

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERIAS

Título: Dispositivo Móvil Terrestre no Tripulado Para Captar Imágenes a Nivel del Suelo

Autor: Roberto Miguel Rhenals Cantillo.

Jurado

Jurado

Director: Juan Carlos Martínez Santos

Cartagena de Indias, julio de 2017

Dispositivo Móvil Terrestre no Tripulado para Captar Imágenes a Nivel del Suelo

Roberto Miguel Rhenals Cantillo

Director: Juan Carlos Martínez Santos

Universidad Tecnológica de Bolívar
Facultad de Ingenierías
Programa de Ingeniería Mecatrónica
Cartagena de Indias

Julio de 2017

Dispositivo Móvil Terrestre no Tripulado para Captar Imágenes a Nivel del Suelo

Roberto Miguel Rhenals Cantillo

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero Mecatrónico

Director: Juan Carlos Martínez Santos

Universidad Tecnológica de Bolívar

Facultad de Ingenierías

Cartagena de Indias

Julio de 2017

Índice general

1.	Introducción.....	10
2.	Planteamiento y Formulación del Problema.....	13
2.1	Descripción del problema.....	13
2.2	Planteamiento del problema.....	14
3.	Objetivos de la Investigación.....	16
3.1	Objetivo general.....	16
3.2	Objetivos específicos.....	16
4.	Justificación de la Investigación.....	17
5.	Marco de Referencia.....	18
5.1	Estado del arte.....	18
5.2	Marco conceptual.....	20
6.	Metodología.....	23
6.1	Revisión bibliográfica.....	23
6.2	Búsqueda de alternativas de soluciones.....	23
6.3	Selección de la Solución.....	23
6.4	Diseño del vehículo.....	23
6.4.1	Diseño electrónico.....	24
6.4.2	Diseño de software.....	24
6.4.3	Diseño del chasis.....	24
6.4.4	Diseño de mecanismo de dos grados de libertad.....	25

INDICE GENERAL

6.5	Montaje del proyecto.....	25
6.5.1	Fabricación del chasis y la estructura de dos grados de libertad.....	25
6.5.2	Montaje de Hardware.....	25
6.6	Pruebas.....	26
7.	Funcionamiento y Diseño.....	27
7.1	Funcionamiento.....	27
7.2	Diseño.....	28
7.2.1	Bases del diseño.....	28
7.2.2	Selección del microcontrolador.....	29
7.2.3	Selección de las ruedas.....	30
7.2.4	Selección de Motores.....	31
7.2.4.1	Selección de Motor-reductores.....	32
7.2.4.2	Selección de servomotores.....	33
7.2.5	Selección de las aplicaciones.....	34
7.2.6	Selección de la batería.....	36
7.2.7	Selección del módulo Bluetooth.....	37
7.2.8	Diseño del chasis.....	38
7.2.9	Diseño de mecanismo de dos grado se libertad (0°/180°).....	39
7.2.10	Diseño electrónico.....	40
7.2.11	Diseño del código.....	41
8.	Resultados.....	45
9.	Conclusiones.....	52
10.	Recomendaciones y trabajo futuro.....	53

INDICE GENERAL

10.1	Recomendaciones.....	53
10.2	Trabajo Futuro.....	53
11.	Bibliografía.....	55
12.	Anexos.....	58
12.1	Anexo código de programación.....	58
12.2	Anexo cronograma.....	61
12.3	Anexo presupuesto.....	61
12.3.1	Recursos, materiales y herramienta.....	61
12.3.2	Presupuesto	62

Lista de figuras

1.1 Vehículos terrestres no tripulados (SUVG).....	12
2.1 Imágenes tomadas a nivel del suelo.....	13
5.1 Parrot Jumping Race.....	19
7.1 Placa Arduino UNO.....	30
7.2 Rueda seleccionada.....	31
7.3 Motor-reductor seleccionado TPG01D-A130.....	33
7.4 Servomotor seleccionado sg90.	34
7.5 Aplicación Bluetooth Terminal.....	35
7.6 Aplicación Camera Remote.....	35
7.7 Batería para alimentar Arduino.....	36
7.8 Batería para alimentar los motoreductores.....	36
7.9 Batería para alimentar los servomotores.....	37
7.10 Modulo bluetooth seleccionado HC-06.....	38
7.11 Chasis vista superior.....	38
7.12 Vista frontal 2 DOF (0°/180°).....	39
7.13 Enlaces entre los componentes.....	40
7.14 Interconexiones entre los elementos.....	40
8.1 Paso 1 montaje.....	45
8.2 Paso 2 montaje.....	46
8.3 Paso 3 montaje.....	47
8.4 Paso 4 montaje.....	48
8.5 Paso 5 montaje.....	49
8.6 Pantallazo aplicación Bluetooth Terminal.....	49

LISTA DE FIGURAS

8.7 Paso 6 montaje.....	50
8.8 Pantallazo aplicación Camera Remote.....	50
8.9 Imagen tomada.....	50
12.1 Cronograma.....	61

Lista de tablas

7.1 Peso de los elementos.....	30
12.1 Presupuesto de hardware.....	63
12.2 Presupuesto de software.....	64
12.3 Presupuesto de herramienta.....	64
12.4 Presupuesto de recursos previamente adquiridos.....	65
12.5 Presupuesto de recursos humanos.....	65
12.6 Presupuesto total.....	66

Capítulo 1.

Introducción

En la actualidad existen muchos tipos de vehículos no tripulados, los llamados “drones”, entre los cuales se encuentran los vehículos aéreos, terrestres y acuáticos no tripulados. Estos fueron creados inicialmente para asuntos militares, pero a medida que han pasado los años se le han dado diferentes usos como la fotografía, la vigilancia, el transporte de paquetes, la diversión (como juguete), y la industria.

Según la RAE, la palabra dron conocido por sus siglas en inglés como UAV (Unmanned Aerial Vehicle) significa “aeronave no tripulada”, mientras que para para el diccionario del misterio de defensa de los Estados Unidos documento Joint Publication 1-02, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms significa “Un vehículo aéreo motorizado que no lleva a bordo a un operador humano, utiliza las fuerzas aerodinámicas para generar la sustentación, puede volar autónomamente o ser tripulado de forma remota, que puede ser fungible o recuperable, y que puede transportar una carga de letal o no [5]. No se consideran UAV a los misiles balísticos o semibalísticos, misiles crucero y proyectiles de artillería”.

Este estudio se centra en los vehículos terrestres no tripulados o bien conocido por sus siglas en inglés como UGV (Unmanned Ground Vehicles) [14]. A principios del siglo XX se empezaron a desarrollar los primeros UGV.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCION

Fue la Unión Soviética la pionera en la creación de estos vehículos que fueron diseñados para fines militares y a los cuales se les dio el nombre de teletanc, montado sobre chasis de tanque y controlado a distancia por radio. A lo largo de la historia, los UGV han tenido diferentes aplicaciones que han sido principalmente de tipo militar, como la determinación de áreas peligrosas para el soldado, desactivación de bombas en atentados terroristas. Otras aplicaciones de tipo industrial, como inspección de tanques de almacenamiento de gas, inspección de túneles y tuberías subterráneas. Y aplicaciones de tipo civil, como la detección de humo o gases y como juguete (ver Figura 1.1). Estos vehículos operan sin llevar a bordo a un humano, y son hasta cierto punto autónomos.

El diseño de hardware, estructural o mecánico, de software y electrónico dependen básicamente de:

- Tarea o aplicación para la cual se diseña.
- Razones específicas por las que selecciona la forma: como peligrosidad del medio ambiente, requerimientos de fiabilidad, y espacio de trabajo.
- Medio en el ejecutara la tarea: como interiores, exteriores, plano o rocoso.
- Modo de locomoción: ruedas, esteras, patas.
- Determinación de la trayectoria del vehículo: técnica de navegación y control.

Según sus características los UGV pueden ser de 2 tipos: autónomos o tele-operados.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCION

Los Autónomos no necesitan de un operador para funcionar, pueden realizar sus tareas con mayor precisión y no necesitan de una red de comunicaciones para funcionar, están constituidos básicamente por partes: Entrada (sensores), control de operaciones (unidad de control) y Salidas (actuadores).

Los tele-operados para funcionar necesita ser operado por una persona a cierta distancia y mediante el uso de las telecomunicaciones. Están constituidos básicamente por tres partes: Entradas (sensores o señales), control de operaciones (comunicaciones) y salidas (actuadores).



Figura 1.1: Vehículos terrestres no tripulados (SUGV)

Capítulo 2.

Planteamiento y Formulación del Problema

La temática de estudio de este proyecto surge como necesidad de querer darle la solución más apropiada al problema que se describe y se plantea a continuación. Además se busca implementar y darle la aplicabilidad a las temáticas expuestas en los cursos vistos en la Universidad Tecnológica de Bolívar.

2.1 Descripción del problema

En la actualidad la fotografía y video son los medios más utilizados para comunicar, expresar ideas o sentimientos, compartir conocimientos. Los fines pueden ser publicidad y marketing, plasmar para tener recuerdos de un momento en cualquier área o ámbito. Vemos a diario cientos de imágenes y videos que se comparten en la internet, con tomas desde diferentes ángulos y alturas, pero muy pocas de estas imágenes o videos son captadas desde el nivel del suelo. Esto se debe a que muy pocos cuentan con una herramienta que les permita hacer ese tipo de capturas, ver Figura 2.1.



Figura 2.1: Imágenes tomadas a nivel del suelo

CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Son precisamente capturas al nivel del suelo las que muchos desearían hacer, pero el no contar con una herramienta que les facilite el trabajo, hace que no lo puedan realizar.

Si bien es cierto, existen cámaras en teléfonos celulares o cualquier otro dispositivo de videograbación que para obtener imágenes como las anteriores se tendría que recurrir a posiciones incómodas del cuerpo. Esto dificulta el trabajo. Otro aspecto negativo es que necesariamente la persona debería hacer la captura de las imágenes con el dispositivo en sus manos. En algunos casos la persona necesariamente debe estar lejos del lugar desde el cual se desea fotografiar por restricciones o porque representa un peligro, no es posible hacer las capturas de dichas imágenes.

Por otro lado, en el mercado existen SUGV que no son más que vehículos terrestres no tripulados de pequeño tamaño las siglas en inglés significan “Small Unmanned Ground Vehicle” para efectos de monitoreo y seguridad mediante la grabación de videos. Sin embargo, estos, por sus complejos diseños y materiales de construcción, suelen ser demasiado costosos, lo cual dificulta su acceso para una persona que no obtiene grandes ingresos.

2.2 Formulación del problema

Conociendo cuál es el problema que se ha planteado, como se podría solucionar el hecho de que no se puedan realizar tomas fotográficas o videos en lugares donde se pone en riesgo la vida humana. O en lugares donde no es permitido la presencia de humanos? ¿De qué forma se podrían captar imágenes como la vista anteriormente (Figura 2.1.) sin que

CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

el cuerpo tenga que adoptar posiciones incómodas, sin causar lesiones en el cuerpo por un mal movimiento, sin defectos en la toma por el movimiento tembloroso de las manos o el cuerpo? ¿Qué dispositivo puede solucionar o dar respuesta a las anteriores preguntas pero que a la vez este sea de bajo costo y de fácil manejo?

Estas preguntas las podemos responder con nuestra propuesta.

Capítulo 3.

Objetivos de la Investigación

3.1 Objetivo general

- Desarrollar un dispositivo móvil controlado remotamente para la toma de fotos desde el nivel del suelo en terrenos planos de difícil o acceso restringido.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos mínimos necesarios para la captura de imágenes a nivel del suelo.
- Comparar diferentes alternativas hardware y software de solución.
- Seleccionar la alternativa más apropiada de acuerdo a los requerimientos.
- Diseñar los diferentes módulos hardware del vehículo.
- Construir el dispositivo móvil con base en el diseño.

Capítulo 4.

Justificación de la Investigación

Una de las principales razones que llevó al autor de esta idea de proyecto a llevarlo a cabo, es la inclinación por los microcontroladores, dentro de los cuales se encuentra Arduino, que es realmente un componente fantástico cuando se trata del control de dispositivos de baja tensión. Arduino y toda su “camada” de módulos, accesorios, software de programación, entre otros componentes, ha influido en gran manera a la hora de tomar la decisión de realizar este proyecto. Debido principalmente a haber tenido gran afinidad con el entorno Arduino al momento de realizar el curso de microcontroladores tomado en la universidad, el tener fácil acceso al entorno Arduino, y a las cientos de instrucciones no tan complejas y bien explicadas que la misma compañía ofrece a través de su página web para el buen uso de esta herramienta.

Otra de las motivaciones es la de implementar los vehículos terrestres no tripulados en algo que fuera útil para el ciudadano del común o del ciudadano formado en el área de la fotografía y videograbación, y no como unos simples juguetes.

Una motivación más constituye el hecho de que las personas tengan mayor contacto con la tecnología y se relacionen cada vez más con ella, ya que normalmente se piensa que la tecnología es para los llamados “nerds” o para la gente con altos ingresos, lo que se desea lograr es que las personas con bajos ingresos tengan acceso a este tipo de dispositivos, lo vean como una herramienta y no tan solo como un juguete o algo a lo que ellos no pueden acceder.

Capítulo 5.

Marco de Referencia

En este punto se presenta la fundamentación teórica relacionada con dispositivos móviles no tripulados, se tomarán las palabras claves y se les hará su respectiva definición para entender técnicamente los términos empleados en el desarrollo de este documento.

5.1 Estado del arte

A continuación se abordará el contexto y situación actual previa al desarrollo de este proyecto, para determinar si existen proyectos anteriormente realizados que den solución a la problemática expuesta previamente en el capítulo 2.

Antes de abordar dicho contexto cabe mencionar que se hizo la búsqueda en la base de datos de la biblioteca de la Universidad Tecnológica de Bolívar y no se encontró antecedentes relacionados con la temática a desarrollar en este proyecto [7].

Existe gran variedad de UGV, pero dentro de los que se encuentran disponibles en el mercado está el *parrot jumping Race* figura [5.1] que es uno de los últimos proyectos desarrollado por la empresa Parrot [15].



Figura 5.1: Parrot Jumpin Race

Este es un SUGV fabricado en plástico con ruedas de caucho cuyas dimensiones son de 143x155x116 mm, trae incorporada una cámara VGA de 640x480 pixeles, conectividad vía WI-FI con un alcance de hasta 50 m. Se controla mediante una aplicación para Smartphone disponible para dispositivos iOS y Android. El sistema operativo sobre el cual está montado el software es Linux, y cuenta con una autonomía de hasta 20 minutos. El peso total de este UGV es de 205 gramos.

El *Parrot Jumping Race* es un minidron de nueva generación. Rápido, energético y ultraestable gracias a sus anchos neumáticos, diseñados para las carreras. Es capaz de cambiar completamente de dirección realizando giros de 90° y 180°. La cámara gran angular integrada se retransmite en streaming en la pantalla de pilotaje, a 15 cm del suelo, logrando obtener capturas desde un nuevo ángulo [16].

De acuerdo a sus características y especificaciones el *parrot jumping Race* es lo más cercano a lo que se quiere lograr en el desarrollo de este proyecto, pero existe un brecha que los separa. El *parrot jumping* por su velocidad y rapidez en los giros no permite que se logren videos y fotografías de calidad. La cámara está incorporada, lo cual hace

CAPÍTULO 5. MARCO DE REFERENCIA

que existan limitaciones en los ángulos a la hora de captar la imagen o video. Es de dos ruedas, razón por la que necesita de sensores y código de control más extenso para lograr la estabilidad, esto hace más costoso y complejo. El proyecto que se desarrolla tiene tres ruedas. Esto lo hace un UGV estable sin necesidad de sensores y sin tener que hacer un código de control más complejo.

En conclusión el *jumping parrot* es un gran UGV que se asemeja mucho con lo que se desea realizar en este proyecto pero no cuenta con todas las características y especificaciones que se desean desarrollar.

5.2 Marco conceptual

Para tener mayor claridad de los términos y palabras técnicas empleadas en la redacción de este documento se hará mención de ellos en esta parte. Arduino UNO el principal elemento en este proyecto es un hardware que consiste en una placa de circuito impreso con un micro controlador, puertos digitales y analógicos de entrada/salida , los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields), que amplían las características de funcionamiento de la placa Arduino. Asimismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con el computador para su programación [2]. El chasis consiste en una estructura interna que sostiene y aporta rigidez y forma a un vehículo u objeto en su construcción y uso. Para el caso de un vehículo, consta de un

CAPÍTULO 5. MARCO DE REFERENCIA

armazón que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo motopropulsor y la suspensión de las ruedas, motor incluyendo la carrocería [6]. En este proyecto el chasis soportara la placa Arduino, sostendrá los cables de conexión, el mecanismo de dos grados de libertad y la base donde se montara el puente h.

Para hablar de mecanismo de dos grados de libertad, es necesario saber que los grados de libertad son el número mínimo de velocidades generalizadas independientes necesarias para definir el estado cinemático de un mecanismo o sistema mecánico. En otras palabras son el número de movimientos libres independientes que puede realizar un mecanismo [1].

El puente h que se utilizara para que los motor-reductores giren en ambos sentidos es el L293D, consultar uso [18]. Debe tenerse en cuenta que un puente h es un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, *avance* y *retroceso*. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados, pero también pueden construirse a partir de componentes discretos [12].

El Motor-reductor empleado en este proyecto es de corriente directa (DC). Un Motor-reductor es un dispositivo mecánico accionado por la corriente eléctrica utilizado para el funcionamiento de todo tipo de elementos mecánicos rotativos en los que se necesiten reducir la velocidad angular [19].

Para mover el mecanismo de dos grados de libertad es necesario utilizar dos servomotores que son un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición [13].

CAPÍTULO 5. MARCO DE REFERENCIA

Cada uno de los elementos antes mencionados tienen características que unidas hacen que se pueda obtener el funcionamiento del móvil o SUGV que será construido a partir del diseño que está expuesto en este documento. Un UGV o vehículo terrestre no tripulado que no es más que un equipo mecánico móvil que puede transportar objetos o sistemas de manera automática o semiautomática [14]. SUGV se deriva de esta misma definición pero el móvil es de tamaño pequeño, sus siglas en inglés significan (Small Unmanned Ground Vehicle).

Capítulo 6.

Metodología

6.1 Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica comprendió la búsqueda de información referente a los requerimientos mínimos necesarios para la captura de imágenes a nivel del suelo. Así mismo se determinó el trabajo previo en el diseño de dispositivos móviles operados remotamente.

6.2 Búsqueda de alternativas de soluciones

En esta etapa se listaron las posibles soluciones al problema desde diferentes puntos de vista. Desde la implementación hardware, se buscó opciones en el diseño y construcción del vehículo. Desde el software, se hizo un inventario de aplicaciones libres para Smartphone útiles para el desarrollo de nuestro dispositivo.

6.3 Selección de la Solución

En esta etapa se estableció el diseño definitivo del vehículo basado en el cumplimiento de los requerimientos necesarios para la toma de fotografías al nivel del suelo.

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA

6.4 Diseño del vehículo

El diseño del vehículo comprendió varias etapas de diseño, en cada etapa se usó la herramienta más adecuada y conveniente según lo que se pretendía diseñar.

6.4.1 Diseño electrónico

Se elaboró empleando el programa Proteus, el cual nos sirvió para realizar algunas simulaciones del funcionamiento.

6.4.2 Diseño de software

Se realizó apoyándose en los códigos previamente desarrollados, se configuraron según las necesidades del proyecto. Para esto se necesitó el programa IDE Arduino [2], una vez desarrollado todo el código y compilado se cargó a la placa arduino virtual en el programa Proteus, para que luego del diseño electrónico se puedan realizar las respectivas simulaciones, después de verificado se cargó el código a la placa Arduino por un cable USB

6.4.3 Diseño del chasis

Debido a su baja complejidad no fue necesario utilizar programas para su diseño, se tuvo en cuenta las dimensiones previstas y que este permitiera realizar los movimientos deseados, se observaron las opciones disponibles en el mercado y se seleccionó la más apropiada.

6.4.4 Diseño de mecanismo de dos grados de libertad

Al igual que con el chasis no fue necesario usar un programa para su diseño, se tuvo en cuenta la manera en que irían acoplados los servomotores, los movimientos que realizaría y el peso que debía soportar.

6.5 Montaje del proyecto

El montaje comprendió como tal el armar, interconectar y acoplar el hardware con cada una de las piezas que hacen parte del diseño del móvil.

6.5.1 Fabricación del chasis y la estructura de dos grados de libertad

Tanto el chasis como el mecanismo de dos grados de libertad se fabricaron con cortes de acrílico, por ser un material resistente, estéticos, le brindan robustez y mayor tiempo de vida útil a la estructura, el corte de las piezas se realizó en dos días y se armó en un día, por otra parte en el mercado hay disponibles chasis para proyectos, así como la estructura de dos grados de libertad, de no haber tenido tiempo para el diseño, la fabricación y armarlo se hubiese procedido con la compra.

6.5.2 Montaje de Hardware

El hardware fue adquirido, y hace parte de la creación o del montaje del proyecto, por ende se realizó todo el diseño del proyecto para luego proceder con este paso, se emplearon herramientas como cautín, pelacables, cortafriío, soldadura (estaño) y destornillador.

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA

6.6 Pruebas

Una vez realizado todo el montaje se procedió a realizar las respectivas pruebas, para comprobar y realizar ajustes de tal forma que el comportamiento del SUGV fuera tal cual como se diseñó y desarrolló, para esto se emplearon 2 días.

Capítulo 7.

Funcionamiento y Diseño

7.1 Funcionamiento

El SUGV que desarrolló está comprendido en tres partes:

- La entrada para este caso es la señal que recibe la placa Arduino por comunicación vía bluetooth del Smartphone mediante el modulo bluetooth.
- El control de operaciones lo realiza la persona a cargo de operar remotamente el SUGV, ejecutado mediante el microcontrolador de Arduino, la persona en todo momento debe tener visión hacia el móvil para poder ejecutar las acciones mediante el control remoto.
- La salida es el movimiento del SUGV, el movimiento del mecanismo que sostiene al Smartphone que funciona como cámara y la obtención de la imagen en el Smartphone que funciona como control remoto.

El SUGV comprende dos etapas:

EtapA A: un humano tendrá visión permanentemente al móvil hasta colocarlo en la posición deseada controlándolo con un Smartphone (aplicación Bluetooth Terminal). Deberá estar a una distancia no mayor a 10 metros.

EtapA B: un humano controlará la cámara (Zoom, enfoque) de un Smartphone acoplado al móvil desde otro Smartphone (aplicación Camera Remote).

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

Nota: se deben usar dos aplicaciones (Bluetooth Terminal y Camera Remote) alternamente según lo que se desee hacer.

7.2 Diseño

7.2.1 Bases del diseño

El SUGV que se desea diseñar e implementar en el proyecto comprenderá lo siguiente, partiendo de que el peso total del dispositivo móvil será de 2000 gramos, en la siguiente tabla se mostrara el peso total calculado.

Elemento	Cantidad	Peso (gr)
Placa Arduino	1	50
Bateria	3	300
Puente H L298D	1	10
Motores DC	2	70
Servomotres	2	200
Cables de conexión		50
Modulo Bluetooth	1	20
Ruedas	3	150
Smarthphone	1	300
Estructura para el montaje	1	400
Protoboard Arduino	1	100
Peso Total		1650

Tabla 7.1: Peso de los elementos

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

El peso total estimado es de 1650 gramos, se aproximara a 2000 gramos, para un factor de seguridad en el diseño.

7.2.2 Selección del microcontrolador

Para desarrollar proyectos electrónicos o de robótica existen varios tipos de microcontroladores, los más usados y comunes son:

- los PIC'S (circuitos integrados programables)
- Arduino (ATmega328)

Ambos tienen sus ventajas y desventajas como el precio, la forma de programación (estructura del código, subir el código al microcontrolador, tamaño, etc.,)

Para desarrollar este proyecto se ha optado por Arduino UNO, ya que se tiene mayor conocimiento de este entorno, la forma de programación es más sencilla, cuenta con múltiples módulos para diferentes aplicaciones y por sus características es ideal para lo que se desea desarrollar.

Características:

- Microcontrolador: AVR Atmega328
- Voltaje: 5v
- Voltaje de entrada recomendado: 7-12v
- Pines digitales I/O: 14 (6 de estos son salidas PWM)
- Entradas analógicas: 6

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

- Corriente DC por pin: 40 mA
- Corriente DC pin 3.3V: 50 mA
- Memoria flash: 32 kb
- SRAM: 2 kb
- EEPROM: 1 kb
- Frecuencia: 16MHz



Figura 7.1: Placa Arduino Uno

7.2.3 Selección Ruedas

El dispositivo móvil tendrá tres ruedas, por lo que se necesitara para ello dos motoreductores DC, que brindaran el movimiento a las dos ruedas traseras para obtener el movimiento (adelante/atrás) - (derecha/izquierda), la rueda delantera se empleara como apoyo para darle equilibrio y estabilidad al móvil. Las ruedas que se emplearan son las comerciales (comúnmente usadas para prototipos de proyectos) ya que se ajustan a los requerimientos del proyecto, para rodar en superficies planas.

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

Características:

- Dimensiones: 65x26mm
- Material: caucho, plástico.
- Peso: 50 g



Figura 7.2: Rueda seleccionada

7.2.4 Selección de Motores

Los motores más que veloces se necesitan potentes, ya que deben poder mover el peso total de los elementos, brindándole a las ruedas una velocidad entre los 100 y 240 rpm, por lo general estos motores (motoreductores) vienen adaptados o acoplados a las ruedas. En total se emplearan dos motoreductores cuyo sentido de giro será controlado por un puente H, para el caso de este proyecto se empleara el L293D que es el puente H más común y cuyas especificaciones encajan con lo requerido para el SUGV.

7.2.4.1 Selección del Motoreductor

Teniendo en cuenta que se moverán 2 kg y que el diámetro de la rueda que se utiliza es de 65 mm, el torque necesario para que los dos motores que se emplearon muevan este peso es:

Para un motor: $T=2\text{kg}/3.25\text{cm}$, $r: \text{radio}=3.25\text{cm}$

$$T=0.62 \text{ kg/cm}$$

En el mercado el motor que más se ajusta al torque requerido es el Motor-reductor de referencia TGP01D-A130 y contiene las siguientes características [22]:

- Voltaje de operación: 3v-12v (recomendado 6v-9v)
- Velocidad: 3v = 80 rpm / 5v=120 rpm / 9v= 300 rpm
- Torque máximo: 2 kg/cm
- Consumo: 80-100 mA
- Caja reductora plástica (piñonería): 1:48
- Color: Amarillo con negro
- Dimensiones: 6.5 x 2.3 x 1.8 cm
- Peso: 35 g

*Con este motoreductor se podría mover incluso el doble del peso que se desea mover.

Consultar uso del Motor-reductor TGP01D-A130 [8]



Figura 7.3: Motoreductor seleccionado (TGP01D-A130)

7.2.4.2 Selección de Servomotores

Se emplearon dos servomotores, van conectados a la placa arduino, estos forman parte del mecanismo de dos grados de libertad para posicionar en el ángulo deseado la cámara (Smartphone) al momento de la captación de las imágenes. Se podrían emplear en general cualquier tipo de servomotor ya que normalmente ofrecen un torque y características que serían suficientes para las necesidades de este proyecto.

Los dos servomotores que giran el mecanismo en el eje x/eje y, deben mover según se quiere un peso máximo de 500 gramos cada uno.

Servomotor 1: $T=0.5\text{kg}/3\text{cm}$ radio=3 cm

$$T=0.16 \text{ kg/cm}$$

Servomotor 2: $T=0.5\text{kg}/4\text{cm}$ radio=4cm

$$T=0.125\text{kg/cm}$$

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

En el mercado encontramos el servomotor de referencia SG90 más que suficiente para lo que se requiere, cuenta con las siguientes características [21]:

- Torque a 4.8 volts: 16.7 oz/in o 1.2 kg/cm
- Voltaje de operación: 4.0 a 7.2 volts
- Velocidad de giro a 4.8 volts: 0.12 seg / 60 °
- Longitud alambre conector = 248 mm
- Conector universal "S" para la mayoría de los receptores de radio control
- Compatible con tarjetas como Arduino y microcontroladores que funcionan a 5 volts
- Peso: 9 gramos
- Peso con cable y conector: 10.6 gramos

Consultar uso del servomotor SG90 [4].



Figura 7.4: Servomotor seleccionado sg90

7.2.5 Selección de las aplicaciones

Se emplearon dos aplicaciones que pueden ser diseñadas o se pueden descargar desde Play store y ser instaladas en los Smartphone, al momento de seleccionar las aplicaciones se tuvo en cuenta que estas fueran aplicaciones libres para reducir los costos del proyecto y, por supuesto que se acoplaran a las necesidades del proyecto.

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

- **Aplicación bluetooth terminal:** con esta aplicación se enlaza el Smartphone que funcionara como control remoto con el modulo bluetooth, de esta manera se le enviarian las ordenes a arduino para colocar el móvil en la posición deseada [11].

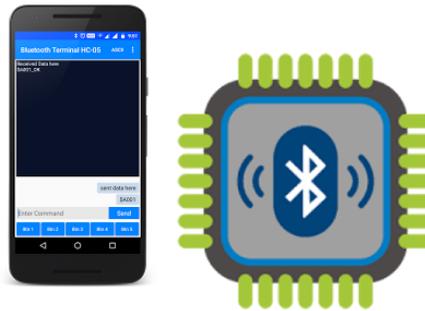


Figura 7.5: Aplicación Bluetooth Terminal

- **Aplicación camera remote:** se descargó e instaló en los dos celulares que se emplearan, permite controlar la cámara (enfoque, Zoom, etc.) de un celular desde otro celular Android [10].

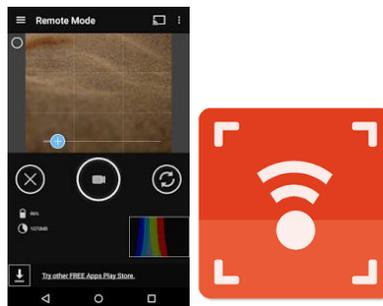


Figura 7.6: Aplicación Camera Remote

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

7.2.6 Selección de la Batería: Para la alimentación de arduino se usó una batería de 9 V, Los motoredutores seleccionados se les debe aplicar un voltaje entre 3-9 voltios, por lo que se seleccionó dos baterías de 3.7 voltios en serie para obtener un voltaje de 7.4 voltios a 2200mAh ya que arduino no ofrece la corriente suficiente para suplir a los motoredutores, a los servomotores seleccionados para el mecanismo de dos grados de libertad se le debe aplicar un voltaje entre 4.8-7.2 V, esta alimentación se hizo mediante cuatro baterías en serie de 1.5 voltios para obtener un voltaje de 6 V.

Características:

- Voltaje: 9V



Figura 7.7: Bateria para alimentar Arduino

Características:

- Batería de ion de litio
- Voltaje: 3.7V (2 en serie: 7.4 V)
- 2200 mAh - recargable



Figura 7.8: Baterías para alimentar los motor-reductores

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

Características:

- Batería alcalina
- Voltaje: 1.5V (4 en serie: 6v)



Figura 7.9: Baterías para alimentar los servomotores

7.2.7 Selección modulo bluetooth

Este módulo está conectado a la placa arduino y se encarga de recibir la señal enviada desde el Smartphone y retransmitirla a arduino para que arduino tome esta señal y la envíe a los motores, la distancia máxima que debe haber entre el Smartphone y el SUVG no puede superar los diez metros, el modulo bluetooth seleccionado es el HC-06, si se desea obtener mayor distancia de comunicación se debe adquirir un módulo bluetooth de mayor alcance pero hay que tener en cuenta que es más costoso.

Características:

- Frecuencia: 2.4Ghz
- Puerto de comunicación: UART/USB
- Voltaje de operación 3.3V
- Dimensiones: 4.4 x 1.5 x 0.2 cm
- Peso: 10 g

Consultar uso del módulo Bluetooth HC-06 [9].

CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO

Probar la conexión con el modulo Bluetooth HC-06 [17].



Figura 7.10: Modulo Bluetooth seleccionado (HC-06)

7.2.8 Diseño del Chasis

El chasis fue hecho en acrílico por ser un material resistente y que ofrece durabilidad, lo que le imprime calidad al proyecto, el tamaño del SUGV es de 160 mm de largo x 150 mm de ancho x 220 mm de alto. Este chasis está diseñado con las medidas establecidas de modo que quepan en el todos los componentes que estarán montados sobre él.

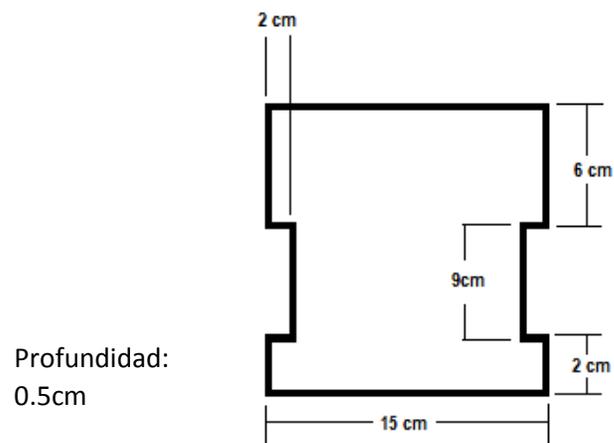


Figura 7.11: Chasis vista superior

7.2.9 Diseño mecanismo de dos grados de libertad ($0^\circ/180^\circ$)

Este mecanismo está montado sobre una placa acoplada al chasis, está compuesto por dos servomotores que permiten realizar movimientos con una panorámica de 180 grados, a continuación se muestra el esbozo del mecanismo:

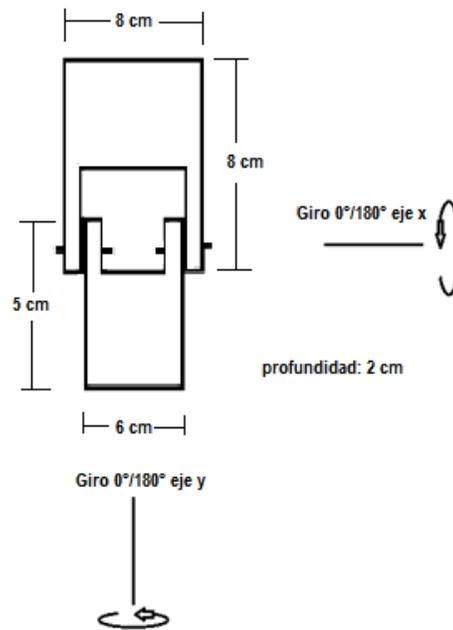


Figura 7.12: Vista frontal mecanismo 2 DOF ($0^\circ/180^\circ$)

7.2.10 Diseño electrónico

En el siguiente esquema se muestra como quedaron los enlaces y conexiones entre los elementos que componen al hardware del proyecto

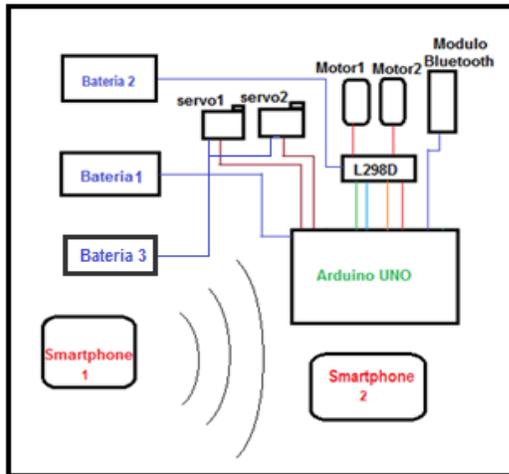


Figura 7.13: Enlaces entre los componentes

En el siguiente esquema se muestra el diseño electrónico, las conexiones entre los elementos para el correcto funcionamiento del dispositivo.

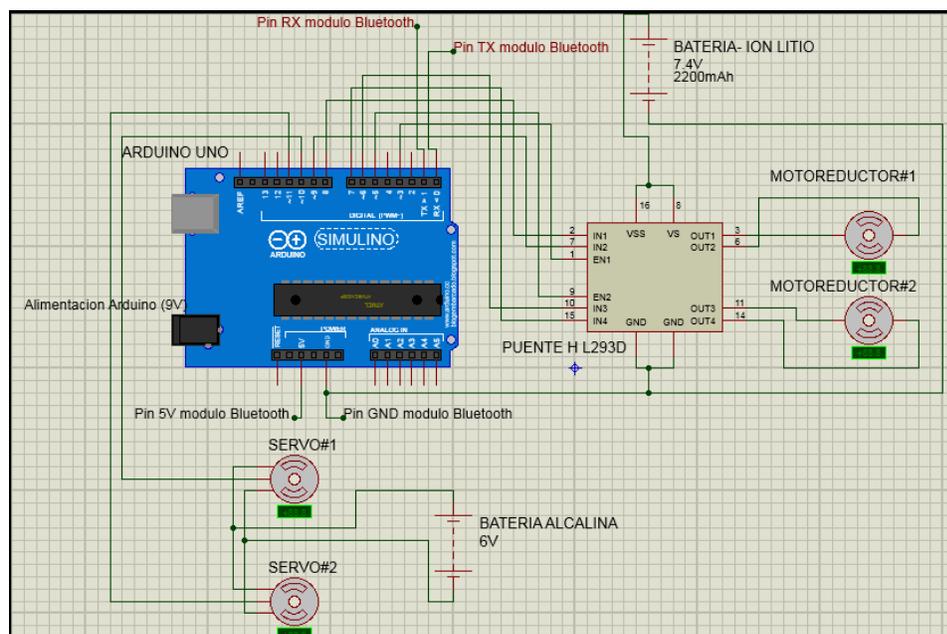


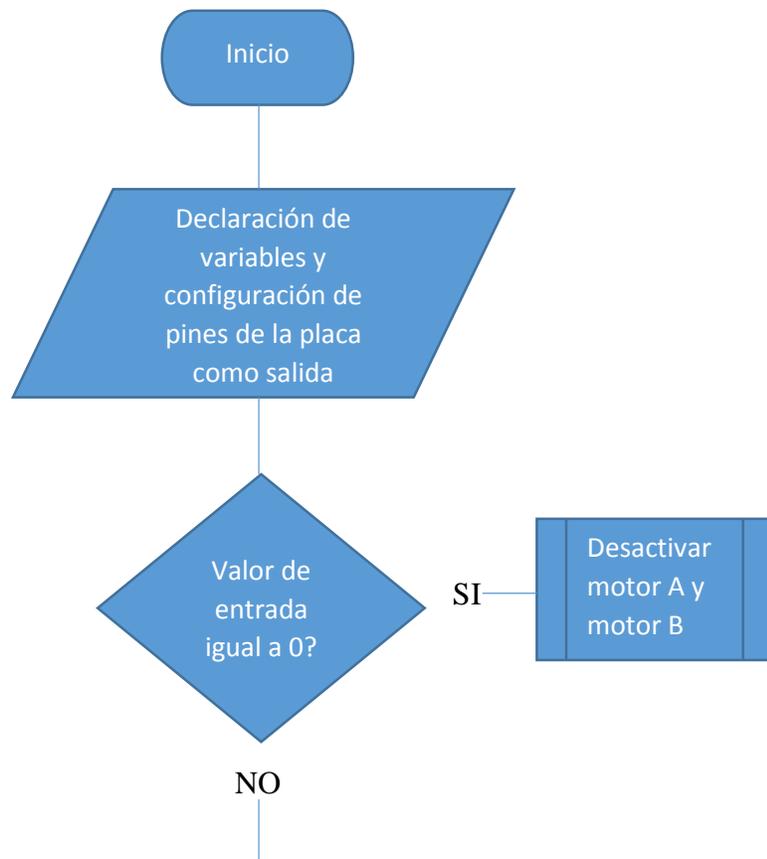
Figura 7.14: interconexiones entre los elementos

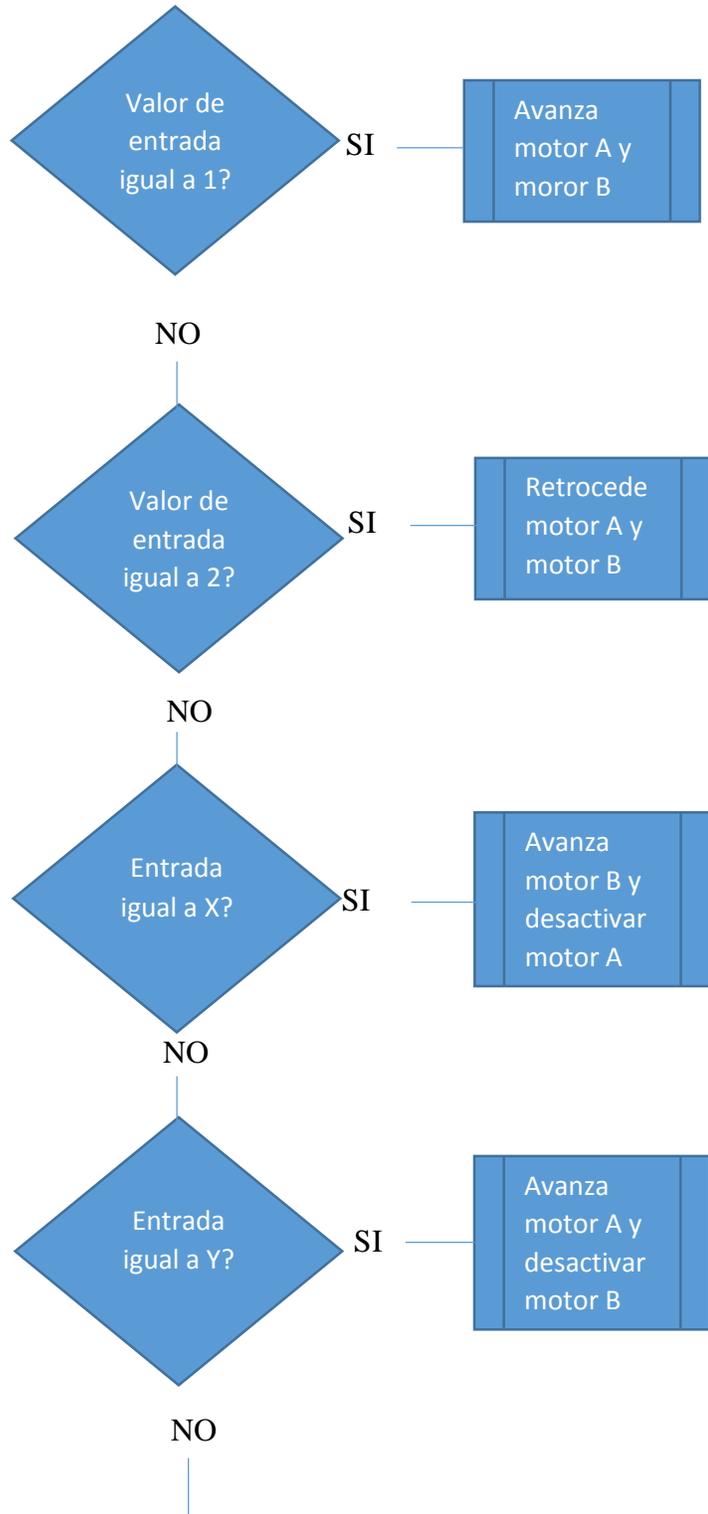
7.2.11 Diseño del Código

El código de control se tomó de la página web kio4 [20], se editó para efectos del funcionamiento previsto del proyecto, para desarrollar el código se empleó el programa arduino (IDE arduino) que se puede descargar libremente en la página web oficial de Arduino [3]. El lenguaje de programación está basado en la estructura

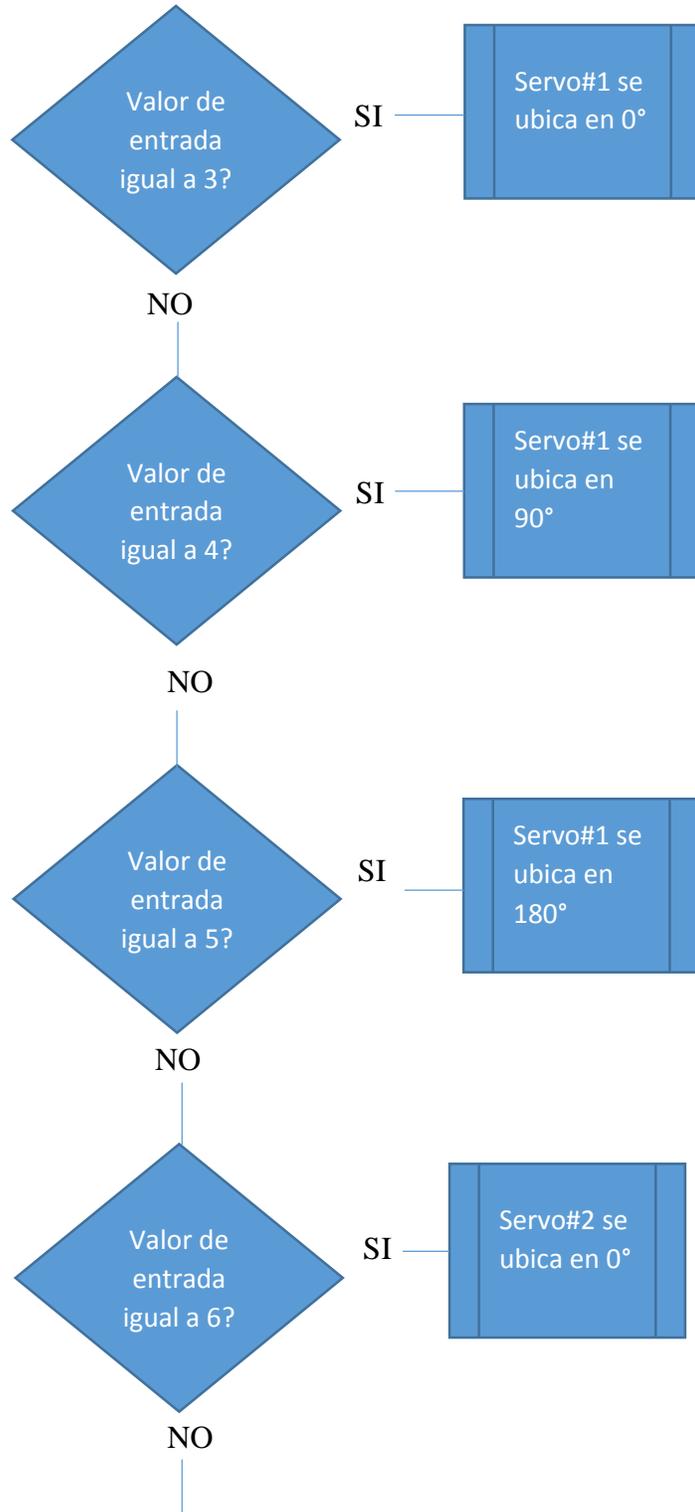
c++ con algunas diferencias como librerías y ciertos comandos. Ver código en el capítulo 8. Sección 8.1.

A continuación se presentara en un diagrama de flujo lo que hace el código.

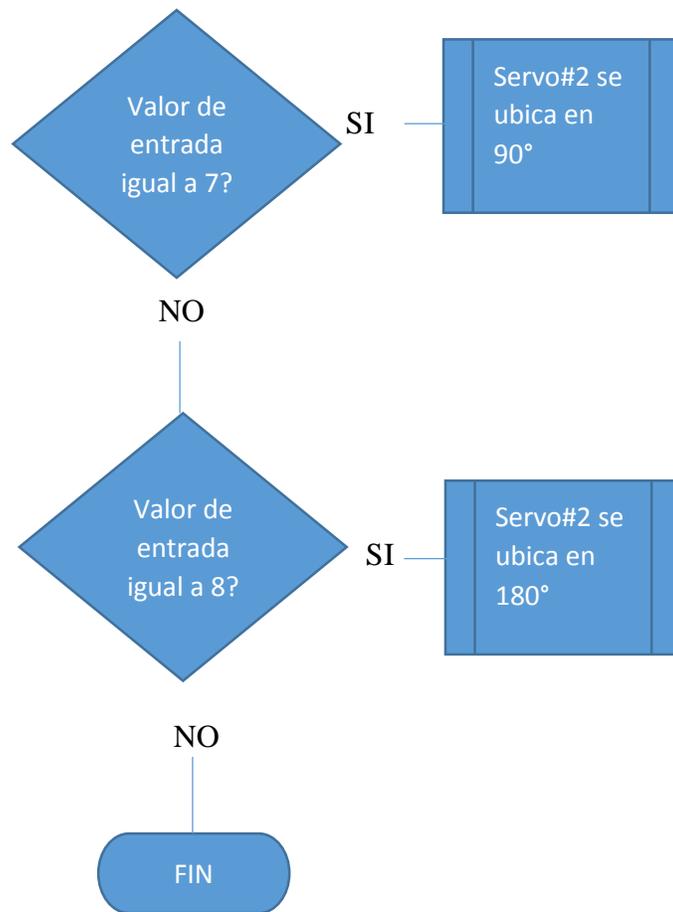




CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO



CAPÍTULO 7. FUNCIONAMIENTO Y DISEÑO



Capítulo 8.

Resultados

A continuación se detalla el paso a paso y como se fueron obteniendo los resultados.

Inicialmente para efectos de prueba y de ubicación en el espacio de los elementos se montó la placa Arduino, el modulo bluetooth, el puente h con su soporte y se fijaron los motor-reductores con sus llantas acopladas, todo sobre un chasis en madera. En esta parte aún no se había aplicado alimentación con baterías, sino que mediante el cable USB de Arduino con el cual se subió el código de programación a la Placa antes de montarla se alimentó todo el sistema, para probar que funcionara el modulo bluetooth y que los motor-reductores efectivamente recibieran la señal que se le había mandado. Figura [8.1].



Figura 8.1: Paso 1 montaje

Se comprobó que el modulo bluetooth funcionaba bien, pero las ruedas no se movían, y no era que no le estaba llegando la señal a los motor-reductores, la razón era que las corriente enviada desde el computador con el cable USB hacia Arduino no era suficiente para suplir a los

CAPITULO 8. RESULTADOS.

motores. Por ello se decidió alimentar todo de manera independiente y se procedió a emplear una batería de 9 V para Arduino, una batería de ion-litio de 7.4 V de 2200 mAh, ya que estas son de mayor duración y suplían por completo la corriente de los motor-reductores. Figura [8.2].



Figura 8.2: Paso 2 montaje

En este paso se hizo un improvisado mecanismo de dos gados de libertad con un objeto plástico que se encontró en casa, esto para mirar de qué forma se deberían instalar los servomotores en el mecanismo, también se hizo además para comprobar y observar el funcionamiento correcto de los servomotores una vez hechas la conexiones y alimentado los servomotores independientemente con una batería de 6 V. Efectivamente todo funcionó como se esperaba. Una vez se probó que todo funcionara correctamente se desmonto todo para montarlo nuevamente en el chasis en acrílico. Figura [8.3].



Figura 8.3: Paso 3 montaje

Se tomó el chasis en acrílico y se fijó la placa Arduino UNO, así mismo se montó el puente H L293D con su respectivo soporte. Luego se fijaron los motoreductores con sus llantas, de tal forma que quedaran alineados los ejes. Se colocó la rueda loca en la parte delantera del chasis teniendo cuidado de que quedara centrada. Había que tener cuidado a la hora de realizar este montaje ya que el acrílico aunque es más estético y de cierta manera más fuerte que la madera es más propenso a ralladuras y a partirse si se le aplican movimientos bruscos, además se debía tener en cuenta que es más costoso y tiene mayor dificultad para cortarlo. Se fijó la batería para alimentar Arduino y la batería para alimentar los motor-reductores. Se interconectaron cada uno de los componentes, ver Figura [7.14]. Se ocupó todo el espacio del chasis y aún faltaba montar el mecanismo con los servomotores. Figura [8.4]



Figura 8.4: Paso 4 montaje

Para resolver el problema del espacio se optó por montar sobre el chasis una lámina de acrílico cuadrada, fijada con cuatro tornillos, esta lámina es el espacio sobre el cual se montó después el mecanismo de dos grados de libertad. Se hicieron las conexiones de los servomotores y se probó el funcionamiento de todo el móvil. Figura [8.5]. En la Figura [8.6] se puede observar el pantallazo de la aplicación que se usó para mover los motor-reductores y los servomotores, se tuvo que hacer configuraciones en los botones de la aplicación, así:

Botón Off envía el comando “0”: detiene los motor-reductores (A y B)

Botón Adel envía el comando “1”: hace avanzar los motor-reductores (A y B)

Botón Atrás envía el comando “2”: hace retroceder los motor-reductores (A y B)

Botón Der envía el comando “X”: hace avanzar motor-reductor A y detiene al motor-reductor B

Botón Izq envía el comando “Y”: hace avanzar motor-reductor B y detiene al motor-reductor A

Botón S1-0° envía el comando “3”: hace que el servomotor 1 se ubique en la posición 0°.

CAPITULO 8. RESULTADOS.

Botón S1-90° envía el comando “4”: hace que el servomotor 1 se ubique en la posición 90°.

Botón S1-180° envía el comando “5”: hace que el servomotor 1 se ubique en la posición 180°.

Botón S2-90° envía el comando “6”: hace que el servomotor 2 se ubique en la posición 90°.

Botón S1-180° envía el comando “3”: hace que el servomotor 1 se ubique en la posición 180°.



Figura 8.5: Paso 5 montaje

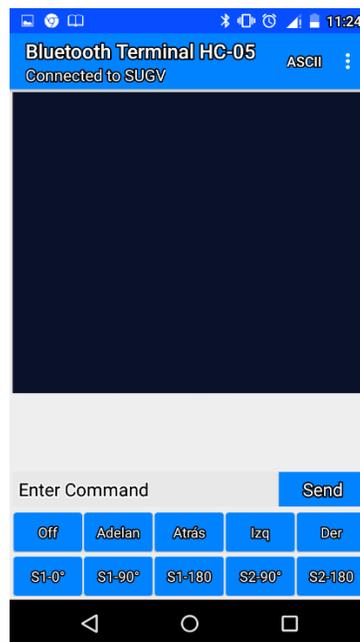


Figura 8.6: Pantallazo aplicación Bluetooth Terminal

CAPITULO 8. RESULTADOS.

El montaje ya se había hecho completamente, solo faltaba probar que el móvil tomara las capturas de imágenes, pero se presentó un problema haciendo pruebas para presentárselo al director de este proyecto en un error en las conexiones se le aplico un voltaje indebido a los servomotores lo que ocasiono que se dañaran, se tuvieron que comprar nuevamente y se instalaron tal cual como estaban los que se dañaron. Se probó todo nuevamente y se obtuvo con éxito que el movil funcionara de manera adecuada. Figura [8.7]. En la Figura [8.8] se muestra un pantallazo de la aplicación que se utilizó para realizar la captura de la imagen que se observa en la Figura [8.9].



Figura 8.7: Paso 6 montaje

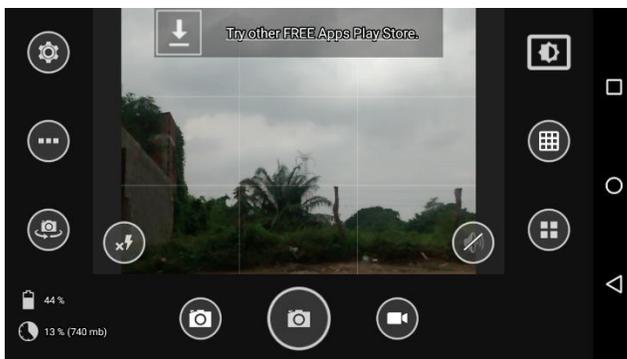


Figura 8.8: Pantallazo aplicación Camera Remote



Figura 8.9: Imagen tomada

CAPITULO 8. RESULTADOS.

Finalmente se realizó la medición de corriente y voltaje utilizando un multímetro para hallar el consumo de potencia del sistema en reposo y en movimiento.

-Reposo:

Servomotor#1: Potencia= 0.016 W

Servomotor#2: Potencia= 0.015 W

Motorreductor#1: Potencia= 0.05 W

Motorreductor#2: Potencia= 0.05 W

-Movimiento:

Servomotor#1: Potencia= 0.09 W

Servomotor#2: Potencia= 0.25 W

Motorreductor#1: Potencia= 0.5 W

Motorreductor#2: Potencia= 0.5 W

Capítulo 9.

Conclusiones

En primera instancia se determinaron los requerimientos mínimos necesarios para la captura de imágenes a nivel del suelo desde un vehículo terrestre no tripulado.

Se compararon las diferentes alternativas de solución.

Se seleccionó Arduino como la alternativa de hardware para el control más apropiada según las características requeridas y según los criterios del autor.

Basado en la plataforma Arduino se diseñaron los diferentes módulos hardware del vehículo.

Se diseñó un dispositivo móvil terrestre no tripulado controlado remotamente vía bluetooth empleando dos teléfonos celulares, el dispositivo permite la toma de fotos a nivel del suelo, además está diseñado para desplazarse en terrenos planos.

Se construyó un dispositivo móvil con base en el diseño, el dispositivo cumple con todos los requerimientos y con todas las funciones para el cual fue diseñado.

El dispositivo tiene un consumo de potencia igual a 1.47 W, se observó que un servomotor consume más potencia que el otro, esto es debido a una oposición en el movimiento, lo que hace que tenga que realizar un mayor esfuerzo a la hora de moverse.

En general se logró desarrollar un dispositivo móvil terrestre no tripulado controlado remotamente para la toma de fotos a nivel del suelo para terrenos planos de difícil o acceso restringido basado en la plataforma Arduino.

Capítulo 10.

Recomendaciones y Trabajo Futuro

10.1 Recomendaciones.

Para mejorar las características del dispositivo móvil, reducir costos y optimizarlo en peso y tamaño se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Para ampliar la distancia entre el dispositivo y quien lo opera debe implementarse un módulo bluetooth que tenga mayor alcance, pero debería emplearse otro sistema de captura de imagen ya que el alcance máximo entre los teléfonos celulares mediante la comunicación por bluetooth es de diez metros. En su defecto emplear otro tipo de comunicación de mayor alcance, esto modificaría en gran manera el diseño del dispositivo.

Para reducir costos, reducir el tamaño y peso del dispositivo se puede diseñar una tarjeta electrónica donde se pueda montar el microcontrolador de arduino, el modulo bluetooth y el puente en H, y se evitaría además tantos cables de conexión que le quiten eficiencia al dispositivo móvil.

10.2 Trabajo Futuro

Desarrollar una aplicación en la que se pueda tener las funciones para controlar el dispositivo y se pueda ver la imagen de la cámara al mismo tiempo (en el mismo cuadro de pantalla).

Añadirle sensores de proximidad o ultrasónicos al dispositivo móvil, para el caso en que no se pueda controlar a tiempo no sufra choques.

CAPITULO 10. RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO.

Cubrir por completo el hardware y las conexiones para evitar que se ocasionen daños al momento en que accidentalmente caiga un líquido sobre el dispositivo.

Configurar el código de programación para que los servomotores puedan avanzar y retroceder 10° cada vez que se le envié la señal de avance y retroceso.

11. Bibliografía

- [1] Área de Ingeniería Mecánica. (2006). Unioviado: Glosario: Grados de libertad y ecuación de Grubler. [En línea] Disponible en <https://www.unioviado.es/DCIF/IMecanica/GestionCortizo/Metodologia/conceptos%20de%20mecanica/Glosario%20de%20terminos/Grados%20de%20libertad%20y%20ecuacion%20de%20G.htm>
- [2] Arduino.cc. (2017). Arduino: AboutUS. [En línea] Disponible en <https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>
- [3] Arduino.cc. (2017). Arduino: Software. [En línea] Disponible en <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- [4] Akizuki. (2002-20016). Akizukidenshi: SG90 9g Micro Servo. [Archivo PDF] Disponible en <http://akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/SG90.pdf>
- [5] Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms. (2017). Dtic. [Archivo PDF] Disponible en: http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/dictionary.pdf
- [6] Ecured. (2017). Ecured: Chasis. La Habana, Cuba. [En línea] Disponible en <http://www.ecured.cu/Chasis>
- [7] ExLibris Primo. (2009). Utb-primo.hosted.exlibrisgroup. [En línea] Disponible en http://utb-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo_library/libweb/action/search.do?&vid=UTB
- [8] Gandolfo, Adriano. (2017). Adrirobot: TGP01D-A130 Gear motor. [Archivo PDF] Disponible en http://www.adrirobot.it/robot_kit/feetech_FT-DC-002/TGP01D-A130_TT-Motor.pdf

BIBLIOGRAFIA

- [9] GI Electronic. (2011-2012). Gie: Arduino bluetooth module hc-06. [Archivo PDF] Disponible en: http://www.gie.com.my/download/um/arduino/modules/at_hc06.pdf
- [10]Google Play (2017). Play.google: Google Play - Apps. [En línea] Disponible en https://play.google.com/store/apps/details?id=com.busywww.cameraremote&hl=es_419
- [11]Google Play. (2017). Play.google: Google Play - Apps. [En línea] Disponible en https://play.google.com/store/apps/details?id=project.bluetoothterminal&hl=es_419
- [12]Grassi, Miguel. Miguel Grassi: Puente en H. Buenos Aires, Argentina. [Archivo PDF] Disponible en <http://www.miguelgrassi.com.ar/mecatronica/puenteh.pdf> [accedido el 30 Abr. 2017]
- [13]Lexicoon. (2017). Lexicoon: servomotor. [En línea] Disponible en <http://lexicoon.org/es/servomotor>
- [14] Nguyen-Huu, Phuoc-Nguyen. Titus, Joshua. (2009). arc.engin.umich: Reliability and Failure in Unmanned Ground Vehicle (UGV). Michigan, EU. [Archivo PDF] Disponible en http://arc.engin.umich.edu/grrc/techreports/200901_ReliabilityUGV.pdf
- [15]Parrot Drones SAS. (2017). Parrot. [Online] Disponible en <http://www.parrot.com>
- [16]Parrot Drones SAS. (2017). Parrot: Parrot Jumping Race Max. [En línea] Disponible en <https://www.parrot.com/es/MINIDRONES/parrot-jumping-race-max#special-editions>
- [17]Prometec (2017). Prometec: Módulo BlueTooth HC-06 - Tutoriales Arduino. [En línea] Disponible en: <http://www.prometec.net/bt-hc06/#>

BIBLIOGRAFIA

[18]Texas Instruments. (1986-2016). Ti: L293x Quadruple Half-H Drivers. Dallas, EU.

[Archivo PDF] Disponible en <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>

[19]UniversoJus. (2016). Universo Jus: Definicion de Motorreductor. [Online] Disponible en

<http://universojus.com/definicion/motorreductor>

[20]Villalpando, Juan. (2017). Kio4: Arduino en español. [En línea] Disponible en

<http://kio4.com/arduino/29Cmotordecontinua.htm>

[21]Vistronica SAS. (2016). Vistronica: Micro Servomotor SG90 9G. [En línea] Disponible en

<https://www.vistronica.com/robotica/motores/servomotores/micro-servomotor-sg90-9g-detail.html>

[22]Vistronica SAS. (2016). Vistronica: Motorreductor con caja reductora 6V 0.5kgCm

220rpm 1:48. [En línea] Disponible en

<https://www.vistronica.com/robotica/motores/motorreductores/motorreductor-con-caja-reductora-6v-05kgcm-220rpm-148-detail.html>

Capítulo 12.

Anexos

12.1 Anexo código de programación

En este primer anexo se presenta el código de programación completo que efectúa el control sobre el dispositivo.

```
//DISPOSITIVO MOVIL TERRESTRE NO TRIPULADO PARA CAPTAR IMAGENES A  
NIVL DEL SUELO
```

```
//EDICION: ROBERTO MIGUEL RHENALS CANTILLO, TOMADO DE FORO DE  
ARDUINO EN ARDUINO.COM.CC
```

```
#include <Servo.h>
Servo myservo1;
Servo myservo2;
char val;
int velocidad=160; //
// Conexiones del Motor A
int enA = 3; //Pin 1 del L293D al pin 3 placa
int in1 = 9; //Pin 7 del L293D al pin 9 placa
int in2 = 8; //Pin 2 del L293D al pin 8 placa
// Conexiones del Motor B
int enB = 5; //Pin 9 del L293D al pin 5 placa
int in3 = 7; //Pin 15 del L293D al pin 7 placa
int in4 = 6; //Pin 10 del L293D al pin 6 placa

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Aqui establecemos la
  velocidad
  // Terminales de salida en el Arduino
  pinMode(enA, OUTPUT);
  pinMode(enB, OUTPUT);
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  pinMode(in4, OUTPUT);

  myservo1.attach(10); //Pin de control del
  servo # 1 al pin 10 placa
  myservo2.attach(11); //Pin de control del
  servo # 2 al pin 11 placa
}
```

CAPITULO 12. ANEXOS

```
void loop() {  
  if( Serial.available() )  
    val = Serial.read();  
  // Parar Motor A y B  
  if( val == '0' )  
  {  
    digitalWrite(in1, LOW);  
    digitalWrite(in2, LOW);  
    digitalWrite(in3, LOW);  
    digitalWrite(in4, LOW);  
  }  
  
  // Avanza Motor A y B  
  if( val == '1' )  
  {  
    digitalWrite(in1, LOW);  
    digitalWrite(in2, HIGH);  
    digitalWrite(in3, LOW);  
    digitalWrite(in4, HIGH);  
  }  
  
  // Retrocede Motor A y B  
  if( val == '2' )  
  {  
    digitalWrite(in1, HIGH);  
    digitalWrite(in2, LOW);  
    digitalWrite(in3, HIGH);  
    digitalWrite(in4, LOW);  
  }  
}
```

```
if( val == '3' )  
{  
  myservo1.write(0);  
  delay(800);  
}  
if( val == '4' )  
{  
  myservo1.write(90);  
  delay(800);  
}  
if( val == '5' )  
{  
  myservo1.write(180);  
  delay(800);  
}  
if( val == '6' )  
{  
  myservo2.write(0);  
  delay(800);  
}  
if( val == '7' )  
{  
  myservo2.write(90);  
}  
if( val == '8' )  
{  
  myservo2.write(180);  
  delay(800);  
}
```

CAPITULO 12.ANEXOS

```
// Velocidades. PWM.
```

```
if( val == 'A' )
{
  velocidad=70;
}
if( val == 'B' )
{
  velocidad=110;
}
if( val == 'C' )
{
  velocidad=150;
}
if( val == 'D' )
{
  velocidad=200;
}
if( val == 'E' )
{
  velocidad=250;
}
```

```
// Giro hacia la izquierda
```

```
if( val == 'X' )
{
  analogWrite(enA, 30);
  analogWrite(enB, 30);
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, HIGH);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, LOW);
  delay(500);
}
//Giro hacia la derecha
if( val == 'Y' )
{
  analogWrite(enA, 30);
  analogWrite(enB, 30);
  digitalWrite(in1, LOW);
  digitalWrite(in2, LOW);
  digitalWrite(in3, LOW);
  digitalWrite(in4, HIGH);
  delay(500);
}
}
```

Basándose en este cronograma se logró ir avanzando en cada aspecto del proyecto:

12.2 Anexo cronograma

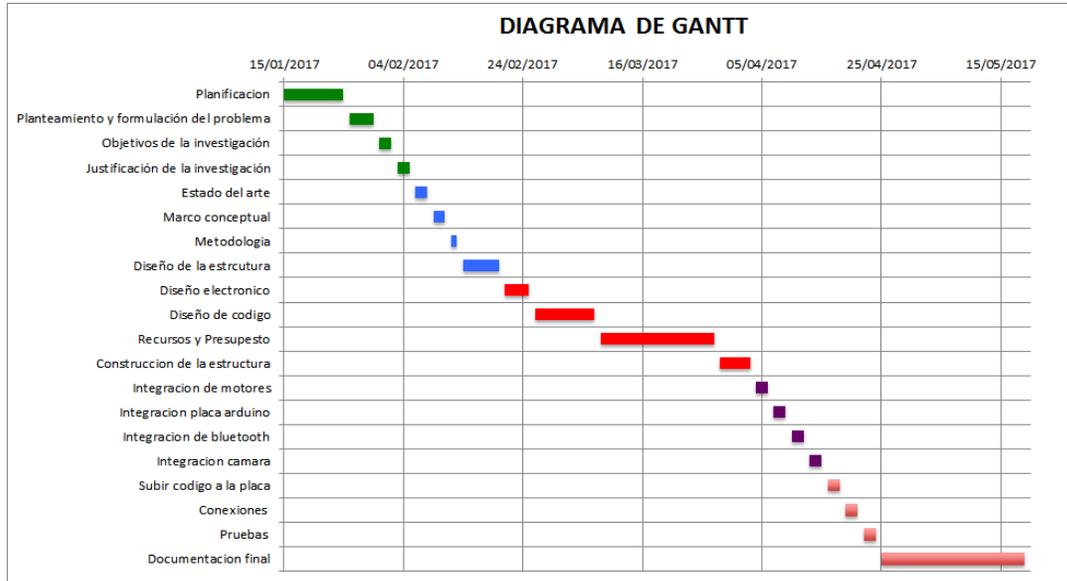


Figura 12.1: cronograma

12.3 Anexo Presupuesto

A continuación se presenta el presupuesto sobre el cual se trabajó en el proyecto.

12.3.1 Recursos, materiales y herramientas

Para desarrollar el proyecto se emplearán los siguientes recursos materiales y herramientas

Recursos humanos:

- Programación del código
- Asesoría del proyecto
- Montaje del móvil
- Compra de materiales y herramientas

CAPITULO 12.ANEXOS

Hardware:

- Placa Arduino uno
- Batería
- Puente H L298D
- Motores DC
- Servomotores
- Cables de conexión
- Módulo bluetooth
- Ruedas
- Smartphone
- Estructura para el montaje
- Protoboard arduino

Herramienta:

- Cautín
- Soldadura
- Computador
- Smartphone
- Cortafrío
- Pelacables
- Elementos para la fabricación de la estructura

Software:

- IDE arduino
- Aplicación bluetooth terminal
- Aplicación camera remote
- Proteus

12.3.2 Presupuesto

Las fuentes de financiación salieron del estudiante implicado en este proyecto.

A continuación se presenta el cálculo anticipado de los gastos:

Elemento	Precio	Unidades	Total
Arduino Uno	28000	1	28000
Bateria 9V	2800	1	2800
Bateria litio	17000	2	34000
Puente H L298D	8500	2	17000
Motoreductor + Rueda	10000	2	20000
Servomotres	16000	2	32000
Cables de conexión	8000		8000
Modulo Bluetooth	30000	1	30000
Protoboard Arduino	4500	1	4500
Estructura para el montaje	15000	1	30000
Rueda loca	5000	1	5000
Total	\$ 159.800		\$ 211.300

Tabla 12.1: Presupuesto de hardware

CAPÍTULO 12. ANEXOS

Producto	Precio	Unidades	Total
IDE Arduino	0	1	0
Aplicación terminal Bluetooth	0	1	0
Aplicación remote camera	0	1	0
Proteus	0	1	0
Total	\$ -		\$ -

Tabla 12.2: Presupuesto de software

Producto	Precio	Unidades	Total
Cautin	7500	1	7500
Soldadura(estaño)	1000	1 metro	1000
Cortafrio	5000	1	5000
Pelacables	4500	1	4500
Total	\$ 18.000,00		\$ 18.000,00

Tabla 12.3: Presupuesto de herramienta

Elemento	Precio	Unidades	Total
Smartphone	200000	2	400000
computador	800000	1	800000
total	\$ 1.000.000		\$ 1.200.000

Tabla 12.4: Presupuesto de recursos previamente adquiridos

Nota: Quien desee utilizar el móvil a desarrollar deberá emplear dos Smartphone con las aplicaciones seleccionadas instaladas.

Item	Precio
Programación de código	150000
Asesoría del proyecto	300000
Montaje del movil	30000
Compra de materiales y herramienta	15000
Total	\$ 495.000

Tabla 12.5: Presupuesto de recursos humanos.

Concepto	Costo
Presupuesto software	0
Presupuesto hardware	211300
Presupuesto herramienta	18500
Presupuesto de recursos previamente adquiridos	1200000
Presupuesto humano	495000
Total	\$ 1,924,800

Tabla 12.6: presupuesto total

