

IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE ROBOTS
HUMANOIDES UTILIZANDO SISTEMAS OPERATIVOS IOS Y ANDROID

ANGELA ALEJANDRA NIÑO SALAMANCA
GABRIEL SCHNEIDER LAVERDE ARIAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017

IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE ROBOTS
HUMANOIDES UTILIZANDO SISTEMAS OPERATIVOS IOS Y ANDROID

ANGELA ALEJANDRA NIÑO SALAMANCA
GABRIEL SCHNEIDER LAVERDE ARIAS

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

DIRECTOR
MSC. CLAUDIA LEONOR RUEDA GUZMÁN

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESPECIALIZACIÓN EN CONTROL E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2017

Dedicatoria

Este nuevo logro adquirido en mi vida académica va dedicado a Dios y a mis padres que con paciencia y amor han seguido todo este proceso, que me han apoyado incondicionalmente en mi crecimiento profesional y colaborado haciendo sacrificios que no deberían ser suyos.

A Gabriel por entender cada uno de mis momentos de alteración y aquellos en donde mi cabeza no estaba en su lugar, gran parte de este proceso es suyo, siendo mi compañero desde el primer día en el que empezó este proceso.

A la ingeniera Claudia rueda que como directora de este proyecto puso su confianza en nosotros para lograr buenos resultados y además nos apoyó durante todo nuestro proceso académico dentro de esta institución.

Ángela.

Dedicatoria

Primero que todo dedico este proyecto a Dios y a mis padres que me han apoyado para cumplir mis sueños propuestos, no lo podría haber logrado sin la ayuda de ellos, este proyecto es una meta más para ellos.

Dedico este proyecto a Ángela Niño que estuvo incondicionalmente conmigo en todo momento, me levantó cuando quería darme por vencido, siempre estuvo allí para apoyarme y darme fuerza de seguir adelante.

A la profesora Claudia Rueda que dirigió este proyecto y colaboró con ideas, comentarios, opiniones etc, para que se desarrollara un buen proyecto con excelentes resultados.

A mis compañeros y amigos de la sala de proyectos que siempre estuvieron allí ocupados con sus cosas, pero aun así dedicaron algo de su valioso tiempo para compartir ideas y opiniones para este proyecto

Gabriel.

Agradecimientos

A la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga por brindar un espacio adecuado para la investigación y el desarrollo de los proyectos, así mismo por ser una universidad que inculca no solo el conocimiento científico si no el valor como persona.

A la Especialización en Control e instrumentación industrial y a cada uno de los profesores que la componen, por aportar a nuestro conocimiento y crecimiento personal.

Al Ingeniero Juan Carlos Mantilla Saavedra por brindarnos en todo momento su colaboración y apoyo.

A Nelson Fernando Monroy por aportarnos ayudas y estar dispuesto a ser un amigo incondicional.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	17
ESTADO DEL ARTE	18
JUSTIFICACIÓN	23
OBJETIVOS	24
1.1 OBJETIVO GENERAL	24
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
MARCO TEÓRICO	25
1.3 Servomotores	25
1.4 Tarjeta controladora Mini Maestro 18	26
1.5 software mini maestro 18	28
1.6 NodeMcu 8266	30
1.7 Tarjeta electrónica de implementación	32
1.8 Sensor ULTRASÓNICO SRF05	32
1.9 Aplicación móvil	34
1.9.1 Xcode	34
1.9.2 App Inventor	35
ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA	37
1.10 Desarrollo de la aplicación EN iOS	37
1.10.1 Conexión a la web por medio de una aplicación	39
1.10.2 Aplicación móvil.	40
1.11 Desarrollo de la aplicación Android	44
1.11.1 Conexión a la web por medio de una aplicación	44
1.11.1 Aplicación móvil.	45
MICROCONTROLADOR NODEMCU 8266	47
1.12 Flasheo	47
1.13 Cargar LIBRERÍAS a Arduino	48
1.14 Crear red WiFi	50
1.15 Prueba de encendido de un LED por Web.	52
1.16 Movimiento de un Servomotor	54

TARJETA ELECTRÓNICA	56
1.17Partes de la tarjeta electrónica	57
 MOVIMIENTOS DEL ROBOT	 58
1.18Marcha hugo	63
1.18.1 Inclinación sobre el pie derecho	63
1.18.1 Levantamiento de la pierna izquierda	64
1.18.2 Pasar la pierna izquierda delante de la derecha	65
1.18.3 Inclinación sobre el pie izquierdo	66
1.18.4 Levantamiento de la pierna derecha	67
1.18.5 Pasar la pierna derecha delante de la izquierda	68
1.19Marcha PACO	69
1.19.1 Inclinación sobre el pie derecho	69
1.19.2 Levantamiento de la pierna izquierda	70
1.19.3 Pasar la pierna izquierda delante de la derecha	71
1.19.4 Inclinación sobre el pie izquierdo	72
1.19.5 Pasar la pierna derecha delante de la izquierda	73
 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 74
 BIBLIOGRAFÍA	 75

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Robot paco.	19
Figura 2. Robot Asimo.	20
Figura 3. RoboPhilo	21
Figura 4. Robovie-M V3.	21
Figura 5. Software para el control de servomotores.	22
Figura 6. Robot de Evaluación de movimientos remoto.	22
Figura 7 .Engranaje servomotor.	26
Figura 8 .Mini Maestro 18.	26
Figura 9. Partes Mini Maestro 18.	28
Figura 10. Software Mini Maestro 18.	28
Figura 11. Configuración de parámetros.	29
Figura 12. Rutinas de los servomotores.	30
Figura 13. NodeMCU 8266.	31
Figura 14. Pines de NodeMCU 8266.	31
Figura 15. Tarjeta electrónica capa de abajo.	32
Figura 16. Tarjeta electrónica capa de arriba.	32
Figura 17. Sensor de Ultrasonido SRF05.	33
Figura 18. Gráfica onda de sonido emitida por el sensor SRF05.	34
Figura 19. Entorno de Xcode.	35
Figura 20. Programas creados en App Inventor.	35
Figura 21. Ventana principal para el desarrollo de aplicaciones.	36
Figura 22. Programación en bloques	36
Figura 23. Diagrama de bloques de la estructura general del sistema.	37
Figura 24. Red WiFi.	38
Figura 25. Contraseña requerida.	38
Figura 26. Conexión WiFi establecida correctamente.	39
Figura 27. Comando para ingresar a la web.	39
Figura 28. Prueba de página web.	40
Figura 29. Primera pantalla aplicación móvil.	41
Figura 30. Pantalla de comando de movimientos.	42
Figura 31. Pantalla adicional.	42
Figura 32. Pantalla de fotos.	43
Figura 33. Red WiFi para Andriod.	44
Figura 34. Bloque WebViewer	45
Figura 35. Bloque de programación WebViewer	45
Figura 36. Pantalla principal	46
Figura 37. Pantalla menú	47
Figura 38. Programa para flasheo.	47
Figura 39. Cargar archivo de flasheo.	48
Figura 40. Flasheo en proceso.	48
Figura 41. Link para el módulo 8266.	49
Figura 42. Incluir librería NodeMCU 8266.	49

Figura 43. Librería de esp8266.	49
Figura 44. Placa NodeMCU 8266.	50
Figura 45. Nombre de Red y contraseña.	50
Figura 46. Librerías de Arduino para crear la Red WiFi.	51
Figura 47. Establecer red WiFi modo AP y estación.	51
Figura 48. Establecer WiFi con contraseña.	51
Figura 49. Mostrar dirección IP.	52
Figura 50. Inicio del servidor.	52
Figura 51. Monitor serial Arduino, red WiFi.	52
Figura 52. Void loop para encender un Led por Web.	53
Figura 53. Led On por Web.	53
Figura 54. Led Off por Web.	54
Figura 55. Añadir librería para tarjeta Mini Maestro 18.	54
Figura 56. Librería Mini Maestro 18.	55
Figura 57. Valores para mover el servomotor.	56
Figura 58. Movimiento del servomotor.	56
Figura 59. Tarjeta electrónica capa de arriba.	56
Figura 60. Tarjeta electrónica capa de abajo.	57
Figura 61. Partes de la tarjeta electrónica.	57
Figura 62. Inclinación sobre el pie derecho.	64
Figura 63. Levantamiento de la pierna izquierda.	65
Figura 64. Pasar la pierna izquierda delante del derecho.	66
Figura 65. Inclinación sobre el pie izquierdo	67
Figura 66. Levantamiento de la pierna derecha.	68
Figura 67. Pasar la pierna derecha delante de la izquierda.	69
Figura 68. Inclinación sobre el pie derecho.	70
Figura 69. Movimiento pierna izquierda.	71
Figura 70. Paso de la pierna izquierda delante de la derecha.	72
Figura 71. Inclinación sobre pie izquierdo.	73
Figura 72. Paso pierna derecha delante de la izquierda.	74

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Distribución del robot PACO.	18
Tabla 2 .Servomotores en el mercado.	25
Tabla 3. Características Mini Maestro 18.	27
Tabla 4. Características sensor ultrasonido.	33
Tabla 5. Valores para el inicio de la marcha.	59
Tabla 6. Movimiento para pasar el pie izquierdo delante.	60
Tabla 7. Apoyo de la pierna izquierda.	60
Tabla 8. Apoyo simple sobre el pie izquierdo.	61
Tabla 9. Movimiento para levantar el pie derecho.	61
Tabla 10. Movimiento para pasar el pie derecho por delante del izquierdo.	62
Tabla 11. Posición final.	62
Tabla 12.Movimiento 1	63
Tabla 13. Movimiento 2.	64
Tabla 14. Movimiento 3	65
Tabla 15. Movimiento 4	66
Tabla 16. Movimiento 5.	67
Tabla 17. Movimiento 6.	68
Tabla 18. Movimiento 1.	70
Tabla 19. Movimiento 2.	70
Tabla 20. Movimiento 3.	71
Tabla 21. Movimiento 4	72
Tabla 22. Movimiento 5.	73

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE ROBOTS HUMANOIDES UTILIZANDO SISTEMAS OPERATIVOS IOS Y ANDRIOD

AUTOR(ES): ANGELA ALEJANDRA NIÑO SALAMANCA
GABRIEL SCHNEIDER LAVERDE ARIAS

FACULTAD: Esp. en Control e Instrumentación Industrial

DIRECTOR(A): CLAUDIA LEONOR RUEDA GUZMÁN

RESUMEN

El presente estudio busca realizar en control de robots humanoides por medio de aplicaciones móviles desarrolladas en diferentes sistemas operativos. El desarrollo de los robots se ha masificado en los últimos años, cada vez hay más robots que se aplican a diferentes tareas, como sistemas aéreos no tripulados, carros para vigilancia, robots anti-bombos, robots exploradores, robots de búsqueda, humanoides etc. Gran parte de la población mundial actualmente posee un Smart Phone en el cual por medio de las aplicaciones móviles se tiene acceso a gran variedad de utilidades para múltiples propósitos, desde juegos hasta aplicaciones para ahorrar dinero. Ante el constante avance de la tecnología se desarrolla la actualización de dos robots humanoides contruidos en el año 2006 y 2008 por la UPB, para cumplir con esto el primer paso es la modificación de la tarjeta controladora de servos para cada robot, que permite manejar 18 grados de libertad y que permite realizar movimientos básicos para el robot; en segunda instancia se lleva a cabo la actualización del software de comunicación, implementando comunicación wifi por medio de una aplicación móvil en sistemas operativos IOS y Android que nos permita realizar los movimientos básicos de cada uno de los robots de forma remota, con el fin de permitir que estos robots sean utilizados por los estudiantes para realizar constantes mejoras en los humanoides.

PALABRAS CLAVES:

Andriod, Aplicación móvil, Controlados de servos, Humaniode, IOS, Servomotores, WIFI.

Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: IMPLEMENTATION OF AN APPLICATION FOR THE CONTROL OF HUMANOID ROBOTS USING IOS AND ANDRIOD OPERATING SYSTEMS

AUTHOR(S): ANGELA ALEJANDRA NIÑO SALAMANCA
GABRIEL SCHNEIDER LAVERDE ARIAS

FACULTY: Esp. en Control e Instrumentación Industrial

DIRECTOR: CLAUDIA LEONOR RUEDA GUZMÁN

ABSTRACT

The present study seeks to perform in control of humanoid robots by means of mobile applications developed in different operating systems. The development of robots has become more widespread in recent years, there are more and more robots that apply to different tasks, such as unmanned aerial systems, surveillance cars, anti-robot robots, exploratory robots, search robots, humanoids, etc. Much of the world's population currently owns a Smart Phone in which through the mobile applications you have access to a wide variety of utilities for multiple purposes, from games to applications to save money. In view of the constant progress of the technology, the update of two humanoid robots developed in 2006 and 2008 by the UPB is carried out. In order to comply with this, the first step is the modification of the servo controller card for each robot, which allows handling 18 Degrees of freedom and allows basic movements for the robot; In the second instance, the communication software update is implemented, implementing wireless communication through a mobile application in IOS and Android operating systems that allows us to perform the basic movements of each of the robots remotely, in order to Allow these robots to be used by students to make constant improvements in the humanoids

KEYWORDS:

Android, Mobile Application, Servo Controller, Humanoid, IOS, Servomotors, WIFI.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los robots se ha masificado en los últimos años, cada vez hay más robots que se aplican a diferentes tareas, como sistemas aéreos no tripulados, carros para vigilancia, robots anti-bombas, robots exploradores, robots de búsqueda, humanoides etc.

Los robots humanoides son aquellos que se asemejan a un ser humano, presentando las cuatro extremidades y un tronco. Actualmente existen varios de estos robots capaces de hacer movimientos similares a una persona, estos movimientos se hacen controlados remotamente desde un computador.

Por otro lado, gran parte de la población mundial posee un Smart Phone en el cual por medio de las aplicaciones móviles se tiene acceso a gran variedad de utilidades para múltiples propósitos, desde juegos hasta aplicaciones para ahorrar dinero.

En la facultad de ingeniería electrónica se desarrollaron dos robots humanoides Paco¹, desarrollado por los estudiantes Herman Arenas y Fabián Cote y el Robot Hugo² elaborado por los estudiantes Miguel García, Jaime Gutiérrez y Julián Rodríguez en los años 2007 y 2008 respectivamente, Estos robots eran controlados por medio de aplicaciones móviles en sistemas operativos Windows Mobile. En la actualidad estos Robots estaban desactualizados debido a los cambios tecnológicos; se busca entonces desarrollar una aplicación móvil capaz de controlar estos robots humanoides proporcionándoles conectividad al mando de control por medio de una red Wi-Fi. Con esta actualización se busca continuar con estudios analizando los movimientos y algunos algoritmos control automático.

Ante el constante avance de la tecnología se plantea la implementación de una nueva tarjeta controladora de servos para cada robot, que permite manejar 18 grados de libertad y que por medio del estudio ya realizado con anterioridad realizar movimientos básicos para el robot; en segunda instancia se lleva a cabo la actualización del software de comunicación, implementando comunicación wifi por medio de una aplicación móvil en sistemas operativos IOS y Android que nos permita realizar los movimientos básicos de cada uno de los robots de forma remota, con el fin de permitir que estos robots sean utilizados por los estudiantes para realizar constantes mejoras en los humanoides.

¹ Arenas Hernán, Cote Fabián, Estudio y desarrollo de un robot bípedo detector de obstáculos, universidad pontificia bolivariana, 2006

² García Miguel, Gutiérrez Jaime, Rodríguez Julián. Desarrollo de un robot humanoide con control de movimientos y posición por medio de una pocket pc comunicada vía bluetooth. Trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga Santander. 2008.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los robots humanoides suelen caracterizarse por ser controlados por medio de computadoras que generan rutinas específicas para los movimientos, estos son programados para realizar ciertas tareas las cuales solo puede ser modificada por una persona especializada y encargada del tema. Otros robots son manipulados por medio de controles remotos (RC) Entre los cuales se pueden nombrar, carros de vigilancia, robots de espionaje, robots militares etc.

La Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con dos robots humanoides, desarrollados por sus estudiantes en el año 2007 y 2008; el primero de ellos es Paco que puede caminar en dos extremidades y detectar obstáculos evitándolos, también es capaz de reproducir algunos movimientos básicos de los humanos, también se comunica con un PC por medio del protocolo de comunicaciones de bluetooth. El control por medio del PC se realizó por un software comercial SSC-32 Sequencer de la empresa Lynxmotion.

En el año 2008 se lleva a cabo la construcción de HUGO que puede realizar algunos movimientos similares a los humanos controlado por protocolo Bluetooth a un PC o POCKET PC. Esto también lo puede realizar por medio de un microcontrolador el cual permite que HUGO trabaje de manera autónoma.

En este proyecto se busca realizar actualizaciones a cada uno de los robots construidos con anterioridad, permitiendo así la actualización a las nuevas tecnologías por medio del desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles en sistemas operativos Android y iOS, que controle un robot humanoide por medio de tecnología inalámbrica como WiFi, además entra en un mundo que está creciendo considerablemente como lo es el internet de las cosas (IoT).

ESTADO DEL ARTE

Paco³ es un robot humanoide que se desarrolló en el año 2006 en la Universidad Pontificia Bolivariana. Este robot está elaborado en una estructura de aluminio que cuenta con 17 grados de libertad que se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1. Distribución del robot PACO.

Partes del Robot	Número de servomotores
Cabeza	1
Brazo	2 (x2)
Hombro	1 (x2)
Cadera	2
Pierna	4 (x2)

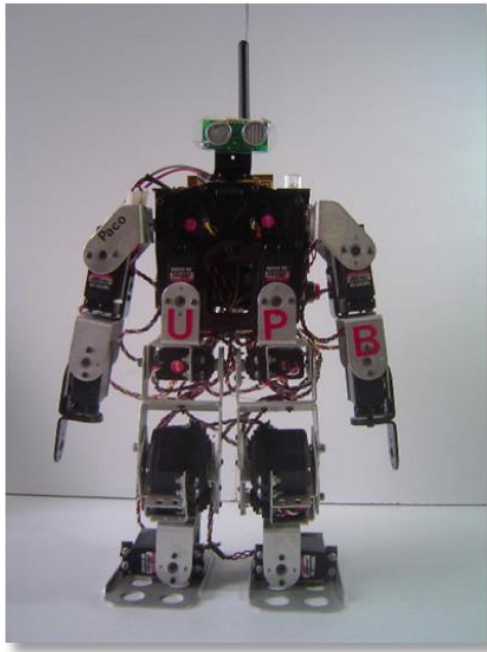
Este prototipo de robot humanoide llamado PACO, puede desarrollar tareas sencillas como bailar, levantarse si se encuentra acostado, desplazarse dentro de una habitación sin solucionar con ningún obstáculo en el camino, esto lo hace ya que cuenta con un sensor de ultrasonido el cual detecta la presencia de dichos obstáculos.

PACO puede ser controlado por medio de un PC o dispositivo móvil, así como también trabajar de manera autónoma. El control por medio del PC es realizado por un software comercial llamado SSC-32 Sequencer distribuido por la empresa Lynxmotion dicho control puede realizarse desde un punto remoto gracias al módulo Bluetooth que posee este prototipo.

Al trabajar de manera autónoma este robot utiliza un microprocesador PIC 16F877 el cual envía las ordenes de los movimientos a la tarjeta controladora de los actuadores y recibe la señal del detector de obstáculos, si hay señal enviado por el sensor de ultrasonido, el robot esquiva dicho obstáculo y sigue su camino. Este robot se puede observar en la Figura 1.

³ García Miguel, Gutiérrez Jaime, Rodríguez Julián. Desarrollo de un robot humanoide con control de movimientos y posición por medio de una pocket pc comunicada vía bluetooth. Trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga Santander. 2008.

Figura 1. Robot paco.



Asimo⁴ es un robot creado por Honda el cual llevan trabajando dos décadas en la investigación de robots humanoides, este robot Asimo puede correr, caminar en pendientes y superficies irregulares, girar suavemente, subir escaleras, y alcanzar y agarrar objetos. También tiene la capacidad de responder a los comandos de voz simples, puede reconocer personas que estén agrupadas gracias a la cámara que lleva incorporada como sus ojos, tiene la capacidad de esquivar obstáculos en movimiento y estáticos.

Anteriormente los ingenieros de Honda crearon primeros modelos llamados (E1, E2, E3), el cual consistía solo en la creación de las piernas que podían simular el pie del ser humano, los modelos siguientes como el (E4, E5, E6), se basaban en la estabilización del pie y subir escaleras. Después le añadieron la cabeza y el cuerpo para tener mayor estabilización, el primer robot terminado se llamó P1, este robot tuvo muchos accidentes, después diseñaron el P2, un robot con mayor estabilidad, mejor diseño y capaz de subir escaleras, caminar, descender y los movimientos automáticos inalámbricos, y por último el P3, un robot más liviano y compacto. Este robot se puede observar en la Figura 2.

⁴ American Honda Motor. Asimo. 2011. Disponible en línea < <http://asimo.honda.com> >

Figura 2. Robot Asimo.



RoboPhilo⁵ es un proyecto en el que se diseña un control para robot humanoide RoboPhilo por medio de un sensor kinect el cual comprende de un sistema de asistencia para discapacitados y trabajadores, este robot captura y replica los movimientos de las extremidades del cuerpo humano para que este sea el encargado de realizar las actividades laborales que sean peligrosas para el ser humano y en caso de las personas discapacitadas, que pueda asistirlos.

El sistema comprende dos modos de trabajo, el primero es imitar los movimientos de las cuatro extremidades del cuerpo humano, para este caso es necesario que el robot esté colgado en un pedestal. El otro sistema de trabajo es por comando de voz, el cual permite al robot desplazarse y maniobrar objetos haciendo uso de la réplica de movimiento de los brazos. Este robot se puede ver en la Figura 3.

⁵ ARAUJO, Vladimir. TIPÁN, Myriam. Control de un robot bípedo humanoide en un espacio 3D mediante el sensor Kinect. Trabajo de grado. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Abril de 2015.

Figura 3. RoboPhilo



El Robovie-M V3⁶ es un kit que está diseñado con un cuerpo en aluminio, construido con servomotores de gran torque para la ejecución de movimientos, una tarjeta controladora Hitachi H8/3687 20 MH y dos giro sensores externos.

Este robot posee un acelerómetro que detecta los movimientos del robot, cuando este cae al suelo, detecta si cayó acostado o de espalda, y dependiendo de eso, el robot es capaz de levantarse recuperando el equilibrio. Además, este acelerómetro con los giros incorporados, permite al robot permanecer balanceados cuando se encuentra en acción.

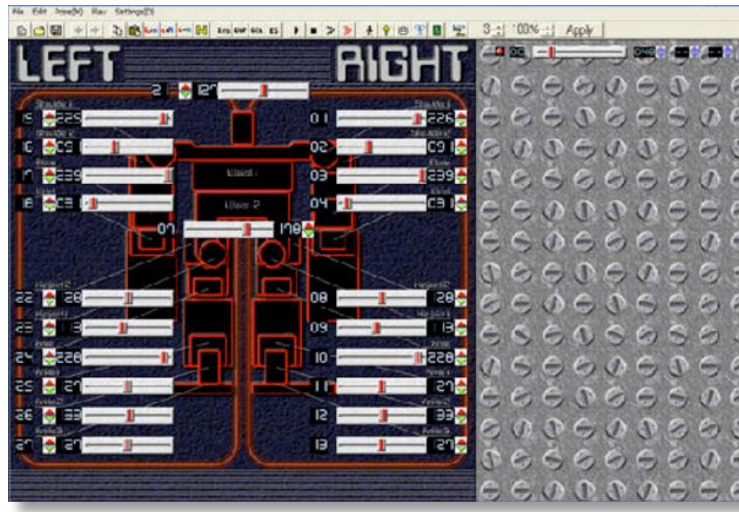
El Robovie-M V3 permite ser programado por el usuario y controlado por medio de un PC o u control remoto. Este robot utiliza un software para el manejo de los servomotores. A continuación, en la Figura 4 se observa el robot y en la Figura 5 el software para los movimientos de los servomotores.

Figura 4. Robovie-M V3.



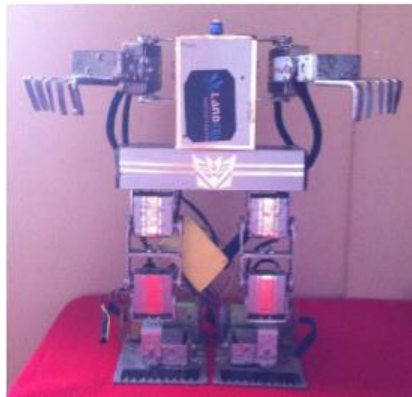
⁶ Roboporium. Robovie-M V3. Disponible en <<http://roboporium.kumotek.com/support/robovie-m-v3.htm>>

Figura 5. Software para el control de servomotores.



Gusqui y Vilema⁷ por medio de su trabajo de grado llevaron a cabo la realización de un robot en forma humanoide que permite avaluar ejercicios de evaluación físico terapeuta, realizando dicha evaluación por intermedio de una cámara y una red de comunicación WIFI. Este robot posee 10 grados de libertad controlados por una tarjeta Torobot, que le permite realizar ejercicios como sentadillas, flexión de piernas y flexión de brazos y hombros; Dichos movimientos fueron programados por una tarjeta Raspberry Pi 2 y utilizando el entorno de desarrollo Python. La captura de las imágenes por medio de la cámara se realizó por una cámara ubicada en la cabeza del robot por medio de comunicación WIFI para que estas sean monitoreadas desde un computador por medio de una interfaz de usuario realizada en Matlab que permite visualizar al paciente de forma remota. El aspecto físico de este robot se ve en la Figura 6.

Figura 6. Robot de Evaluación de movimientos remoto.



⁷ GUSQUI. Luis Fernando, VILEMA. Byron David, Diseño y construcción de un robot para realizar rutinas de ejercicios de fisioterapia. Trabajo de grado. Universidad Nacional De Chimborazo. Ecuador. 2016.

JUSTIFICACIÓN

El desarrollo en los últimos años de la tecnología en el mundo ha cambiado la forma de ver las cosas, ya que todo se encuentra registrado en la nube, también se desarrollan robots capaces de ayudar al ser humano en sus labores, como por ejemplo un robot capaz de hacer aseo en el hogar, transportar cosas, robots que trabajan de meseros, robots de búsqueda, robots antiexplosivos, robots humanoides que hacen acciones de imitar al ser humano, etc. Estos robots son controlados por medio de computadoras que les da órdenes para que ejecuten una acción correspondiente, trabajan por medio de controles remotos o de forma autónoma, pero como el desarrollo de la tecnología ha evolucionado muy rápido, el uso de teléfonos celulares entra en esta área.

El teléfono celular ha sido uno de los cambios más drásticos que se tiene, ya que no solo sirve para llamadas sino también para navegar en internet, por lo tanto, desde un móvil se puede consultar innumerables cantidades de información desde cualquier parte del mundo y tener el registro en una base de datos. La utilidad más grande de los teléfonos celulares es la implementación de aplicaciones móviles, ya que por medio de estas se puede hacer muchas cosas, ya no es necesario ingresar a la web para buscar cuentas bancarias, sino que existen aplicaciones de bancos donde simplemente con ingresar a la aplicación se tiene toda la información necesaria.

Ahora se desarrollan aplicaciones móviles capaces de controlar las luces de un hogar, donde el usuario ingresa a la aplicación y con un simple toque en un botón que se muestra en la pantalla, enciende la luz/apaga.

Debido a estos múltiples cambios de la tecnología tanto de robots, teléfonos celulares y aplicaciones móviles, se observa la necesidad de integrar estas tres cosas en una sola, y así desarrollar una aplicación móvil que controle un robot humanoide el cual sea capaz de imitar la marcha de una persona, baile, movimientos; este comando se envía desde el teléfono celular de forma inalámbrica por medio de Wi-Fi y así el robot recibe la información y ejecuta el comando enviado por el móvil. Por medio de la integración entre robots y teléfonos inteligentes se busca realizar futuros análisis sobre la marcha de un robot, permitiendo encontrar datos que faciliten las mejoras continuas en la implementación de robótica móvil en el entorno social.

OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una aplicación móvil en sistemas operativos IOS y Android para el control de robots humanoides Paco y Hugo de la UPB por medio de dispositivos móviles.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un software para comunicar el robot humanoide con el microcontrolador y el dispositivo móvil.
- Diseñar la aplicación de control en sistemas operativos de dispositivos móviles con una interfaz gráfica amigable con el usuario.
- Controlar los movimientos del robot humanoide usando la aplicación de control.

MARCO TEÓRICO

1.3 SERVOMOTORES

Los robots Hugo y Paco ya cuentan con los actuadores que son los servomotores, los servomotores de Hugo y Paco son de engranaje metálico, el cual permite mantener los movimientos del robot firmes.

El Robot Hugo cuenta con servomotores análogos, lo cual tiene niveles de error de un 3%, el robot Paco es la versión mejorada de Hugo, lo cual este humanoide cuenta con servomotores digitales.

Anteriormente se realizó un estudio de los servomotores de alto torque que se encuentran en el mercado. En la Tabla 2 se puede observar el listado de los servomotores en el mercado.

Tabla 2 .Servomotores en el mercado.

REFERENCIA	TORQUE oz (Kg-cm)	VELOCIDAD sec/60°	VOLTAJE	PESO oz (g)	Precio (Dólares)
Futaba S5050	263.7	0.20	6.0	4.5	89.99
Futaba S9151	131.9	0.19	4.8	1.8	89.99
Futaba S9152	278	0.19	6.0	3.0	109.99
Futaba S9153	208	0.15	6.0	3.0	99.99
Futaba S9155	192	0.13	6.0	2.1	109.99
Futaba S9255	112	0.17	4.8	1.9	109.99
Futaba S9350	138.8	0.12	6.0	2.1	99.99
Futaba S9351	192	0.13	6.0	2.0	109.99
HCAM0308 CS-150	193 (14)	0.21	6.0	1.89 (54)	39.99
HCAM0316 CS-170	333 (24)	0.15	6.0	2.2 (62)	89.99
Futaba S3305	124 (8.9)	0.20	6.0	1.64 (46.5)	34.99
Hobbico CS-150	193 (13.89)	0.21	6.0	1.89 (53.5)	39.99
Hobbico CS-160	131(9.43)	0.14	6.0	2.11 (59.8)	42.79
Futaba S3802	153 (11.0)	0.56	6.0	2.6 (73)	49.99
Futaba S9451	121 (8.7)	0.10	6.0	2 (57)	79.99
HS-5955TG	333	0.15	6.0	2.18	114.99
HS-5645MG	168	0.15	6.0	2	54.99
HSR-8498HB	102 (7.4)	0.2	6.0	1.94 (55)	72.99
HS-645MG	133	0.2	6.0	1.94	39.99

Según el trabajo anterior, se escogió el servomotor Hobbico CS-160 para Paco, que presenta un rendimiento de 9.43 Kg/cm de torque con engrane metálico tal como se muestra Figura 7.

Figura 7 .Engranaje servomotor.



1.4 TARJETA CONTROLADORA MINI MAESTRO 18

El Mini Maestro de 18⁸ canales, soporta tres métodos de control: USB para la conexión directa a una computadora, TTL para uso con sistemas embebidos, Scripting interno para aplicaciones autónomas y sin controlador. Los canales para esta tarjeta se pueden configurar como salidas de servomotores, salidas analógicas o digitales. Los servomotores muy precisos puede tener hasta una resolución de menor a 200 ns lo que hace que se adecuado para aplicaciones como la robótica, además posee control para la aceleración y velocidad para cada canal de la tarjeta controladora lo que permite movimientos rápidos y suaves al momento de la ejecución, también posee frecuencia de configuración entre 1 a 333 Hz y puede generar una amplia gama de impulsos lo que permite una máxima capacidad de respuesta y rango de los servomotores modernos. Esta tarjeta se puede observar en la Figura 8.

Figura 8 .Mini Maestro 18.



⁸ Mini Maestro 18. Pololu Robotic & Electronics, 2001 a 2017 Disponible en < <https://www.pololu.com/product/1354> >

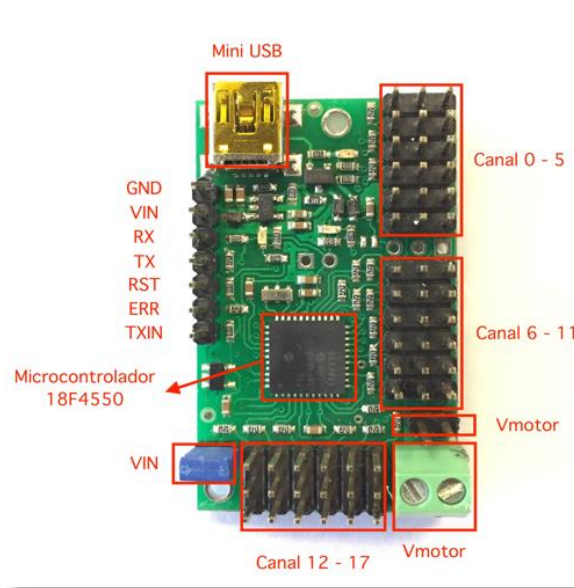
Inicialmente fueron denominados ROA, por sus siglas en inglés “*Remotely Piloted Aircraft*” (Aeronave Piloteada Remotamente). Sin embargo, en la actualidad se utilizan los términos UAV (“*Unmanned Aerial Vehicle*”, Vehículo Aéreo No Tripulado) o UAS (“*Unmanned Aircraft System*”, Sistema de Vuelo No Tripulado).

Tabla 3. Características Mini Maestro 18.

Características Principales
Resolución de anchura de pulso de salida de 0,25 μ s (corresponde aproximadamente a 0,025 ° para un servo típico, que está más allá de lo que el servo podría resolver)
Tres métodos de control: USB, TTL (5V) en serie y secuencias de comandos internas
Frecuencia de pulso configurable de 1 a 333 Hz
Amplio rango de pulsos de 64 a 4080 μ s
Control individual de velocidad y aceleración para cada canal
Los canales se pueden configurar opcionalmente para ir a una posición especificada o apagarse al inicio o error
Las funciones de canales alternativos permiten utilizar los canales como: Salidas digitales de propósito general (0 ó 5 v)
Entradas analógicas o digitales (los canales 0 - 11 pueden ser entradas analógicas, los canales 12+ pueden ser entradas digitales)
Un canal puede ser una salida PWM con una frecuencia de 2,93 kHz a 12 MHz y hasta 10 bits de resolución

En la Figura 9 se puede observar las partes que posee la tarjeta controladora de servomotores Mini Maestro 18.

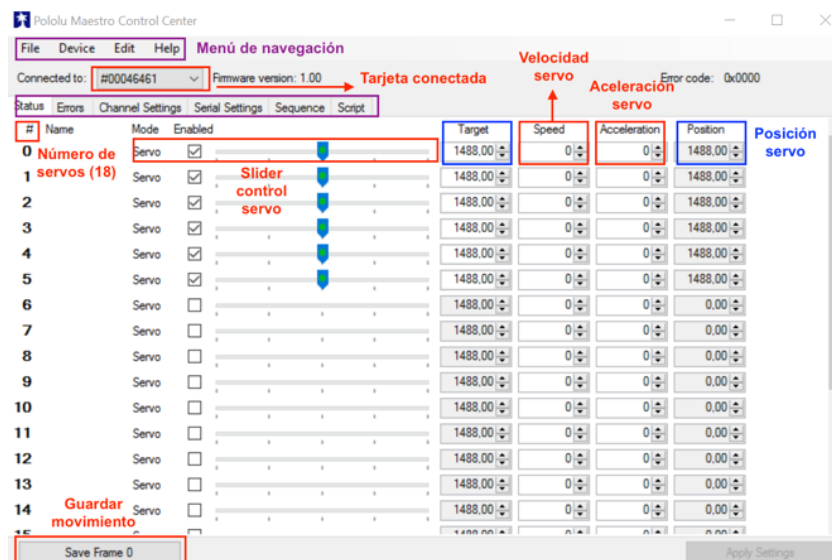
Figura 9. Partes Mini Maestro 18.



1.5 SOFTWARE MINI MAESTRO 18

Es un software que permite comunicar la tarjeta Mini Maestro 18 para darle control a los servomotores, la cual posee algunas características interesantes como se pueden ver en la Figura 10.

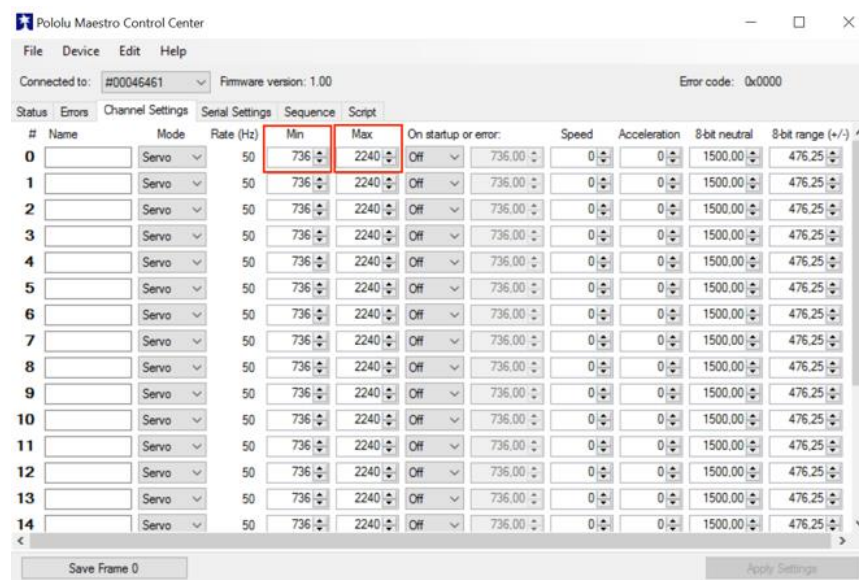
Figura 10. Software Mini Maestro 18.



En el cuadro de color azul (Posición servo), es el valor obtenido en ese momento para el servomotor, se puede decir que el “1488” es el “cero (centro)” del servo, este valor se modificó anteriormente, ya que, con los parámetros establecidos originalmente, el servo solo alcanzaba movimientos en grados de 45 hasta 135.

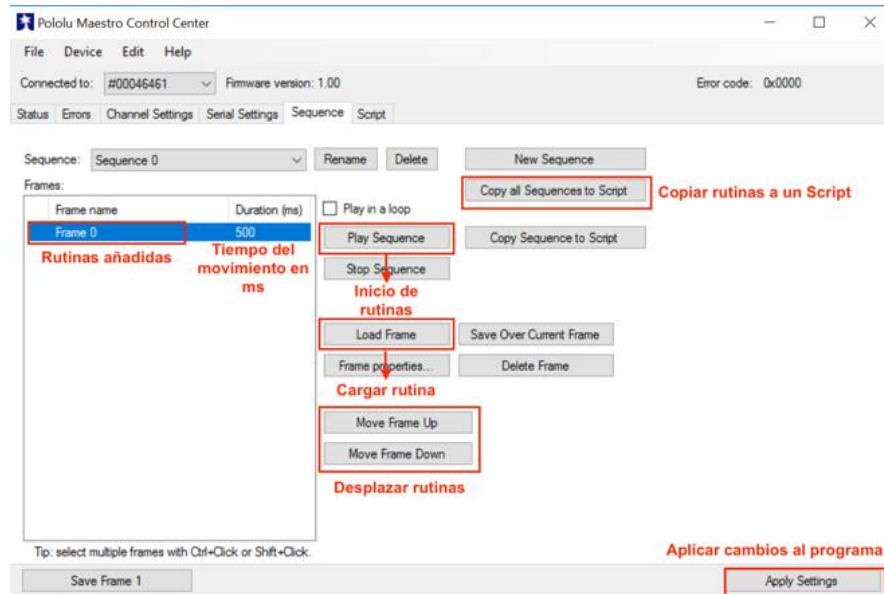
En la Figura 11 se puede observar la configuración de los parámetros para el movimiento de los servomotores, este se ajustó manualmente observando que el servo hiciera el recorrido adecuado de -90° a 90° o en su defecto de 0° a 180° .

Figura 11. Configuración de parámetros.



En la Figura 12 se puede observar la ventana que contiene las rutinas que se van añadiendo para el movimiento de los servomotores. Allí, se puede iniciar una secuencia de movimientos, dejarlo en un bucle infinito, cargar un movimiento a la vez, desplazar la posición de cada movimiento, convertir esas rutinas en un Script entre otros detalles.

Figura 12. Rutinas de los servomotores.



1.6 NODEMCU 8266⁹

Es un kit de desarrollo de código abierto basado en el chip ESP8266 que utiliza el lenguaje de programación LUA para crear un ambiente de desarrollo propicio para aplicaciones que requiera conectividad WiFi de manera rápida.

ESP8266EX ofrece una solución de red WiFi completa y autónoma; Se puede utilizar para alojar la aplicación o para descargar funciones de red WiFi de otro procesador de aplicaciones. Este módulo posee un firmware el cual debe ser actualizado para su correcto funcionamiento, esto se hace por medio de un software. En la Figura 13 se puede observar el módulo a utilizar.

⁹ Espressif Systems IOT Team. ESP8266EX Datasheet. Version 4.3. 2015. Disponible en línea: < <http://download.arduino.org/products/UNOWIFI/0A-ESP8266-Datasheet-EN-v4.3.pdf>>

Figura 13. NodeMCU 8266.

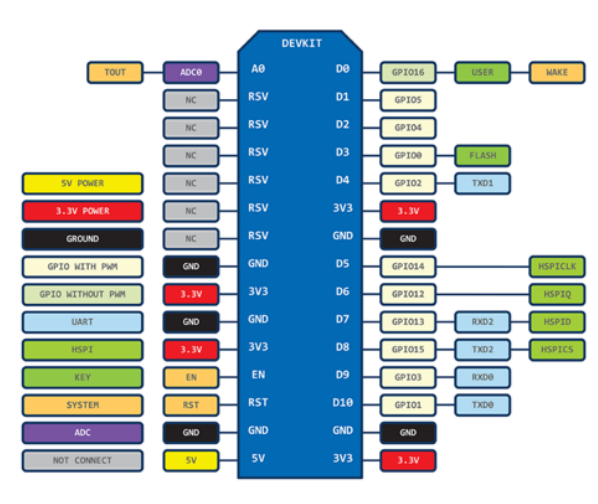


Este microcontrolador también puede ser programado en Arduino y con comandos AT. Algunos de estos comandos se muestran a continuación:

- AT Comprobar que hay comunicación
- AT+CIOBAUD=9600 Cambiar la comunicación
- AT+GMR ver versión
- AT+CWMODE? ver el modo
- AT+CWMODE=3 cambiar el modo
- AT+CWLAP ver redes wifi
- AT+CWJAP="nombre de red","contraseña"
- AT+CIPMUX=1 múltiples usuarios
- AT+CIPSERVER=1,80
- AT+CWSAP="nom","pas123456",3,0 crea red WiFi

En la Figura 14 se puede observar los pines del módulo NodeMcu 8266.

Figura 14. Pines de NodeMCU 8266.



1.7 TARJETA ELECTRÓNICA DE IMPLEMENTACIÓN

Esta tarjeta fue diseñada para integrar los diferentes módulos a utilizar para los robots Paco y Hugo, esta tarjeta posee el zócalo para el microcontrolador NodeMcu 8266, sensor ultrasónico, Módulo Bluetooth HC-06 (opcional), pines para TX y RX. Además, posee 4 leds que pueden ser utilizados a conveniencia del usuario. En la Figura 15 y Figura 16 se puede observar el diseño que se realizó para la tarjeta electrónica de los componentes a utilizar.

Figura 15. Tarjeta electrónica capa de abajo.

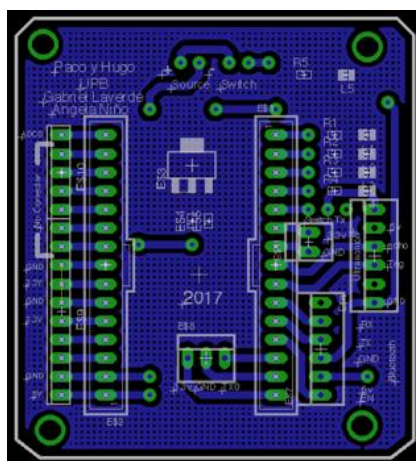
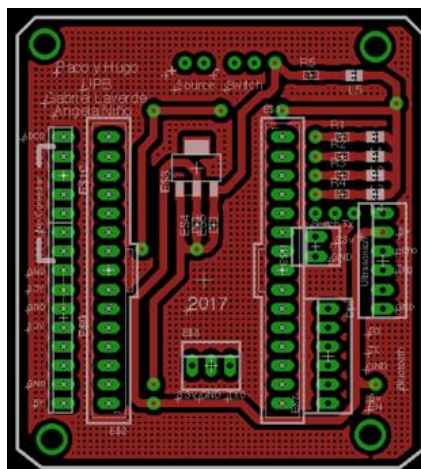


Figura 16. Tarjeta electrónica capa de arriba.



1.8 SENSOR ULTRASÓNICO SRF05

Los sensores ultrasónicos permiten medir distancias de objetos por medio de una onda de ultrasonido el cual viaja por el medio hasta detectar el objeto, al momento

de percibir el objeto, esta onda se devuelve y es detectada por el sensor, por lo tanto, lo que demora en ir y volver la onda es la distancia que hay entre el sensor y el objeto.

Tabla 4. Características sensor ultrasonido¹⁰.

Características	
Voltaje	5v
Corriente	30mA a 50mA
Frecuencia	40 KHZ
Rango mínimo	3cm
Rango máximo	4m
Pulso mínimo en Trigger	10us
Pulso Echo	Señal positiva TTL

En la Figura 17 se puede observar el sensor de ultrasonido utilizado para el robot.

Figura 17. Sensor de Ultrasonido SRF05.



El sensor de ultrasonido SRF05¹¹ funciona emitiendo pulso de sonidos inaudibles para el oído humano, estos pulsos viajan a la velocidad del sonido hasta encontrar un obstáculo que este a menos de 4m, al momento de chocar, el sonido es reflejado y captado por el receptor del sensor.

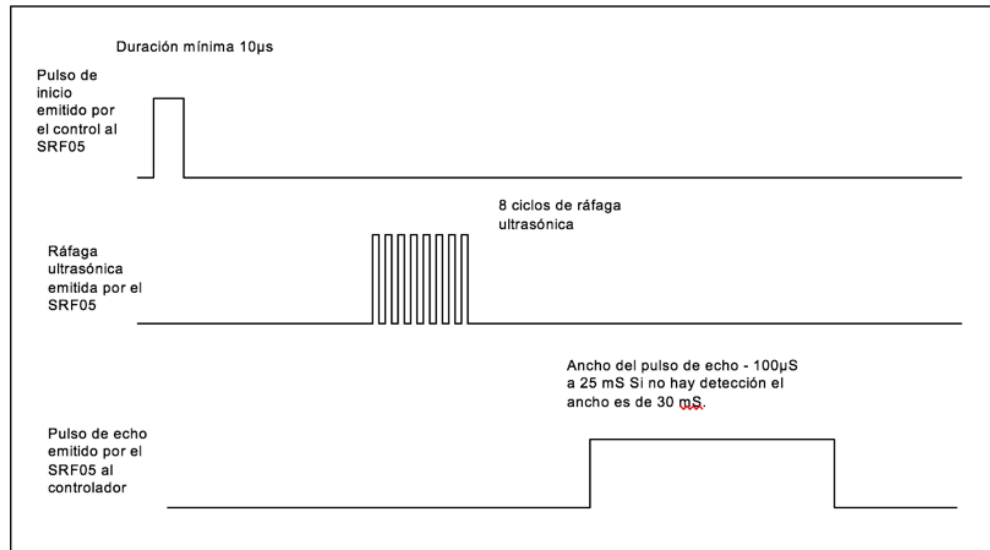
Gracias al controlador interno del sensor, se envían ondas de sonido esperando un eco que es la onda reflejada al contacto con algún obstáculo, el ancho de pulso máximo para el sensor es de 30ms, lo que significa que no se encuentra obstáculo, en la Figura 18¹².

¹⁰ Devantech SRF05 Ultrasonic Range Finder, Parallax inc. Rocklin California 95765, USA. Disponible en línea <<http://faculty.kfupm.edu.sa/COE/masud/RichText/R93-SRF04p%20UltraSonic.pdf>>

¹¹ HOJA TECNICA: Medidor ultrasónico SRF05. Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. España. Disponible en línea < http://riobotics-test.weebly.com/uploads/9/3/0/9/9309609/medidor_ultrasonico_srf05.pdf >

¹² Desarrollo de un robot humanoide con control de movimientos y posición por medio de una pocket pc comunicada vía bluetooth. García Miguel, Gutiérrez Jaime, Rodríguez Julián. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electrónico. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2008, pag 44.

Figura 18. Gráfica onda de sonido emitida por el sensor SRF05.¹³



1.9 APLICACIÓN MÓVIL

Para poder controlar el Robot Paco Y Hugo se va a desarrollar una aplicación móvil para IOS y otra para Android, el control se realiza por medio de Wi-Fi, donde la aplicación va a conectarse a una red creada por el módulo Wi-Fi ESP 8266 del módulo NodeMcu 8266, esta aplicación tendrá switches para que el robot ejecute diferentes tareas, como; caminar, bailar, hacer ejercicio entre otras. Para lograr esto, es necesario saber en que software se van a desarrollar cada una de estas aplicaciones.

1.9.1 Xcode¹⁴

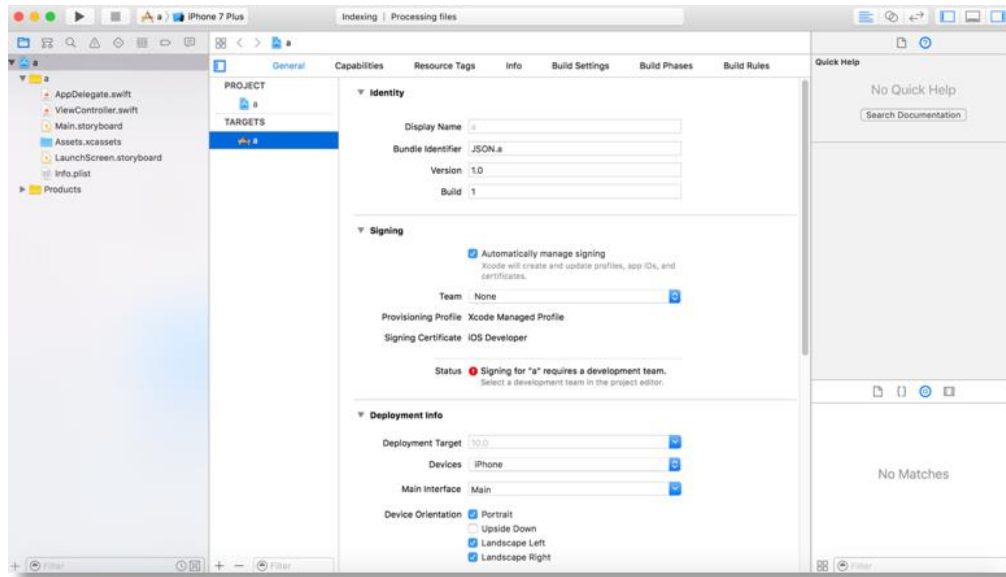
Xcode es el entorno de desarrollo de Apple que trabaja de manera conjunta con interface Builder (herramientas gráficas para crear interfaces de usuario), este software utiliza lenguajes como Objective C y Swift. Objective C es un lenguaje que se remplazó por Swift el cual incorpora mejoramiento y rendimiento en el desarrollo de una aplicación.

En la Figura 19 se puede observar el entorno de desarrollo de Xcode. Allí posee un espacio donde se implementa el código de programación, y otro espacio donde se crea la interfaz gráfica de la aplicación móvil.

¹³ HOJA TECNICA: Medidor ultrasónico SRF05. Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. España. Disponible en línea < http://riobotics-test.weebly.com/uploads/9/3/0/9/9309609/medidor_ultrasonico_srf05.pdf >

¹⁴ Apple. Unites States. Disponoble en línea: <<http://www.apple.com/us/search/xcode?src=globalnav>>

Figura 19. Entorno de Xcode.

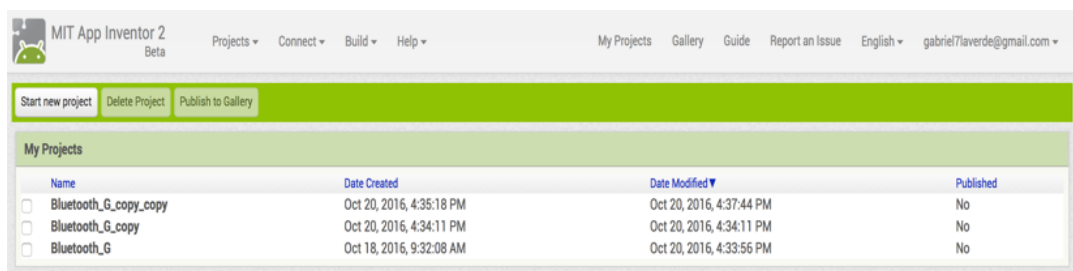


1.9.2 App Inventor¹⁵

App inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la creación de aplicaciones en sistema operativo Android. Este entorno se trabaja de forma visual con herramientas de bloques para la creación de aplicaciones. Debido a la gran simplicidad que posee, genera un incremento en el desarrollo de aplicaciones.

El editor de bloques de la plataforma utiliza la librería *Open Block* de java para crear un lenguaje visual por medio de bloques, las librerías son proporcionadas por *Massachusetts Institute of Technology* de Madrid bajo la licencia libre. En la Figura 20, Figura 21 y Figura 22 se puede observar la apariencia de App Inventor.

Figura 20. Programas creados en App Inventor.



¹⁵ MIT App Inventor, Massachusetts Institute of Technology, 2012 – 2015. Disponible en línea: < <http://appinventor.mit.edu/explore/>>

Figura 21. Ventana principal para el desarrollo de aplicaciones.

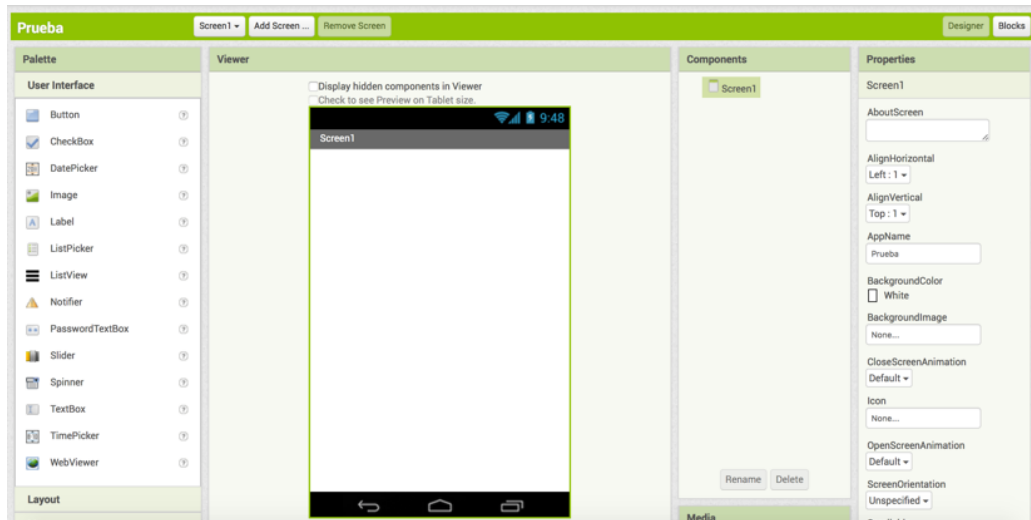
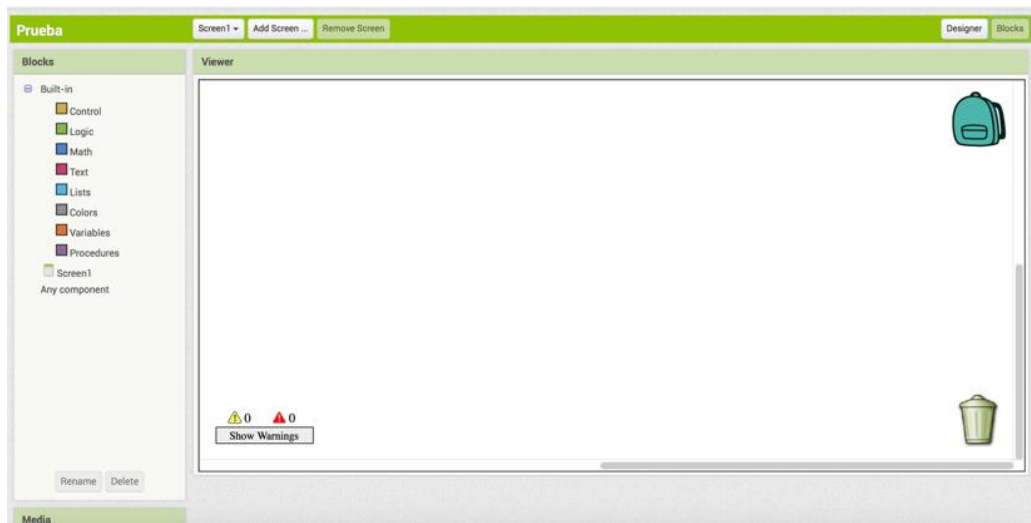


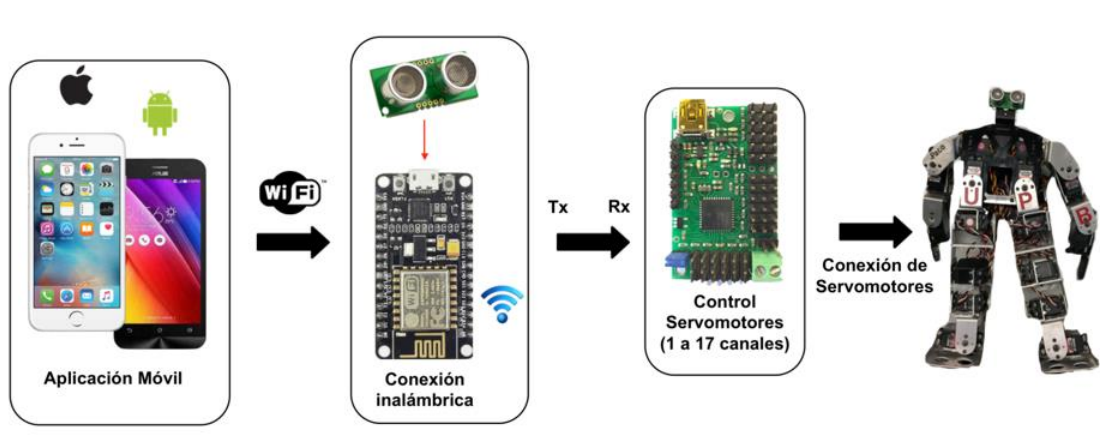
Figura 22. Programación en bloques



ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA

El sistema implementado para el control del robot humanoide se basa en 3 bloques fundamentales, cuya estructura general se presenta en la Figura 23.

Figura 23. Diagrama de bloques de la estructura general del sistema.



1.10 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN IOS

El móvil se debe conectar a un red WiFi específica el cual es creada por el Microcontrolador NodeMCU 8266, para este caso se llama "Red PYH", al momento de la conexión este requiere la contraseña para poder establecerla, el cual se especifica como "123456789", esto se puede apreciar en la Figura 24, Figura 25 y

Figura 26.

Figura 24. Red WiFi.



Figura 25. Contraseña requerida.

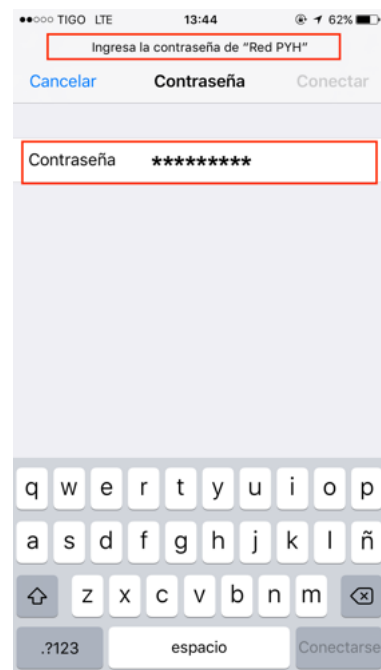


Figura 26. Conexión WiFi establecida correctamente.



1.10.1 Conexión a la web por medio de una aplicación

Para poder ingresar a la web por medio de una aplicación móvil, es necesario seguir unos comandos en Xcode con el lenguaje Swift versión 3.

Inicialmente se crea una interfaz gráfica sencilla que debe tener un “webview¹⁶”, es allí donde se va a mostrar la página o la URL. En la ventana “ViewController.swift” (donde se programa), debe estar declarado dicha webview (nombre a gusto del programador, para este caso fue “WwbView”), a continuación, se procede a escribir el código mostrado en la Figura 27.

Figura 27. Comando para ingresar a la web.

```
let ipurl = URL(string: "http://upb.edu.co")
let ipurlRequest = URLRequest(url: ipurl!)
WwbView.loadRequest(ipurlRequest)
```

El código anterior muestra una variable declarada “ipurl” que tiene como valor la URL cargada, se declara otra variable que corresponde al requerimiento de la URL,

¹⁶ Apple inc. Webview, 2017. Disponible en línea < <https://developer.apple.com/reference/webkit/webview> >

por último, se carga este requerimiento a la Wwbview en donde se va a mostrar la página web acoplada a la URL escrita. En la Figura 28 se puede observar el ejemplo descrito anteriormente.

Figura 28. Prueba de página web.



1.10.2 Aplicación móvil.

Para el envío de los movimientos se utiliza la aplicación que se creó para el dispositivo móvil en Android y iOS, donde hay diferentes botones que ejecutan una acción o rutina programada. En esta aplicación hay tres pantallas diferentes, en la primera se encuentra la portada del proyecto e información de las personas que lo desarrollaron. Una segunda pantalla donde se encuentra los movimientos programados para el robot humanoide, adicionalmente una pantalla donde el usuario puede ver la distribución de los motores para el robot humanoide. Por último, se tiene una ventana donde hay fotos del proyecto y del robot.

En la Figura 29 se puede detallar la primera pantalla de la aplicación creada para el sistema operativo iOS, allí se puede ver los nombres de las personas que lo desarrollaron y por quien fue dirigido.

Figura 29. Primera pantalla aplicación móvil.



En la segunda pantalla de la

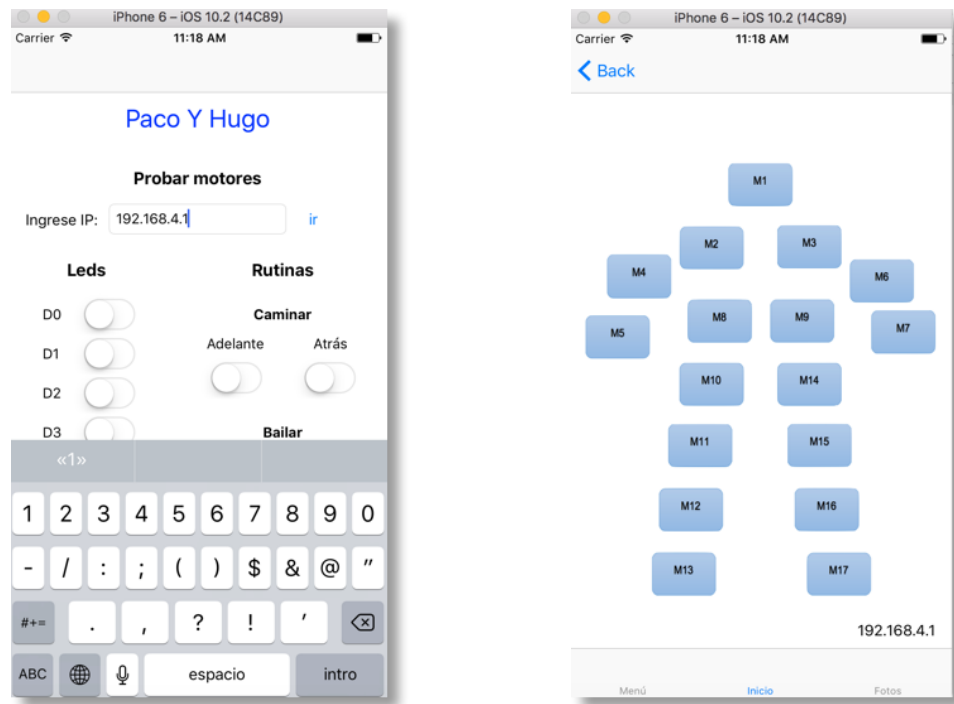
Figura 30 se puede observar algunos switch que tienen determinado la rutina de movimiento el cual el robot va a ejecutar como, por ejemplo: caminar, bailar, ejercicio.

Adicionalmente se agregan 4 switch más para encender y apagar los leds correspondientes de la tarjeta electrónica, esto sirve para determinar si la comunicación WIFI sigue estable. Por último, se observa una casilla donde el usuario debe ingresar la IP a la cual está conectado, al ingresar, se muestra una pantalla adicional donde se ve la distribución de los servomotores, esta pantalla se puede observar en la Figura 31.

Figura 30. Pantalla de comando de movimientos.



Figura 31. Pantalla adicional.



Para terminar con la aplicación, se tienen la pantalla final donde se muestran fotos del robot (ver Figura 32).

Figura 32. Pantalla de fotos.



1.11 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ANDROID

Para el desarrollo de la aplicación Android al igual que para la aplicación IOS, el móvil se debe conectar a un rad WiFi específica el cual es creada por el Microcontrolador NodeMCU 8266, para este caso se llama “Red PYH”, al momento de la conexión este requiere la contraseña para poder establecerla, la cual se especifica como “123456789”, esto se pude apreciar en la Figura 33.

Figura 33. Red WiFi para Andriod.



1.11.1 Conexión a la web por medio de una aplicación

Para poder ingresar a la web por medio de una aplicación móvil, es necesario seguir los pasos que se presentan a continuación.

Inicialmente se crea una interfaz gráfica sencilla que debe tener un “*WebView*” como se muestra en la Figura 34 que permite el acceso a la web en la aplicación.

Mediante bloques de programación se realiza el código para dirigirse a cualquier URL requerida como se muestra en la Figura 35, en donde se ejecuta el comando al hacer click en un botón llamado Facebook que se dirigirá a la URL pre establecida.

Figura 34. Bloque WebView

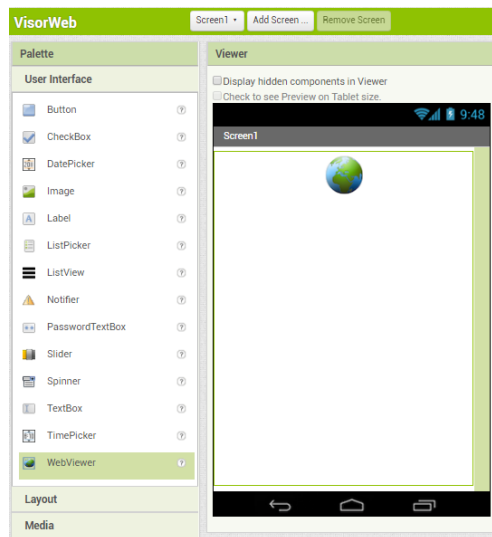
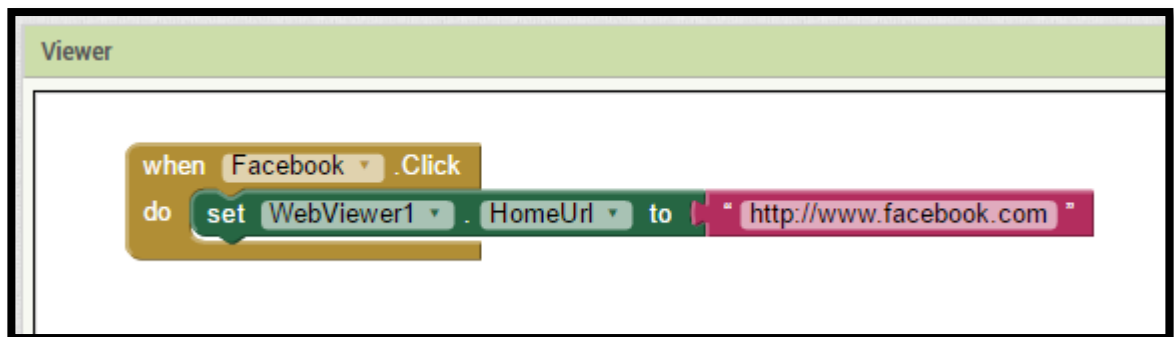


Figura 35. Bloque de programación WebView



1.11.1 Aplicación móvil.

Para el envío de los movimientos se utiliza la aplicación que se creó para el dispositivo móvil en Android y iOS, donde hay diferentes botones que ejecutan una acción o rutina programada. En esta aplicación hay dos pantallas diferentes, en la primera se encuentra la portada del proyecto e información de las personas que lo desarrollaron y una segunda pantalla donde se encuentra los movimientos programados para el robot humanoide.

En la Figura 36Figura 29 se puede detallar la pantalla de información de la aplicación creada para el sistema operativo Android, allí se puede ver los nombres de las personas que lo desarrollaron y por quien fue dirigido, así como una imagen de uno de los robots humanoides.

Figura 36. Pantalla principal



En la pantalla menú que se muestra en la Figura 37 se puede observar algunos botones que tienen programada cada una de las rutinas que realiza el robot como, por ejemplo: caminar, bailar, y hacer ejercicio.

Adicionalmente se agregan 4 botones para encender y apagar los leds correspondientes de la tarjeta electrónica, esto sirve para determinar si la comunicación WIFI sigue estable.

Figura 37. Pantalla menú

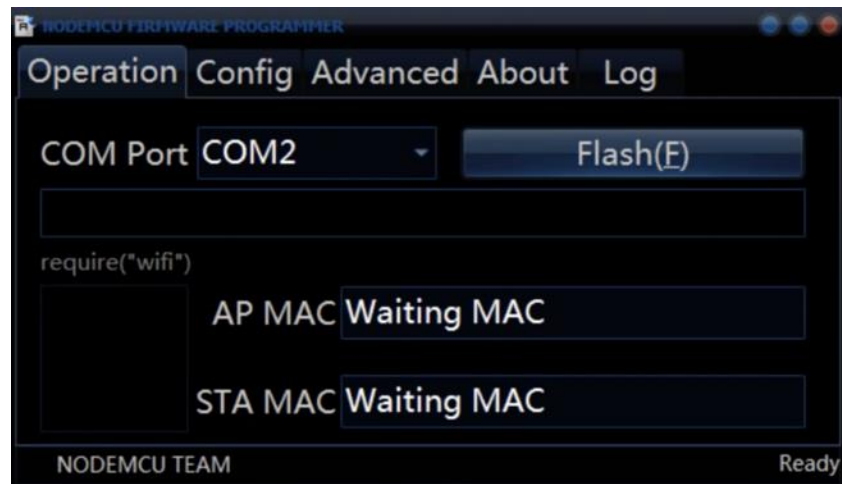


MICROCONTROLADOR NODEMCU 8266

1.12 FLASHEO

El Microcontrolador internamente contiene un firmware que debe ser actualizado para que la placa funcione correctamente, para esto es necesario utilizar el programa “NODEMCU FIRMWARE PROGRAMMER” para realizar un flasheo. En la Figura 38 se puede observar el programa.

Figura 38. Programa para flasheo.



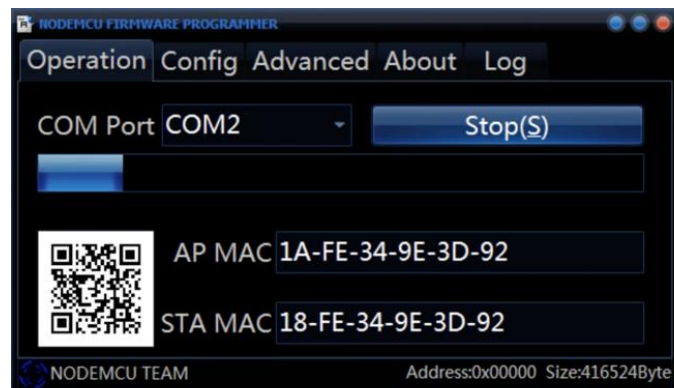
Una vez conectado el Microcontrolador al PC, se procede a seleccionar el puerto y configurar un parámetro para poder cargar el archivo de flasheo. Ver Figura 39.

Figura 39. Cargar archivo de flasheo.



Después de este proceso, se inicia el flasheo. Ver Figura 40.

Figura 40. Flasheo en proceso.



Al terminar el proceso, simplemente se desconecta el Microcontrolador.

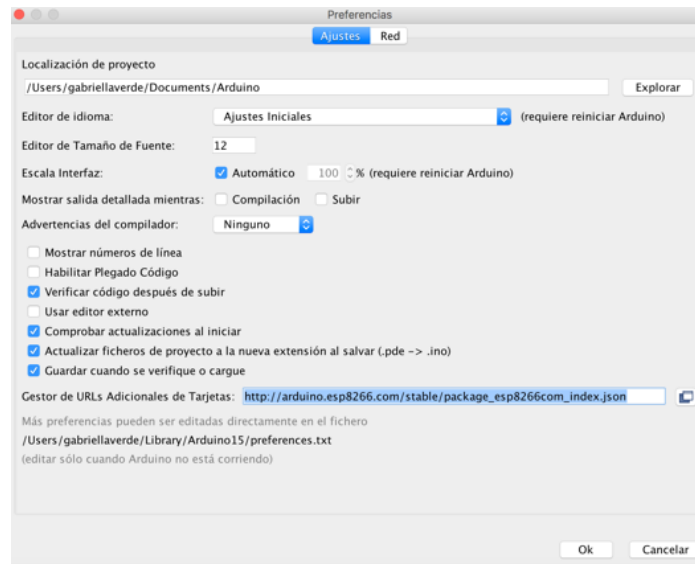
1.13 CARGAR LIBRERÍAS A ARDUINO¹⁷

En el programa Arduino es necesario cargar la librería adecuada del Microcontrolador para esto se debe pegar el siguiente link "http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json" en la ruta:

¹⁷ Arduino, 2017, Disponible en: <<https://www.arduino.cc>>

Archivo > Preferencias, En la lista de URLs de placas adicionales, se agrega el link. Esto se puede detallar en la Figura 41.

Figura 41. Link para el módulo 8266.



Una vez terminado este proceso se debe incluir la librería del módulo NodeMCU 8266, en la ruta mostrada de la Figura 42.

Figura 42. Incluir librería NodeMCU 8266.



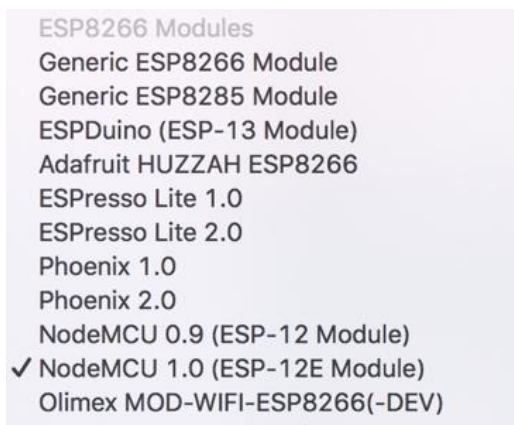
En el buscador de la ventana de librerías se escribe “esp8266” y se instala la que se muestra en la Figura 43.

Figura 43. Librería de esp8266.



Una vez realizado este proceso, el siguiente paso es buscar en las placas de Arduino la correspondiente para el Microcontrolador que es “NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module)”. Ver Figura 44.

Figura 44. Placa NodeMCU 8266.



Finalizado el proceso de selección de placa y del puerto correspondiente donde está el Microcontrolador, ya se puede programar sin problemas.

1.14 CREAR RED WIFI

En este microcontrolador se crea la red WiFi siguiendo unos comandos específicos, como lo es SSID, esto es (Identificador de Conjunto de Servicios) es el nombre que identifica la red inalámbrica el código consiste en 32 caracteres como máximo. En la Figura 45 se puede observar los parámetros de configuración para la red.

El `WiFiServer Server(80)`, es el número de puerto predeterminado para el HTTP.

Figura 45. Nombre de Red y contraseña.

```
const char* ssid = "Red PYH";  
const char* password = "123456789";  
WiFiServer server(80);
```

Cómo se puede apreciar en la figura anterior, se crea el nombre de la red y la contraseña que va requerir ingresar el usuario al momento de querer conectarse a la red “Red PYH”.

Para poder utilizar estos comandos, es necesario el uso de algunas librerías ya establecidas para Arduino, los cuales son las que se muestran en la Figura 46.

Figura 46. Librerías de Arduino para crear la Red WiFi.

```
#include <ESP8266WiFi.h>  
#include <WiFiClient.h>  
#include <ESP8266WebServer.h>
```

Donde básicamente se incluye la librería del módulo WiFi y la librería WiFiClient ya que se crea una red en modo cliente.

En la Figura 47 se observa el comando para establecer la red WiFi modo AP y estación, esto sirve para enlazar un dispositivo wifi contra otro que funcione en modo “punto de acceso”.

Figura 47. Establecer red WiFi modo AP y estación.

```
WiFi.mode(WIFI_AP_STA);
```

En la Figura 48 se puede observar el comando para poder establecer la red WiFi y contraseña, con esto, la red ya puede ser visualizada en dispositivos electrónicos con tecnología WiFi.

Figura 48. Establecer WiFi con contraseña.

```
WiFi.softAP(ssid, password);
```

Esta red creada se puede observar en la Figura 24, Figura 25 y

Figura 26.

En la Figura 49 se puede observar el comando para visualizar la dirección IP del dispositivo WiFi del Microcontrolador, que para este caso es “192.168.41.1”.

Figura 49. Mostrar dirección IP.

```
Serial.print(WiFi.softAPIP());
```

Por último, se inicia el servidor con el comando mostrado en la Figura 50.

Figura 50. Inicio del servidor.

```
server.begin();
```

Una vez establecido los comandos, se procede a programar el código en el Microcontrolador donde se puede observar en el monitor serial lo mostrado en la Figura 51.

Figura 51. Monitor serial Arduino, red WiFi.

```
Conectando a: Red PYH  
Conectado, dirección IP: http://192.168.4.1/  
Servidor listo para recibir datos
```

1.15 PRUEBA DE ENCENDIDO DE UN LED POR WEB.

Ahora se realiza una prueba de encender un Led por medio del navegador Web utilizando la dirección IP del módulo WiFi del Microcontrolador. Se procede a crear una variable tipo *String* que se llama “*readString*” y definir el pin del Led que para este caso es “int led2 = D1;”.

```
String readString;
```

En el void setup() se procede a declarar el pin del Led como salida.

```
pinMode(led2, OUTPUT);
```

En el void loop() se procede a realizar lo que se muestra en la Figura 52.

Figura 52. Void loop para encender un Led por Web.

```
void loop()
{
  // Crear un cliente de Conexión
  WiFiClient client = server.available();
  if (client)
  {
    while (client.connected())
    {
      if(client.available())
      {
        Serial.println("Connected to client");
        char c = client.read();
        if(readString.length()<100) // Almacena caracteres en String
        {
          readString += c;
        }
        if(c=='\n') // Si HTTP a terminado
        {
          if(readString.indexOf("?1")>0) // ¿Está para activar?
          {
            Serial.println("LED off");
            digitalWrite(led2, LOW); //Led Off
          }
          if(readString.indexOf("?2")>0)
          {
            Serial.println("LED on");
            digitalWrite(led2, HIGH); //Led On
          }
          readString=""; // Vaciar String para la próxima lectura
        }
      }
    }
  }
}
```

Básicamente el código muestra que el cliente está habilitado por el servidor creado; mientras halla conexión del cliente se almacena el dato que envía el usuario en una variable tipo *char* llamada “c”, posteriormente la variable *String* creada anteriormente va almacenar menos de 100 caracteres donde esta nueva variable se sumar con “c”, por último, el cliente debe cerrar el comando enviado con un “/n”, por lo tanto si se quiere encender el Led desde la Web, es necesario escribir lo siguiente en el navegador:

“http://192.168.4.1/?2/n”

Esta cadena de caracteres enciende el Led, si se escribe “http://192.168.4.1/?1/n” el Led se apaga.

Este ejemplo se puede observar en la Figura 53 y Figura 54.

Figura 53. Led On por Web.

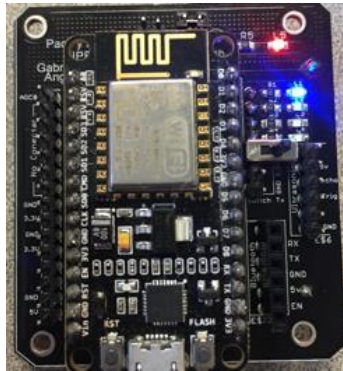
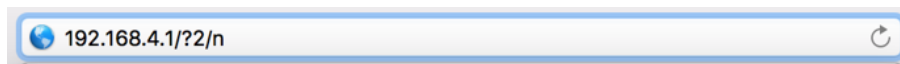
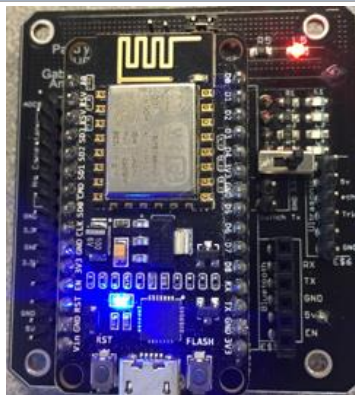
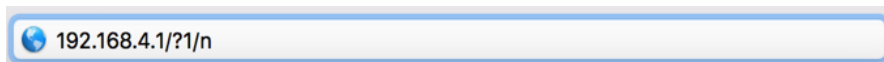


Figura 54. Led Off por Web.



El Led está conectado por un negador a un Led del Microcontrolador, por eso se invierte al momento de encender el de la tarjeta.

1.16 MOVIMIENTO DE UN SERVOMOTOR¹⁸

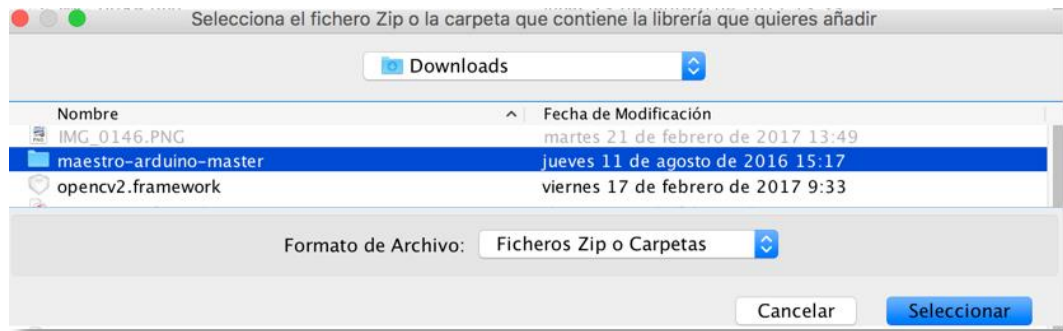
Para el movimiento de un servomotor en la tarjeta Mini Maestro 18, es necesario una librería específica en Arduino. La librería debe ser descargada de internet, esta tiene como nombre “maestro-arduino-master”. En la Figura 55y Figura 56 se puede observar los pasos para agregarla.

Figura 55. Añadir librería para tarjeta Mini Maestro 18.

¹⁸ Pololu Robotics & Electronics, 2001 a 2017. Pololu Corporation. Disponible en: <<https://www.pololu.com/product/1354>>



Figura 56. Librería Mini Maestro 18.



Terminado el proceso, es necesario incluir la librería en el código de programación como se muestra a continuación:

```
#include <PololuMaestro.h>
```

Se declara la comunicación del maestro por el cual se envían los datos:

```
MiniMaestro maestro(Serial1);
```

Se establece la velocidad por la cual es transmitida los datos:

```
Serial1.begin(9600);
```

Ahora se procede a establecer el canal por el cual llega el dato (ver Figura 57¹⁹). Esta tarjeta establece valores entre 1ms y 2ms, que para Arduino se especifica en valores de 4000 y 8000, donde 1500us equivale a un valor de 6000, dicho de otra manera:

$$1_{ms} = 1000_{us} = 4000 \text{ en Arduino}$$

$$1.5_{ms} = 1500_{us} = 6000 \text{ en Arduino}$$

¹⁹ Librería Arduino. Disponible en ejemplos IDE Arduino.

$$2_{ms} = 2000_{us} = 8000 \text{ en Arduino}$$

Figura 57. Valores para mover el servomotor.

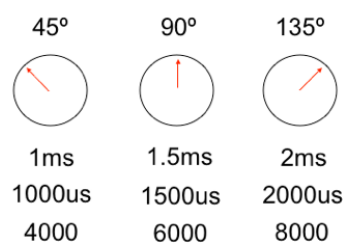
```
// Establezca el objetivo del canal 0 a 1500 y espere 2 segundos.
maestro.setTarget(0, 4000);
delay(2000);

// Establezca el objetivo del canal 0 a 1750 us, y espere 2 segundos.
maestro.setTarget(0, 6000);
delay(2000);

// Establezca el destino del canal 0 a 1250 us y espere 2 segundos.
maestro.setTarget(0, 8000);
delay(2000);
```

Una vez programado el Microcontrolador y conectando el Tx del micro al Rx de la tarjeta Mini Maestro 18, el movimiento del servomotor es el mostrado en la Figura 58.

Figura 58. Movimiento del servomotor.



TARJETA ELECTRÓNICA

La tarjeta electrónica se diseña para la incorporación del Microcontrolador NodeMCU 8266, un módulo Bluetooth (opcional), Leds programables por el usuario, conector de alimentación, un Switch de encendido y apagado, sensor ultrasónico y pines extras para otras conexiones. En la Figura 59 y Figura 60 se puede observar la tarjeta diseñada.

Figura 59. Tarjeta electrónica capa de arriba.

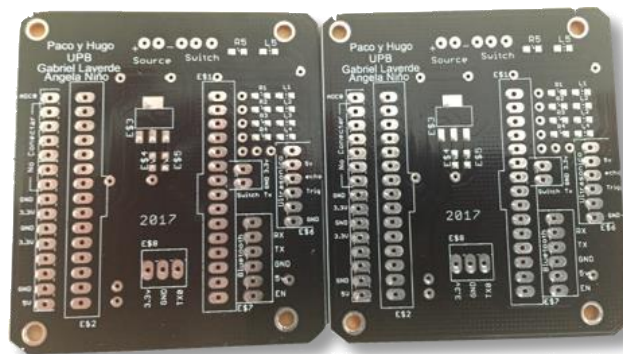
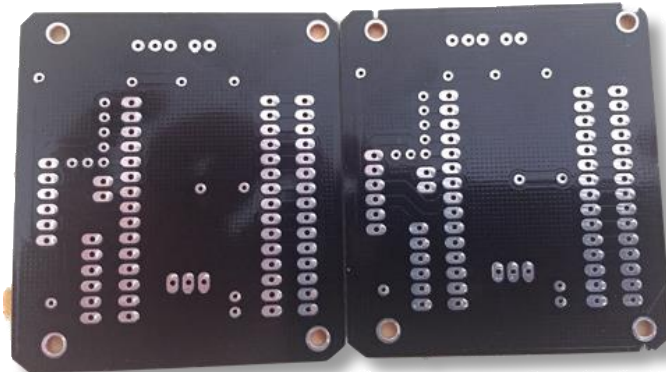


Figura 60. Tarjeta electrónica capa de abajo.



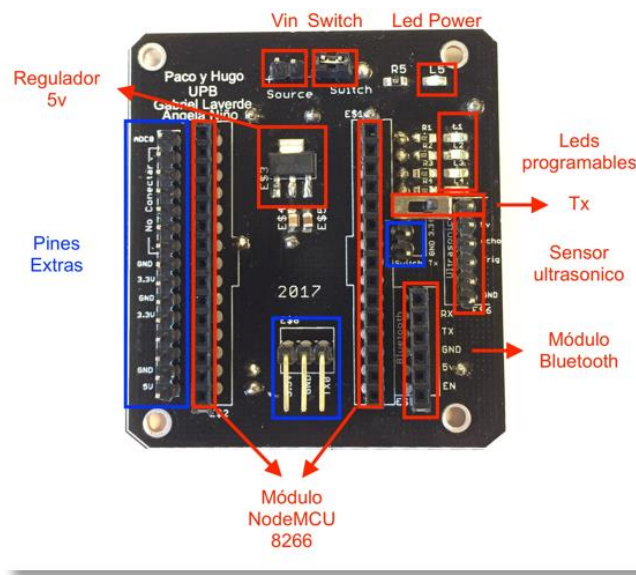
Esta tarjeta se diseña en el Software Eagle, el diseño es innovador ya que es de montaje pasante y superficial lo que permite la reducción de tamaño de la tarjeta. La dimensión que posee es de 60.01mm de largo por 54.29mm de ancho.

La pista del circuito impreso se diseña para soportar máximo 2.2A, ya que para una pista de 1mm de ancho soporta 2A, pero esto es en estado crítico, lo recomendable es un milímetro por amperio.

1.17 PARTES DE LA TARJETA ELECTRÓNICA

En la Figura 61 se puede observar detalladamente las partes que conforman la tarjeta electrónica para el robot humanoide.

Figura 61. Partes de la tarjeta electrónica.



Esta tarjeta tiene un Switch que habilita o deshabilita la conexión de Tx, esto se debe a que cuando se programa el Microcontrolador y la tarjeta Mini Maestro 18 esta energizada y conectada al micro, el código no se carga correctamente, por lo tanto, es necesario deshabilitar el pin de Tx.

MOVIMIENTOS DEL ROBOT

Debido al trabajo de grado titulado desarrollo de un robot humanoide con control de movimientos y posición por medio de una pocket pc comunicada vía bluetooth, se habían creado unas tablas específicas para la caminata del robot, estos valores fueron especificados en grados desde -90° a 90° , donde 0° indica el punto medio del servomotor. Teniendo en cuenta la tarjeta de control Mini Maestro 18 que se está utilizando, fue necesario convertir estos valores de grados a los valores determinados de dicha tarjeta. En la Tabla 5 se puede observar los valores en grados y el nuevo valor obtenido.

Para poder convertir estos valores de grados fue necesario interpolar los datos, para esto se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$$

Con el software de Mini Maestro 18, se determinó que el número 736 era el inicio del servomotor, y el número 2240 era el final, por lo tanto:

-90° corresponde a 736

0° corresponde a 1488

90° corresponde a 2240

Sabiendo esto, se remplazan estos valores en la ecuación teniendo en cuenta que:

$$y_1 = 736$$

$$y_2 = 2240$$

$$x_1 = -90$$

$$x_2 = 90$$

x es el valor a encontrar de los grados

$$y = 736 + \frac{2240 - 736}{90 - (-90)}((\text{valor en grados}) - (-90))$$

Por lo tanto, para el Mov 1 de la Tabla 5 que corresponde a hombro se tiene que:

$$y = 736 + \frac{2240 - 736}{90 - (-90)}((0) - (-90))$$

$$y = 1488$$

Lo que corresponde al valor de 0°, y así se continua hasta hallar todos los valores de las tablas.

Tabla 5. Valores para el inicio de la marcha.

Derecha			Izquierda		
Mov 1	Grados	Nuevo valor2	Mov 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	0	1488	Hombro	0	1488
Codo	42,3	1841,44	Codo	-55,3	1025,93
Mano	0	1488	Mano	0	1488

Cadera	0	1488	Cadera	0	1488
Pierna	-12	1387,73	Pierna	-19,3	1326,73
Rodilla	-41,1	1144,58	Rodilla	-48,1	1086,09
Tobillo	27,9	1721,12	Tobillo	27,9	1721,12
Pie	0	1488	Pie	0	1488
Cadera 0	11,4	1583,25	Cadera 0	11,4	1583,25

Tabla 6. Movimiento para pasar el pie izquierdo delante.

Derecha			Izquierda		
Mov 2	Grados	Nuevo valor2	Mov 2	Grados	Nuevo valor2
Hombro	0	1488	Hombro	0	1488
Codo	47	1880,71	Codo	-55,3	1025,93
Mano	3,78	1519,58	Mano	0	1488
Cadera	-12	1387,73	Cadera	11	1579,91
Pierna	-10,6	1399,43	Pierna	-19,3	1326,73
Rodilla	-40,4	1150,43	Rodilla	-48,1	1086,09
Tobillo	27,9	1721,12	Tobillo	27,9	1721,12
Pie	11,8	1586,59	Pie	11	1579,91
Cadera 0	0	1488	Cadera 0	0	1488

Tabla 7. Apoyo de la pierna izquierda.

Derecha			Izquierda		
Mov 3	Grados	Nuevo valor2	Mov 3	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-18,1	1336,76	Hombro	23,2	1681,84
Codo	49,3	1899,92	Codo	-49	1078,57
Mano	9,54	1567,71	Mano	1,17	1479,77
Cadera	-12	1387,73	Cadera	14,9	1612,49
Pierna	-10,6	1399,43	Pierna	-34,6	1198,89

Rodilla	-40,4	1150,43	Rodilla	-51,3	1059,36
Tobillo	27,9	1721,12	Tobillo	15,4	1616,67
Pie	17	1630,04	Pie	11,1	1580,74
Cadera 0	2,97	1512,81	Cadera 0	2,97	1512,81

Tabla 8. Apoyo simple sobre el pie izquierdo.

Derecha			Izquierda		
Mov 4	Grados	Nuevo valor2	Mov 4	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-18,1	1336,76	Hombro	-22,3	1301,67
Codo	55,8	1954,24	Codo	-44,8	1113,67
Mano	13,1	1597,45	Mano	-3,15	1461,68
Cadera	5,67	1535,37	Cadera	3,6	1518,08
Pierna	-10,6	1399,43	Pierna	-44,7	1114,5
Rodilla	-40,4	1150,43	Rodilla	-41,4	1142,08
Tobillo	27,9	1721,12	Tobillo	-0,99	1479,72
Pie	7,47	1550,416	Pie	0,27	1490,25
Cadera 0	11,8	1586,59	Cadera 0	11,8	1586,59

Tabla 9. Movimiento para levantar el pie derecho.

Derecha			Izquierda		
Mov 5	Grados	Nuevo valor2	Mov 5	Grados	Nuevo valor2
Hombro	10,6	1576,56	Hombro	9,63	1568,46
Codo	34,6	1777,1	Codo	-63,8	954,91
Mano	5,04	1530,11	Mano	-11,6	1391,07
Cadera	10,8	1578,24	Cadera	-10,1	1403,6
Pierna	-21,9	1305,01	Pierna	-18,3	1335,09
Rodilla	-49,9	1071,05	Rodilla	-12,5	1383,55

Tobillo	32,7	1761,22	Tobillo	-0,99	1479,72
Pie	-15,6	1357,65	Pie	-14,9	1363,5
Cadera 0	12,9	1595,78	Cadera 0	-12,9	1380,21

Tabla 10. Movimiento para pasar el pie derecho por delante del izquierdo.

Derecha			Izquierda		
Mov 6	Grados	Nuevo valor2	Mov 6	Grados	Nuevo valor2
Hombro	23,1	1681,01	Hombro	20,8	1661,79
Codo	31,8	1753,7	Codo	-54,8	1030,11
Mano	9,99	1571,47	Mano	-8,28	1418,81
Cadera	11,2	1581,58	Cadera	-6,39	1434,6
Pierna	-31,8	1222,29	Pierna	-11,2	1394,41
Rodilla	-42,3	1134,56	Rodilla	-12,5	1383,55
Tobillo	10,9	1579,07	Tobillo	-0,99	1479,72
Pie	0	1488	Pie	-14,9	1363,5
Cadera 0	12,9	1595,78	Cadera 0	-12,9	1380,21

Tabla 11. Posición final.

Derecha			Izquierda		
Mov 7	Grados	Nuevo valor2	Mov 7	Grados	Nuevo valor2
Hombro	12,6	1593,28	Hombro	17,4	1633,38
Codo	33,1	1764,56	Codo	-60,6	981,65
Mano	10,6	1576,56	Mano	-8,73	1415,05
Cadera	11,2	1581,58	Cadera	-6,39	1434,6

Pierna	-18,3	1335,09	Pierna	-14,8	1364,33
Rodilla	-29,9	1238,16	Rodilla	-20,3	1318,38
Tobillo	10,9	1579,07	Tobillo	7,11	1547,4
Pie	5,13	1530,86	Pie	-8,55	1416,56
Cadera 0	4,41	1524,84	Cadera 0	4,41	1524,84

1.18 MARCHA HUGO

Una vez ingresado estos nuevos valores a Hugo, se inició la marcha del mismo, pero no se obtuvieron buenos resultados, por lo tanto, se realizó nuevos ajustes a estos valores, que correspondieron a los siguientes:

Nota: Las manos se deshabilitaron debido a que los servomotores de las rodillas se dañaron y fue necesario cambiarlos por estos.

1.18.1 Inclinación sobre el pie derecho

Se inicia la marcha inclinado a Hugo hacia la derecha, haciendo que este se apoye sobre dicha pierna, ver Figura 62.

Tabla 12.Movimiento 1

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	44,22	1857,5	Hombro	41,05	1831
Codo	42,27	1841,25	Codo	-55,3	1025,75
Mano	0	1488	Mano	0	1488
Cadera	-8,37	1418	Cadera	0	1488
Pierna	27,64	1719	Pierna	-11,01	1396
Rodilla	35,42	1784	Rodilla	-52,89	1046

Tobillo	-11,25	1394	Tobillo	42,24	1841
Pie	-15,55	1358	Pie	-17,71	1340
Cadera 0	0	1488	Cadera 0	0	1488

Figura 62. Inclinación sobre el pie derecho.



1.18.1 Levantamiento de la pierna izquierda

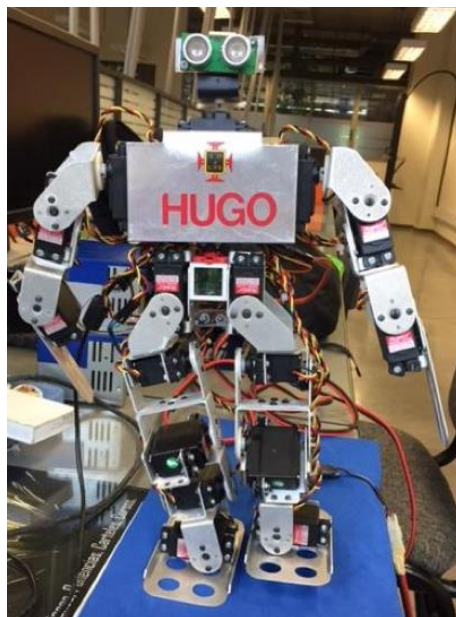
A continuación, se procede a levantar la pierna izquierda al mismo tiempo que la derecha se deflexiona. Ver Figura 63.

Tabla 13. Movimiento 2.

Derecha			Izquierda		
Mov 2	Grados	Nuevo valor2	Mov 2	Grados	Nuevo valor2
Hombro	19,14	1648	Hombro	15,67	1619
Codo	42,24	1841	Codo	-55,3	1025,93
Mano	3,78	1519,58	Mano	0	1488
Cadera	-8,37	1418	Cadera	0	1488
Pierna	1,31	1499	Pierna	-11,01	1396

Rodilla	16,27	1624	Rodilla	-52,89	1046
Tobillo	-11,25	1393	Tobillo	42,24	1841
Pie	-17,95	1338	Pie	-2,15	1470
Cadera 0	11,36	1583	Cadera 0	0	1488

Figura 63. Levantamiento de la pierna izquierda.



1.18.2 Pasar la pierna izquierda delante de la derecha

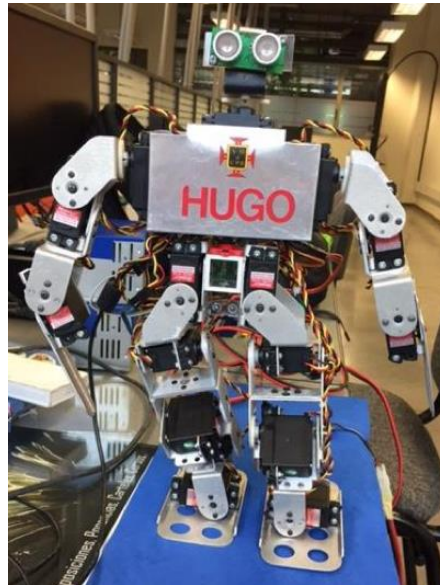
El siguiente paso es pasar la pierna izquierda delante de la derecha, así como se puede observar en la Figura 64.

Tabla 14. Movimiento 3

Derecha			Izquierda		
Mov 3	Grados	Nuevo valor2	Mov 3	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-1,79	1473	Hombro	-7,06	1429
Codo	42,24	1841	Codo	-55,41	1025
Mano	9,54	1567,71	Mano	1,17	1479,77
Cadera	-8,37	1418	Cadera	-3,59	1458
Pierna	-21,42	1309	Pierna	-11,01	1396

Rodilla	22,26	1674	Rodilla	-52,89	1046
Tobillo	-29,2	1244	Tobillo	36,26	1791
Pie	-17,95	1338	Pie	-2,15	1470
Cadera 0	11,36	1583	Cadera 0	11,36	1583

Figura 64. Pasar la pierna izquierda delante del derecho.



1.18.3 Inclinación sobre el pie izquierdo

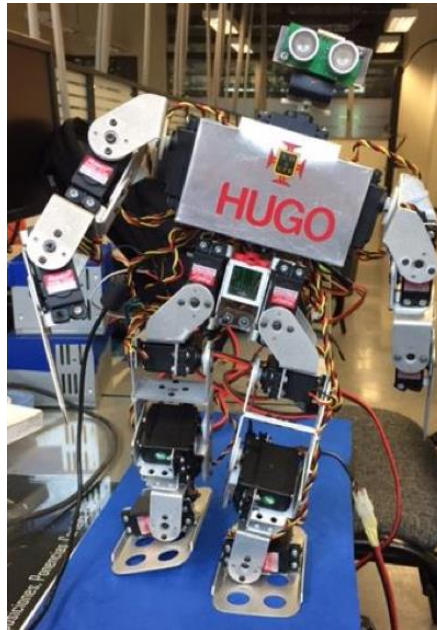
Se procede a inclinar el robot sobre el pie izquierdo para hacer los movimientos inversos. Ver Figura 65.

Tabla 15. Movimiento 4

Derecha			Izquierda		
Mov 4	Grados	Nuevo valor2	Mov 4	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-28,84	1247	Hombro	-22,73	1298
Codo	42,24	1841	Codo	-55,41	1025
Mano	13,1	1597,45	Mano	-3,15	1461,68
Cadera	-8,38	1418	Cadera	-3,59	1458
Pierna	-21,42	1309	Pierna	-22,98	1296

Rodilla	22,26	1674	Rodilla	-46,91	1096
Tobillo	-29,2	1244	Tobillo	22,69	1711
Pie	25,37	1700	Pie	18,07	1639
Cadera 0	11,8	1586,59	Cadera 0	11,8	1586,59

Figura 65. Inclinación sobre el pie izquierdo



1.18.4 Levantamiento de la pierna derecha

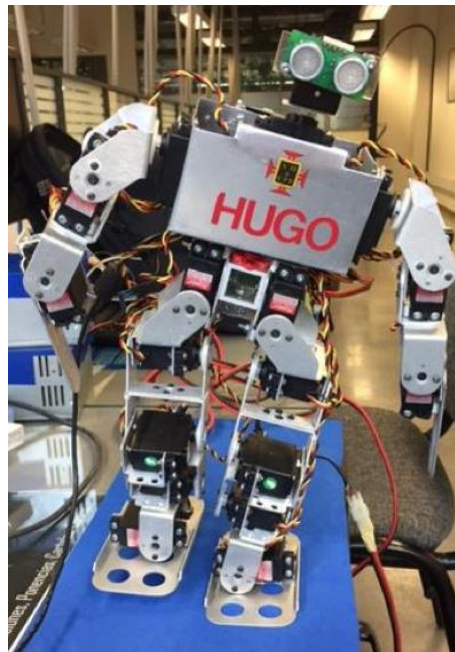
A continuación, se procede a levantar la pierna derecha al mismo tiempo que la izquierda se deflexiona. Ver Figura 66.

Tabla 16. Movimiento 5.

Derecha			Izquierda		
Mov 5	Grados	Nuevo valor2	Mov 5	Grados	Nuevo valor2
Hombro	5,15	1531	Hombro	1,68	1502
Codo	42,25	1841	Codo	-55,41	1025
Mano	5,04	1530,11	Mano	-11,6	1391,07

Cadera	-9,57	1407	Cadera	-3,59	1458
Pierna	13,64	1602	Pierna	-21,78	1306
Rodilla	31,6	1752	Rodilla	-13,4	1376
Tobillo	-13,4	1376	Tobillo	2,75	1511
Pie	7,42	1550	Pie	20,46	1659
Cadera 0	12,9	1595,78	Cadera 0	12,9	1595,78

Figura 66. Levantamiento de la pierna derecha.



1.18.5 Pasar la pierna derecha delante de la izquierda

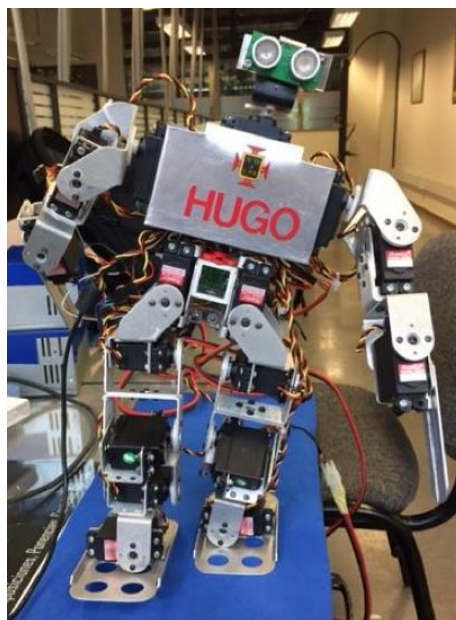
El último paso es pasar la pierna derecha delante de la izquierda para así terminar los movimientos y continuar con la rutina. Ver Figura 67.

Tabla 17. Movimiento 6.

Derecha			Izquierda		
Mov 6	Grados	Nuevo valor2	Mov 6	Grados	Nuevo valor2
Hombro	38,41	1809	Hombro	39,26	1816
Codo	42,15	1841	Codo	-55,16	1025
Mano	9,99	1571,47	Mano	-8,28	1418,81
Cadera	-9,69	1407	Cadera	-3,59	1458
Pierna	13,64	1602	Pierna	5,75	1536

Rodilla	31,59	1752	Rodilla	-33,75	1206
Tobillo	-13,4	1376	Tobillo	31,47	1751
Pie	7,42	1550	Pie	19,27	1649
Cadera 0	12,9	1595,78	Cadera 0	12,9	1595,78

Figura 67. Pasar la pierna derecha delante de la izquierda.



1.19 MARCHA PACO

Al igual que Hugo a paco se le debieron realizar ajustes para el desarrollo de la marcha humana, que correspondieron a los siguientes:

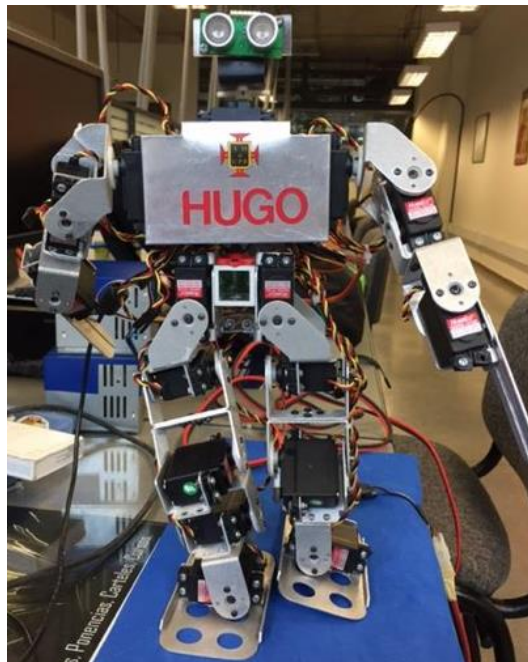
1.19.1 Inclinación sobre el pie derecho

Se inicia la marcha inclinado a Paco hacia la derecha, haciendo que este se apoye sobre dicha pierna, ver Figura 68.

Tabla 18. Movimiento 1.

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	15,61	1618,5	Hombro	9,6	1568,25
Codo	19,89	1654,25	Codo	15,55	1618
Cadera	35,18	1782	Cadera	2,57	1509,5
Pierna	22,38	1675	Pierna	23,27	1682,5
Rodilla	-7,5	1425,25	Rodilla	-11,78	1389,5
Tobillo	-22,88	1296,75	Tobillo	7,89	1554
Pie	3,65	1518,25	Pie	7,89	1554

Figura 68. Inclinación sobre el pie derecho.



1.19.2 Levantamiento de la pierna izquierda

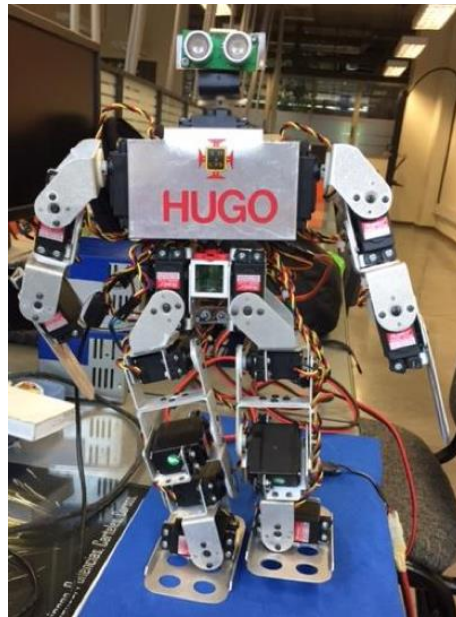
A continuación, se procede a levantar la pierna izquierda al mismo tiempo que la derecha se deflexiona. Ver Figura 69.

Tabla 19. Movimiento 2.

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-22,88	1296,75	Hombro	9,6	1568,25
Codo	3,62	1518,25	Codo	3,59	1518

Cadera	1,04	1496,75	Cadera	-11,78	1389,5
Pierna	22,41	1675,25	Pierna	-34,19	1202,25
Rodilla	-7,5	1425,25	Rodilla	43,8	1854
Tobillo	-4,93	1446,75	Tobillo	7,89	1546,75
Pie	-11,78	1389,5	Pie	21,72	1669,5

Figura 69. Movimiento pierna izquierda.



1.19.3 Pasar la pierna izquierda delante de la derecha

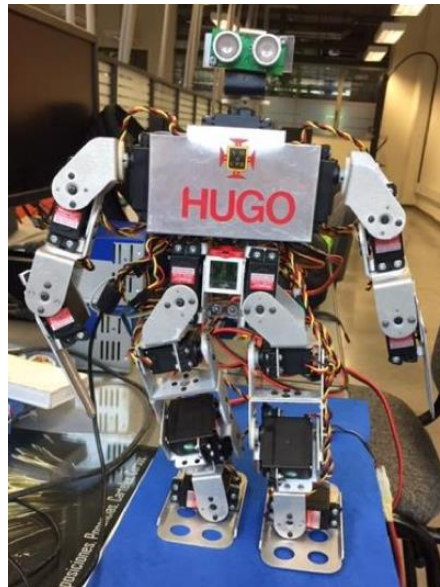
El siguiente paso es pasar la pierna izquierda delante de la derecha, así como se puede observar en la Figura 70.

Tabla 20. Movimiento 3.

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	-4,1	1453	Hombro	4,45	1525,25
Codo	17,59	1635	Codo	-15,19	1361

Cadera	4,45	1525,25	Cadera	-12,68	1382
Pierna	-3,5	1458	Pierna	14,84	1612
Rodilla	-2,99	1463,75	Rodilla	18,13	1639,5
Tobillo	5,32	1532,5	Tobillo	9,66	1568,75
Pie	0	1488,5	Pie	4,45	1525,25

Figura 70. Paso de la pierna izquierda delante de la derecha.



1.19.4 Inclinación sobre el pie izquierdo

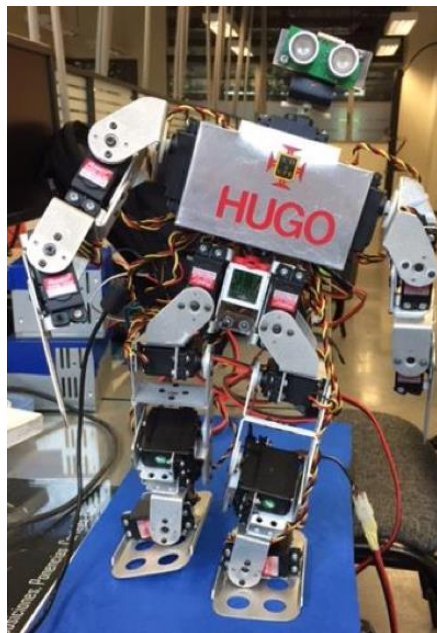
Se procede a inclinar el robot sobre el pie izquierdo para hacer los movimientos inversos. Ver Figura 71.

Tabla 21. Movimiento 4

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	45,11	1865	Hombro	23,87	1687,5
Codo	7,12	1547,5	Codo	5,92	1537,5
Cadera	18,61	1643,5	Cadera	11,01	1580
Pierna	31,35	1750	Pierna	29,5	1734,5

Rodilla	-15,94	1354,75	Rodilla	-3,11	1462
Tobillo	18,84	1645,5	Tobillo	15,88	1620,75
Pie	12,2	1590,5	Pie	31,71	1753

Figura 71. Inclinación sobre pie izquierdo.



1.19.5 Pasar la pierna derecha delante de la izquierda

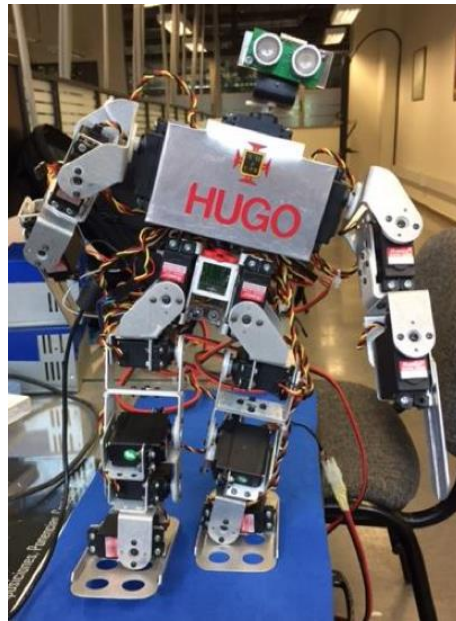
El último paso es pasar la pierna derecha delante de la izquierda para así terminar los movimientos y continuar con la rutina. Ver Figura 72.

Tabla 22. Movimiento 5.

Derecha			Izquierda		
Tabla 1	Grados	Nuevo valor2	Tabla 1	Grados	Nuevo valor2
Hombro	11,44	1583,6	Hombro	10,01	1573,5
Codo	30	1738,75	Codo	16,33	1624,5
Cadera	-13,52	1375	Cadera	-16,81	1347,5
Pierna	10,05	1572	Pierna	-1,79	1473

Rodilla	17,98	1638,25	Rodilla	17,47	1634
Tobillo	10,23	1573,5	Tobillo	30,51	1743
Pie	11,45	1583,75	Pie	6,12	1539,75

Figura 72. Paso pierna derecha delante de la izquierda.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró desarrollar una aplicación móvil en los sistemas operativos IOS y Android, que permite dar órdenes básicas al robot para la realización de rutinas establecidas.

Para cada uno de los robots construidos con anterioridad en la UPB se pudo realizar la actualización de la tarjeta controladora de servos pasando de una tarjeta de comunicación ssc 32 a una tarjeta de menor dimensión y que utiliza una comunicación con el pc por medio de puerto USB

Se diseñó una interfaz gráfica en cada uno de los dispositivos móviles con el fin de que el usuario ejecute con facilidad cada una de las rutinas.

Se desarrolló una comunicación WIFI de protocolo TCP/IP que permite comunicar los comandos del microcontrolador del robot con las ordenes dada por la aplicación móvil logrando controlar de manera remota cada una de sus rutinas.

Se recomienda para trabajos futuros estudiar los posibles cambios de hardware que se le pudo implementar a cada robot para que el movimiento de su marcha sea más fluido y obtener más parentesco con los movimientos de un humano.

Se deja la posibilidad de implementar comunicación Bluetooth, con el fin de realizar futuros trabajos con el modulo.

BIBLIOGRAFÍA

American Honda Motor. Asimo. 2011. Disponible en línea <
<http://asimo.honda.com>>

ARAUJO, Vladimir. TIPÁN, Myriam. Control de un robot bípedo humanoide en un espacio 3D mediante el sensor Kinect. Trabajo de grado. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito. Abril de 2015.

Arenas Hernán, Cote Fabián, Estudio y desarrollo de un robot bípedo detector de obstáculos, universidad pontificia bolivariana, 2006.

Arduino, 2017, Disponible en: <<https://www.arduino.cc>>

Apple inc. Webview, 2017. Disponible en línea <<https://developer.apple.com/reference/webkit/webview>>

Devantech SRF05 Ultrasonic Range Finder, Parallax inc. Rocklin California 95765, USA. Disponible en línea <<http://faculty.kfupm.edu.sa/COE/masud/RichText/R93-SRF04p%20UltraSonic.pdf>>

Espressif Systems IOT Team. ESP8266EX Datasheet. Version 4.3. 2015. Disponible en línea: < <http://download.arduino.org/products/UNOWIFI/0A-ESP8266-Datasheet-EN-v4.3.pdf>>

García Miguel, Gutiérrez Jaime, Rodríguez Julián. Desarrollo de un robot humanoide con control de movimientos y posición por medio de una pocket pc comunicada vía bluetooth. Trabajo de grado. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga Santander. 2008.

HOJA TECNICA: Medidor ultrasónico SRF05. Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. España. Disponible en línea < http://riobotics-test.weebly.com/uploads/9/3/0/9/9309609/medidor_ultrasonico_srf05.pdf >

Librería Arduino. Disponible en ejemplos IDE Arduino.

Mini Maestro 18. Pololu Robotic & Electronics, 2001 a 2017 Disponible en < <https://www.pololu.com/product/1354> >

MIT App Inventor, Massachusetts Institute of Technology, 2012 – 2015. Disponible en línea: < <http://appinventor.mit.edu/explore/>>

Pololu Robotics & Electronics, 2001 a 2017. Pololu Corporation. Disponible en: <<https://www.pololu.com/product/1354>>

Roboporium. Robovie-M V3. Disponible en <<http://roboporium.kumotek.com/support/robovie-m-v3.html>>

