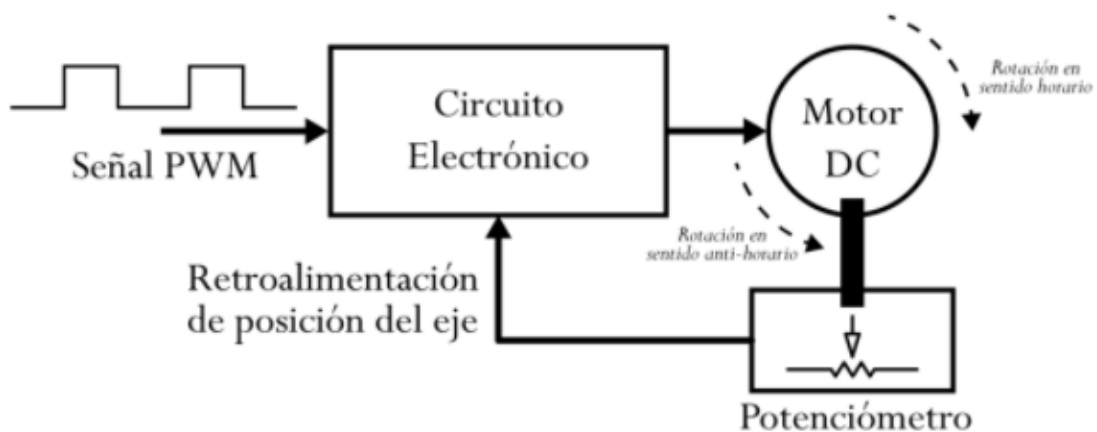
Fuente: Elaboración propia

Posee tres cables, a diferencia de los motores comunes que solo posee dos cables uno para el voltaje y el otro para tierra.

- El cable de color amarillo, blanco o naranja es el pin de control o señal de control que permite recibir la señal modulada por ancho de pulso (PWM). Estas señales las puede enviar a los microcontroladores o placas.
- El cable de color rojo este pin se debe conectar a un voltaje entre 4 y 6 voltios.
- El cable de color negro se debe conectar a la tierra o ground de microcontrolador o placa.

### Diagrama de bloque del servomotor.

Ilustración 5: Diagrama de bloque del servomotor



Fuente: [19]

Representa de forma visual el sistema de un servomotor. El circuito electrónico recibe la señal PWM y lo traduce en movimiento del motor DC. El eje del motor está conectado a un potenciómetro, el cual permite formar un divisor de voltaje, el voltaje en la terminal central varía. [20]

### Clasificación según sus características de rotación.

- **Servomotores de rango de giro limitado:** son los más comunes al momento de hacer los ejercicios prácticos. Tiene una rotación de 180 grados.

- **Servomotores de rotación continua:** su principal característica es que puede girar a 360 grados. Podemos controlar su posición y velocidad de giro en cualquier momento.
- **Servomotor lineal:** es similar a los servomotores de giro limitado con la diferencia que tiene engranajes adicionales para poder cambiar la salida de circular a vaivén.

### Aplicaciones de los servomotores.

- En las industrias: máquinas herramientas, embalaje, manipulación de materiales, conversión de impresión o fabricación automatizada.
- En los robots por su precisa posición.
- En la industria aeroespacial.
- Juguetes controlados por radio.
- Dispositivos electrónicos como DVDs o reproductores de discos.
- Automóviles

### 2.2.2.2 Modulo Bluetooth HC-06 O HC-05

*Ilustración 6: Bluetooth HC-06*



*Fuente: [20]*

Permite conectar a la placa Arduino a un móvil o Smartphone de forma inalámbrica, este módulo se conecta por medio del puerto serial y su transmisión es transparente al programador. Sus parámetros se pueden configurar por medio de los comandos AT, es utilizado principalmente para proyectos de robótica, domótica y como control remoto para Arduino, Raspberry entre otros y siempre trabaja en modo esclavo. [21]

## Especificaciones técnicas:

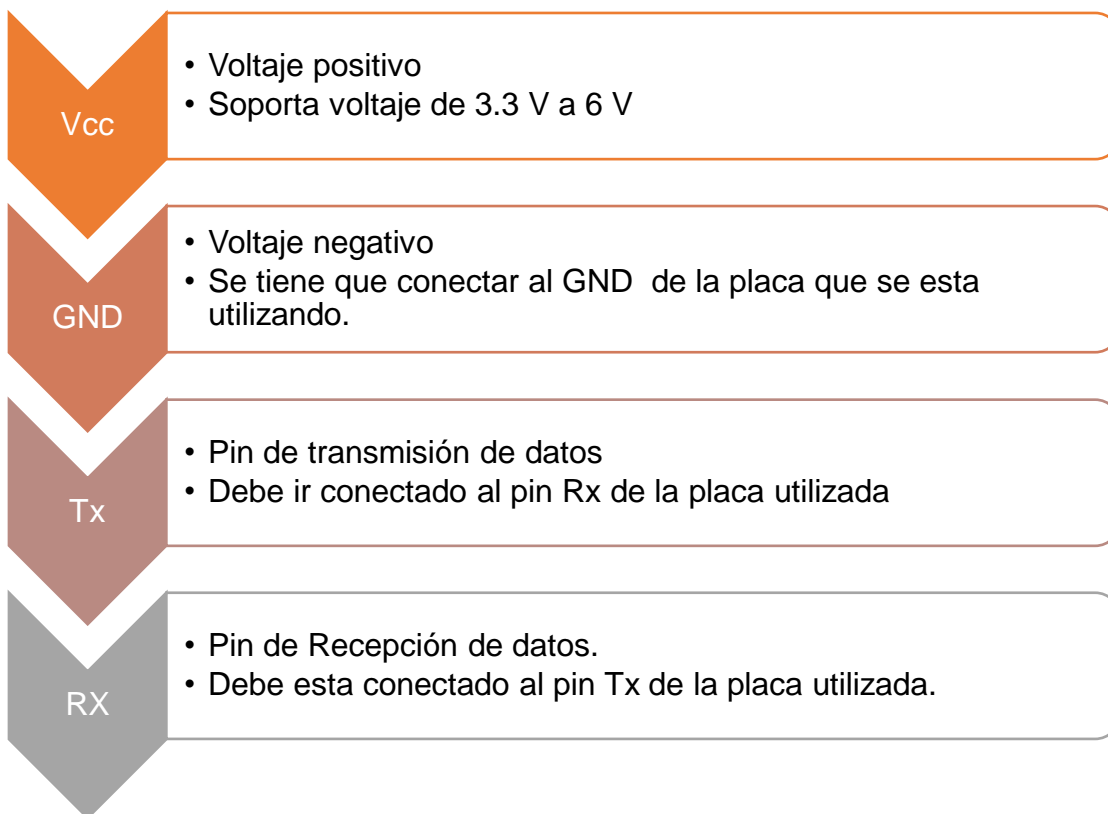
Tabla 2: Especificaciones técnica del módulo Bluetooth

Voltaje de operación	3.6 V – 6 V
Consumo corriente	50 mA
Bluetooth	V2.0+EDR
Modulación	GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)
Alcance	10 metros
Peso	3.6 gramos
Dimensiones	37*16 mm
Seguridad	Autenticación y encriptación

Fuente: [20]

Se detallan las características de los cuatros pines que tiene el módulo Bluetooth.

Ilustración 7: Características de los pines del módulo Bluetooth

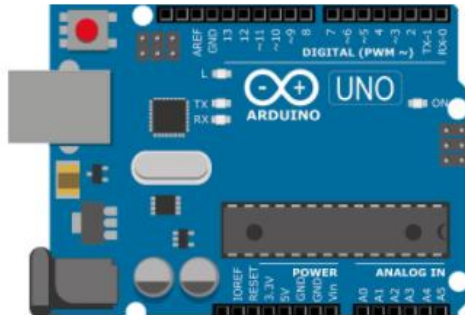


Fuente: Elaboración propia

## 2.2.2.3 Microprocesador

### 2.2.2.3.1. Arduino

Ilustración 8: Microprocesador Arduino



Fuente: [21]



Es un microcontrolador de código abierto que se basa en hardware y software flexible para su utilización, contiene pines digitales y analógicos que puede ser configurado con entrada o salida para una aplicación, puede realizar operaciones matemáticas a gran velocidad en un sistema mínimo [23] [23].

Su código es asequible para cualquier tipo de persona o usuario que lo necesite ya que son de software libre y cualquiera lo puede editarlo o mejorarlo. Arduino brinda la plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), es el entorno de programación con la que puede crear aplicación o códigos para interactuar con el microcontrolador.

### Partes del microprocesador

Está conformado por diferentes partes como son de entradas, salidas, alimentación, comunicación y shields [24] [16].

Tabla 3: Partes del microprocesador

 <p>Microcontrolador: Permite procesar la información.</p>	 <p>Alimentación: Permite alimentar el microcontrolador con voltajes en corriente directa entre 7 a 12 voltios.</p>
---	---

 <p>Regulador de voltaje: Permite una estabilidad de salida de 5 V.</p>	 <p>Comunicación: Por medio del puerto USB se puede cargar los programas o enviar y recibir datos.</p>
 <p>Pines digitales: Detectan si hay un cero o un uno lógico. Esto se utiliza para enviar o recibir datos. Los pines 10 a 13 también se pueden utilizar para la comunicación ISP.</p>	 <p>Pines analógicos: Permite detectar señales análogas.</p>
 <p>Los pines TX/RX nos permite recibir o enviar pulsos digitales.</p>	 <p>Cristal: Es el ciclo de reloj que permite que el microprocesador trabaja perfectamente.</p>
 <p>GND o tierra: Permite cerrar el círculo de alimentación.</p>	<p>Shields: Es cuando el microcontrolador se pone de modo escudo que permite ampliar su uso.</p>

Fuente: [22]

### Características principales del microprocesador.

- Microprocesador ATmega328.
- 32 kbytes de memoria Flash.
- 1 kbyte de memoria RAM.
- 16 MHz
- 13 pines para entrada/salidas digitales.
- 5 pines para entrada analógica.

- 6 pines para salidas analógicas.
- Autónomo.
- Voltaje de operación 5V.
- Voltaje de entrada 6-12 V.
- Velocidad de reloj 16 MHz.
- SRAM 1 KB.

### Tipos de Arduinos.

En la actualidad existen varios arduinos que tienen diferentes funciones y necesitan diferentes entradas y salidas para un mayor propósito. A continuación se detallaran las características principales de uno de los arduinos [24] [26].

#### Arduino UNO

De gama básica.

Ochos pines entrada/salida digitales.

Posee 6 pines que se utilizan como PWM

Posee 6 pines de entradas analógicas.

Modulo UART [19].



Ilustración 9: Arduino UNO

Fuente: [22]

#### Arduino DUE

Microcontrolador de 32 bit.

Posee 54 pines de entradas/salidas

Tiene 12 pines entradas analógicas

Dos buses TWI, SPI

Cuatro UARTs.

Módulos basados 3.3 V.

Contiene 2 puertos USB para controlar periféricos.

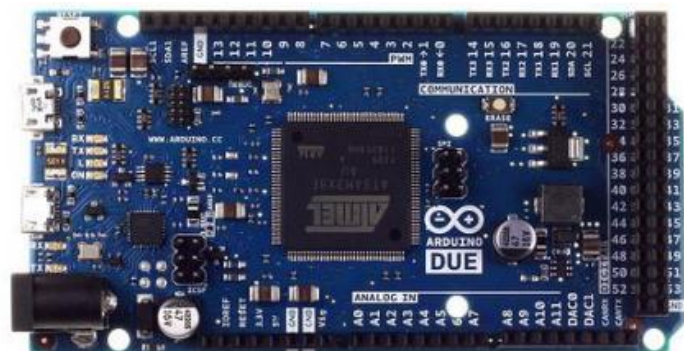


Ilustración 10: Arduino DUE

Fuente: [22]



## Arduino Leonardo

Arduino básico.

Tiene 12 pines entradas analógicas

20 pines de entrada/salida digitales.

No posee un controlador adicional.

Tiene comunicación TWI, SPI

2 UART.

Ilustración 11: Arduino Leonardo



Fuente: [22]

## Arduino Mega 2560

Tien 38 pines entrada/salida digitales

16 pines para PWN.

16 entradas analógicas

4 UART

2 modos PWI

1 SPI

6 interrupciones externas

Compatible para todos los shields.

Ilustración 12: Arduino Mega 2560



Fuente: [22]

## Arduino Mega ADK

Tien 38 pines entrada/salida digitales

16 pines para PWN.

16 entradas analógicas

4 UART

2 modos PWI

1 SPI

6 interrupciones externas.

Ilustración 13: Arduino Mega ADK



Fuente: [22]

Compatible para todos los shields.

USB Host.

### **Arduino Micro**

Similar al Leonardo.

La única diferencia es el tamaño.

Compatible para todos los shields.



*Ilustración 14: Arduino Micro*

*Fuente: [22]*

### **Arduino Nano**

Similar al UNO.

La única diferencia es el tamaño.

Compatible para todos los shields.



*Ilustración 15: Arduino Nano*

*Fuente: [22]*

### **Arduino YUN**

Conjunto que trabaja por separado de forma complementaria.

Versatilidad de un arduino normal.

ATmega 32u48 a 16 Mhz.

Microprocesador Atheros AR9331.

Similar al Leonardo.

Tiene Ethernet, slot SD.

Wifi incluido.

Controlados por Lilino.

Compatible con todas las Shields.

Puede trabajar por separado.



*Ilustración 16: Arduino YUN*

*Fuente: [22]*

### **Arduino FIO**

Microcontrolador ATmega 328p.

Trabaja a 8 Mhz y 3.3 voltios.

Posee 14 pines entrada/salida digitales.

8 pines de entradas analógicas.

Conector para batería.

Módulo de carga.

Slot para instalar un módulo de comunicación.

UART TTL

Interrupciones.

Posee TWI (I2C) como SPI

Programarlo mediante XBEE.

No necesita conectarlo físicamente al ordenador.

Ilustración 17: Arduino FIO



Fuente: [22]

### 2.2.2.3.2. Raspberry pi

Ilustración 18: Microprocesador Raspberry Pi



Fuente: [24]

Es una placa de bajo costo que fue desarrollada en el Reino Unido en el año 2011, su cofundador Eben Upton fue un ex trabajador de la compañía Broadcom él fue el encargado del software y de la arquitectura de la placa, su principal objetivo fue de estimular la enseñanza a la informática. Su venta comenzó desde el año 2012 con un precio asequible de \$25 y \$35 [27].

Raspberry Pi es una placa potente que tiene un pequeño computador que opera con el sistema operativo Linux que permite aprender diferentes lenguajes como Python o Scratch, puede realizar diferentes tareas típicas de una computadora normal por ejemplo de ver un video, abrir o modificar un documento hasta

navegar en internet, su comunidad ha creado una gran cantidad de documentación acerca del funcionamiento y de su instalación que se puede encontrar en su página oficial del internet [28] [29].

### Tipos de Raspberry.

Hasta el día de hoy existen diferentes Raspberry PI a continuación, se detallarán las características principales de cada uno [30] [31].

Tabla 4: Tipos de Raspberry

Raspberry PI 1	Raspberry PI 2	Raspberry Pi Zero
Primer micro-ordenador 1 puerto USB Procesador Broadcom BCM2835 de un solo núcleo. 512 de RAM. Tarjeta SD	4 puerto USB Micro SD BCM2846 Procesador 4 cores Funciona 900 Mhz RAM 2 GB	Más pequeño, menor potente. 40% más potente que el primero. 2 puerto USB
Raspberry Pi 3	Raspberry Pi 3 Model B+	
RAM DE 1 GB Procesador BCM2837 ARMv8 4 núcleos Funciona a 1.2 Ghz Instrucciones de 64 bits Wi-Fi Bluetooth 4.1	Posee la misma característica que el anterior. Funciona 1.4 Ghz Bluetooth 4.2 BLE Wi-Fi a doble banda 2.4 Ghz y 5Ghz Tarjeta de red Gigabit Ethernet Puerto USB 2.0	

Fuente: Elaboración propia

## 2.2.3 Software

### 2.2.3.1. TinkerCAD

TinkerCAD es una herramienta gratuita que fue creada por la compañía Autodesk, para ingresar al software se necesita tener una cuenta de usuario en su página oficial, sus objetivos principales es de crear diseño 3D de manera sencilla y permite crear simulación de circuitos, además podemos realizar programación virtual en la placa Arduino para así comprobar su funcionamiento y evitar posibles fallas [32] [33].

### 2.2.3.2. Mit App Inventor

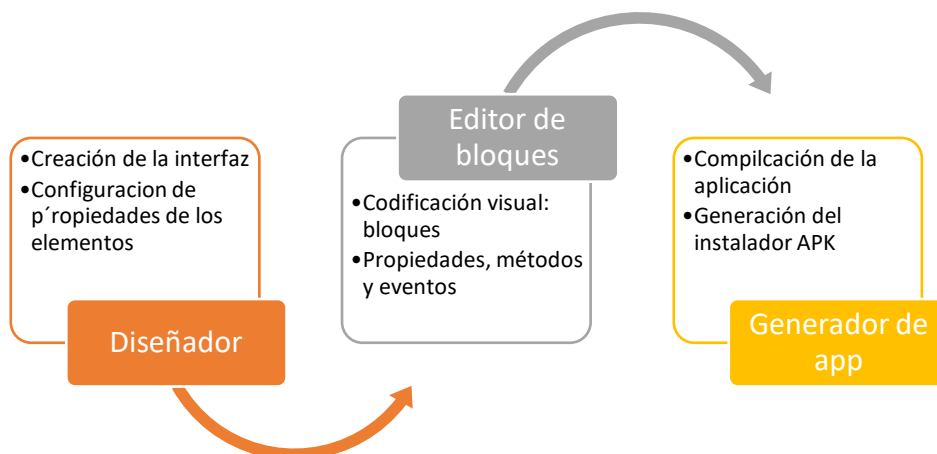
Es un entorno visual parecido al software Scratch que permite desarrollar aplicación para móviles o Tablet que funcione con el sistema operativo Android de una forma sencilla. Mit App Inventor es una herramienta en línea que permite crear la interfaz gráfica de la aplicación en forma visual y su programación está basada en bloques como pieza de un juego de construcción [34] [35].

Los requisitos para usar esta herramienta son:

- Sistema operativo Windows, Mac o Linux.
- Cuenta en google
- Utilizar los navegadores Google Chrome o Mozilla Firefox.

La herramienta consta de tres procesos para crear una aplicación [35].

*Ilustración 19: Procesos de Mit App Inventor*



*Fuente: [32]*

1. Diseñador de pantallas: Aquí se crea la interfaz gráfica de la aplicación, aquí se puede agregar los elementos que puede necesitar el software.
2. Editor de bloques: permite programar en forma de bloques como si fuera un juego de construcción. Cada bloque u objeto tiene sus propios métodos que permite llamar a otros métodos para completar el funcionamiento.
3. Generar app: al tener completado las dos fases anteriores como son: el diseño y la programación por objeto podemos generar el instalador APK de la aplicación.

Principales características de la herramienta:

*Ilustración 20: Características de Mit App Inventor*



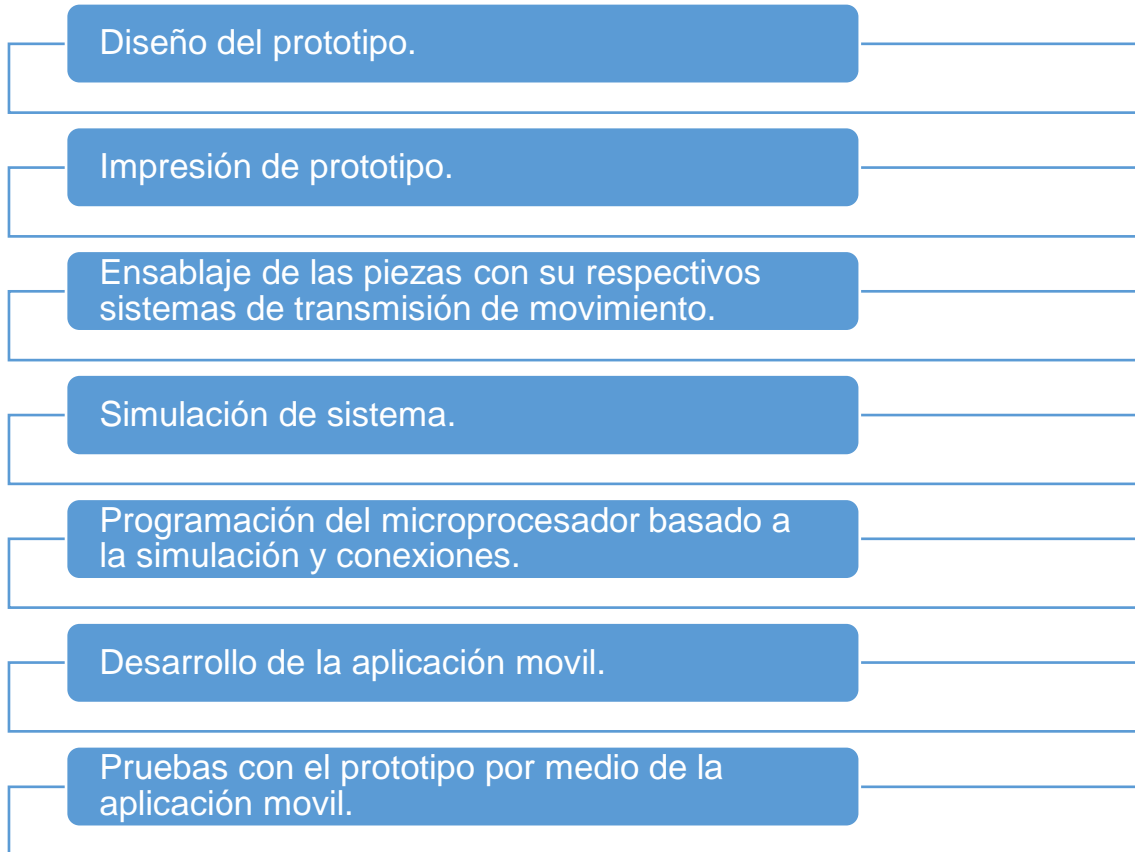
*Fuente: Elaboración propia*

### 2.3 Metodología

Para la creación del prototipo se utilizará una herramienta de software 3D, para la impresión de las piezas del prototipo se utilizará la impresora Cube 3 que es por deposición de material fundida (FMD).

Para el ensamblaje se utilizarán diferentes tornillos para unir todas las piezas y para cada de sus articulaciones se utilizarán los diferentes servomotores para que tenga movimiento independiente. Para el manejo de los servomotores se utilizará el microprocesador Arduino UNO, mientras que la creación de la aplicación móvil se utilizará el software MIT APP Inventor que permite crear aplicación para sistema operativo Android. Además, se hará pruebas con el prototipo para ver si responde a las señales que da la aplicación en cada articulación.

Ilustración 21: Metodología



Fuente: Elaboración propia

## 2.4 Objetivos del prototipo

### 2.4.1. Objetivo General

Diseñar y controlar un brazo robótico con cuatro grados de libertad para la manipulación de objetos mediante la plataforma Arduino.

### 2.4.2. Objetivo Específicos

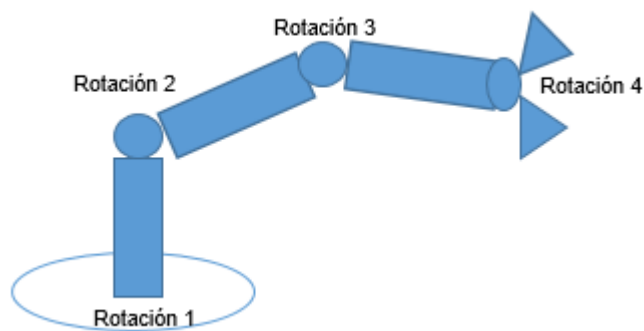
- Fundamentar científicamente los aspectos relacionados para la creación del brazo robótico.
- Construir el prototipo de acuerdo al diseño previo.
- Crear programas que cumplan con la función del prototipo.
- Realizar las diferentes conexiones entre el sistema de control con los servomotores que tiene la estructura.
- Desarrollar una aplicación móvil para la manipulación del brazo robótico.



## 2.5 Diseño del prototipo

El diseño del brazo robótico va tener cuatro grados de libertad como se muestra en la figura, esto permitirá que el prototipo abarque un buen espacio al momento de seleccionar los objetos. Las articulaciones del brazo serán de las siguientes maneras: base, brazo, antebrazo y por último la pinzas que su rotación será de tipo muñeca.

Ilustración 22: Diseño del prototipo



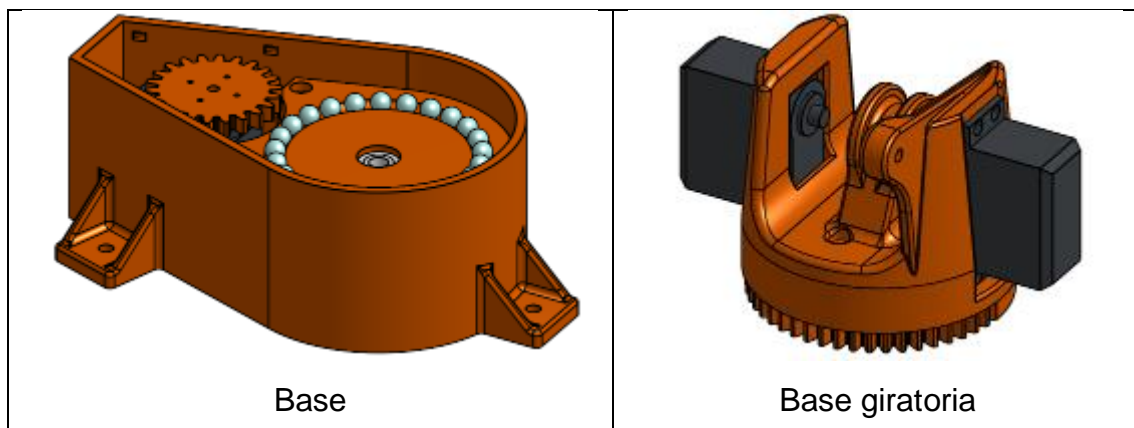
Fuente: Elaboración propia

### Diseño digital del prototipo


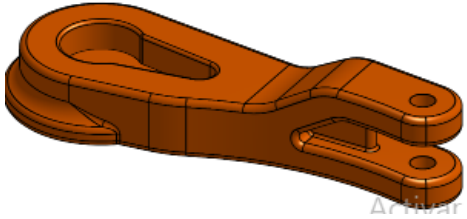
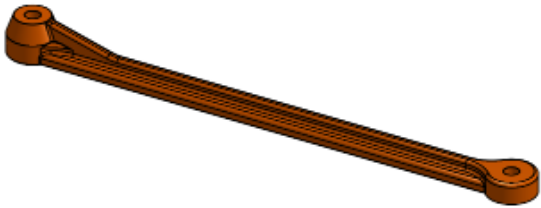
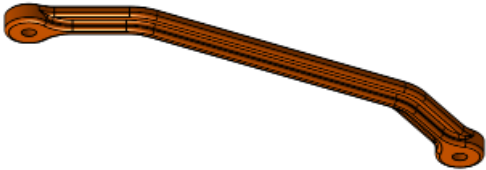
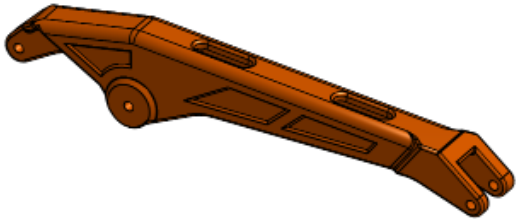
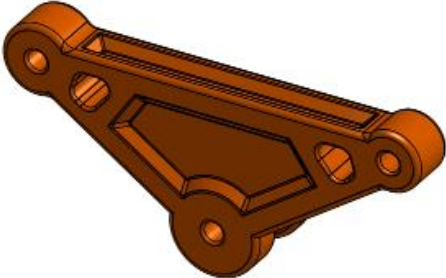
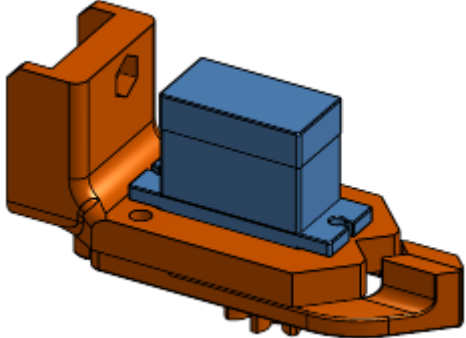
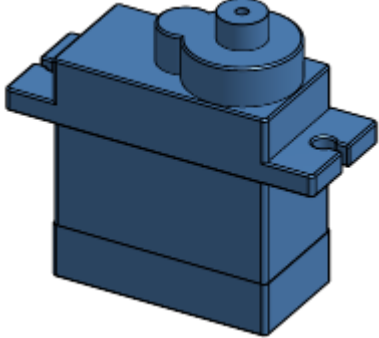
El prototipo fue diseñado en OnShape que es un software de diseño asistido por computadora. Su plataforma está disponible para Windows, Mac, Linux y Chromebook. Además, permite colaborar con los diseños o modelos de otros usuarios, pues facilita la alteración del diseño a la manera que uno desea.

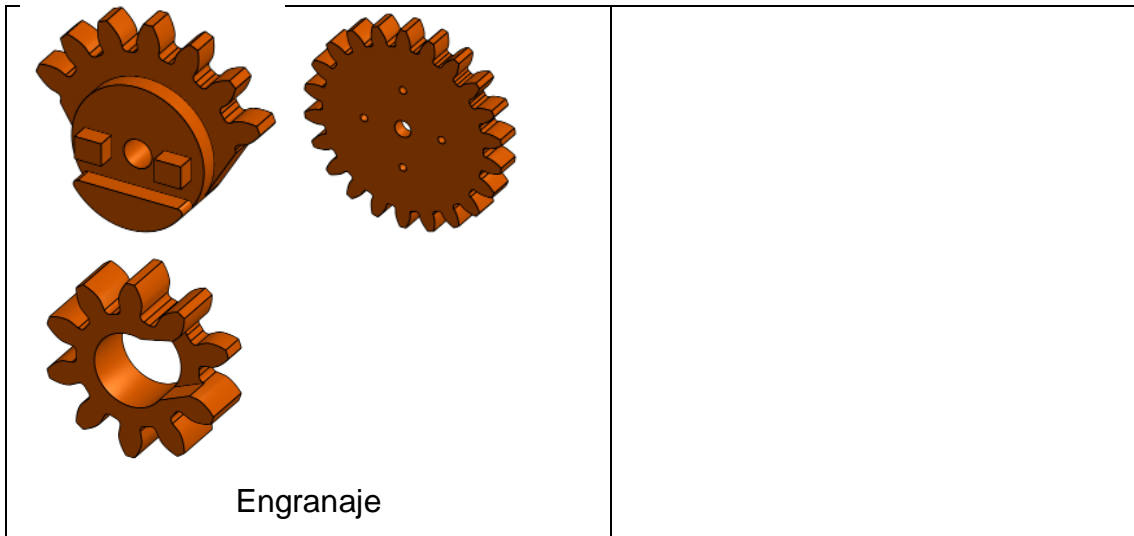
A continuación, se mostrará las partes del brazo robótico:

Tabla 5: Piezas del brazo robótico





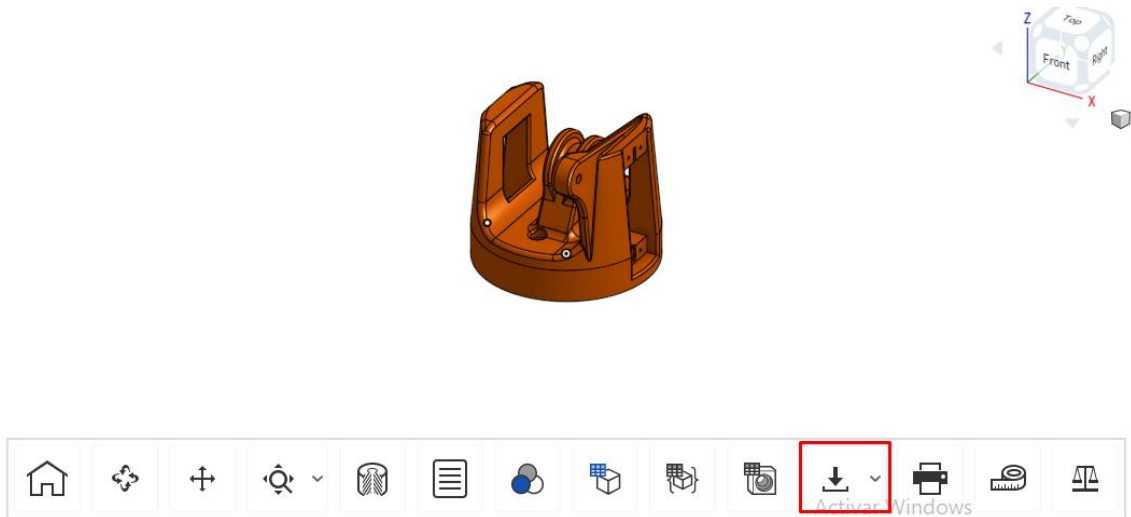
 <p>Palanca</p>	
 <p>Barra rectal</p>	 <p>Brazo horizontal</p>
 <p>Ajustador de pinza</p>	 <p>Unión</p>
 <p>Pinza con su servomotor</p>	 <p>Servomotor</p>



*Fuente: Elaboración propia*

Para imprimir cada pieza del prototipo debemos convertirla en formato STL (transmisión de datos estándar para prototipos).

*Ilustración 23: Descargar pieza del prototipo*



*Fuente: Elaboración propia*

Seleccionamos el formato STL y damos en la opción de **Exportar piezas únicas como archivos individuales** y damos clic en la opción **OK** para exportar el archivo. Para así llevarlo al software de la impresora 3D.

Ilustración 24: Exportar la pieza en formato STL

Exportar

Nombre del archivo [Ver reglas de exportación](#) ?

Pieza

Formato

STL

Formato STL

Binary

Unidades

Meter

Resolución

Medium

Opciones

Download

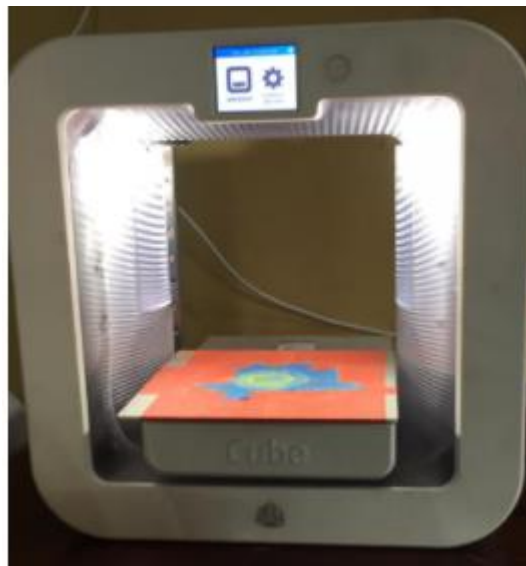
Exportar piezas únicas como archivos individuales

OK Cancelar

Fuente: Elaboración propia

## Impresión 3D Cube3

Ilustración 25: Impresora 3D Cube 3



Fuente: Elaboración propia

Impresora portátil con diseño “plug and print” que permite expresar creatividad como nunca antes vista. Posee dos extrusores que pueden imprimir el mismo material y obtener impresiones de dos colores. Su diseño es minimalista que sirve para dar los primeros pasos en este tipo de impresiones. [36]

### Características de la impresora 3D CUBE

- Cartucho de materiales.
- 25 creaciones impresas en 3D gratuitas.
- Puerto de entrada USB.
- Conectividad Wi – Fi.

### Propiedades de la impresora 3D CUBE

Tabla 6: Propiedades de la impresora 3D Cube 3

Tecnología	Impresión de plástico por chorro.
Inyectores	Máximo de dos inyectores.
Tamaño máximo de la creación	152,40 mm x 152,40 mm
Material	Plástico resistente reciclable
Grosor de capa	0,070 mm o 0,200 mm
Soporte	Totalmente automatizado.
Cartucho	Un cartucho imprime entre 13 y 14 creaciones de tamaño medio
Capacidad máxima de cartucho	Dos cartuchos.

Fuente: [33]

### Software

El software de la impresora Cube3 son totalmente gratuito para los siguientes sistemas operativos:

- Windows.
- Mac OS X.
- Aplicaciones móviles de iOS y Android.

Requisitos para su instalación. [36]

Tabla 7: Requisitos para la instalación de los Sistemas Operativos

Versión OPENGL	Windows	MAC OS X	ANDROID	IOS
OpenGLES 2.0+ en plataformas móviles	sistemas operativos de 32 y 64 bits.	OS X 10.8 OS X 10.9	4.0 ICS	Versión 4.0
Open GL 3.0+ en Windows y Mac (con biblioteca 3.2 de GLU)	Windows 7, 8, 8.1 y 10	Resolución de pantalla mínima: 1400 x 900		Resolución de pantalla mínima: iPhone4
	Resolución de pantalla mínima: 1024 x 768			

Fuente: [33]

## Filamento PLA

Ilustración 26: Filamento PLA



Fuente: [34]

Se llama ácido poliláctico o como se lo denomina filamento PLA, es utilizada casi en todas las impresoras 3D del tipo FDM (Fused Deposition Modeling), es muy fácil de trabajar porque es un termoplástico soluble en agua. Su principal componente es el almidón de maíz, porque permite que el ácido láctico que contiene se polimerice durante el proceso. [37]

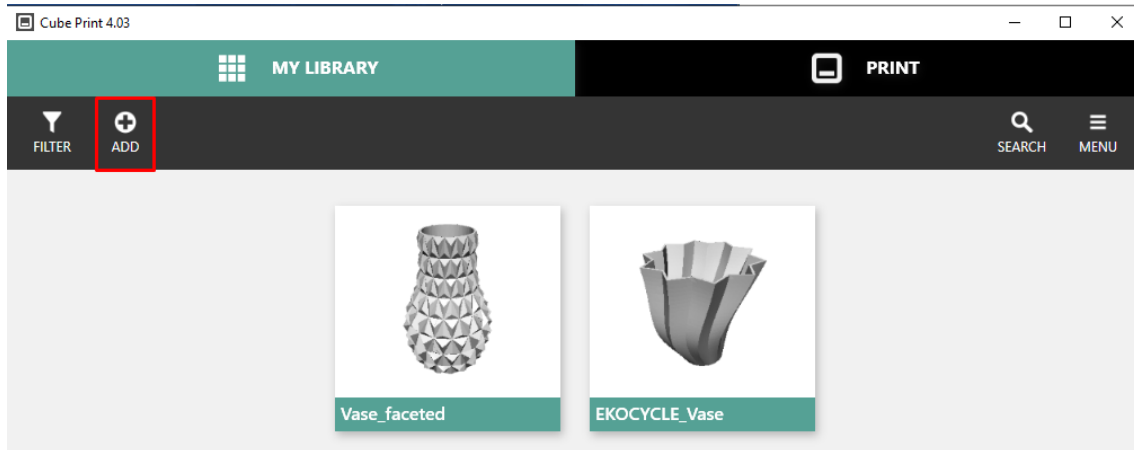
A continuación, se detallarán sus principales características.

- Biodegradable
- Más fácil de imprimir.
- Temperatura de fusión 150/160° C.
- No suele deformarse los prototipos.
- No suele atascarse en la boquilla.
- No emite gases nocivos.
- Posee una amplia gama de colores.

El software de la impresora CUBE3 posee dos opciones:

**My Library:** Aquí podemos tener nuestro diseño guardado para su futura impresión [36]. Al tener el archivo en formato STL, abrimos el software de la impresora CUBE3 y damos clic +.

*Ilustración 27: Cube Print opción My Library*



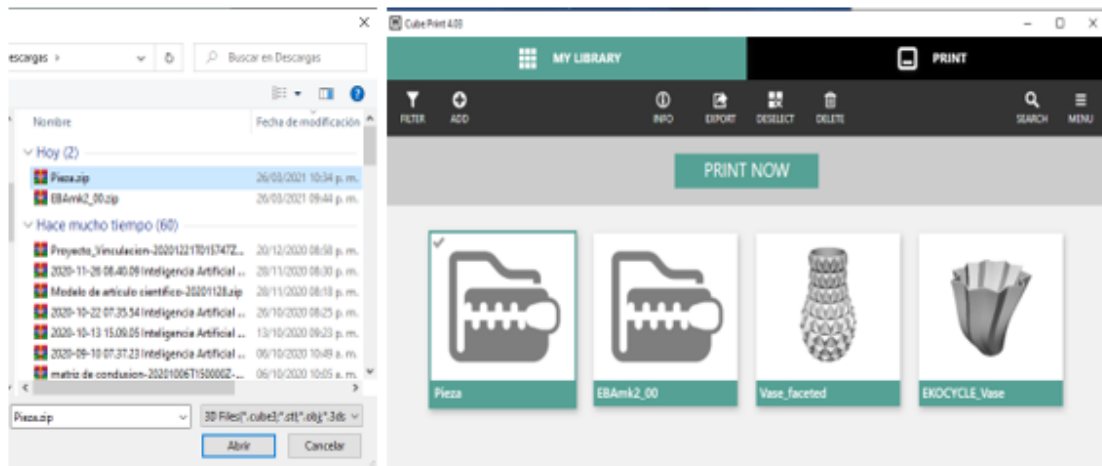
*Fuente: Elaboración propia*

Posee algunas opciones como son:

- Filter: Podemos ordenar nuestras creaciones por nombres, por fecha o según el tipo de archivo.
- Agregar: Podemos agregar más creaciones de archivos STL o cube3.

Buscamos el archivo para abrirlo en el programa.

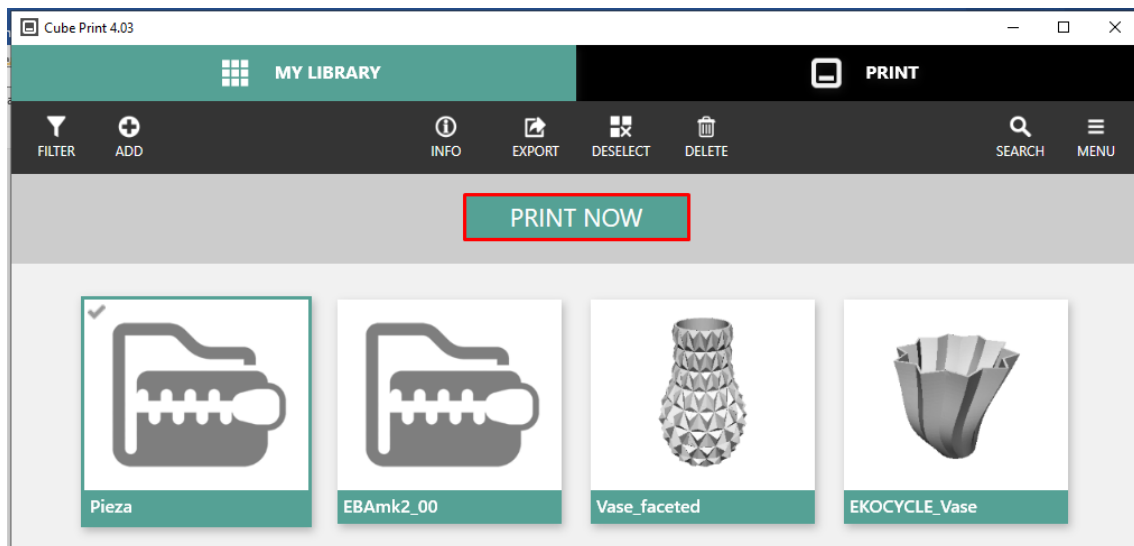
Ilustración 28: Agregar archivos Cube Print



Fuente: Elaboración propia

Seleccionamos el archivo y le damos clic en **PRINT NOW** para poder imprimir la pieza.

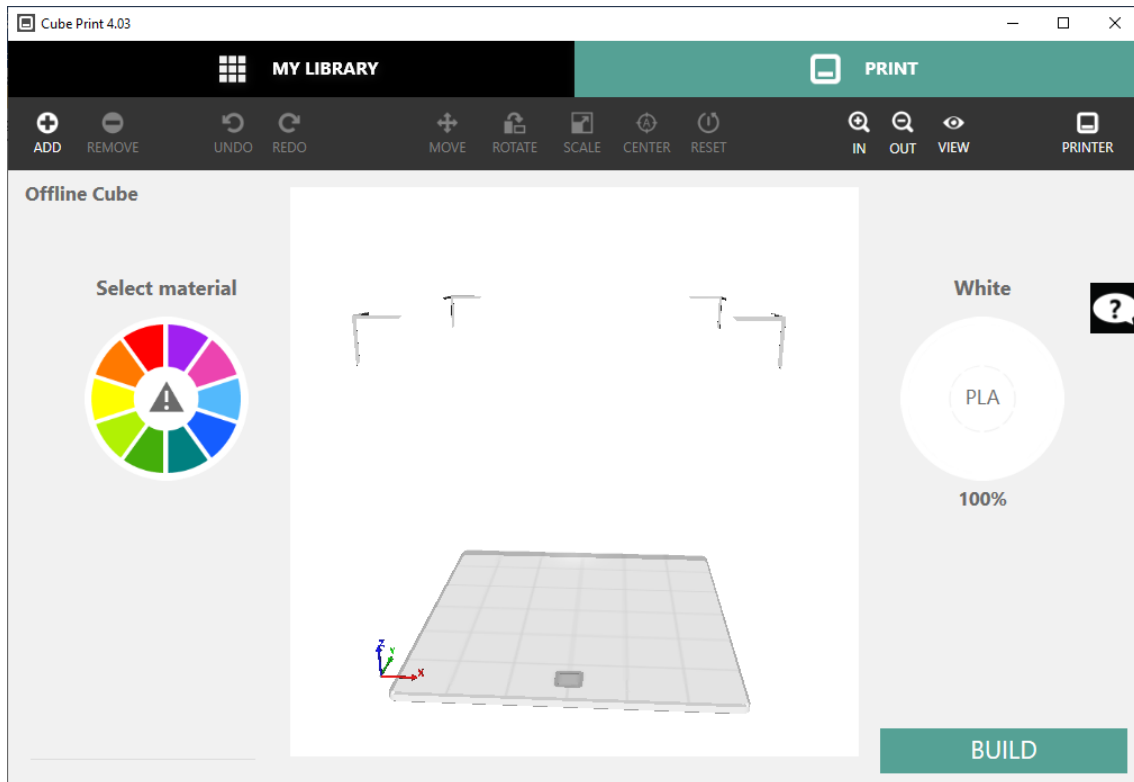
Ilustración 29: Imprimir el archivo en Cube Print



Fuente: Elaboración propia

**Print:** Aquí podemos conectarnos con la impresora para poder imprimir nuestro prototipo. Posee algunas opciones que facilitarán el manejo de la pieza que queremos imprimir [36].

Ilustración 30: Imprimir en Cube Print



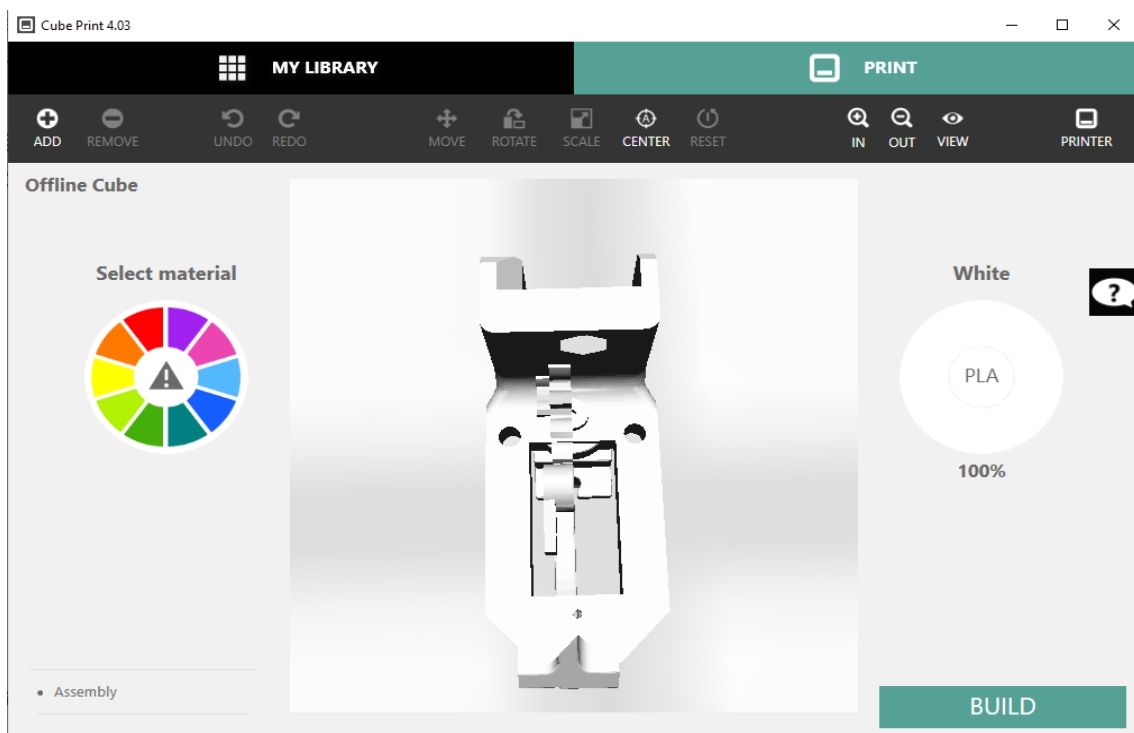
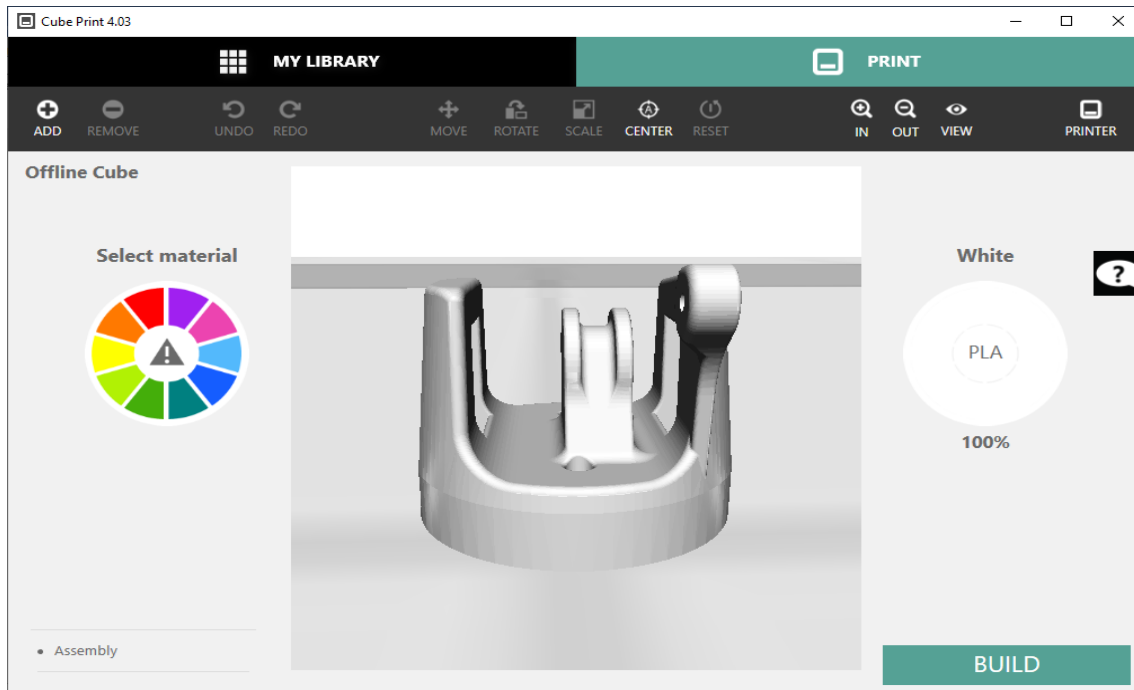
Fuente: Elaboración propia

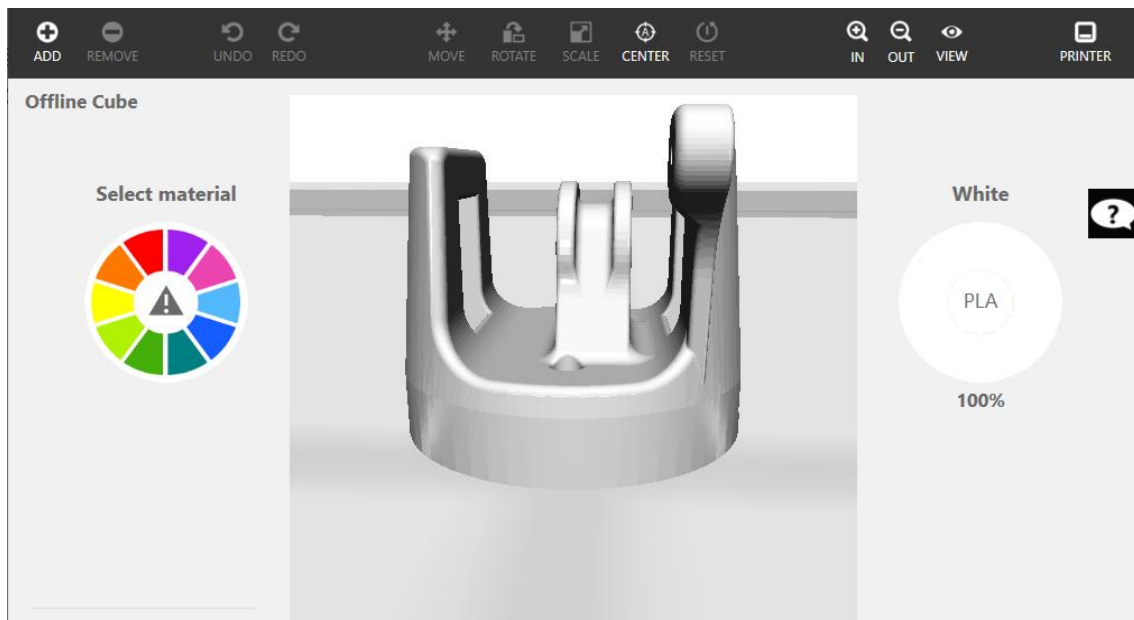
- CENTER: Centrar el prototipo.
- In: Acercar la vista del prototipo.
- OUT: Alejar la vista del prototipo.
- UNDO: Deshaga la acción anterior.
- VIEW: Cambiar la vista.
- REDO: Rehaga la acción anterior.
- REMOVE: Permite eliminar el archivo para su impresión.
- ADD: Agregar más prototipos.
- MOVE: Mover el prototipo en la bandeja de impresión
- ROTATE: Girar el prototipo en la bandeja de impresión.
- SCALE: Podemos aumentar o disminuir el tamaño de nuestro prototipo.
- BUILD: Transferir el archivo a la impresora mediante conexión inalámbrica a la red (Wi-Fi).



En esta pestaña podemos seleccionar el color de nuestro filamento PLA para tener una idea de cómo será nuestro prototipo. Aquí podemos ver una vista previa de la pieza. Teniendo todo configurado le damos clic en **PRINTER**.

Ilustración 31: Imprimir la pieza en Cube Print





*Fuente: Elaboración propia*

Al unir todas las piezas del prototipo con sus debidos servomotores en sus articulaciones correspondientes se tendrá un brazo robótico pequeños pero robusto que será útil para cargar un objeto.

*Ilustración 32: Ensamblaje del prototipo*

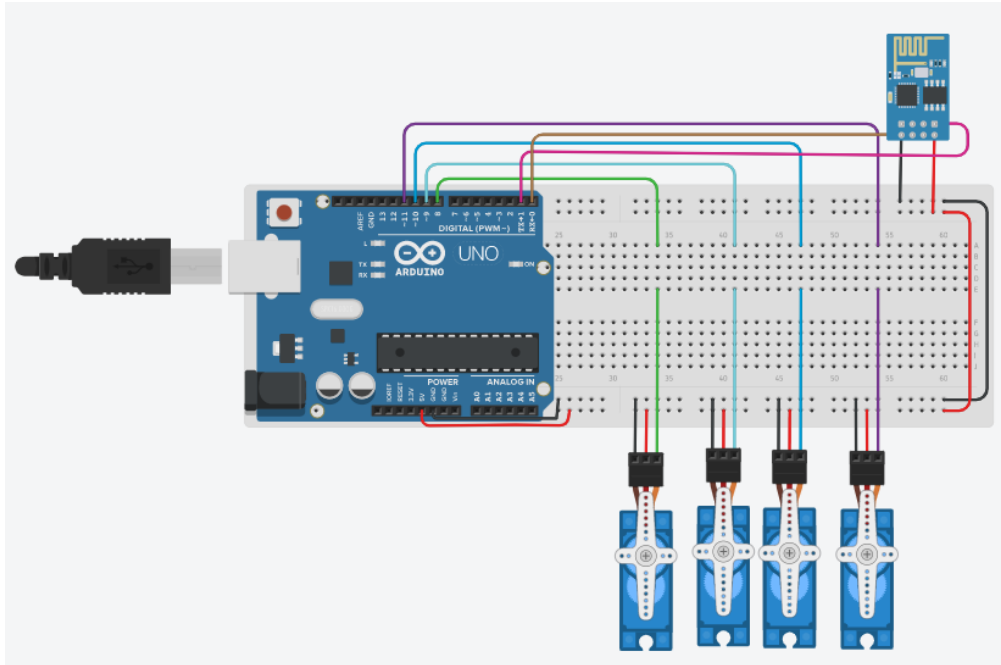


*Fuente: Elaboración propia*

## Simulación del sistema

Para la simulación del sistema utilizaremos el software TinkerCAD que fue presentado anteriormente. En la cual se verán las conexiones del microprocesador con los servomotores y con el módulo Bluetooth.

*Ilustración 33: Simulación del sistema para el prototipo*



*Fuente: Elaboración propia*

El microprocesador Arduino enviará señales a los servomotores que estarán conectados en los diferentes pines y también tendrá comunicación serial a través del módulo del Bluetooth HC-06, este módulo recibirá las señales que envíe la aplicación móvil.

El microprocesador Arduino tiene su propia interfaz de desarrollo. La cual se desarrollará un programa para poder controlar las articulaciones del brazo robótico. Un programa en el microprocesador contiene dos funciones principales como son la función setup y la loop en forma semántica. La función setup va siempre en el inicio del programa para así poder establecer los valores o condiciones que se establecieron al inicio del funcionamiento, mientras que la función loop se ejecuta en forma cíclica, esta función es el núcleo del programa y se ejecuta después de la función setup.

Las dos funciones son necesarias para que el programa trabaje bien y no tenga errores al momento de ejecutarse. A continuación, se mostrará el código que tendrá el microprocesador para que funcione el brazo robótico.

Ilustración 34: Código en Arduino IDE

```
#include <Servo.h>

Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
Servo servo4;
char a;
String readString;
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
  servo1.attach(8);
  servo2.attach(9);
  servo3.attach(10);
  servo4.attach(11);
  Serial.begin(9600);
  servo1.write(8);
  servo2.write(100);
  servo3.write(164);
  servo4.write(90);
  delay(10);
}

void loop() {
  if (Serial.available()) {
    a = Serial.read();

    if(a=='A'){
      motor1();
    }

    if(a=='B'){
      motor2();
    }

    if(a=='C'){
      motor3();
    }
    if(a=='D'){
      motor4();
    }
  }
}
```

```

void motor1() {
    delay(10);
    while (Serial.available()) {

        char b = Serial.read();
        readString += b;
    }
    if (readString.length() >0) {
        Serial.println(readString.toInt());
        servol.write(readString.toInt());
        readString=""; // Clear string
    }
}

```

```

void motor2() {
    delay(10);
    while (Serial.available()) {
        char b = Serial.read();
        readString += b;
    }
    if (readString.length() >0) {
        Serial.println(readString.toInt());
        servo2.write(readString.toInt());
        readString="";
    }
}

```

```

void motor3() {
    delay(10);
    while (Serial.available()) {
        char b = Serial.read();
        readString += b;
    }
    if (readString.length() >0) {
        Serial.println(readString.toInt());
        servo3.write(readString.toInt());
        readString="";
    }
}

```

```

void motor4() {
    delay(10);
    while (Serial.available() > 0) {
        char b = Serial.read();
        readString += b;
    }
    if (readString.length() > 0) {
        Serial.println(readString.toInt());
        servo4.write(readString.toInt());
        readString="";
    }
}

```

Fuente: Elaboración propia

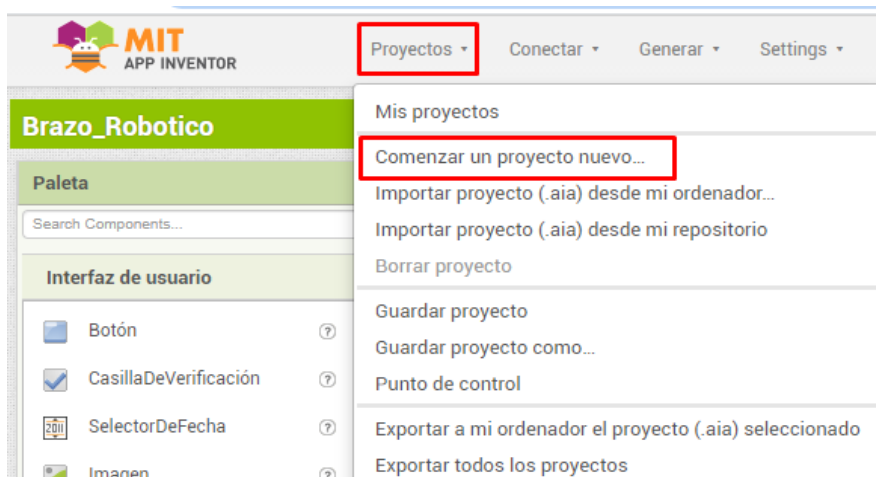
## Desarrollo de la aplicación móvil.

Para el desarrollo de la aplicación móvil para el sistema operativo Android se utilizará la herramienta basada en bloques Mit App Inventor, la cual es un software de código abierto. El objetivo de esta aplicación es establecer una comunicación inalámbrica con el microprocesador que controla el brazo robótico, para esta comunicación se contará con un módulo Bluetooth.

A continuación, se detallarán los pasos para la creación de la aplicación móvil en el software Mit App Inventor.

- Acceder a la página <http://ai2.appinventor.mit.edu/> con un correo que se va a identificar y damos clic en la opción de **Create App**. Seguido le damos clic en la opción **Proyecto** y seleccionamos la opción **Comenzar un proyecto nuevo**.

Ilustración 35: Creación de la aplicación en la herramienta Mit App Inventor



Fuente: Elaboración propia

- Le damos un nombre para nuestra aplicación móvil y seguido le damos clic en la opción **Aceptar**.

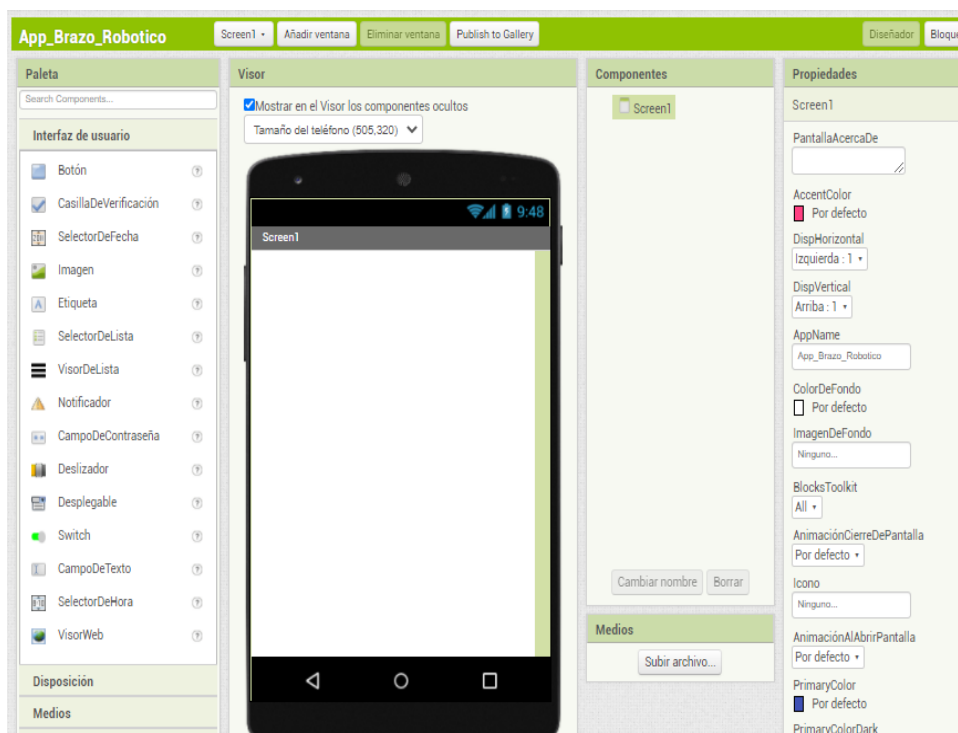
Ilustración 36: Nombre de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia

- En la opción de **Paleta** tenemos los componentes para la creación de la aplicación, en **Visor** es la vista previa de la aplicación que se está creando, en **Propiedades** se muestra las propiedades de los componentes que se está utilizando en la app y por último tenemos **Componentes** que se muestra la lista de los componentes que se está utilizando.

Ilustración 37: Screen 1 de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia

- A continuación, se nombrará los diferentes componentes que se utilizarán al momento de crear la aplicación móvil.

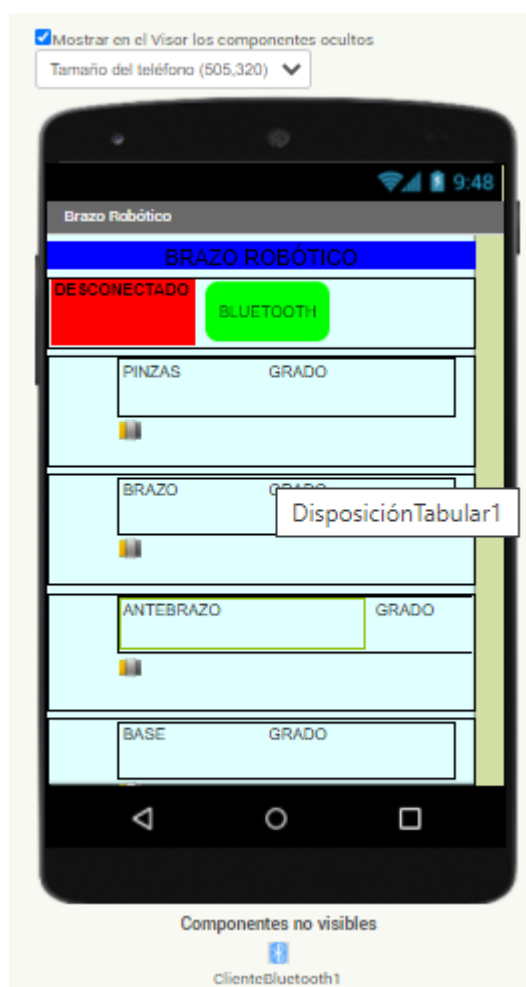
Tabla 8: Componentes de la aplicación móvil

Interfaz de usuario	Disposición	Conectividad
Etiquetas	Horizontal	Cliente Bluetooth
Selector de lista	Vertical	
Deslizador	Tabular	

Fuente: Elaboración propia

- Se mostrará cómo quedó la aplicación móvil utilizando los componentes que se nombró anteriormente.

Ilustración 38: Diseño final de la aplicación móvil

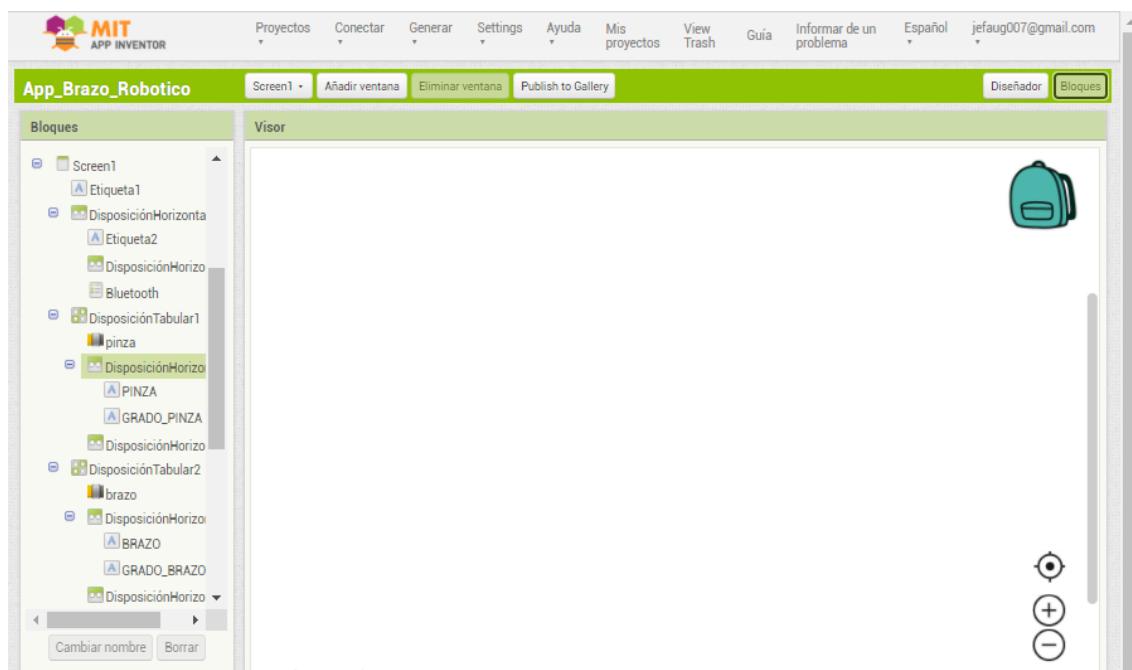


Fuente: Elaboración propia



- Para crear el código de la aplicación se selecciona la opción bloques, ahí se mostrará los componentes que tiene la interfaz.

Ilustración 39: Código de la aplicación móvil por medio de bloques



Fuente: Elaboración propia

En la parte visor se hará las respectivas conexiones para que los movimientos al brazo robóticos. Así mismo se hará las conexiones para el módulo Bluetooth.

- Creación de bloques para seleccionar el Bluetooth que tiene el microprocesador.

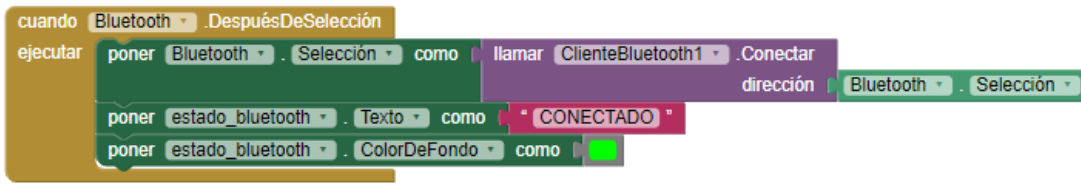
Ilustración 40: Conexión del módulo Bluetooth



Fuente: Elaboración propia

- Conexión del módulo Bluetooth con la aplicación y cambiando el estado de desconectado a conectado.

Ilustración 41: Cambiando el estado de Bluetooth

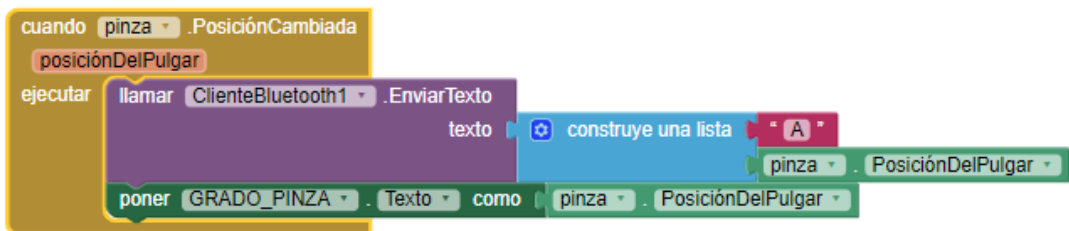


```
cuando Bluetooth .DespuésDeSelección
ejecutar
  poner Bluetooth . Selección como llamar ClienteBluetooth1 .Conectar
  dirección Bluetooth . Selección
  poner estado_bluetooth . Texto como " CONECTADO "
  poner estado_bluetooth . ColorDeFondo como [ ]
```

Fuente: Elaboración propia

- La conexión de bloques quedará de la siguiente manera para la articulación de la pinza. Esta conexión de bloque se repite para la base, brazo y antebrazo siendo el único cambio al momento de enviar un texto. Pinza

Ilustración 42: Estructura de bloques para la articulación de la pinza



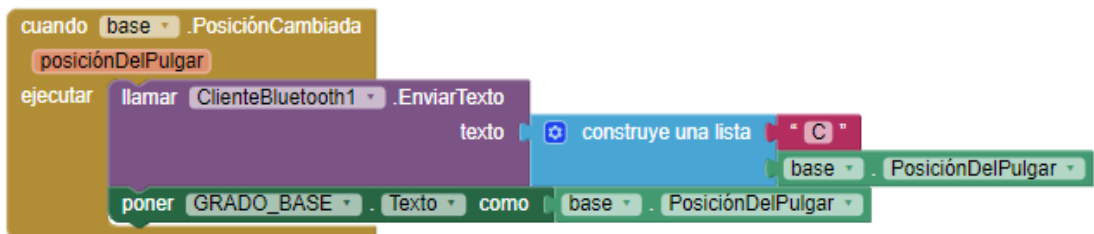
```
cuando pinza . PosiciónCambiada
  posiciónDelPulgar
ejecutar
  llamar ClienteBluetooth1 .EnviarTexto
  texto construye una lista " A "
  pinza . PosiciónDelPulgar
  poner GRADO_PINZA . Texto como pinza . PosiciónDelPulgar
```

Fuente: Elaboración propia

Al momento que se desliza los grados que quiere que se mueva la pinza, el módulo Bluetooth enviará un texto al microprocesador para que ejecute la acción.

Base

Ilustración 43: Estructura de bloques para la articulación de la base

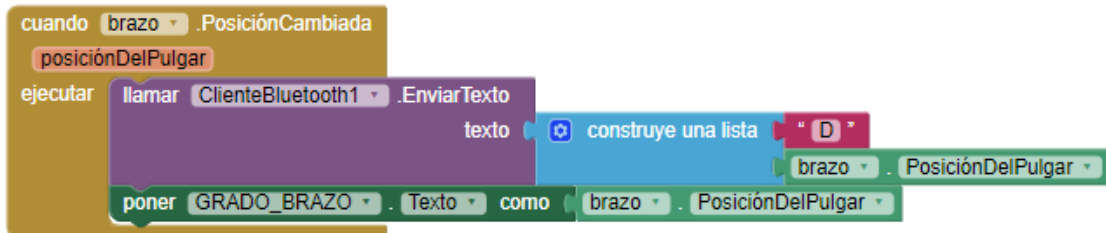


```
cuando base . PosiciónCambiada
  posiciónDelPulgar
ejecutar
  llamar ClienteBluetooth1 .EnviarTexto
  texto construye una lista " C "
  base . PosiciónDelPulgar
  poner GRADO_BASE . Texto como base . PosiciónDelPulgar
```

Fuente: Elaboración propia

## Brazo

Ilustración 44: Estructura de bloques para la articulación del brazo



Fuente: Elaboración propia

## Antebrazo

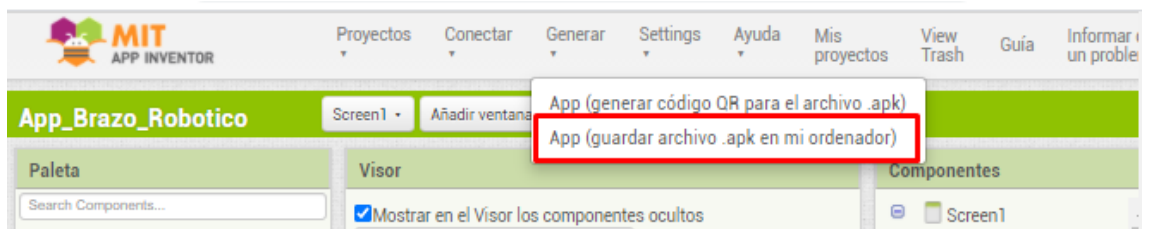
Ilustración 45: Estructura de bloques para la articulación del antebrazo



Fuente: Elaboración propia

- Para generar la aplicación móvil debemos ir a la opción **Generar** y seleccionamos **App (guardar archivo .apk en mi ordenador)**.

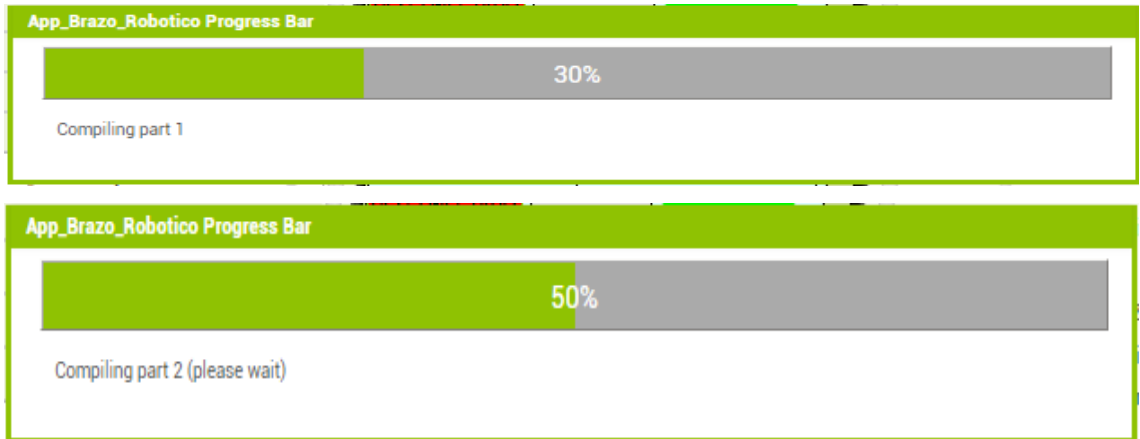
Ilustración 46: Generar la aplicación en archivo .apk



Fuente: Elaboración propia

- Esperemos que el programa compile la aplicación para que se pueda descargar.

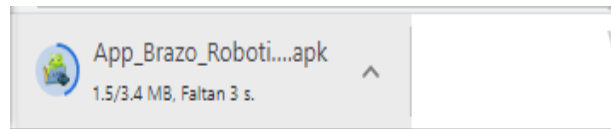
Ilustración 47: Compilación de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia

- Para abrir la aplicación debemos ejecutarlo en un celular que tenga el sistema operativo Android para que funcione.

Ilustración 48: Descarga de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia

## 2.6 Ejecución y/o ensamblaje del prototipo

Para ejecutar la aplicación móvil debemos tener en la mano un celular con el sistema operativo Android. Y debemos configurar el celular para que acepte todo tipo de aplicaciones que no esté en su tienda de app.

- Abrir el archivo APK del brazo robótico.

Ilustración 49: Abrir la aplicación móvil en archivo APK



Fuente: Elaboración propia

- Damos clic en la opción **Instalar** para abrir la aplicación móvil.

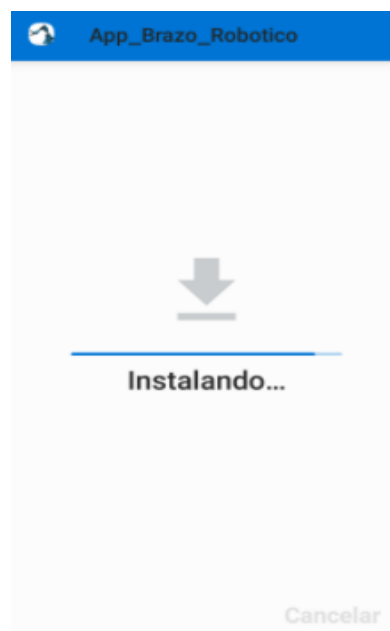
*Ilustración 50: Instalación de la aplicación móvil*



*Fuente: Elaboración propia*

- Esperamos que se instale la aplicación, se puede demorar en 10 o 15 segundos.

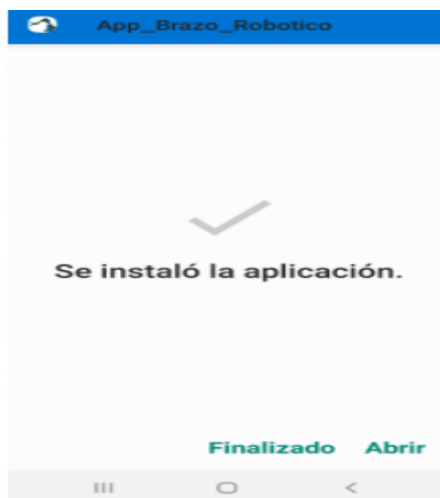
*Ilustración 51: Instalando la aplicación móvil*



*Fuente: Elaboración propia*

- Cuando se haya instalado correctamente el software damos clic en la opción **Abrir** para sí abrir la aplicación móvil.

Ilustración 52: Abrir la aplicación móvil del prototipo



Fuente: Elaboración propia

- Al abrir la aplicación observamos que tenemos cuatros deslizadores que corresponde a cada uno de la articulación del brazo robótico y se observa los grados que tiene cada deslizador. Además, tiene una opción de Bluetooth que permite buscar los módulos de Bluetooth para tener una conexión inalámbrica con el microprocesador que tiene el prototipo.

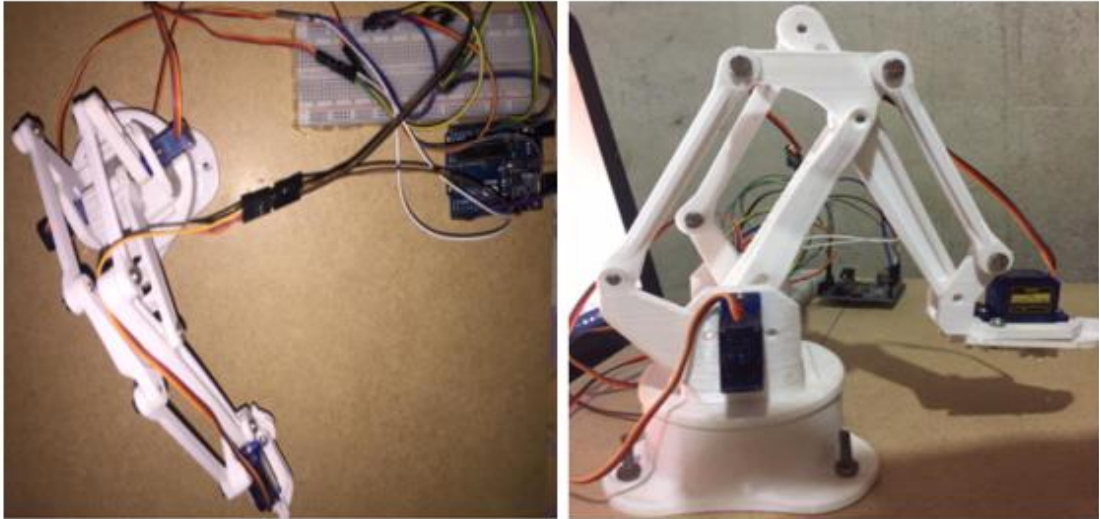
Ilustración 53: Diseño de la aplicación móvil



Fuente: Elaboración propia

- Conexión entre la estructura del prototipo con el sistema de control.

*Ilustración 54: Interacción del prototipo con la aplicación móvil*



*Fuente: Elaboración propia*

### **3. EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO**

#### **3.1 Plan de evaluación**

Para la evaluación del brazo robótico, se utilizó la investigación informal el método de las encuestas, estas encuestas fueron realizadas a varios expertos sobre la creación y el control de un brazo robótico por medio de una aplicación móvil [38].

##### **3.1.1 Preguntas de la encuesta realizada a expertos.**

- 1. ¿Usted cree que el prototipo diseñado podría ser utilizado para otro tipo de proyecto más complejo?**
  - a) Si
  - b) No
- 2. ¿Considera usted que el prototipo realizado cumple con su función principal que es la de “pick and place” que significa coger y dejar objetos?**
  - a) Si
  - b) No
- 3. ¿El prototipo diseñado podría reemplazar a una máquina en una fábrica industrial?**
  - a) Si
  - b) No
- 4. ¿Usted cree que el programa que se implementó en la placa Arduino para el prototipo sería entendible para terceras personas al momento de su réplica?**
  - a) Si
  - b) No
- 5. ¿Cree usted que entendería la función que tiene los dispositivos y equipos electromecánicos que se utilizó para la creación del brazo robótico?**
  - a) Si
  - b) No



6. **¿Cree usted que el prototipo diseñado que es manipulado por una aplicación móvil, les permitirá a los estudiantes de la carrera de informática obtener un mayor incremento de conocimiento tecnológico?**
  - a) Si
  - b) No
7. **¿Considera usted que la manipulación de un brazo robótico por medio de una aplicación móvil permitiría desarrollar nuevas aplicaciones robóticas?**
  - a. Si
  - b. No
8. **¿Cree usted que la manipulación de un brazo robótico por una aplicación móvil sería llamativa en una casa abierta o en un expo feria tecnológica?**
  - a) Si
  - b) No
9. **¿Cree usted que la creación y la manipulación de un brazo robótico permitiría a los estudiantes a motivarse a realizar estudios avanzados sobre robótica?**
  - a. Si
  - b. No
10. **¿La interfaz de la aplicación móvil del prototipo es fácil e intuitivo al momento de interactuar?**
  - a. Si
  - b. No

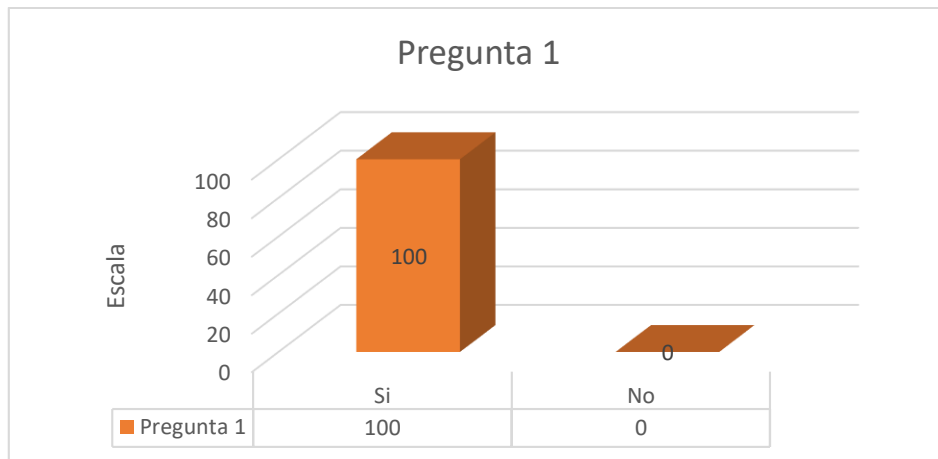
### **3.1.2 Resultado de evaluación**

Los datos obtenidos en la encuesta fueron adquiridos por cinco expertos que tiene un perfil profesional en el área de la robótica o en el área de la tecnología.

1. **¿Usted cree que el prototipo diseñado podría ser utilizado para otro tipo de proyecto más complejo?**

En la gráfica observamos los resultados de los expertos que nos indica que el prototipo del brazo robótico se puede utilizar para otros proyectos como por ejemplo ponerle visión artificial al prototipo para que realice movimiento programados.

Ilustración 55: Resultado de la pregunta 1

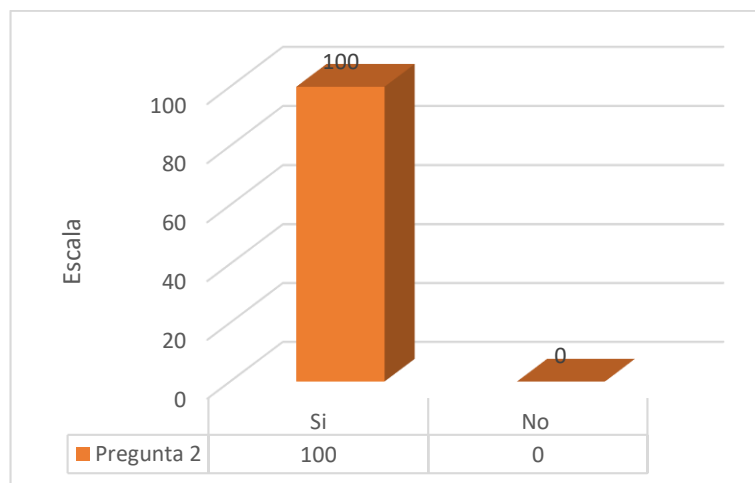


Fuente: Elaboración propia

**2. ¿Considera usted que el prototipo realizado cumple con su función principal que es la de “pick and place” que significa coger y dejar objetos?**

Observamos que en la gráfica de abajo que todos los expertos nos indica que el prototipo cumple su objetivo principal de coger y dejar objetos en cualquier lado que la aplicación móvil lo desee.

Ilustración 56: Resultado de la pregunta 2

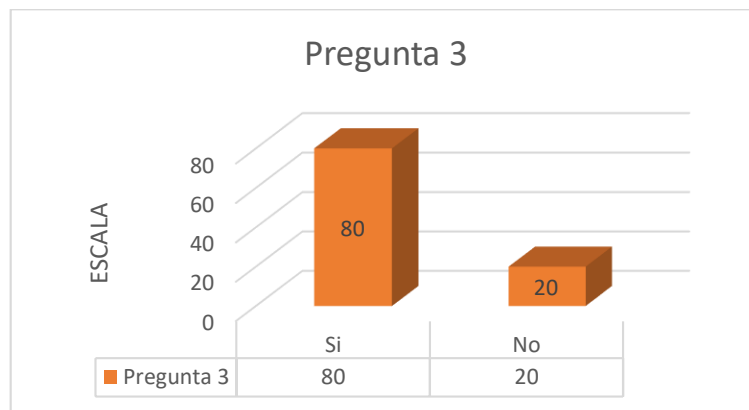


Fuente: Elaboración propia

**3. ¿El prototipo diseñado podría reemplazar a una máquina en una fábrica industrial?**

En la gráfica observamos que el 80% de los encuestados nos dice que el prototipo podría ser utilizado en una fábrica industrial mientras que el 20% dice lo contrario.

*Ilustración 57: Resultado de la pregunta 3*

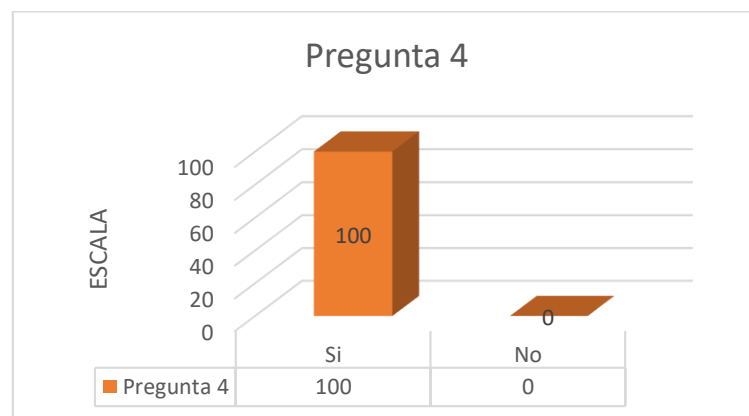


*Fuente: Elaboración propia*

**4. ¿Usted cree que el programa que se implementó en la placa Arduino para el prototipo sería entendible para terceras personas al momento de su réplica?**

En la gráfica de abajo observamos que todos los expertos dicen que los programas que tiene el brazo robótico es entendible para otra persona, aunque no tenga mucho conocimiento.

*Ilustración 58: Resultado de la pregunta 4*

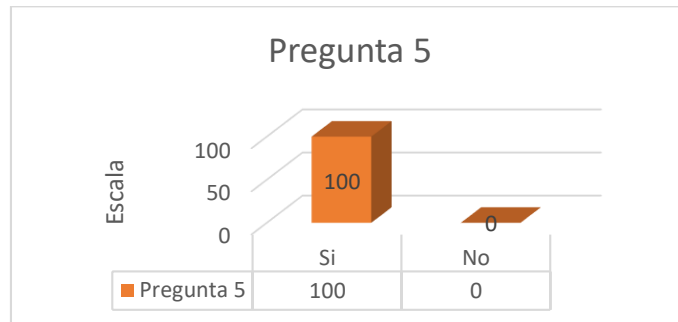


*Fuente: Elaboración propia*

**5. ¿Cree usted que entendería la función que tiene los dispositivos y equipos electromecánicos que se utilizó para la creación del brazo robótico?**

Los resultados de la pregunta 5 se presentan en la gráfica de abajo lo cual indica que se puede saber el funcionamiento de los equipos electromecánicos gracias a los datasheet o ficha técnica de cada uno.

*Ilustración 59: Resultado de la pregunta 5*

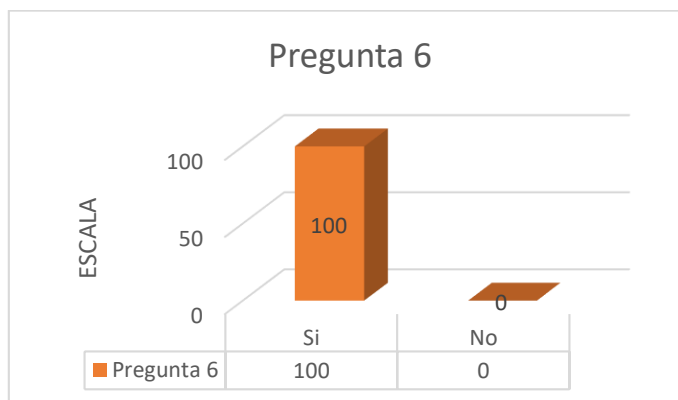


*Fuente: Elaboración propia*

**6. ¿Cree usted que el prototipo diseñado que es manipulado por una aplicación móvil, les permitirá a los estudiantes de la carrera de informática obtener un mayor incremento de conocimiento tecnológico?**

Los resultados de la pregunta 6 se presentan en la gráfica de abajo lo cual indica que puede tener un mayor incremento de conocimiento tecnológico y de electrónico porque va a saber la función de cada equipo electrónico que tiene el prototipo.

*Ilustración 60: Resultado de la pregunta 6*

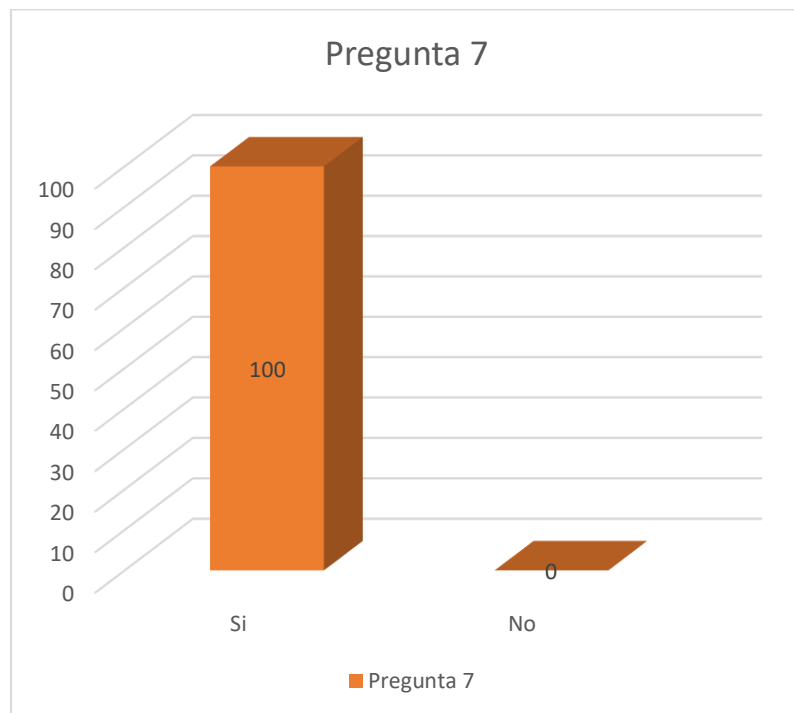


*Fuente: Elaboración propia*

**7. ¿Considera usted que la manipulación de un brazo robótico por medio de una aplicación móvil permitiría desarrollar nuevas aplicaciones robóticas?**

En la gráfica de abajo se ve los resultados de los expertos de la pregunta 7, en la cual nos indica que la aplicación móvil se la puede modificar por otro tipo de conexión inalámbrica y crear otras opciones.

*Ilustración 61: Resultado de la pregunta 7*

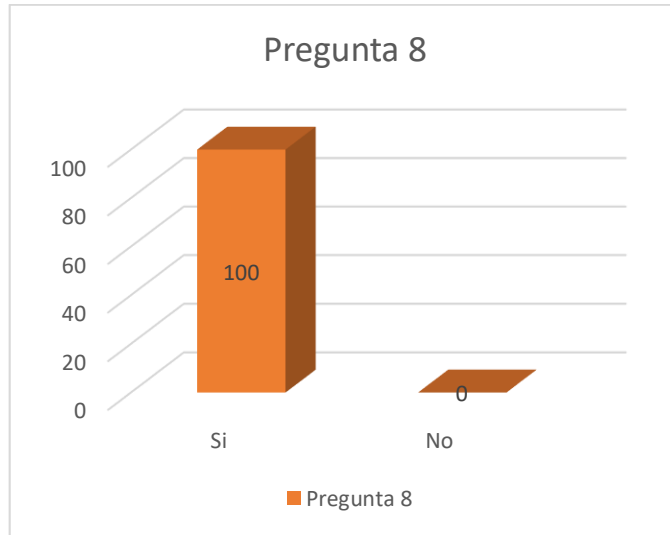


*Fuente: Elaboración propia*

**8. ¿Cree usted que la manipulación de un brazo robótico por una aplicación móvil sería llamativa en una casa abierta o en un expo feria tecnológica?**

En la gráfica de abajo se ve los resultados de los expertos de la pregunta 8, en la cual nos indica que el prototipo sería un proyecto muy interesante para una casa abierta porque se explicaría cómo fue el diseño, su impresión en 3D, el ensamblaje de cada una de su pieza, la función de los equipos electrónicos que tiene el prototipo y por último se explicaría la creación, el diseño y el funcionamiento de la aplicación móvil.

Ilustración 62: Resultado de la pregunta 8

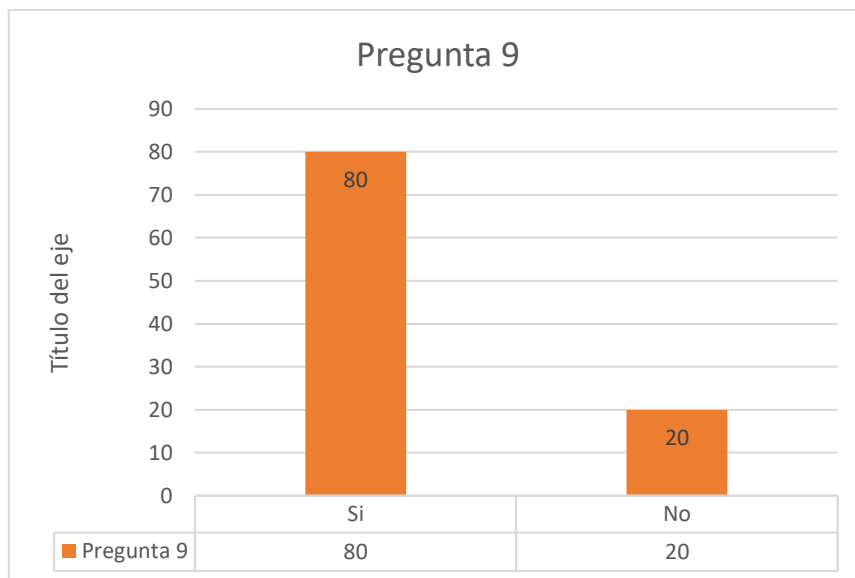


Fuente: Elaboración propia

**9. ¿Cree usted que la creación y la manipulación de un brazo robótico permitiría a los estudiantes a motivarse a realizar estudios avanzados sobre robótica?**

En la imagen de abajo muestra los resultados de los expertos de la pregunta nueve lo cual nos indica que la creación del brazo robótico puede que los estudiantes se animen a crear otros prototipos con diferentes funcionalidades.

Ilustración 63: Resultado de la pregunta 9

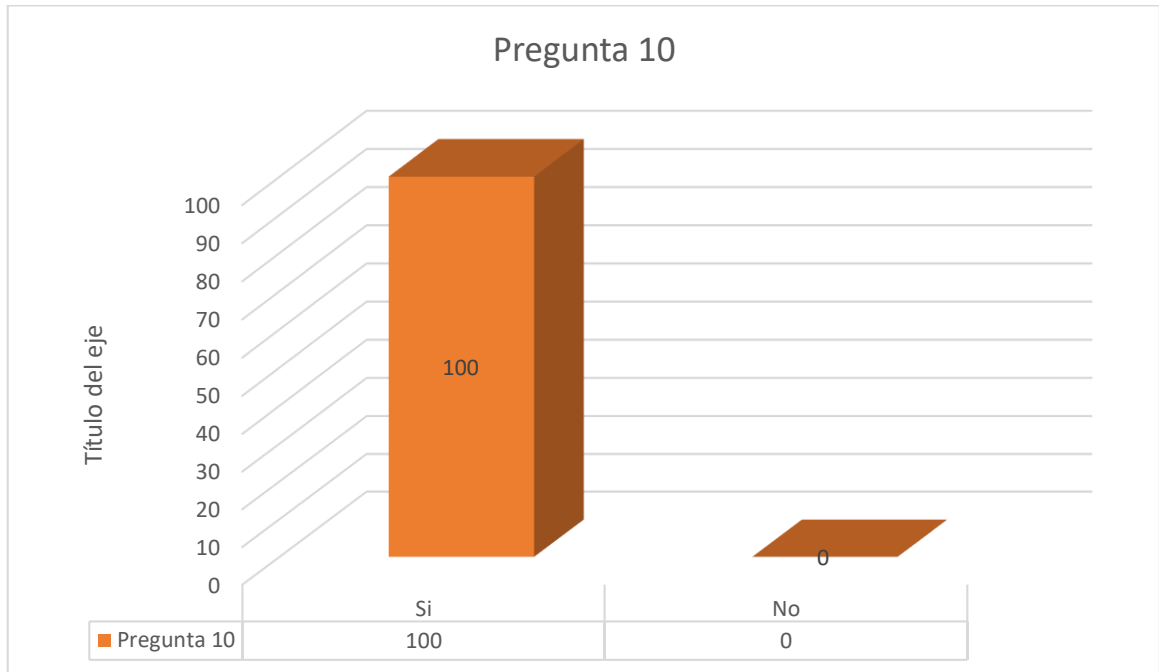


Fuente: Elaboración propia

### 10. ¿La interfaz de la aplicación móvil del prototipo es fácil e intuitiva al momento de interactuar?

En la gráfica de abajo observamos los resultados de los expertos, lo cual nos dice que la aplicación móvil para el prototipo es fácil de manipular y no cometer errores al usarlo.

Ilustración 64: El resultado de la pregunta 10



Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Conclusiones

Como resultado de la creación y la manipulación del brazo robótico concluimos los siguientes:

- Por medio de revisión de artículos científicos y páginas oficiales pude adquirir conocimientos para la creación y manipulación de un brazo robótico.
- Para la impresión del prototipo se utilizó una impresora de disposición de material fundida que utiliza filamento PLA que está compuesto por almidón de maíz.

- El microprocesador que utilizamos para el funcionamiento de brazo robótico procesa de manera exacta cuando recibe datos estáticos o señales inalámbrica
- El sistema operativo Android que está diseñada la aplicación móvil está siendo utilizada a nivel mundial, porque permite la compatibilidad de la interfaz del control del prototipo en cualquier dispositivo móvil.
- La aplicación fue hecha en la herramienta Mit App Inventor, para la creación de la interfaz se utilizó botones, disposición horizontal y vertical, selector de lista, deslizador entre otros y su programación fue hecha en estructura de bloques que tiene la herramienta.
- Al momento de manipular el prototipo con la aplicación móvil fue muy fácil y sencillo gracias a la conexión inalámbrica que tiene la aplicación móvil con el módulo Bluetooth que tiene la placa Arduino.

### **3.3 Recomendaciones**

- Al momento de ensamblar el brazo robótico debemos tomar en cuenta los pesos que tiene cada tuerca o piezas adicionales para no tener problema en el mecanismo.
- Para probar los equipos electrónicos como son los servomotores debemos ir probando cada cable y saber el funcionamiento del mismo para no cometer falencia al momento de enviar datos.
- Existen diferentes maneras para las creaciones de aplicaciones móvil, en este proyecto se utilizó una herramienta que su programación es por bloques y dependerá de nuestro conocimiento que herramienta escoger al momento de crear una aplicación.
- El diseño del brazo robótico puede servir para desarrollar otros proyectos más complejos o crear otros prototipos con más grado de libertad.



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. L. Sánchez y C. Juárez, «Modelo de Robótica Educativa con el Robot Darwin Mini para Desarrollar Competencias en Estudiantes de Licenciatura,» *Ride*, vol. 8, nº 15, pp. 11-31, 2017.
- [2] B. I. Asqui Ramírez, E. F. García Cabezas, J. M. Orozco Ramos y J. C. Cayán Martínez, «Robotic arm control and monitoring integrating Labview, Solidworks and the internet of things,» *Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, vol. 5, nº 2, pp. 30-47, 2020.
- [3] L. C. Correa, M. Vallejo, J. J. Martínez y J. A. Trujillo, «Herramienta de robótica educativa basada en Lego Mindstorms y VEX Robotics mediante software 3D y diseño mecatrónico.,» *Risti*, vol. 10, nº 34, pp. 20-39, 2019.
- [4] Y. Quiñonez, O. Zatarain, C. Lizárraga y J. Peraza, «Algoritmo para controlar un brazo antropomórfico usando una transformación lineal,» *Risti*, vol. 03, nº 36, pp. 65-81, 2020.
- [5] N. S. Giraldo Bustamante y G. A. Patiño Álvarez, «Kinematic analysis and 3D virtual instrumentation for the Pegasus II robot,» *Ingeniare*, vol. 27, nº 4, pp. 551-563, 2019.
- [6] D. M. Hermosilla y A. C. Pérez, «Generación de trayectorias para el brazo robótico (ArmX),» *Rielac*, vol. 37, nº 7, pp. 58-71, 2016.
- [7] J. Medina Cervantes, N. Castro Gutiérrez, E. Mejía Sánchez y R. Villafuerte Díaz, «Mobile application to control a robot arm,» *Research Gate*, vol. 4, nº 3, pp. 11-34, 2016.
- [8] Desarrolladore de OnShape, «OnShape,» [En línea]. Available: [www.onshape.com](http://www.onshape.com). [Último acceso: 08 03 2021].

- [9] M. Molina, P. Pedroza, K. Gaitán, J. Salgado y M. Ordoñez, «Diseño y Construcción del Prototipo de un Brazo Robótico con Tres Grados de Libertad, como Objeto de Estudio,» *Ingeniare*, vol. 5, nº 18, pp. 87-94, 2015.
- [10] M. D. C. Medina Payán, «La robótica en la educación,» *Almoraina*, vol. 8, nº 51, pp. 217-222, 2019.
- [11] J. Viegas y K. O. Villalba, «Education and Educative Robotics,» *RED*, vol. 5, nº 54, pp. 1-13, 2017.
- [12] E. Leal Narváez, N. Leal, M. Mercado y P. Maestre, «Un algoritmo de corte de nubes de puntos para el procesamiento y copia de objetos 3D,» *Prospectiva*, vol. 16, nº 1, pp. 60-66, 2018.
- [13] OnShape, «OnShape,» [En línea]. Available: [www.onshape.com/en/](http://www.onshape.com/en/). [Último acceso: 20 03 2020].
- [14] E. B. Rúa R., F. Jiménez D, G. A. Gutiérrez A y N. I. Villamizar , «3D Printing as a Didactic Tool for Teaching some Engineering and Design Concepts,» *Ingeniería*, vol. 23, nº 1, pp. 70-83, 2017.
- [15] A. Nadal, J. Pavón y O. Liébana, «3D printing for construction: a procedural and material-based approach,» *EUROPEA DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA*, vol. 69, 2017.
- [16] A. Nadal, J. Pavón y O. Liébana, «Perspectivas para la impresión 3D en la construcción,» *EUROPEA DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA*, p. 298, 2017.
- [17] J. Lorenzo, «Ofelia,» [En línea]. Available: <https://of3lia.com/tipos-de-impresoras-3d/>. [Último acceso: 21 03 2020].
- [18] K. Alvarez, R. Lagos y M. Aizpun, «Investigating the influence of infill percentage on the mechanical properties of fused deposition modelled ABS parts.,» *Ingeniería e Investigación*, vol. 36, nº 3, pp. 110-116, 2016.

- [19] E. Altamirano-Santillán, G. E. Vallejo Vallejo y J. C. Cruz Hurtado, «Manipulación de un servomotor con un módulo acelerómetro de 3 ejes MMA 7361 empleando "Arduino" y "Simulink",» *Dominio De Las Ciencias*, vol. 3, nº 2, pp. 1006-1030, 2017.
- [20] M. Pérez Morales, M. Zamora y A. Rodríguez-Liñan, «Caracterización paramétrica para un modelo de segundo orden del servomotor RC,» *Ingenierías*, vol. 12, nº 82, pp. 8-21, 2019.
- [21] Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd., «Modulo Bluetooth HC-05 O HC-06».
- [22] J. C. Herrero Herranz y J. Sánchez Allende, «Una mirada al mundo arduino,» *Tecnología y Desarrollo*, vol. 8, nº 2, pp. 1-28, 2016.
- [23] M. Zambrano, M. Guzmán, C. Sifuentes, M. Ortiz, O. Cruz, M. Fraire, J. Pérez y H. Durán, «Una Guía Práctica para Desarrollar Equipo de Laboratorio con Arduino,» *Conciencia Tecnológica*, vol. 18, nº 59, pp. 31-44, 2020.
- [24] Arduino, «Arduino,» [En línea]. Available: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). [Último acceso: 03 03 2021].
- [25] «La traducción en el ámbito de Arduino: propuesta de glosario inglés-español,» *Quaderns de filologia. Estudis lingüístics*, vol. 9, nº 24, pp. 59-74, 2019.
- [26] C. Vidal Silva, M. I. Lineros, G. Uribe y C. Olmos, «Electrónica para Todos con el Uso de Arduino: Experiencias Positivas en la Implementación de Soluciones Hardware-Software,» *Información Tecnológico*, vol. 30, nº 6, pp. 377-386, 2019.
- [27] A. Calvopiña, F. Tapia y L. Tello, «Uso del asistente virtual Alexa como herramienta de interacción para el monitoreo de clima en hogares inteligentes por medio de Raspberry Pi y DarkSky API.,» *Ristí*, vol. 3, nº 36, pp. 102-115, 2020.

- [28] E. Rodríguez Hernández, J. Hernández Palancar y A. Muñoz Briseño, «Reconocimiento de impresiones dactilares sobre la plataforma Raspberry Pi,» *RCCi*, vol. 12, nº 4, pp. 91-102, 2018.
- [29] C. A. Altamirano-Loor, L. O. Albarracín-Zambrano y D. V. Ponce-Ruiz, «Smart Python-based geometric figure recognition system with Raspberry PI,» *KOINONIA*, vol. 5, nº 2, pp. 18-29, 2020.
- [30] Raspberri Pi, «Raspberry Pi,» [En línea]. Available: [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org). [Último acceso: 15 03 2020].
- [31] J. C. Martínez-Quintero, E. P. Estupiñan-Cuesta y V. D. Rodríguez-Ortega, «Raspberry PI 3 RF signal generation system.,» *Visión Electrónica*, vol. 13, nº 2, pp. 31-44, 2019.
- [32] V. Septiani y D. Amalia, «Designing of Mikrokontroler E-Learning Course: Using Arduino and TinkerCad,» *Research Gate*, vol. 1, nº 1, pp. 8-14, 2020.
- [33] TinkerCAD, «TinkerCAD,» [En línea]. Available: [www.tinkercad.com](http://www.tinkercad.com). [Último acceso: 15 03 2020].
- [34] S. Barrachina Mir y G. Fabregat, «Introducción a la programación usando móviles y Mit App Inventor.,» *VAEP-RITA*, vol. 15, nº 3, pp. 192-201, 2020.
- [35] F. Posada Prieto, «Creando aplicaciones para móviles Android con Mit App Inventor 2,» *Intef*, vol. 8, nº 12, pp. 1-9, 2019.
- [36] Cube3, «Impresora 3D Cube,» 2018. [En línea]. Available: [www.cubify.com](http://www.cubify.com). [Último acceso: 1 03 2021].
- [37] R. A. García León, W. Quintero y B. Argotta, «Diseño de una máquina de termoconformados para la fabricación de filamento ABS Y PLA,» *SENA*, 2021.

[38] F. Ther Ríos, «Ensayo sobre el uso de la encuesta: hermenéutica y reflexividad de la técnica investigativa,» *Austral de Ciencias Sociales*, vol. 8, nº 8, pp. 17-27, 2004.

## 5. ANEXOS

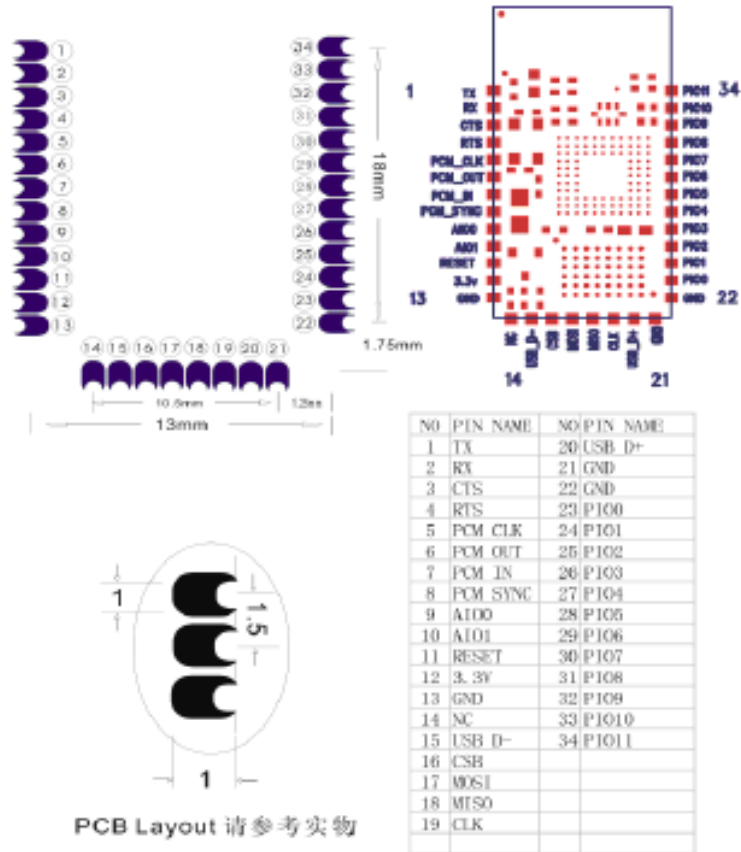
### Anexo A: Block diagram del módulo Bluetooth.

Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd.

LINVOR BLUE T  
www.linvor.com

LV-BC-2.0

单位: mm



www.wavesen.com Phone: 020-84083341 Fax: 020-84332079 QQ:1043073574  
Address: Room 527, No.13, Jiangong Road, Tianhe software park, Tianhe district, Guangzhou Post: 510660  
Technology consultant: [support@wavesen.com](mailto:support@wavesen.com) Business consultant: [sales@wavesen.com](mailto:sales@wavesen.com)  
Complaint and suggestion: [sushir@foxmail.com](mailto:sushir@foxmail.com)

## 5. Block diagram

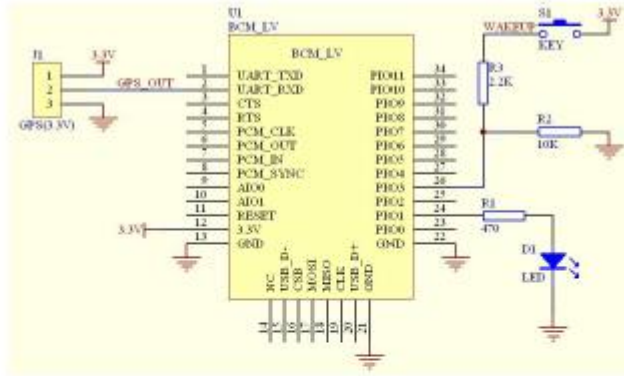


Figure 5 Block diagram 1

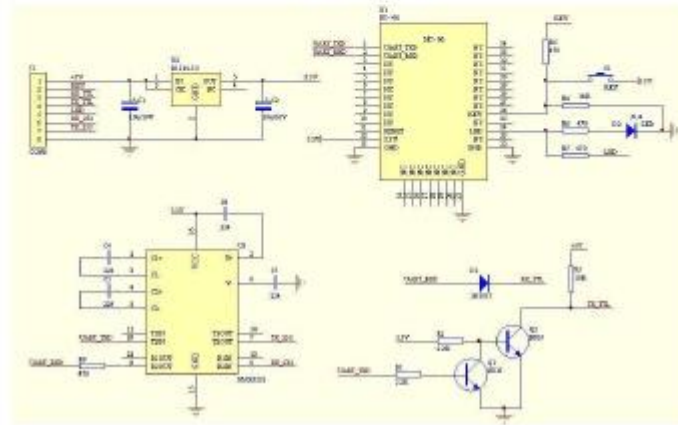


Figure 5 Block diagram 2

Anexo B: Terminación del brazo robótico con sus respectivas articulaciones.

