

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



DISEÑO DE UN HIDRODRONE RECOLECTOR DE MUESTRAS
DE AGUA EN LAGOS Y LAGUNAS A DIFERENTES
PROFUNDIDADES

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTADO POR:

Bach. CHANAMÉ FRANCIA JOHN WILLIAM

Bach. CARRIÓN HURTADO ANTONY CELSO

ASESOR: Dr. Ing. SOTELO VALER FREEDY

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre Virgilio por el esfuerzo y el apoyo incondicional que ha tenido conmigo a lo largo de estos años, a mi abuela Alicia y mi tía Carmen por ser unas madres que me guiaron desde pequeño a mi esposa Keila por el amor y su apoyo incondicional que día a día me brinda, a mis hijas Belldandy, Eimi y Astrid que son el motor que me motiva a seguir adelante y finalmente a DIOS por las maravillosas personas que me ha permitido conocer a lo largo de mi vida.

John William Chanamé Francia.

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres, hermanos y amigos quienes me brindaron consejos, apoyo y conocimientos a lo largo de mis cinco años de estudio

Antony Carrión Hurtado

AGRADECIMIENTO

Nuestros más sincero agradecimiento a nuestros profesores y maestros que nos inculcaron el amor por las ciencias.

John William Chanamé Francia.

Antony Carrión Hurtado

ÍNDICE

RESUMEN -----	XI
ABSTRACT -----	XII
INTRODUCCIÓN-----	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	3
1.1 Descripción de la problemática -----	3
1.2 Formulación y delimitación del problema. -----	6
1.2.1 Problema general -----	6
1.2.2 Problema específico-----	6
1.3 Objetivos -----	6
1.3.1 Objetivo General -----	6
1.3.2 Objetivos específicos -----	6
1.4 Alcances y limitaciones de la investigación -----	6
1.4.1 Alcances -----	7
1.4.2 Limitaciones -----	7
1.5 Justificación e importancia del estudio-----	7
1.5.1 Importancia del estudio. -----	7
1.5.2 Justificación ambiental -----	8
1.5.3 Justificación económica -----	8
1.5.4 Justificación tecnológica -----	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO -----	9
2.1 Antecedentes -----	9
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	9
2.1.2 Antecedentes nacionales. -----	10
2.2 Bases teóricas -----	11

2.2.1 Drones terrestres-----	11
2.2.2 Drones acuáticos -----	12
2.2.3 Drones aéreos. -----	13
2.3 Módulos que conforman un drone -----	16
2.3.1 Motores-----	16
2.3.2 Variadores de velocidad-----	18
2.3.3 Sistema de propulsión -----	22
2.3.4 Controladores de vuelos-----	24
2.3.5 Radio Control-----	29
2.4 Arduino -----	33
2.5 Software de diseño y programación-----	33
2.5.1 SolidWorks-----	34
2.5.2 Proteus 8 Profesional -----	35
2.5.3 Visual Studio Code -----	36
2.5.4 Mission Planner -----	37
2.6 Impresión 3D-----	38
2.7 Normas técnicas -----	41
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA -----	43
3.1 Requerimiento y características -----	43
3.2 Diseño Mecánico -----	43
3.2.1 Selección de materiales-----	43
3.2.2 Selección de pernos tuercas-----	47
3.2.3 Selección de los motores. -----	47
3.2.5 Diseño del armazón -----	51
3.2.6 Diseño del tren de aterrizaje -----	52

3.2.7 módulo de captura de agua-----	58
3.3 Diseño electrónico-----	59
3.3.1 Controladora de vuelo -----	59
3.3.2 GPS -----	61
3.3.3 Telemetría-----	61
3.3.4 Diseño de accionadores -----	62
3.4 Diseño informático -----	68
3.4.1 Programación en Arduino-----	71
3.4.2 Estación de control de tierra. -----	74
3.4.3 Mission Planner -----	75
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS -----	77
4.1 Resultados del diseño mecánico-----	77
4.2 Resultados del sistema eléctrico-----	82
4.3 Resultados del diseño informático -----	82
4.4 comparativas y análisis económico -----	83
CONCLUSIONES-----	86
RECOMENDACIONES-----	87
BIBLIOGRAFÍA-----	88
ANEXOS-----	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Niveles de plomo encontrado durante el muestreo.....	4
Tabla 2: Ventajas y desventajas de un drone ala fija.....	14
Tabla 3: Comparativa ventajas y desventajas de un hexacoptero.....	16
Tabla 4: Velocidad de transferencia de los distintos protocolos.	20
Tabla 5: Velocidad de procesamiento de algunos procesadores.....	25
Tabla 6: Comparativas entre diferentes tipos de baterías.	32
Tabla 7: Temperatura de fusión de filamentos.	40
Tabla 8: Principales características de las Boquillas de impresión.	41
Tabla 9: Lista de materiales a seleccionar.	44
Tabla 10: Medidas de perno de hombro.	47
Tabla 11: Comparativa entre motores.....	48
Tabla 12: Cuadro de datos del motor dys 3608 - 630kv.....	49
Tabla 13: Datos técnicos de las hélices Motor x MS1503.....	50
Tabla 14: Densidad de materiales a seleccionar.	52
Tabla 15: Porcentaje de hundimiento.	56
Tabla 16: Características del solenoide	67
Tabla 17: Características electricas del transistor Tip 121.	67
Tabla 18: Características de operación sensor de profundidad.....	68
Tabla 19: Resultados de la flotabilidad.....	80
Tabla 20: Variación de componentes iniciales.	83
Tabla 21: Cuadro de costos.....	84
Tabla 22: Comparativa con otro similar.	84
Tabla 23: Comparativa entre la botella Niskin y la Botella capturadora.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Toma de muestras de agua, lago Chinchaycocha.....	5
Figura 2: Vehículo terrestre no tripulado Mars Curiosity.....	12
Figura 3: Rov robot sumergible de exploración submarina.....	13
Figura 4: Drone ala fija fx 61 phantom.....	14
Figura 5: Configuración de los motores de un hexacoptero.	15
Figura 6: Partes del motor brushless.....	16
Figura 7: Fases de un pulso. PWM.....	18
Figura 8: Diagrama de bloque del controlador de velocidad electrónico.	19
Figura 9: Componentes principales del regulador de velocidad.....	20
Figura 10: Comparación de frecuencias realizadas por cada protocolo.	21
Figura 11: Paso de la hélice.....	22
Figura 12: Hélices de 6 y 2 palas respectivamente.....	23
Figura 13: Hélice plegable.....	23
Figura 14: Fuerzas físicas que permiten la sustentación.....	24
Figura 15: Controladora de vuelo pixhawk 4.....	24
Figura 16: Procesadores de diferentes controladoras de vuelo.....	26
Figura 17: Diagrama de bloques acelerómetro DXL345BCCZ.....	27
Figura 18: Giroscopio MPU 6050.....	27
Figura 19: Diagrama de bloques del barómetro smd Bosch BMP 280.....	28
Figura 20: Módulo GPS modelo SAM M8Q.....	28
Figura 21: Funciones del Radio control.....	29
Figura 22: Sistema de control de radio Frsky R9M.....	30
Figura 23: Patillaje del receptorR9 STAB OTA.....	30

Figura 24: Ciclo de carga baterías lipo.	31
Figura 25: Batería tipo lipo.	32
Figura 26: Modelos más comerciales tarjetas Arduino.	33
Figura 27: Etapas de desarrollo con solidworks	34
Figura 28: Entorno de trabajo solidworks.....	35
Figura 29: Etapas de diseño con proteus.	36
Figura 30: Entorno de desarrollo platformIO.	37
Figura 31: Vista de los puntos de geolocalización mission planner.	37
Figura 32: Vista de configuración del software Mission Planner.....	38
Figura 33: Partes de una impresora 3D.corexy.....	39
Figura 34: Botella hidrográfica niskin.....	42
Figura 35: Diseño del cuerpo del hidrodrono en solidworks.....	45
Figura 36: Peso de la masa del brazo del Drone real y calculado.....	46
Figura 37: Resultados de masa real y calculada por el software solidworks.....	46
Figura 38: Medidas de un perno de hombro.....	47
Figura 39: Hélices Motor X de carbón.	50
Figura 40: Cálculo longitud de brazo del hidrodrono.....	51
Figura 41: Boceto del Drone.....	52
Figura 42: Centro de gravedad del ovoide.....	53
Figura 43: Equilibrio de flotación.....	54
Figura 44: Diseño del tren de aterrizaje diseñado en solidworks.	54
Figura 45: Peso para realizar la prueba de flotabilidad.	55
Figura 46: Pruebas de flotabilidad.....	56
Figura 47: Gráfica de flotabilidad.....	57
Figura 48: Contenedor del poliestireno expandido diseño en solidworks.....	58

Figura 49: Diseño de la botella capturadora de agua realizado en solidworks.....	59
Figura 50: Bandas de frecuencia de beidou, glonass, gps y Galileo.....	61
Figura 51: Datos telemétricos.....	62
Figura 52: Pruebas de potencias del motor.....	63
Figura 53: Datos técnicos del motor.....	64
Figura 54: Construcción y características de la caja de cambios.....	65
Figura 55: Características de velocidad y carga.....	65
Figura 56: Circuito de la botella capturadora de agua.....	66
Figura 57: Diagrama de flujo de los accionamientos electrónicos.....	69
Figura 58: Partes de un encoder.....	70
Figura 59: Diagrama puente H.....	70
Figura 60: Entorno de programación visual studio code.....	73
Figura 61: Estación de tierra.....	74
Figura 62: Interfaz Mission Planner.....	75
Figura 63: Interfaz de calibración Mission Planner.....	75
Figura 64: Interfaz de calibración del compás Mission Planner.....	76
Figura 65: Efecto coanda. Diseñado en solidworks.....	77
Figura 66: Diseño impreso del tren de aterrizaje.....	78
Figura 67: montaje del tren de aterrizaje.....	78
Figura 68: Tren de aterrizaje modificado.....	79
Figura 69: Prueba de flotación.....	79
Figura 70: Peso del dron y lastres.....	80
Figura 71: Prueba de estabilidad.....	81
Figura 72: Vista del prototipo ensamblado.....	85

RESUMEN

La presente investigación titulada “Diseño de un hidrodrono recolector de muestras de agua en lagos y lagunas a diferentes profundidades”, planteó el diseño de un Drone con la capacidad de mantenerse a flote liberando un contenedor capaz de recolectar muestras de agua, este es un prototipo experimental, el diseño se compuso de una parte mecánica, eléctrica e informática. La parte mecánica se centró en el desarrollo de un elemento que permita la flotabilidad así como la creación de un medio para la toma de muestras, mientras que en la parte electrónica se desarrollaron los cálculos para la selección de los elementos encargados de la recolección de las muestras de manera automática, en tanto que la programación se desarrolló un algoritmo de control para que las tarjetas controladoras tomen los datos de profundidad activando los actuadores para la toma de muestras. Actualmente a nivel global hay una gran preocupación por los recursos hídricos, y nuestro país no es ajeno a ella; si bien contamos con recursos como manantiales y fuentes de agua, muchas de estas son contaminadas por la actividad que el hombre realiza, un ejemplo claro se puede ver en las regiones altoandinas donde la actividad extractiva del hombre ha producido una seria contaminación en sus manantiales, uno de estos, es el lago Chinchaycocha el cual es el segundo lago más grande del Perú.

Con el hidrodrono se busca una manera rápida y precisa de sectorizar el lago a fin de recolectar muestras para su posterior análisis. De esta forma identificar lugares donde se acumulen una mayor o menor concentración de contaminantes, ya que durante años las comunidades que viven alrededor del lago se han visto afectadas, pues ellos dependen de estas aguas.

Palabra clave: Hidrodrono, lagos, contaminación, recolección.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Design of a hydrodrone to collect water samples in lakes and lagoons at different depths" proposes the design of a hydrodrone which is an experimental prototype, this prototype was composed of a mechanical, electrical and computer part design. Currently at a global level there is great concern about water resources, and our country is not alien to this concern, although we have resources such as springs and water sources, many of these are contaminated by the activity that man performs, an example Of course, we can see it in the high Andean regions where the extractive activity of man has produced serious contamination in its springs, one of these is the Chinchaycocha lake which is the second largest lake in Peru located in the Junín region, which has been contaminated due to formal mining, although in subsequent years national organizations have made efforts to stop this contamination, the residents of these places consider that it has not been enough, since they have seen the decrease and in other cases the disappearance of their own species from the lagoon.

With the hydrodrone, a fast and precise way is sought to sectorize the lake in order to collect samples for later analysis. In this way, identify places where a greater or lesser concentration of pollutants accumulate, since for years the communities that live around the lake have been affected, since they depend on these waters.

Keyword: Hydrodrone, lakes, pollution, harvesti.

INTRODUCCIÓN

La tecnología ha ido evolucionando a pasos agigantados, con el pasar de los años, cada evolución tecnológica se ha dado de manera más próxima una de otra. Si bien estos avances han proporcionado a la humanidad mejores herramientas tecnológicas para el desarrollo de la sociedad como se conoce actualmente, sin embargo, el mismo hombre genera sus propios males que se han ido incrementado. Por mencionar algunos de estos, tenemos deforestación, contaminación de suelos, contaminación sonora, contaminación de aguas, etc. Muchos de estos perjudican a poblaciones vulnerables, que desarrollan sus actividades, cerca de lugares contaminados, muchas veces resulta difícil examinar el medio ambiente en busca de los agentes dañinos. Así pues, en el Perú se tiene lugares de gran contaminación, alguno de ellos, monitoreados de forma inconstante, pues las comunidades que viven a los alrededores indican que, si bien se realizan algunos esfuerzos, estos no son constantes lo cual genera un malestar, al sentirse desatendidos. Considerando la necesidad se pensó en realizar el diseño de un drone con la capacidad de flotar de esta manera pueda posarse en el agua y mediante una botella captadora, recolectar muestras de agua que puedan medir el nivel de contaminación en el lago. De esta manera se monitoreará el lago sectorizando los lugares de toma de muestras para su posterior análisis y clasificación, de esta manera monitorear la calidad de las aguas. La presente investigación se estructuró de la siguiente manera: En el capítulo 1, se realiza el planteamiento del problema, donde se expone la problematización objetivos generales y específicos, la justificación, alcance y limitación de la investigación. En el capítulo 2, se expone el marco teórico donde se describen los antecedentes de la investigación tanto internacionales como nacionales, además las bases teóricas que sirven de guía para el desarrollo de esta investigación. Así mismo se hace una descripción de los principales componentes que componen un drone, esto para evaluar las características y funcionalidad, así mismo la selección de materiales que permitirán la flotabilidad y rigidez necesaria para que el drone tenga la funcionalidad necesarias que le permitan trabajar en las condiciones requeridas. En el capítulo 3, se diseñó del sistema mecánico donde se describe el proceso de construcción así como la descripción de las pruebas realizadas para el dimensionamiento de los flotadores que permitirán al drone a mantenerse a flote en el agua como también el diseño de la botella captadora con los elementos que la componen, seguidamente se realiza la prueba de los motores evaluando

los requerimientos de voltaje y corriente que pudieran tener para seleccionar los driver correspondientes y finalmente realizar el diseño informático. En el capítulo 4, se detallan los resultados obtenidos, donde se contrastan con los objetivos planteados en la presente investigación. Para finalizar la investigación se redactan las conclusiones en función a los objetivos planteados, así como las recomendaciones que resulten pertinentes mencionar para futuras investigaciones. Así también las referencias bibliográficas utilizadas, los anexos e información relevante, que mejorará la comprensión de la presente investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se expone la problemática encontrada, la cual motivó el desarrollo del hidrodrono, así como el problema general, específico, objetivos, delimitaciones, alcances y justificación.

1.1 Descripción de la problemática

El agua es un recurso de gran importancia para la vida en el planeta y su sostenibilidad. Así pues, del total de agua 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% es agua dulce, según estudios realizados por la organización AGUA.org de México, de este total tenemos que el agua dulce en lagos y lagunas representa sólo el 0.007% del total de agua a nivel mundial. (Ver anexo1). En el Perú contamos con diversos manantiales, lagos, lagunas y de más riquezas hídricas, muchas de éstas situadas en las regiones altoandinas viéndose algunas de éstas afectadas por la acción directa e indirecta del hombre. En las comunidades andinas se ha visto una gran disminución de la fauna silvestre y acuática con el pasar de los años, las especies como plantas, aves, peces y anfibios han ido desapareciendo gradualmente hasta dejar de habitar zonas donde antes se les encontraba de manera regular. Por citar algunos ejemplos, La rana gigante de Chinchaycocha, la cual ha sido llevada casi a la extinción, otro ejemplo es el Yanavico que es una especie de ave propia de las zonas altoandinas. Como se menciona, estas especies han dejado de habitar las lagunas donde se les encontraba con regularidad, lo cual ha hecho que los lugareños se vean afectado en su estilo de vida puesto que muchas de estas especies formaban parte de su alimentación y también eran parte de su actividad productiva, es decir, algunos de estos animales y plantas, eran cazados, cultivados y posteriormente se empleaban ya sea, para su propio consumo o su comercialización. Inicialmente se pensó que la desaparición de estas especies se debió a la sobreexplotación por lo cual se aplicaron medidas de conservación hechas por los propios lugareños las cuales con el pasar de los años no tuvieron el éxito esperado. En este contexto los pobladores vieron que la causa de la desaparición de estas especies se debió a los contaminantes producidos por las mineras formales, las cuales no contaban con ningún tipo de cuidado con el tratamiento de sus residuos mineros los mismos que por un proceso natural eran transportados por las lluvias hacia los ríos y estos confluyen en pequeñas lagunas a

lo largo de su recorrido, siendo la más importante de estas, la laguna de Chinchaycocha ubicada en el departamento de Junín a una altura de 4083 m sobre el nivel del mar, esta laguna da origen al río Mantaro, siendo muy importante para muchas comunidades y si bien el daño al entorno natural es malo, se descubrió, que muchos de los lugareños sufren de saturnismo en diferentes grados, esta enfermedad es causada por el envenenamiento por plomo, este compuesto ingresa al cuerpo de diversas maneras una de ellas es el consumo de las especies acuáticas, dichas especies al estar en constante contacto con los contaminantes provoca que los contaminantes ingresen al organismos, alojándose en el sistema muscular y al ser consumidos por el ser humano de manera regular estos contaminantes van almacenándose también en el cuerpo humano deteriorando la calidad de vida de las personas con el pasar de los años. Es así como se tienen niños con retardo, adultos con daños en el sistema nervioso entre otros síntomas, dichas afecciones están directamente relacionadas a la cantidad de contaminantes que la persona ha ido almacenando en su organismo, producto del consumo de las especies contaminadas como también por el consumo de agua contaminada, toda esta información ha sido recabada en el transcurso de los años organizaciones como la OEFA (organismo de evaluación y fiscalización ambiental) en el año 2015 presentó un informe de evaluación Ambiental del lago Chinchaycocha el cual exponen que los niveles de contaminantes como el plomo, arsénico, cadmio, zinc entre otros metales pesados hallados durante el año 2015 en la tabla 1 se aprecia el nivel de plomo encontrado durante los meses de marzo, junio, setiembre para ver (anexo 2).

Tabla 1: Niveles de plomo encontrado durante el muestreo

Ambiente Evaluado	Código puntos de muestreo	Mes	Níquel (mg/L)	Fosforo (mg/L)	Plomo (mg/L)
ECA para agua-categoría 4 D S 002 2008-MINAM	Conservación del Ambiente acuático lagos y lagunas		0.025	–	0.001
LAGO CHINCHAYCOCHA	PM 01	Mar	0.0011	0.0539	0.0162
	PM 02		0.001	0.0084	0.0019
	PM 03		0.0024	0.0474	0.0146
	L CH-03	JUN	<0.0005	<0.01	0.009
		SET	<0.002	0.05	0.043
	L CH-04	JUN	<0.0005	0.06	<0.001
		SET	<0.002	0.06	0.061
	L CH-05	JUN	<0.0005	<0.01	0.007
SET		<0.002	0.02	0.005	

Fuente: OEFA (2015)

Mientras que un estudio posterior realizado por el ministerio de salud y expuesto durante la jornada científica: “Semana de la epidemiología peruana”, realizada en setiembre del 2016, se expone que durante el periodo 2016 los casos notificados por exposición a metales pesados aumentaron de 290 casos en el 2015, pasaron a 431 en el 2016 y destacan a la región Junín como aquella con la mayor contaminada por metales pesados (ver anexo 3), estimando que posiblemente 89% de su población está contaminada por plomo en diferentes grados, luego en año 2017 se aprueba el “Plan de manejo ambiental sostenible Chinchaycocha 2017 – 2021”, el cual declara en emergencia ambiental la Reserva Nacional de Junín, mediante resolución suprema Ni 005-2017-MINAM, (ver anexo 4). Si bien las medidas tomadas por el gobierno buscan monitorear y dar alguna alternativa de solución a este problema, muchos de los pobladores expresan su descontento pues, perciben que estos esfuerzos no son suficientes pues el problema continúa a pesar de llevar muchos años. Uno de los puntos que los pobladores refieren es que el lago no es monitoreado en su totalidad que son ciertas zonas las que se monitorea, cabe mencionar que el lago tiene en promedio una profundidad de 8 a 12 metros y tiene una envergadura promedio de 470 Km², en la figura 1 se muestra la manera en la cual se extraen las muestras de agua en el lago.



Figura 1: Toma de muestras de agua, lago Chinchaycocha.

Fuente: El Comercio (2015).

El presente proyecto al ser implementado, el hidrodrono delimitará zonas de contaminación sectorizando áreas del lago de manera rápida, precisa y segura. Puesto que se pensaba que estos contaminantes al sedimentarse permanecían estáticos, pero al pasar de los años se ha podido notar que estos son influenciados por las corrientes,

así también, por los niveles de profundidad del agua y las precipitaciones que son variadas dependiendo de la época del año.

1.2 Formulación y delimitación del problema.

1.2.1 Problema general

¿Cómo diseñar un hidrodrono recolector de muestras de agua en lagos y lagunas a diferentes profundidades?

1.2.2 Problema específico

- a) ¿Cómo diseñar un armazón mecánico capaz de impermeabilizar los componentes electrónicos brindando protección contra la humedad y la estática?
- b) ¿Cómo diseñar una unidad de captura de agua capaz de extraer muestras a diferentes profundidades?
- c) ¿Cómo diseñar un sistema de aterrizaje modificado para permitir posarse en el agua al drone?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un hidrodrono recolector de muestras de agua en lagos y lagunas a diferentes profundidades.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Diseñar un armazón mecánico capaz de impermeabilizar los componentes electrónicos brindando protección contra la humedad y la estática.
- b) Diseñar una unidad de captura de agua capaz de extraer muestras a diferentes profundidades.
- c) Diseñar un sistema de aterrizaje modificado para permitir posarse en el agua al drone.

1.4 Alcances y limitaciones de la investigación

1.4.1 Alcances

- a) Diseño del drone impermeabilizando componentes electrónicos.
- b) Sistema de aterrizaje modificado para permitir posarse en el agua al drone.
- c) Módulo de captura de agua para recolección de muestras.

1.4.2 Limitaciones

- a) Aunque actualmente hay una gran variedad de elementos electrónicos, sean sensores, actuadores, motores y demás componentes que forman parte de la construcción de un drone muchos de estos no están preparados para las condiciones de trabajo a 4000 metros sobre el nivel del mar(m.s.n.m.).
- b) También el hecho de realizar el estudio a esta altitud tiene como factor de riesgo la carga atmosférica (estáticas), la cual es un enemigo terrible para todo elemento electrónico.
- c) La creación del elemento de captura de agua, el cual es un dispositivo experimental encargado de recolectar muestras a diferentes profundidades en un solo vuelo, este será fabricado mediante impresión 3D su creación implica un reto desde la parte mecánica, electrónica y la programación.

1.5 Justificación e importancia del estudio

1.5.1 Importancia del estudio.

El presente trabajo busca continuar los esfuerzos realizados por el A.N.A. (Autoridad Nacional del Agua) y la O.E.F.A. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) que han venido realizando esfuerzos para ponderar la calidad del agua en el lago Chinchaycocha, dichos esfuerzos, creen los lugareños que han sido insuficientes ya que las muestras tomadas no abarcan toda la superficie del lago pues hay lugares de baja contaminación, donde se han venido instalando piscigranjas tratando de que los peces criados en este sector de agua estén lo más libres de contaminantes, esto nos lleva a la importancia del presente trabajo toda vez que la recolección y el posterior análisis nos permitirá saber en qué sectores del lago se concentran los contaminantes dándonos una vista que va desde general a lo particular de cómo están las aguas del lago, permitiendo seleccionar lugares óptimos de crianza de peces, brindándonos una visión sobre el estado de los recursos hídricos, generando un impacto positivo en los pueblos

de San Francisco de Uco, Hondores, Carhuamayo, Huayre y Junín, que son los pueblos próximos a la laguna.

1.5.2 Justificación ambiental

La importancia está en la preservación y mejora de la calidad de los recursos hídricos los cuales son sumamente importantes para la vida y el desarrollo de las comunidades altoandinas, pues muchas de sus actividades están ligadas al lago de donde extraen peces, aves y algunas especies vegetales para su consumo. Al contar con el hidrodrona será más sencillo y rápido evaluar la calidad del agua en el lago.

1.5.3 Justificación económica

Al contar con el hidrodrona la toma de muestras será realizada rápidamente evitando las demoras, las cuales eran causadas debido a que se usa botes a remo en la recolección de muestras y en algunos casos botes con motor a combustión, al emplear el hidrodrona evitaríamos el uso de combustible.

1.5.4 Justificación tecnológica

Al contar con el hidrodrona se podrá sectorizar el lago, utilizando la geolocalización, permitiéndonos esto centrarnos en los lugares de mayor contaminación así también se pondrán a prueba los componentes que componen al dron para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expone los antecedentes, los cuales son de referencia y base para el diseño del hidrodrono, si bien algunas de estas no guardan una relación directa con el presente desarrollo, podemos rescatar algunos puntos en común, además se establece las bases teóricas que sirven de sustento y complementan el desarrollo de la presente tesis.

2.1 Antecedentes

A continuación, se presentan los estudios más importantes necesarios para esta tesis, basados en tesis referentes al desarrollo de drones.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Villareal. (2015). En su trabajo de titulación para obtener el grado de ingeniero civil titulado “Análisis de precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control” Universidad Católica de Loja, Ecuador. Donde se analizó la exactitud de levantamientos topográficos empleando un drone para la obtención de los puntos de control. Como lugar de ensayo se tomó el campus de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador. El vehículo utilizado fue un Phantom 2 junto a una cámara GoPro Hero3, con estos aditamentos se planificó el plan de vuelo para la captura de puntos de control, Las imágenes obtenidas fueron procesadas con un software fotogramétrico. Estos datos fueron contrastados con la cantidad de puntos de control para el posterior levantamiento de planos. Concluyó que la precisión máxima era de 60 mm lo cual es apropiado para el levantamiento de puntos de control sin olvidar que a mayor puntos mayor precisión.

Tajadura. (2017). En su tesis de doctorado para obtener el grado de Doctor, titulado “Uso de drones en la inspección para la rehabilitación del patrimonio Iglesia de la Merced” de la Universidad de Burgos, España, en donde se analizó los daños ocasionados por las condiciones climáticas a la estructura de la Iglesia La Merced, empleando drones, los cuales incorporaban cámaras termográficas para el análisis, realizando diversos vuelos dentro de la iglesia la Merced

provincia de Burgos, España, donde comprobaron los daños que las lluvias ocasionan a la iglesia así como el paso del tiempo y la contaminación gracias a las imágenes de precisión captadas por la cámara termográfica. Se concluyó la utilidad que los drones tuvieron en el campo de la arquitectura y la ingeniería, es este caso en concreto en la rehabilitación.

Santana. (2017). En su tesis doctoral para obtener el grado de Doctor en Telecomunicaciones e Ingeniería de Sistemas, titulada “Propuesta de sistema Multi-UAV para aplicaciones de cobertura de área” de la Universidad Autónoma de Barcelona, España. En esta tesis doctoral vemos el empleo del software de código abierto Misión planer, empleado para establecer rutas las cuales posteriormente seguirán los drones, como se menciona en la presente tesis se pueden operar múltiples drones de manera simultánea cubriendo grandes áreas de manera rápida y eficaz, ahorrando tiempo y proporcionando precisión. Se concluyó que es posible controlar múltiples drones y crear rutas que estos sigan mediante el uso del software Misión planer.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Tabuchi. (2015). En su tesis de pregrado para optar por el título de Ingeniero Mecánico “Diseño de un vehículo aéreo no tripulado de cuatro rotores para una carga útil de 1 Kg”, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. En la presente tesis se aprecia la ventaja del desarrollo de un vehículo no tripulado frente a la adquisición de uno comercial, Así también se ve que el dimensionamiento pertenece a su propio diseño puesto que no hay una metodología de dominio público para el desarrollo de estos vehículos, en su propuesta realiza el análisis aerodinámico y vibracional a la estructura del vehículo aéreo no tripulado. Concluye que para el diseño del dron los componentes han de ser seleccionados en conjunto y no de manera separada para estimar los pesos y cargas a los que estará sujeto.

Herrera. (2015). En su tesis de pregrado para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico “Diseño e implementación del sistema de vuelo autónomo de un vehículo aéreo no tripulado para el reconocimiento en zonas hostiles azotadas por el narcoterrorismo en la Amazonía Peruana” Universidad Ricardo Palma,

Lima. Donde se utilizó el controlador Arduino Mega el cual denota la posibilidad de poder manipular y configurar algunos parámetros como el modo de vuelo, la velocidad de transmisión del módulo de telemetría entre otras configuraciones. también hace mención al algoritmo de control PID (Proporcional Integro-Diferencial) el cual es pieza base para el control del Drone, concluye que es posible la creación de una estación de tierra con la cual se puede monitorear al drone.

2.2 Bases teóricas

Usualmente definimos a un drone como un vehículo aéreo no tripulado, el cual es capaz de realizar vuelos de forma autónoma estableciéndole una ruta usando un GPS o puede ser operado de manera remota según sea el caso.

Podemos distinguir 2 tipos de drones, aquellos que asemejan a un ave con las alas extendidas, los llamados ala fija y aquellos que emplean motores para realizar el vuelo, en este grupo tenemos al segmento más grande, como son los tricopteros, quacopteros, hexacopteros y los octocopteros. Si bien en la actualidad hay algunos desarrollos que escapan a esta definición aún no están del todo probados como un híbrido entre un ala fija y un drone a motor, así mismo cabe mencionar un grupo muy pequeño pero este segmento fue el que dio origen a los drones como los conocemos hoy en día y estos son los drones militares, pues no es un misterio que los drones fueron inicialmente desarrollados para las operaciones militares, posteriormente, es que los aficionados comienzan a crear y probar sus propios diseños. También cabe destacar que cuándo nos referimos a drones tenemos que mencionar a los drones terrestres y los drones marinos, pues si bien en la presente tesis nos enfocaremos en el uso de los drones aéreos estos últimos también son drones, por lo tanto, cabe mencionarlos.

2.2.1 Drones terrestres

En esta clasificación tenemos autos, vehículos de búsqueda y rescate, algunos de ellos empleados para enfrentar condiciones tan peligrosas como fugas de productos radioactivos incendios, desactivación de bombas, el agro la exploración espacial, etc. Incluso hay algunos que se emplean para la limpieza de cristales en edificios de gran altitud para no exponer a los seres humanos a

condiciones de riesgo en la figura 2 podemos apreciar un drone terrestre de exploración marciana.

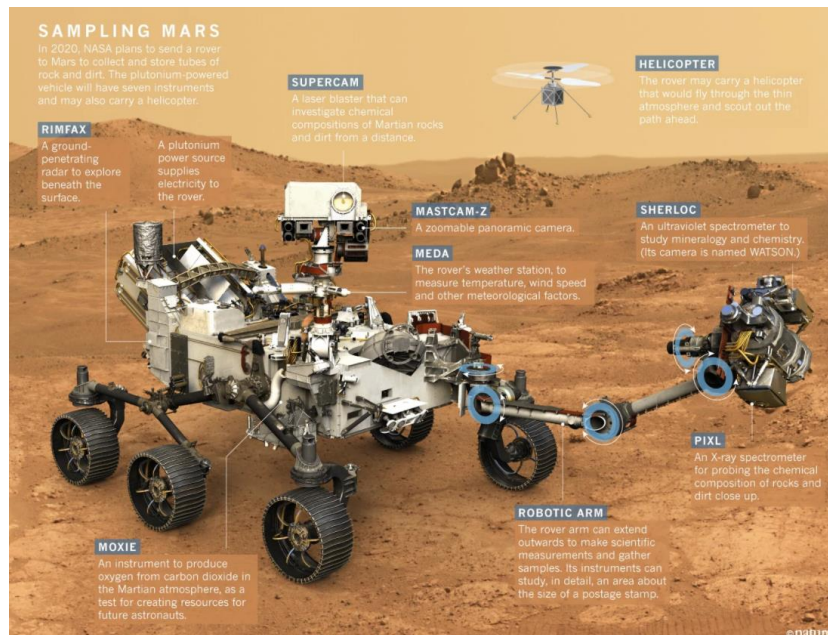


Figura 2: Vehículo terrestre no tripulado Mars Curiosity.

Fuente: Nasa (2015).

2.2.2 Drones acuáticos

En el medio acuático podemos distinguir aquellos drones capaces de moverse sobre el agua y los que pueden sumergirse. Por lo tanto, como su nombre indica, los drones submarinos son aquellos modelos acuáticos que tienen la capacidad de sumergirse por debajo del agua. Su clasificación es, por lo tanto:

Marinos o USV, Unmanned Surface Vehicle, (vehículo autónomo de superficie) diseñados para navegar por la superficie de agua.

Sumergibles o ROV, Remote Operated Vehicle, (Vehículo Operado Remotamente) son aquellos capaces de sumergirse para explorar a diferentes profundidades, en esta clasificación se presentan drones los cuales son empleados para exploración submarina, observación de animales acuáticos peligrosos. Este tipo de drones son en algunos casos autónomos, los cuales son programados mediante un algoritmo el cual le permite operar sin un controlador humano y en otro caso se emplea cables para maniobrar al drone ya que en el agua resulta muy desafiante la conducción puesto que las señales de control no logran penetrar el agua a gran profundidad en la figura 3 apreciamos un drone de exploración submarina el cual es controlado mediante cables.

Características



- Peso 1130 Kg.
- Profundidad de inmersión Max 6 Km.
- Hasta 250 Kg de carga útil.
- Canales de video múltiple.
- 3000 voltios de alimentación 400 Hz.
- 7 Motores sin escobilla con 100 Kg de empuje.

Figura 3: Rov robot sumergible de exploración submarina.

Fuente: Fórum subsea. technologies.(2017).

2.2.3 Drones aéreos.

Un vehículo aéreo no tripulado (o por sus siglas en inglés UAV Unmanned aerial vehicle). Actualmente conocido en nuestro medio como drone, el término Drone se viene empleando para vehículos aéreos los cuales carecen de un operador físico, en muchos casos, estos emplean microcontroladores para su control y para que lleven a cabo sus funciones, así también, se emplea la radiofrecuencia, donde un operador toma el control del drone haciendo más versátil a éste, dándonos la facilidad de que éste trabaje de forma semiautónoma, autónoma o controlado, según sea el caso y la necesidad. Así también, se debe clasificarlos por el número de motores que emplean. Así, por ejemplo, tenemos los tricopteros, quacopteros hexacoptero y octocopteros, estos drones emplean el despegue vertical mientras los llamados ala fija, son aquellos que despegan de manera horizontal y estos realizan vuelos sin la posibilidad de permanecer estáticos en un lugar.

De los diversos drones aéreos, haremos el análisis del drone de ala fija y del hexacoptero que son los más relevantes para este trabajo.

- Drones de ala fija

Estos asemejan a un ave con las alas extendidas, la estructura está formada por un fuselaje aerodinámico para enfrentar vientos frontales, son capaces de cubrir grandes áreas en un solo vuelo (alrededor de 1700 hectáreas) y llegar a alcanzar velocidades que están entre los 80 y 128 Km/h. El sistema

de propulsión de este tipo de drones suele estar conformado por motores eléctricos del tipo brushless y en otros casos se emplean motores a combustión, pero de forma minoritaria. Son empleados para el levantamiento topográfico, cartografía, fotografía de áreas extensas entre otras aplicaciones. En la figura 4 se aprecian un drone de ala fija y en la tabla 2 podemos ver algunas de sus ventajas y desventajas.



Figura 4: Drone ala fija fx 61 phantom.

Fuente: Outstandingdrone.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de un drone ala fija.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Gran estabilidad. • Gran velocidad de desplazamiento . • Amplio rango de vuelo. • Mayor autonomía en comparación a drones de 3 ó más motores.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado costo. • Amplia envergadura. • Necesitan espacios amplios para aterrizar.

Fuente: Elaboración propia.

- Hexacoptero

Estos drones son ampliamente utilizados de manera industrial debido a su capacidad de carga diseño robusto y las diferentes configuraciones de vuelo que posee, este drone no se caracteriza por su rapidez, pero es más confiable frente a un fallo de motor lo cual le permite realizar un aterrizaje seguro o un retorno a casa en caso de pérdida de la señal de control. Un

hexacoptero cuenta con 6 motores e igual número de reguladores de velocidad y hélices. Entre las labores que realizan tenemos el agro para el control de plaga o el análisis de los cultivos para lo cual se le adiciona una cámara termográfica. Así también para el transporte de paquetes de hasta 7 kilogramos con un tiempo máximo de autonomía de 15 minutos, el cual se puede extender al llevar una menor carga. También se viene trabajando

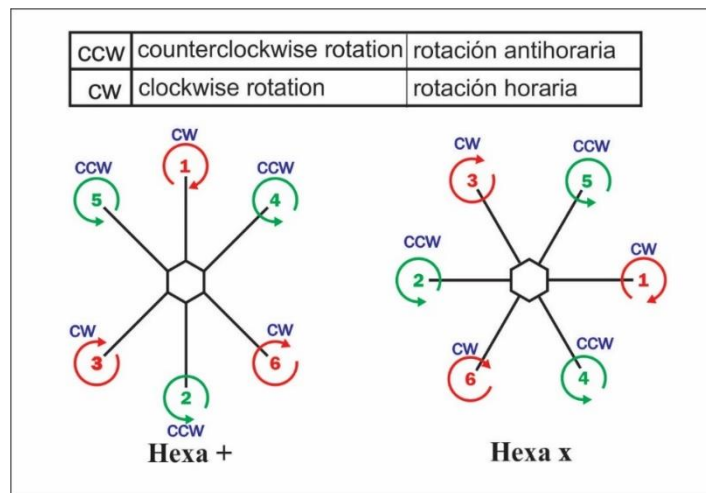


Figura 5: Configuración de los motores de un hexacoptero.

Fuente: Elaboración propia.

para mejorar la durabilidad de las baterías, vayamos a usar por ejemplo si usáramos una configuración Hexa+ con una cámara, el motor nos bloquearía parte de la visión de la cámara. Estos arreglos los hacemos por conveniencia no aportan menor o mayor movilidad o fuerza, algo más a considerar es que hay motores que tienen ajustes horario y antihorario este ajuste se usa para fijar las hélices a fin de extender este tiempo. Este tipo de drones usa 3 hélices de sentido horario y 3 de sentido antihorario que pueden tener 2 tipos de configuraciones denominadas Hexa + y Hexa x estas configuraciones las apreciamos mejor en la figura 5.

Si bien varía la posición de los motores, estos arreglos los hacemos dependiendo de los aditamentos que vayamos a usar, por ejemplo: Si usáramos una configuración Hexa+ con una cámara el motor nos bloquearía parte de la visión de la cámara, estos arreglos los hacemos por conveniencia no aportan movilidad o fuerza, algo más a considerar es que hay motores que tienen ajustes horario y antihorario este ajuste se usa para

fijar las hélices. Las ventajas y desventajas que tiene un drone hexacoptero las apreciamos en la tabla 3.

Tabla 3: Comparativa ventajas y desventajas de un hexacoptero

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor capacidad de carga que un tricoptero y un quacoptero • Mayor espacio para instalar aditamentos • Vuelo más estable • Mayor confiabilidad en caso de fallo
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Precio elevado • Mayor consumo de energía • No es plegable

Fuente: Elaboración propia

2.3 Módulos que conforman un drone

Si bien los drones pueden variar en cuanto a forma, utilidad y desplazamiento muchos de sus componentes son similares. A continuación, describiremos los componentes de un drone.

2.3.1 Motores

Existen diferentes variedades de motores, se pueden clasificar según el tipo de corriente continua o alterna, motores con o sin escobillas, motores monofásico o trifásico, este tiene como función principal convertir la energía eléctrica en energía mecánica o de rotación. Si bien la elección de los motores estará sujeta a la necesidad de la labor que se va a desarrollar, tenemos que tomar en cuenta parámetros como velocidad o RPM, potencia, par torsor, consumo de corriente, etc. Para el siguiente desarrollo usaremos los motores síncronos dentro de esta

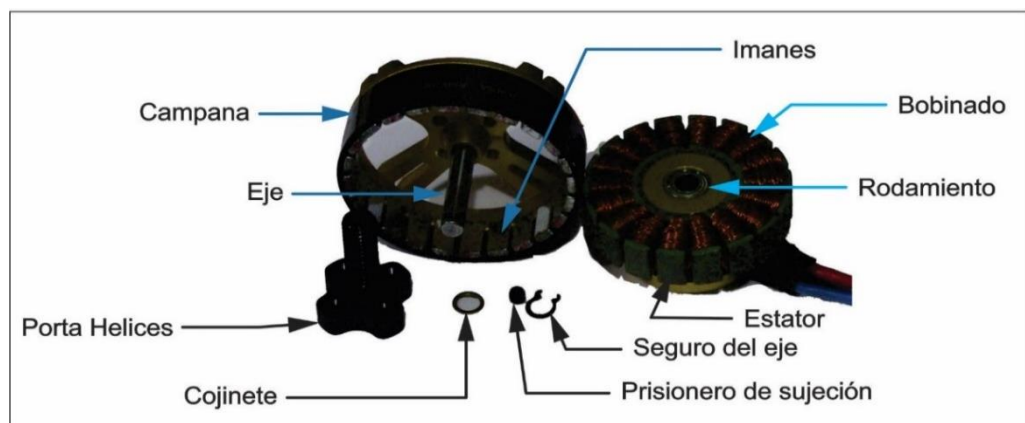


Figura 6: Partes del motor brushless.

Fuente: Elaboración propia.

clasificación tenemos a los motores síncronos de imanes permanentes, motores de imanes permanentes sin escobillas o brushless, motores paso a paso y motores de reluctancia variable. En este caso nos centraremos en los motores sin escobilla o brushless, veremos cómo están compuestos estos motores, en la figura 6, podemos apreciar las diferentes partes que componen este tipo de motor. Podemos ver los imanes permanentes que están fijados a la campana, a su costado tenemos al estator que tiene el bobinado de cobre, es este quien cambia de polaridad para producir el movimiento basándose en las fórmulas de efecto de campo giratorio.

$$n_s = \frac{60xf}{2p} \quad (1)$$

Donde:

N_s = Rotación síncrona (rpm)

F = Frecuencia en Hz

$2p$ = Pares de polos

Aunque para trabajar con los drones usamos una tensión continua está la modificamos usando variadores de voltaje para volverla una tensión alterna para poder trabajar con los motores brushless además debemos de aplicar un pulso PWM (pulse width modulation) en español sería modulación por ancho de pulsos, para producir mayor o menor velocidad ya que el voltaje que entrega la batería es un voltaje continuo esto no permitiría generar el movimiento, pero al aplicar pulsos PWM esto modifica la tensión que podría estar en su estado más bajo en 0% y al máximo en un 100% así también la frecuencia a la que se envían estos pulsos está en el orden de los 20KHz a los 120 KHz esta frecuencia controlada por los transistores de efecto de campo que conmutan a muy alta velocidad produciéndose así la variación en los devanados, alternando la polaridad generando esto el movimiento a continuación veremos las fases de un pulso PWM en la figura 7.

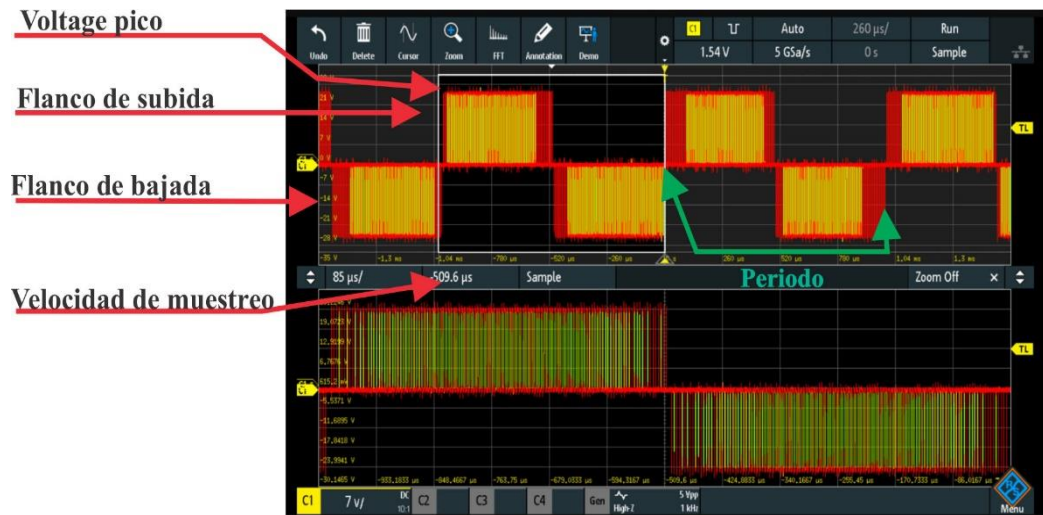


Figura 7: Fases de un pulso.

Fuente: Diseño propio.

Podemos apreciar una interpretación gráfica de cómo son enviados los pulsos PWM al motor y como estos están desfasados 120 grados unos de otros. Estos pulsos son aplicados en perfecta sincronía, esto le permite generar el giro del motor, cabe destacar que el pulso PWM puede ser calculado mediante las siguientes fórmulas.

Ciclo de trabajo o Duty cycle: Es la relación del tiempo en el cual la señal se encuentra en estado activo con respecto al periodo.

Amplitud: Está dado por el nivel de voltaje que alcanza el pulso.

Periodo: Es el tiempo en el cual la señal se repite.

$$duty\% = \frac{V_{max} * 100}{periodo} \quad (2)$$

$$Frecuencia(Hz) = \frac{1}{periodo} \quad (3)$$

$$V_{salida} = \frac{duty\% * V_{Max\ amplitud}}{100} \quad (4)$$

2.3.2 Variadores de velocidad

Llamado también ESC (Electronic Speed Controller) por sus siglas en inglés. Es el componente encargado de controlar y proporcionar los pulsos PWM para el funcionamiento del motor, un variador está compuesto por un arreglo de transistores FET (field effect transistor) en español transistor de efecto de campo el cual tiene la función de suichear a gran velocidad esto genera el cambio de polaridad en el devanado del estator. Figura 8.

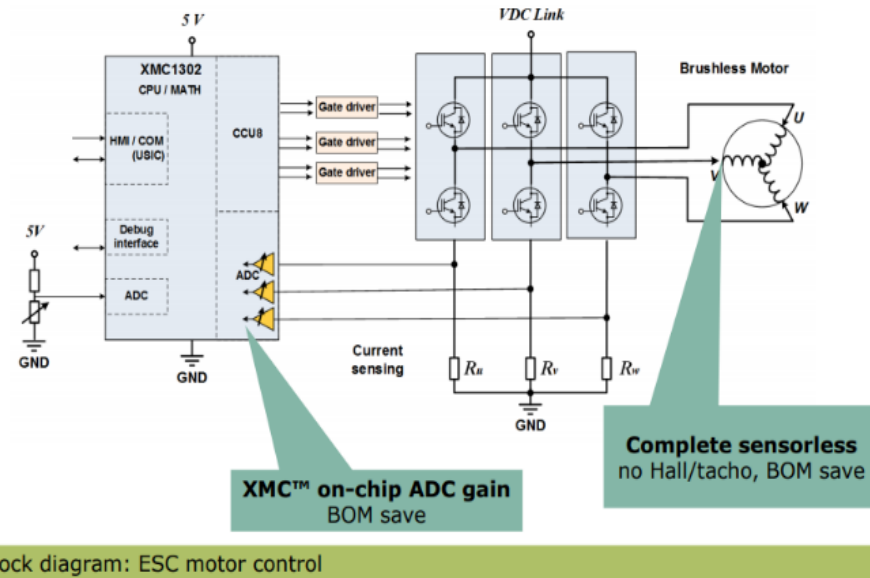


Figura 8: Diagrama de bloque del controlador de velocidad electrónico.

Fuente: Infineon technologies (2016).

A su vez esto permite tener un control eficiente y preciso de los motores. los variadores tienen 2 formatos los cuales incorporan el sistema BEC y aquellos que trabajan sin este. Las siglas BEC (Battery Elimination Circuit) quieren decir circuito eliminador de batería. Esto debido a que los variadores que cuentan con esta característica tienen líneas que pueden suministrar 5 voltios según sea el caso y esto para alimentar componentes externos o nuestra tarjeta de control algunos controladores de velocidad que carecen de este circuito hacen obligatorio el disponer de un circuito extra con su respectiva batería para alimentar nuestras tarjetas adicionales en la figura 9 podemos apreciar un ESC de la empresa DYS que es capaz de controlar hasta 40A, seguidamente se muestran sus principales partes. Algo más a tener en cuenta es que estos reguladores son programables al menos los actuales y algunos antiguos, los firmware usados por estos, son los siguientes el firmware Simonk que es el más antiguo y que actualmente está cayendo en desuso por la falta de actualizaciones sigue el BLheli que es un contemporáneo al Simonk, pero este contaba con funciones que permitían configurar algunos parámetros así también contaban con un procesador ATMEL de 8 bits, este último ha tenido 2 actualizaciones, que son el BLheli_S, y BLheli_32, si bien, la primera versión aún se encuentra

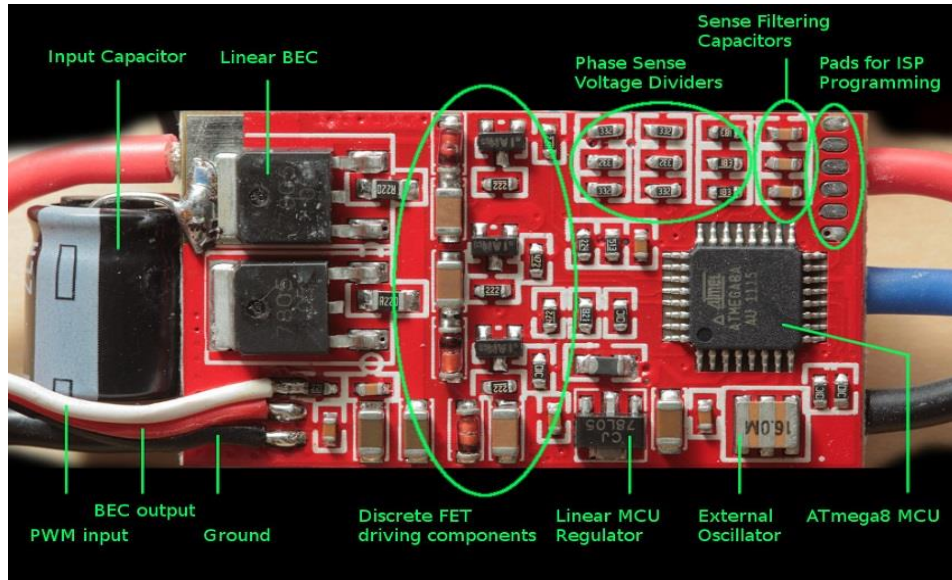


Figura 9: Componentes principales del regulador de velocidad.

Fuente: Basic4mcu (2013).

en el mercado también está obsoleta, por las prestaciones que proveen sus predecesores por ejemplo le Blheli_S usa un procesador Busybee que le permite una muy superior cantidad de procesamiento de datos lo cual se traduce en una respuesta más rápida seguidamente tenemos el BLHeli_32 que emplea un procesador Atmel ARM Cortex 32 de 32 bits, lo cual le permite una mayor velocidad de procesamiento además que incorpora más opciones de configuración como la posibilidad de cambiar el giro del motor desde el software, así como mayor seguridad para evitar los picos de voltaje que pudieran presentarse. Finalmente, estos reguladores de voltaje poseen diferentes anchos de pulso dependiendo del modelo y la versión del controlador que posean instalado, así como la electrónica interna, a estos anchos de pulso se les conoce como protocolo, en la tabla 4 podemos apreciar los diferentes protocolos con sus respectivas velocidades de transmisión.

Tabla 4: Velocidad de transferencia de los distintos protocolos.

Protocolo de comunicación	Velocidad de ancho de pulso
Standard pwm	1 – 2 ms
Oneshot125	125 – 250 μ s
Oneshot42	42 – 80 μ s
Multishot	40 – 50 μ s

Dshot 150	90 – 106 μ s
DShot300	40 – 53 μ s
DShot600	20 – 26 μ s
Dshot1200	13 – 16 μ s
ProShot	13 – 15 μ s

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que si bien el protocolo Dshot1200 y el protocolo Pro Shot son similares en cuanto a velocidad la diferencia más marcada radica en que el protocolo Dshot1200 envía 16 pulsos por señal mientras que el protocolo Pro Shot envía 4 pulsos por señal, esto permite una mejor lectura por parte del procesador, además al tener una señal más amplia esto le permite utilizar filtros para la eliminación de ruidos, en la figura 10 vemos una comparativa entre los diferentes protocolos.

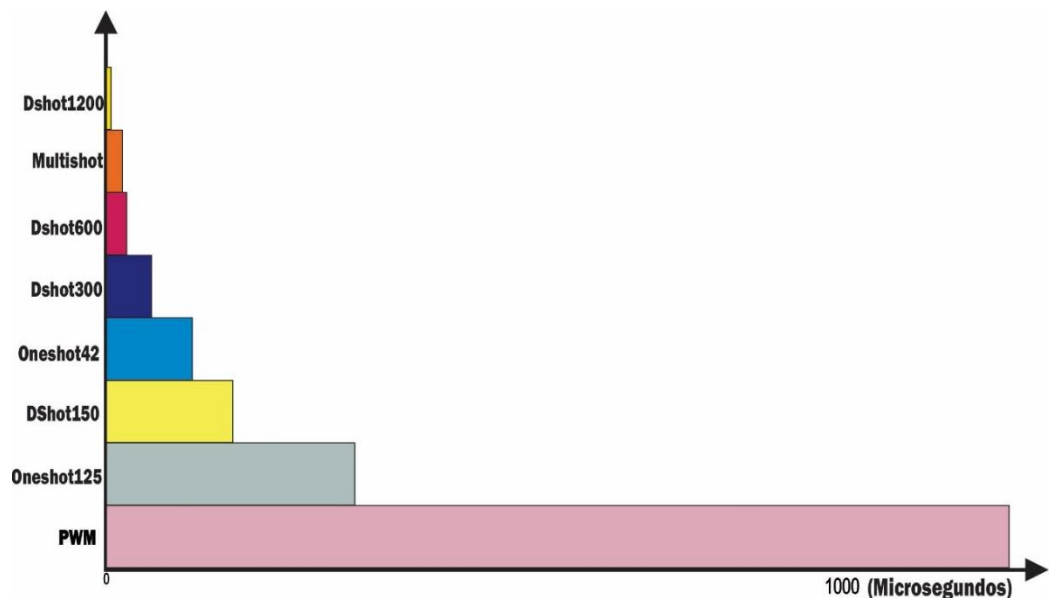


Figura 10: Comparación de frecuencias realizadas por cada protocolo.

Fuente: Elaboración propia.

hay un firmware más este es el Kiss que tiene su propio firmware es muy similar al BLHeli_32 con pocas características adicionales y algunas funciones avanzadas, no obstante, es poco empleado y debido a la similitud con su par BLHeli_32, solo lo mencionamos.

2.3.3 Sistema de propulsión

Las hélices para los drones son aditamentos mecánicos que constan entre 2 a 6 palas. Algunas tienen un eje que se acopla al motor y hay otras que se ajustan al motor mediante pernos, las hélices no son placas planas, sino que son placas curvadas, esta curvatura proporciona un mayor o menor empuje dependiendo del ángulo de curvatura, a esta curvatura la denominamos paso, en la figura 11 se aprecia el paso de hélice, un mayor ángulo generará un mayor contacto con el aire que enfrenta, generando mayor esfuerzo del motor, mientras que un ángulo pequeño producirá un menor contacto con el aire, al enfrentar esto se traducirá en una mayor velocidad de giro, pero esto no significa necesariamente que el drone sea más rápido y el motor gire más, sino que esto siempre estará sujeto a la potencia del motor y si este puede con el volumen de aire que será enfrentado por la hélice.

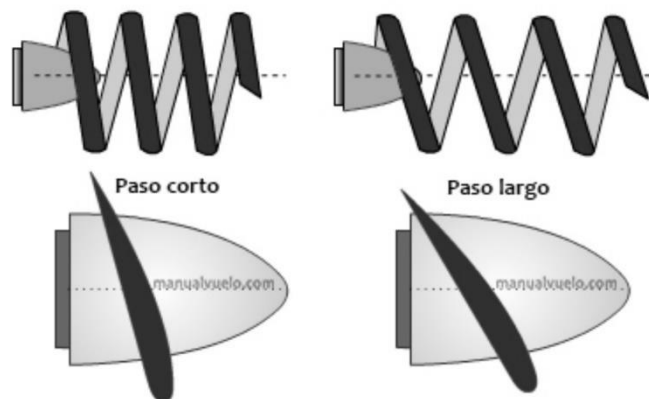


Figura 11: Paso de la hélice.

Fuente: Muñoz (2005).

A diferencia de las hélices de los aviones donde tenemos hélices de paso fijo, ajustable y de paso variable, en el caso de los drones tenemos hélices plegables y hélices de paso fijo, las hélices de paso fijo son las más usadas, las hay de 2 a 6 palas, además de las palas estas varían en el ángulo de pala el cual es el ángulo encargado de desplazar el aire. A continuación, se muestra en la figura 12, dos hélices diferentes: La primera una hélice de 6 palas con un ángulo de pala mayor (próximo a 45 grados), que es la que se ubica a su costado que es una hélice de 2 palas, la hélice de 6 palas trabajan bien a altas revoluciones y se puede tener un mejor control al volar, pero se vuelven muy ineficientes cuando la velocidad baja además que generan un mayor desgaste de la batería al tener éstas un mayor peso y área que mover, cosa que no ocurre con la de 2 palas, que tiene un ángulo

de pala menor(cercano a cero grados), esta trabaja bien a bajas revoluciones pero no proporciona un control elevado del drone. Las hélices de 3 o 4 palas son empleadas en carrera de drones, donde se requiere velocidad y control, las

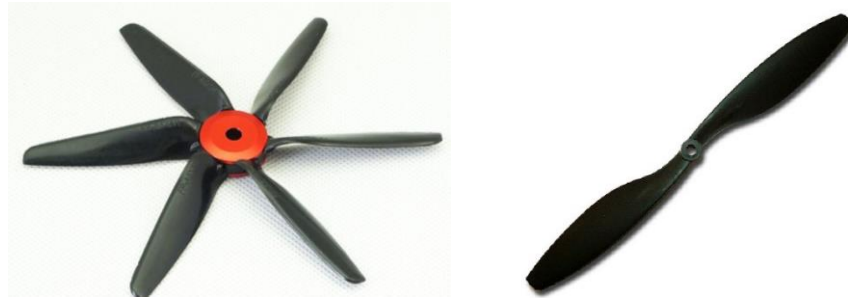


Figura 12: Hélices de 6 y 2 palas respectivamente.
Fuente: Prometec (2019).

hélices de 2 palas son empleadas para realizar labores repetitivas que no requieran de un gran control. En la figura 12 se aprecian dos tipos diferentes de hélices.

Podemos calcular la velocidad usando la fórmula:

$$V = \frac{\pi * D * RPM}{60} \quad (5)$$

Donde: D es el diámetro de la hélice.

Las hélices plegables, figura 13, son empleadas para evitar que las palas se destruyan al colisionar, cosa que no ocurre con las hélices de palas fijas que muchas veces al impactar contra el suelo o algún elemento duro terminan por destruirse.

Característica generales



- Modelo: MF1604
- Peso: 30 g (cada pala)
- Diámetro: 16.4 pulgadas (415.6 mm)
- Paso: 5.9 pulgadas (148.8mm)
- Empuje recomendado/RPM: 0.6 ~ 1.2Kg / 3400 ~ 4600RPM
- Empuje Max Recomendad RPM: 4Kg 8000RPM
- Material: Polímero + Carbono

Figura 13: Hélice plegable
Fuente: TmotorX (2020)

Finalmente hay hélices de giro horario y antihorario, esta característica permite aplicar las diferentes configuraciones a nuestro drone, para su correcta sustentación en el aire, ver figura 14.



Figura 14: Fuerzas físicas que permiten la sustentación.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 Controladores de vuelos

El controlador de vuelo es el cerebro del drone, este tiene el control de todas las funciones: Entre las que se encuentran el GPS, el control de velocidad de los motores, el estado de la carga de la batería, la altitud entre otras funciones. Algunas incorporan funciones como el retorno automático en caso se pierda la señal, el drone puede regresar de manera autónoma al punto de partida, claro que no todas las controladoras de vuelo traen esta función. Hay controladoras que pueden ser programadas y otras a las cuales no se les puede hacer ningún tipo de cambio en su programación, entre estas tenemos: La controladora NAZA que es una de las más populares por su fiabilidad, solo requiere pequeñas configuraciones para empezar a volar, en cuanto a las controladoras de código abierto tenemos: La pixhawk, la cual permite programar y definir múltiples parámetros de vuelo. En la figura 15, se muestra la controladora de vuelo que se empleará.



Figura 15: Controladora de vuelo pixhawk 4

Fuente: Pixhawk (2019).

Características principales

- Procesador principal STM32F765
- Procesador secundario STM32F100
- Sensor ICM 20689.
- Sensor IMC055
- Magnetómetro IST8310
- Barómetro: MS5611
- GPS/GLONASS ublox Neo-M8N

La gran mayoría de las controladoras disponen de acelerómetro, giroscopio, sensor barométrico, GPS, Magnetómetro, etc. También hay que mencionar que las controladoras modernas traen la tecnología OSD (On Screen Display) visualización en pantalla. Esta tecnología nos permite visualizar en tiempo real parámetros como el voltaje de la batería, el tiempo de vuelo, la potencia de nuestra señal, amperios consumidos, así como la inclinación del dron, son datos que resultan muy útiles al momento de volar el dron, algo de gran importancia en una controladora de vuelo es el procesador estos están clasificados por letra seguida de un número como por ejemplo: H7,F7,L1 estos hacen referencia a un tipo específico de procesador, a continuación presentaremos alguno de estos con su respectiva velocidad de procesamiento.

Tabla 5: Velocidad de procesamiento de algunos procesadores

Procesador	Velocidad del procesador	Memoria Flash
STM8L151	16 MHz	64KB
ATmega644PA	20MHZ	64KB
STM32F103CBT6	72MHZ	128KB
STM32F427VIT6	168MHZ	1MB
STM32F745VG	216MHz	1MB
STM32H743	480 MHz	2 MB

Fuente: Elaboración propia.

Si bien la mayoría de los procesadores empleados son fabricados por la empresa STMicroelectronics. Como se aprecia en la tabla 5, tenemos otros fabricantes como el caso de la empresa Atmel, así pues, tenemos diferentes procesadores, por ejemplo: El procesador ATmega644PA, es comparable al STM8L151 con el cual guarda ciertas características como: La velocidad de procesamiento y memoria flash, así pues, se aprecia que la denominación L, H, F son asignados a los procesadores de la empresa STMicroelectronics. Esta clasificación depende del primer número a la derecha de la letra central, por ello muchas veces se hace mención a procesadores L1, F1, H7 donde las letras L, F o H, también nos indica la antigüedad del procesador, la serie L es la más antigua, la serie F es la serie en uso es la serie actual y la serie H corresponde a los procesadores

más recientes pero hay poca información de estos procesadores pues recién se están produciendo controladoras que los estén empleando, sin embargo, en el caso de Atmel no sigue esta clasificación, en la figura 16 podemos apreciar diferentes procesadores, mencionaremos de derecha a izquierda.

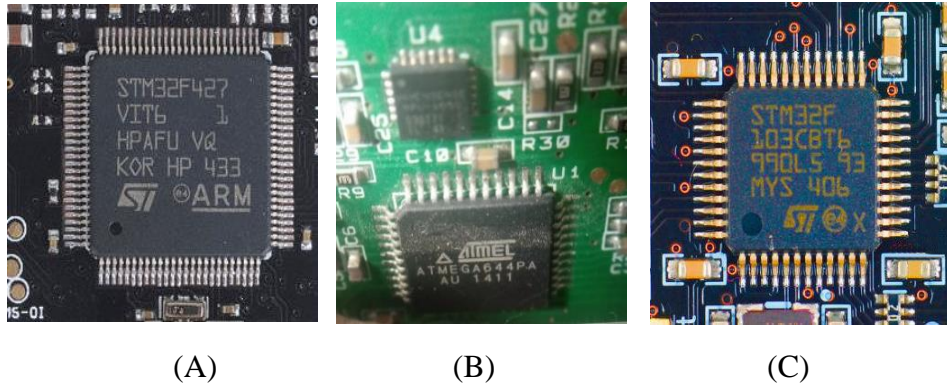


Figura 16: Procesadores de diferentes controladoras de
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el caso de Atmel no sigue esta clasificación, en la figura 16 podemos apreciar diferentes procesadores, la figura 16 A, se aprecia un procesador F4, que es de la controladora pixhawk lite ver 2; la figura 16 B, corresponde al procesador Atmel modelo ATMEGA 644pa, de la controladora de vuelo kk2 y finalmente la figura 16 C, se muestra un procesador F1 que corresponde a la controladora de vuelo CC3D.

2.3.4.1 Sensores

Son elementos que forman parte de la controladora de vuelo. son los encargados de interpretar, transformar y recolectar la información del exterior y transformar estas en señales eléctricas que el procesador interpretara.

- Acelerómetro

Es un sensor el cual nos ayuda a determinar la orientación del drone mediante sus 3 ejes de referencia calibrados previamente. Este genera cambios eléctricos dependiendo del movimiento que genera el móvil.

En la figura 17, se aprecia el diagrama de bloques del funcionamiento de este.

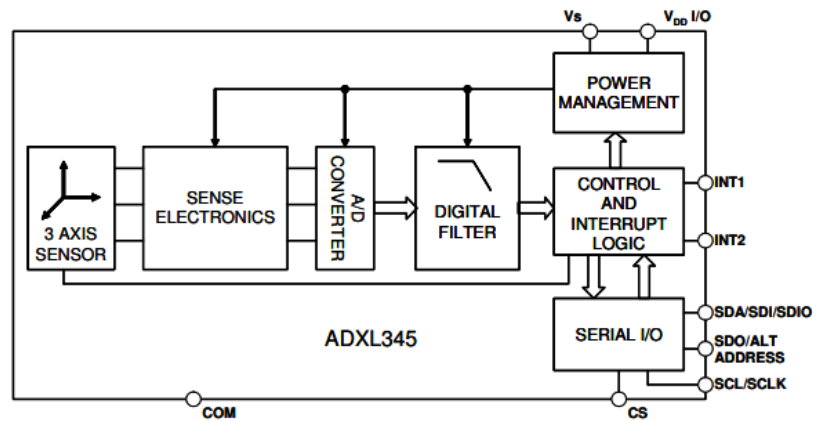


Figura 17: Diagrama de bloques acelerómetro DXL345BCCZ.

Fuente: Analog Device (2017).

- Giroscopio

Es un sensor el cual detecta los cambios correspondientes a la rotación, en este caso del dron, es capaz de detectar la rotación en los 3 ejes, como se aprecia en la figura 18.

- Barómetro

En un sensor capaz de detectar cambios de presión, esto nos indica a

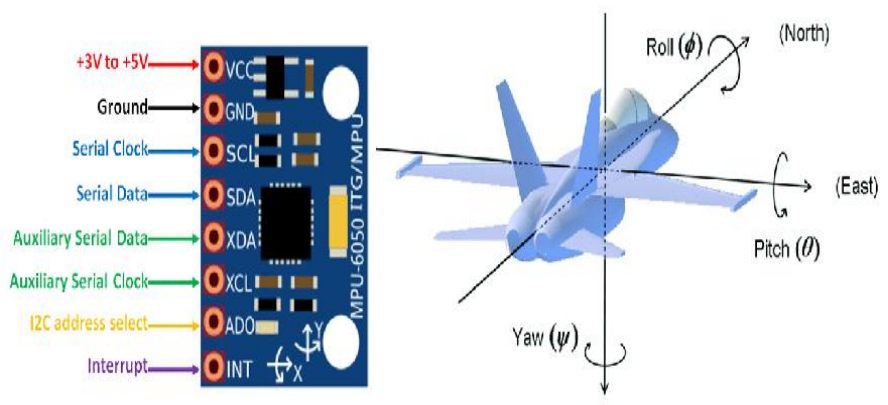


Figura 18: Giroscopio MPU 6050.

Fuente: Ingeniería Mecafenix (2018).

qué altura nos ubicamos a su vez este sensor trabaja con otros sensores para darnos un mejor posicionamiento. Para esto el sensor emplea la fórmula:

$$P = p * g * H \quad (6)$$

Dónde:

P : Es la presión atmosférica.

p : Es la densidad del fluido, para este caso el fluido es aire.

H : Altura.

g : La gravedad (9.81 m/s²).

En la figura 19, se aprecia el sensor barométrico SMD de la marca Bosch modelo BMP 280.

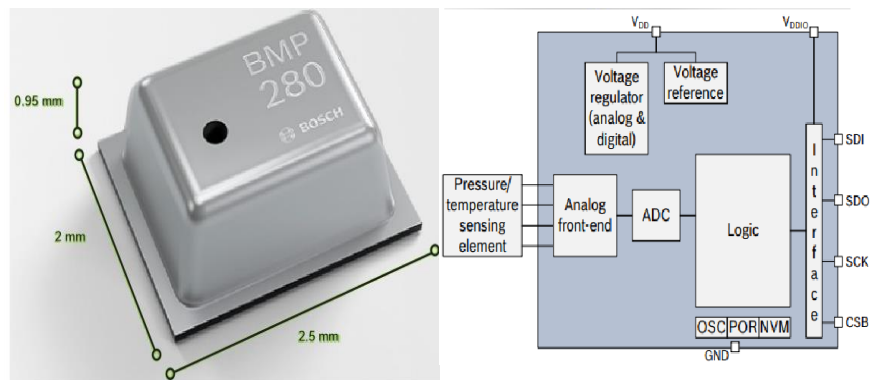


Figura 19: Diagrama de bloques del barómetro smd Bosch

Fuente: Bosch Sensortec (2020).

- Sistema de Posicionamiento Global

El sistema de posicionamiento global, o GPS (de sus siglas en inglés) se utiliza un elemento sensor capaz de triangular la ubicación con ayuda de satélites ubicados en la atmósfera, Por ejemplo: Tenemos el modelo GPS SAM M8Q, figura 20.

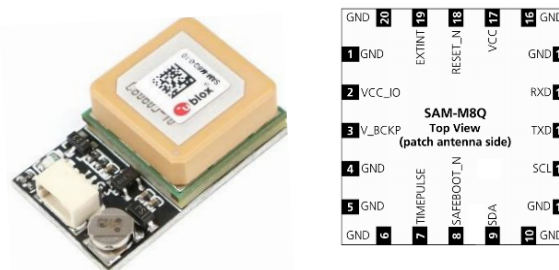


Figura 20: Módulo GPS modelo SAM M8Q.

Fuente: Ublox (2019).

2.3.5 Radio Control

El radiocontrol es el elemento el cual nos permite interactuar. Con el dron de forma remota, permitiéndonos no solo enviar las ordenes de despegue, ascenso, descenso y el aterrizaje, sino que también nos permite tener el control de otros periféricos instalados en el dron como puede ser una cámara un servomotor o algún sensor que esté instalado en el Dron, el cual puede ser accionado de manera remota siempre que el receptor del dron tenga canales libres para asignarle esta señal, muchos controles tienen un puerto que permite acoplar módulos de transmisión externos con lo cual pueden ampliar su rango de trabajo, finalmente la mayoría de estos controles pueden recepcionar información que nos es mostrada en la pantalla del dispositivo, como puede ser el estado de la batería, la altitud, velocidad entre otros datos en la figura 21 podemos apreciar las diferentes partes de la que consta un control.

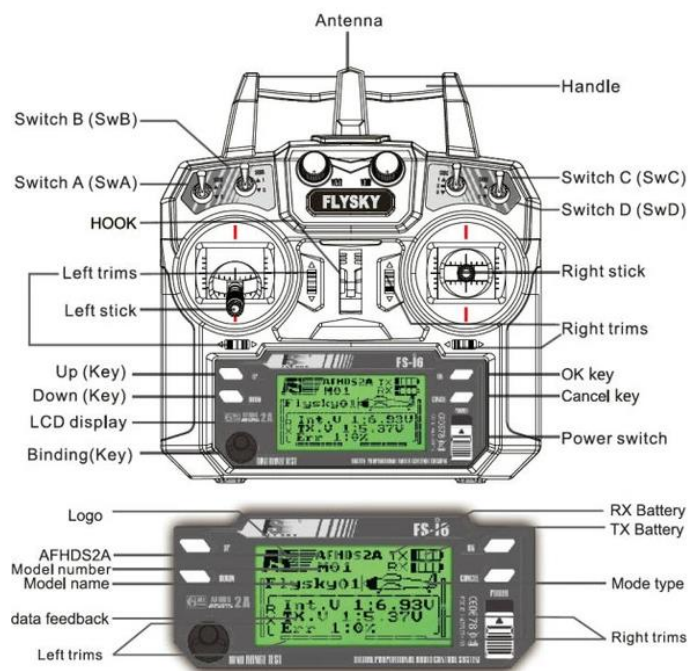


Figura 21: Funciones del Radio control

Fuente: elaboración propia

Si bien el control es el encargado de generar las órdenes para maniobrar nuestro dron, este no podría enviar estas órdenes ni devolvernos la información sin el módulo de telemetría, este módulo nos permite la medición remota de magnitudes físicas que en nuestro caso sería: La velocidad, la aceleración, potencia, etc. Toda esta información es enviada de retorno por medio de este

módulo de esta manera podemos visualizar la información en la pantalla del control, los módulos de telemetría han ido evolucionando y ganando distancia tanto de emisión como de recepción, en este caso se tiene el módulo R9M, figura 22.

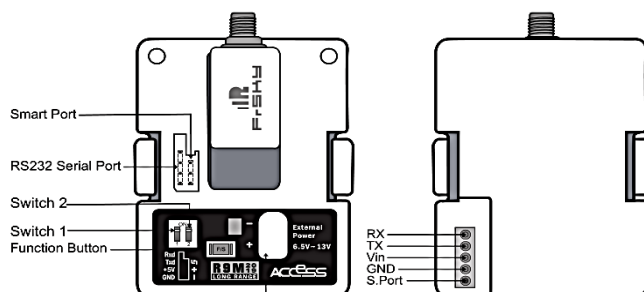


Figura 22: Sistema de control de radio Frsky R9M

Fuente: elaboración propia

El cual tiene un alcance de hasta 10 Km. Si bien el sistema de control es el que se encuentra junto al radio control, el receptor es el que se encuentra instalado en el Drone, es este el encargado de transmitirle las órdenes a nuestra controladora de vuelo y a los periféricos que tengamos instalados; siempre y cuando tengamos canales libres para enviar nuestras órdenes en la figura 23, tenemos el receptor R9 STAB OTA que es un receptor de largo alcance que trabaja a una frecuencia de 900 MHz cuenta con un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes integrados, cuenta con 16 canales.

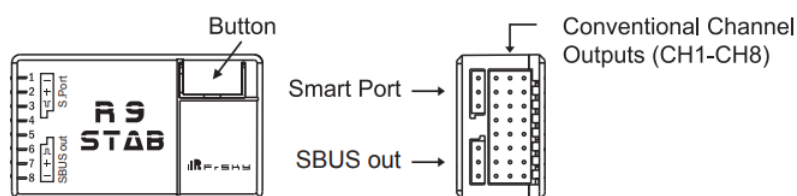


Figura 23: Patillaje del receptor R9 STAB OTA

Fuente: Frsky (2019)

2.3.6 Baterías

Las baterías son las encargadas de suministrar el voltaje y la corriente necesaria para el funcionamiento de nuestro drone. Estas baterías las hay de mucho tipos algunas como las baterías de polímero de litio que son consideradas de última generación, si bien hay otros tipos de baterías estas destacan por su capacidad

de carga, su rápida recuperación, dicho de otra manera, almacenan más amperios hora y tienen una mejor tasa de descarga, estas baterías están formadas por celdas, cada celda de un valor de 3.7 voltios comercialmente tenemos baterías de hasta 6 celdas estas son de 22.2V, cabe mencionar que las baterías se van sumando de 3.7 V en 3.7 V de acuerdo al número de celdas, una batería de una celda le corresponde 3.7 V una de 2 celdas corresponde 7.4V y así sucesivamente hasta los 44.4 V que corresponden al valor de las baterías de mayor voltaje en la actualidad, el valor en miliamperios de la corriente varía, ya que puede haber baterías de 3.7V a 500 mA como de 3.7V a 2500 mA, esto dependerá de la capacidad de la batería para almacenar más o menos carga, algo muy importante es el ciclo de carga de estas baterías, ya que el valor del voltaje no ha de caer por debajo de los 2.5 V o la batería no podrá ser cargada nuevamente, en la figura 24, vemos el ciclo de carga.

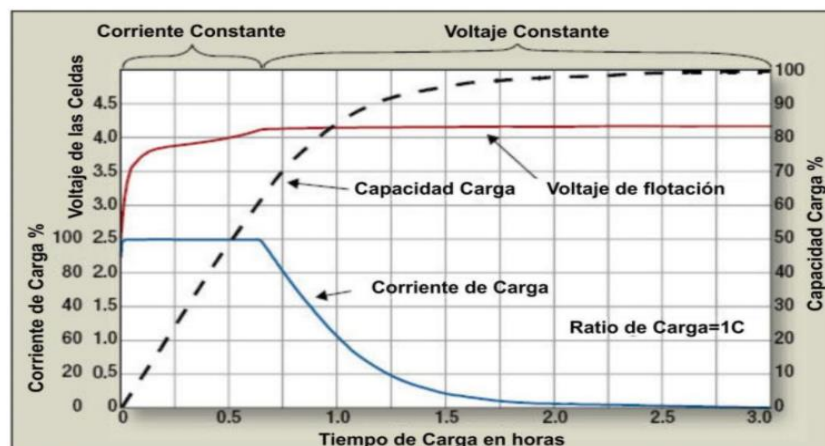


Figura 24: Ciclo de carga baterías lipo.
Fuente: Fácilelectro(2019).

Así también estas baterías tienen rotulados la capacidad de descarga máxima, que está expresada por un número seguido de la letra C por ejemplo una batería 14.8V 5000mA y 50C donde C es el valor de la corriente para nuestro caso será $5000 * 50 = 250000$ mA (250A) esto quiere decir que el valor máximo de descarga al que podemos someter a nuestra batería será 250A este factor de descarga lo podemos apreciar en la figura 25.



Figura 25: Batería tipo lipo.
Fuente: Grupo venom internacional.

Características generales

- Tipo de batería polímero de litio.
- Tasa de descarga 50C.
- Número de celdas 4.
- Tasa de carga 1C. (5A)
- Descarga continua. 50C (250A)
- Horas watts 74W.
- Peso 485 G.

Cómo se mencionó al inicio estas baterías son de última generación pues tenemos otros tipos de baterías con diferentes prestaciones, las cuales no serían adecuadas para nuestro proyecto. Pero haremos una comparativa basándonos en datos comerciales para justificar nuestra elección. En la tabla 6, podemos apreciar algunos parámetros importantes como: La densidad gravimétrica, la cual se define como la energía que puede suministrar un elemento (batería) en función a su masa, como se aprecia esta tiene por unidad los Kw/Kg(Kilovatio/Kilogramo), tenemos el tiempo de carga, así como la eficiencia y el ciclo de vida que es la cantidad de cargas que se espera tenga la batería como mínimo antes de fallar, considerando todos estos parámetros notamos que las baterías de tipo Li Po resultan muy superiores a las otras para nuestro proyecto

Tabla 6: Comparativas entre diferentes tipos de baterías.

Tipo de batería	Densidad de energía Gravimétrica (Kw/Kg)	Tiempo de carga (horas)	Eficiencia %	Ciclo de vida (cargas 80 %DOD)
Pb-acido	30 - 50	8 - 16	82.5	200<
Ni-Cd	45 - 80	1	72.5	1500<
Li-titanato	60 - 110	1/2	90	1000<
Ni-MH	60 - 120	3	70	800<
LFP	90 - 160	1/4	92	2000<
Li-cobalto	150 - 220	3	89	500<
Ion Li	110 - 300	3	90	4000<
Li Po	100 - 130	1 - 1.5	99	5000<

Fuente: Elaboración propia.

2.4 Arduino

Es una tarjeta dotada de múltiples entradas y salidas, la cual nos permite programarla para controlar diversos hardware y diferentes sensores para poder recepcionar datos del exterior, este puede ser programado usando el software arduino IDE, así como otros entornos de programación como es el caso del software C++. Mediante estos programas podemos compilar nuestra programación en la placa Arduino y de esta manera ejecutará el programa accionando o recibiendo información de los sensores. Además Arduino cuenta con un programador vía web llamado Arduino web editor, que es una plataforma en línea diseñada para facilitar la programación en cualquier lugar sólo se necesita tener una conexión a internet y un browser actualizado además nos da la posibilidad de guardar nuestros programas en la nube lo cual nos permite acceder a la información desde cualquier lugar lo cual hace que arduino sea muy versátil y práctico, cabe destacar que Arduino tiene diversa placas con diferentes tipos de procesador esto según nuestro requerimiento para el desarrollo de nuestros proyectos, en la figura 26, se aprecian algunas de las tarjetas Arduino.



*Figura 26: Modelos más comerciales tarjetas Arduino.
Fuente: Arduino (2018).*

2.5 Software de diseño y programación

Para el diseño del hidrodrono se hace necesario el empleo de diferentes softwares, es así que para el diseño mecánico utilizamos SolidWorks, para el diseño de los componentes electrónicos utilizamos Proteus 8 Profesional, para programar utilizamos el software visual studio code con su sub programa platformIO el cual nos permite programar diferentes versiones de Arduino así como otros hardware y

finalmente utilizaremos mission Planner, que es un software el cual nos permite controlar y programar algunos parámetros del drone pero la función principal es la opción de establecer una ruta mediante el GPS.

2.5.1 SolidWorks

Es un software de diseño para ingeniería el cual consta de 3 partes, la primera es la parte CAD (Computer Aided Design) Diseño asistido por ordenador esta parte del programa nos permite diseñar los componentes o piezas mecánicas seguidamente tenemos el CAE (Computer Aided Engineering) Ingeniería asistida por ordenador, esta es la segunda parte del software, esta nos permite realizar estudios de esfuerzo, fatiga, rozamiento, etc. Gracias a esto, podemos analizar el comportamiento del componente antes de ser creado, finalmente la tercera parte que es la que corresponde al CAM (Computer Aided Manufacturing) Fabricación asistida por ordenador, en esta etapa pasamos a la creación física. Ya habiendo evaluado las características que cumplan con nuestro diseño, se procede a desarrollar un programa que puede ser aplicado por ejemplo en un torno CNC o cualquier medio que nos permita mecanizar nuestro diseño en la figura 27 se ven las diferentes etapas de desarrollo. Cabe mencionar



Figura 27: Etapas de desarrollo con solidworks

Fuente: ABnB innovations.

que, al finalizar la etapa de diseño, podemos realizar un ensamblaje pudiendo aplicar a este, esfuerzos o cargas que nos permitirá visualizar de manera virtual como se comportará nuestro diseño, simulando fuerzas a las que podría estar sometido en un ambiente real, esto resulta muy conveniente ya que antes de construir podemos tener valores y datos muy próximos a los que obtendremos si realizáramos pruebas físicas, ahorrándonos tiempo y dinero, una bondad más de

este software es que nos permite obtener los planos en 2D de las diferentes piezas, además cuenta con una amplia gama de librerías las cuales cuenta con una diversa variedad de materiales, lo cual nos permite elegir el material idóneo para realizar un trabajo óptimo, en la figura 28 tenemos una captura de la pantalla del área de trabajo de solidworks donde se aprecia el ensamble del hidrodrono

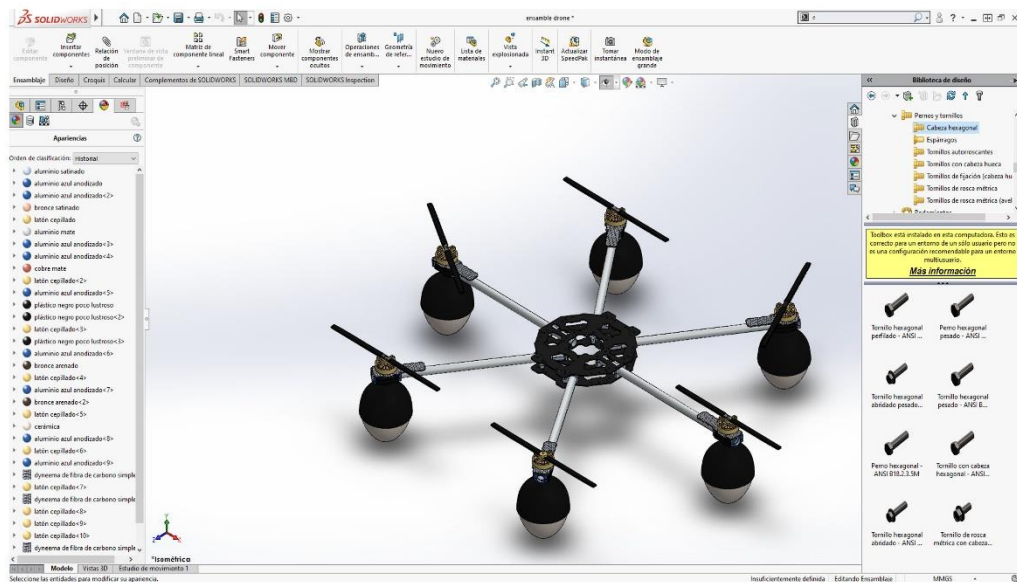


Figura 28: Entorno de trabajo solidworks

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Proteus 8 Profesional

Proteus es un software que nos permite la aplicación y ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: Diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores y construcción. este software nos permite ahorrar tiempo al desarrollar nuestros prototipos ya que antes de pasar a la fase de construcción podemos simular, lo cual nos dará una visión general del funcionamiento de nuestro proyecto cabe mencionar que Proteus cuenta con librerías las cuales poseen una amplia gama de componentes electrónicos y en caso de no contar con un componente podemos adicionar nuevos componentes basta tener la hoja de datos del componente o saber bajo qué parámetros va a trabajar para crear un nuevo componente, en la figura 29 se muestran las Etapas de diseño con Proteus. Además, mediante el uso de sus diferentes toolbox podemos personalizar nuestros circuitos impresos y con el

uso de los instrumentos de medición virtual como multímetros, osciloscopios,



Figura 29: Etapas de diseño con proteus.

Fuente: Grabcad (2017).

generador de pulsos entre otros, podemos obtener un modelo del comportamiento de nuestro circuito, lo cual hace a este software muy versátil para realizar nuestros proyectos.

2.5.3 Visual Studio Code

Es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS. Incluye soporte para la depuración, control integrado de Git, resaltado de sintaxis, finalización inteligente de código, fragmentos y refactorización de código. Entre las bondades de visual studio code, tenemos que destacar que es un software libre el cual trae muchas aplicaciones y paquetes que nos permiten mejorar la programación uno de estos paquetes es platformIO IDE que es un entorno de programación especialmente diseñado para aplicaciones IOT, que en inglés significa (Internet Of Things) o internet de las cosas, en la figura 30 se muestra una captura del entorno de desarrollo de platformIO, algo que mencionar es que este entorno busca la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o pública), donde

todos ellos podrían ser visibles e interaccionar, platformIO IDE tiene soporte para diversas placas entre ellas la familia de Arduino

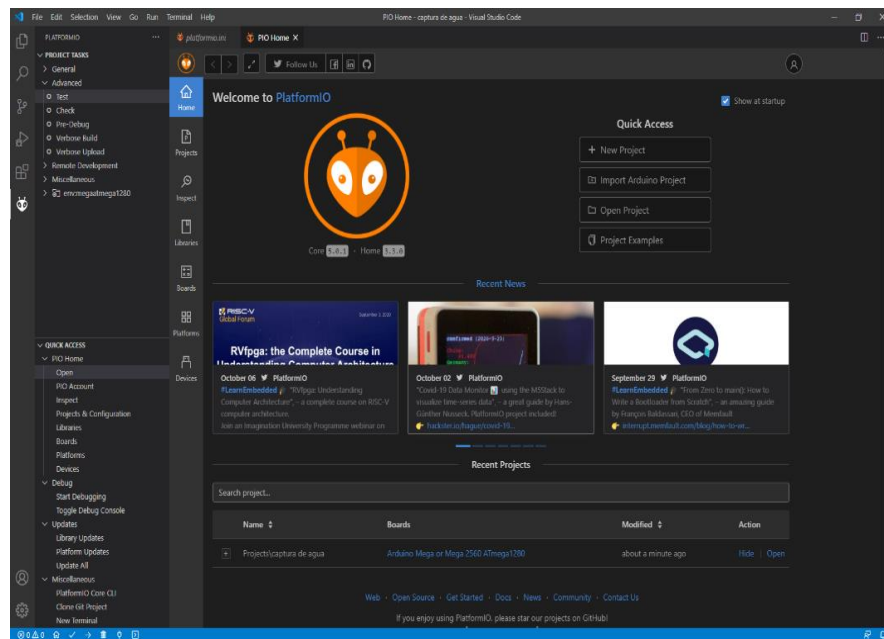


Figura 30: Entorno de desarrollo platformIO.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.4 Mission Planner

Es un software de código abierto, el cual es considerado una estación de tierra para diferentes tipos de drones, como pueden ser alas fijas, los diferentes tipos de Multirrotores y drones terrestres, el software es compatible con el sistema operativo Windows, Mission Planner tiene múltiples configuraciones grabadas

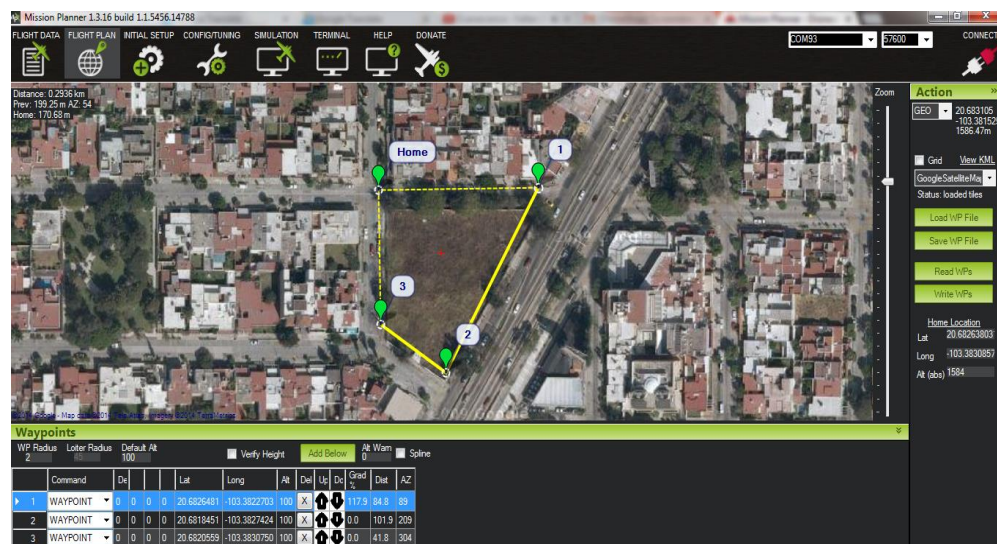


Figura 31: Vista de los puntos de geolocalización mission planner.

Fuente: Drones.mx (2018).

las cuales aportan rapidez y versatilidad a la hora de configurar nuestros drones, entre sus ventajas destacan: La descarga y análisis del registro de vuelo, cargar y guardar misiones autónomas, configuración rápida acorde al modelo de dron e a utilizar, supervisar el estado del dron e en pleno vuelo, analizar y mostrar los datos de telemetría, diseñar planes de vuelo entre otras ventajas. En la figura 31, se observa una vista del software donde podemos apreciar el plan de vuelo que inicia en el punto HOME luego continua por 3 puntos más hasta su retorno. Así también: Una vista del GPS, control de velocidad, altitud y demás opciones de las que dispone este software. En la figura 32, podemos apreciar los diferentes tipos de drones con los cuales cuentan la librería preinstalada, lo cual permite una rápida configuración.

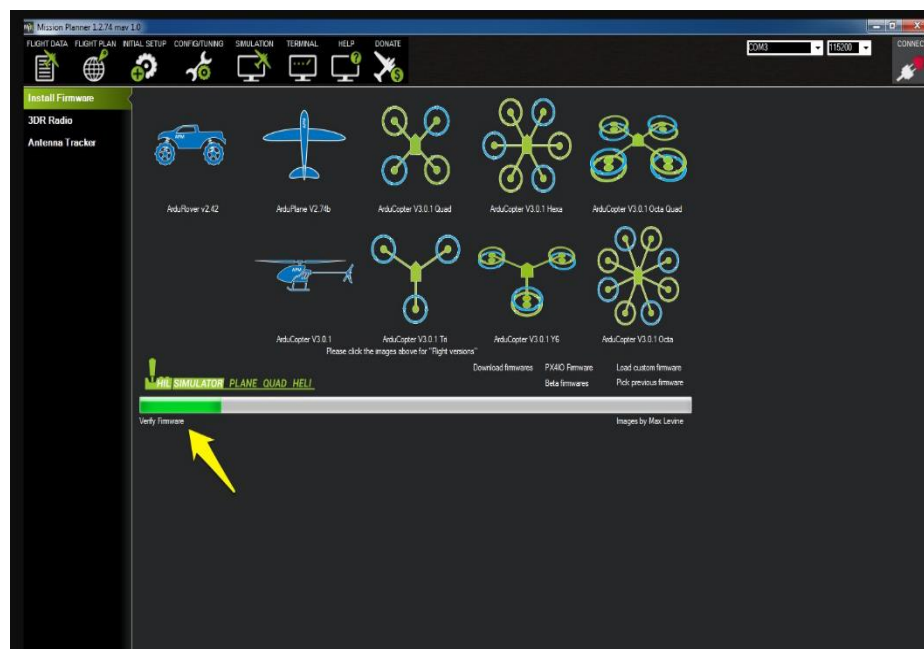


Figura 32: Vista de configuración del software Mission Planner.

Fuente: Quadcopter garage (2018).

2.6 Impresión 3D

La impresión 3D es una tecnología relativamente nueva, es un proceso mediante el cual se crean sólidos a partir de un material base, este material puede ser resina, plástico e incluso algunos metales pulverizados son empleados como material base. Esta impresión es realizada por la impresora 3D que para este caso en particular emplearemos una impresora que trabaja con la tecnología de Modelado por deposición fundida o (FDM) la cual consiste en calentar el material base en el fusor de la máquina que luego saldrá por la boquilla y será depositado en capas de esta

manera se formará el sólido deseado. Si bien hay diferentes tipos de impresoras, esto de acuerdo al movimiento de impresión o al material base que emplean, entre las que destacan las impresoras delta, polares, cartesianas y brazos robóticos, nos centraremos en la impresora corexy que es un tipo de impresora cartesiana, la cual emplearemos para la impresión de las piezas, esta impresora para poder realizar la impresión mueve su cabezal de impresión en los ejes X e Y, y va descendiendo gradualmente conforme se crea el sólido a ello debe su nombre de corexy, como material base para este tipo de impresora tenemos diferentes tipos de plásticos entre los que destacan: El PLA (ácido poliláctico), el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PETG (tereftalato de polietileno Glicol); estos 3 tipos de plásticos son los más usados para la impresión 3D por sus diversas cualidades, como son: Dureza, elasticidad, facilidad de impresión entre otras cualidades propias de cada plástico, pero no son los únicos tipos de filamentos. En la figura 33 podemos apreciar un

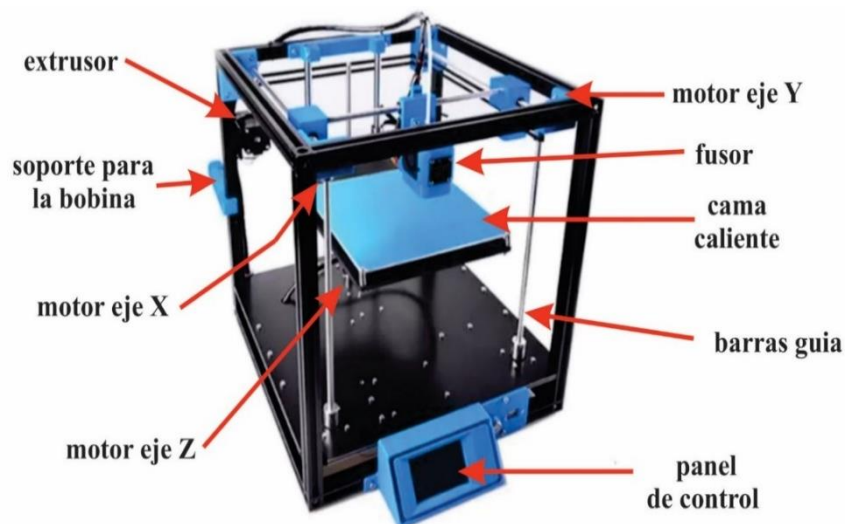


Figura 33: Partes de una impresora 3D corexy.
Fuente: Elaboración propia.

modelo de impresora con sus respectivas partes, en este caso es una corexy hay filamentos nuevos que requieren una mayor temperatura o un ambiente cerrado para la impresión. Algunos de estos filamentos tienen metales pulverizados, otros son flexibles, algunos de estos son: El acrilonitrilo estireno acrilato (ASA), alcohol de polivinilo(PVA), el tereftalato de polietileno (PET), policarbonato (PC), nylon, materiales híbridos, alúmina, materiales flexibles, polipropileno (PP), en la tabla 7, podemos apreciar las distintas temperaturas de trabajo de acuerdo con el tipo de filamento a trabajar, así como la temperatura de la base donde se imprime.

Tabla 7: Temperatura de fusión de filamentos.

	Temperatura De Fusión °C	Temperatura De Cama °C
PVA	190 - 200	50 - 60
PLA	190 - 220	40 - 50
PP	200 - 240	50 - 60
PETG	220 - 250	60 - 90
NILON	220 - 250	80 - 90
PET	220 - 260	50 - 80
ABS	230 - 260	90 - 120
ASA	250 - 260	80 - 100
PC	260 - 310	80 - 120

Fuente: Elaboración propia.

De todos estos plásticos se eligió el polipropileno el cual recientemente ha sido introducido entre los plásticos para impresión 3D, el polipropileno (PP) por ser un plástico el cual reúne características adecuadas de dureza y densidad, fue elegido para crear los componentes del hidrodrono, mencionaremos algunas de sus características: Es ligero, tiene una densidad de 0.9 g/cc, puede estirarse hasta 600% antes de romperse, tiene una dureza shore D50, apropiado para su uso en microondas. también cabe mencionar que cuenta con una buena calidad de acabado y esto por su punto de fusión 230 °C lo cual le permite tener una mejor adhesión entre capas, también el (PP) cuenta con un módulo de elasticidad 1300 MPa lo cual le permite tener una buena resistente a la deformación, es inoloro a la hora de imprimir. Por estas cualidades se eligió como material de impresión. Ahora hablaremos de las boquillas de impresión las cuales son un aditamento muy importante a la hora de realizar la impresión. Estas boquillas las hay de diferentes materiales y medida así pues tenemos boquillas de latón que son las más utilizadas, seguidamente tenemos las de acero endurecido, las de acero inoxidable y finalmente las de punta de ruby. Cada una de estas, está pensada en un tipo de material y en el tipo de impresión que se va a realizar. En la tabla 8, veremos algunas de sus características.

Tabla 8: Principales características de las Boquillas de impresión.

Tipo	Características	Conductividad térmica λ W/(m.K)
Boquilla de Latón	Gran conductividad térmica, fácil mecanizado, precio económico, en contraparte rápido desgaste con materiales abrasivos.	81 - 116
Boquilla de acero endurecido	resiste 10 veces más que las boquillas de latón, en contraparte presenta una menor transferencia de calor y al contener plomo no es apta para realizar diseños que tenga que ver con la industria alimentaria.	10 - 41
Boquilla de acero inoxidable	Tiene una dureza superior a la del latón, una conductividad térmica similar al acero endurecido, pero al no contener plomo lo hace apto para realizar piezas de industria alimentaria.	12 - 45
Boquilla de ruby	Es una boquilla de latón con una punta de rubí, esto le brinda una buena capacidad térmica y una alta durabilidad, su inconveniente es su costo elevado.	81 - 116

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Normas técnicas

Para el desarrollo de la botella se emplea acero inox AISI 316 este es empleado para vástago del solenoide, así como en el seguro que mantiene abierta las tapas de la botella, esta cumple con la norma técnica NTP ISO 21138-3 Tubos y Accesorios de Pared Estructural para Sistemas de Drenaje Subterráneo y Alcantarillado. Ya que está hecha en PVC, la goma látex que sujeta ambos tapones cumple con los estándares de ASTM D1566 -19.

Ahora para las medidas y toma de muestras nos basamos en datos del ministerio de salud, para la toma de muestras de agua en lo que refiere a metales pesados se recomienda el uso del polipropileno para la conservación de muestras y se recomienda un litro de agua, para realizar los análisis correspondientes esto se

menciona en el “Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal” – meta 35 el cual lleva por título: “Caracterización de fuentes de agua y del agua para consumo humano”. Elaborado por la Dirección de Saneamiento Básico y Dirección General de Salud Ambiental en el año 2015. También se menciona en el protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (A.N.A) donde se menciona el empleo de botellas hidrográficas tipo niskin para el estudio del agua a diferentes profundidades si bien esta botella puede ser hecha en diferentes plásticos como por ejemplo PVC o policarbonato se decidió el uso de tubos de PVC por ser de amplia comercialización en el mercado local.

Posteriormente se podría realizar el diseño en policarbonato o polipropileno, pero según las normas se puede emplear tubos de PVC para la captura de muestras ya que la botella niskin, están hechas de este material.

En la figura 34, podemos apreciar una botella hidrográfica tipo niskin y las partes que la conforman



Figura 34: Botella hidrográfica niskin.

Fuente: Aquatic biotechnology (2020).

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL SISTEMA

En este capítulo se describe el diseño mecánico, eléctrico y la programación. El proceso de diseño, características físicas, especificaciones técnicas, características de los sensores, así como los materiales que componen la estructura y los elementos que harán posible la flotación, así como la estructura que permita una correcta impermeabilización.

3.1 Requerimiento y características

- Ligereza, el peso total no ha de superar los 12 kg.
- Impermeabilidad, los materiales empleados han de tener una resistencia en un rango bueno - alto a condiciones de humedad.
- Los componentes electrónicos han de estar perfectamente encapsulados para evitar el contacto con el agua.
- El diseño ha de ser aerodinámico a fin de facilitar la maniobrabilidad.
- El material empleado para el módulo de captura de agua ha de ser PVC o polipropileno con capacidad para un litro de agua.
- Flotabilidad, los materiales que componen el tren de aterrizaje han de permitirle mantenerse a flote al Drone.
- La batería empleada ha de permitir un vuelo de al menos 20 minutos.
- La potencia combinada de los motores debe alar al menos 12 kg.
- El hidrodrona ha de trabajar en un rango de temperatura de 0°C a 15 °C.
- El GPS ha de mantenerse activo por al menos 2 horas en caso de avería.
- El hidrodrona ha de resistir vientos que van de 5 a 20 km/h.

3.2 Diseño Mecánico

3.2.1 Selección de materiales

Los materiales por emplearse en la fabricación del armazón o frame son de suma importancia ya que estos, contendrán todo el instrumental electrónico por ende han de resistir la humedad, el frío propio de las zonas altoandinas además de contar con una baja densidad lo cual ayudará a la flotabilidad, pero a su vez ser lo suficientemente rígido para evitar deformaciones, los materiales considerados fueron, La fibra de carbono, el aluminio, acrílico, madera balsa. Esta selección

se basó en las características mecánicas y físicas de cada material, además de la facilidad de su procesamiento para obtener así las piezas finales.

Tabla 9: Lista de materiales a seleccionar.

	Densidad (Kg/m ³)	Módulo de elasticidad GPa	Resistencia a la tracción Gpa	Resistividad eléctrica mm ² /m
Fibra de carbono	1820	390	3.8	4.5*10 ⁻⁶
Aluminio 6061	2700	70	0.125	2.82*10 ⁻⁸
Acrílico	1190	2.4 - 3.1	0.08	2 – 14*10 ¹⁵
Madera balsa	160 - 250	2.16 - 3.2	8*10 ⁻⁹	1*10 ⁸ – 1*10 ¹⁰

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla 9, la fibra de carbono destaca en cuanto a elasticidad y resistencia, se trata seguido del aluminio, si bien estos materiales son más densos que la madera balsa y el acrílico son mucho más resistentes a los esfuerzos, en contraparte la resistividad y densidad destacan el acrílico y la madera, por lo cual se evaluó cada material de acuerdo con las condiciones en las que se trabajará, eligiéndose la fibra de carbono y el aluminio. por las siguientes razones. Tanto la fibra de carbono como el aluminio tienen un módulo de elasticidad superior a los demás materiales, su resistencia a la tracción es bastante elevada, además estos materiales tienen una muy buena resistencia a la corrosión, lo cual es un factor clave, ya que el hidrodrono al tener que trabajar en el agua estará sujeto a una fuerte carga de humedad lo cual podría significar un rápido deterioro si se emplease otro tipo de material, también la selección se hizo pues al tener que izar peso estará sujeto a fuerzas y deformaciones las cuales podrían afectar la estructura, si esta no tuviese la fuerza y flexibilidad necesaria, podría terminar comprometiendo la estructura. Además, el hidrodrono no ha de superar los 12 Kg. Si se hicieran las partes que lo componen de acrílico o de madera será mucho más voluminoso a fin de garantizar la integridad estructural lo cual significaría un problema, al montar los componentes, por lo cual se eligió el aluminio y la fibra de carbono.

Para los brazos se eligió el perfil 5524 de aluminio que tiene 15.9 mm de diámetro exterior y 15 mm de diámetro interior con una longitud de 6 metros fabricado por la empresa Limatambo y para la estructura se eligió la fibra de

una comparativa entre los datos estimados y los reales, apreciando una variación de 1.59 gramos esto debido a factores como la calibración de la balanza o algunas variaciones al momento de la fabricación de la fibra de carbono. Pero como se aprecia son valores muy próximos.



Figura 36: comparativa entre el valor real y estimado por el software
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se procedió a dimensionar los brazos del hidrodrone, los cuales están hechos en aluminio y son los encargados de servir de soporte a los motores como a los flotadores, en la figura 37 podemos apreciar nuevamente

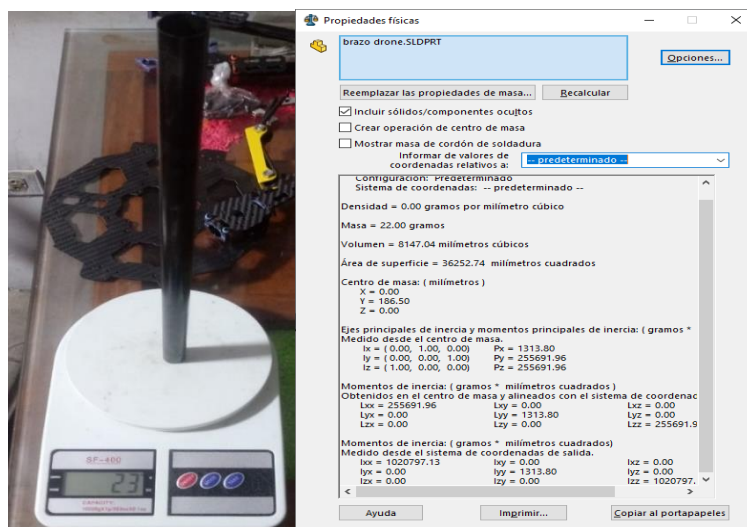


Figura 37: Resultados de masa real y calculada por el software
Fuente: Elaboración propia

la gran proximidad que hay entre los valores que nos brinda el software, con los valores reales. Vemos una variación, la balanza muestra 23 gramos

mientras el software nos indica 22 gramos esta vez la variación fue de 1 gramo, ahora se seleccionará los elementos de sujeción de la estructura.

3.2.2 Selección de pernos tuercas

Para ensamblar el hidrodrono se eligió utilizar pernos con hombro por la precisión y el apriete que este da al momento de ser ajustado además este perno cuenta con un eje liso ubicado a continuación de la cabeza lo cual sirve de guía para alinear pieza en un ensamble favoreciendo a disminuir las vibraciones gracias a que su ajuste es en apriete, se ha empleado los pernos M 2.5 x 0.45 con longitudes de 5mm 20mm y 30mm además el M 3 x 0.5 con una longitud 5mm en la figura 38 podemos apreciar las características del perno con hombro y en la tabla 10 sus dimensiones.

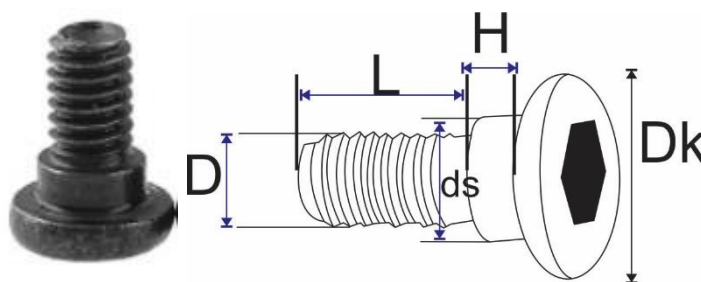


Figura 38: Medidas de un perno de hombro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Medidas de perno de hombro.

Unidad: mm						
	D	Dk	ds	H	Grueso de cabeza	Tamaño de llave
M 2.5	2.5	4.65	3.02	1.26	1.23	2
M 3	3	6.12	3.88	2.1	1.28	2.5

Fuente: Elaboración propia.

Ya con los pernos seleccionados procederemos a elegir los motores para posteriormente elegir las hélices.

3.2.3 Selección de los motores.

Para seleccionar los motor que permita volar a el hidrodrono junto con el sistema de captura de agua sin que se presenten complicaciones además de no forzar los motores durante el tiempo de vuelo, se utilizó un factor de seguridad

empuje/levante de 2 al 80% de la potencia máxima de los motores, lo que tiene como finalidad permitir que el hidrodrono se eleve con facilidad al tener el elemento de captura de agua lleno con la muestra y a su vez permitir que se mantenga en vuelo en caso llegase a fallar uno de los motores. Para la selección, los cálculos fueron los siguientes:

Peso estimado del hidrodrono con el elemento de toma de muestra agua 6 Kg,

Relación de empuje peso (factor de seguridad) = 2.0

Peso total estimado que el hidrodrono debería poder levantar (Relación Empuje / Peso) = $6 \times 2 = 12$ Kg.

Empuje combinado de motores para vuelo estacionario:

Empuje combinado de los motores al 80% de potencia = 12.414,

Empuje combinado de los motores al 100% de potencia = 15.517 Kg

Empuje por cada motor al 100% = $15.517 \text{ Kg} / 6 = 2.586$ Kg.

Por lo anteriormente expuesto el peso estimado del dron con carga se estima alrededor de los 6 Kg; sin embargo, se aplicó un factor de seguridad, siendo así que al 100% de potencia cada motor en condiciones ideales (sin hélices y ningún tipo de resistencia) pudo llegar hasta las 9285 rpm. Una vez que se compararon los valores se procedió a seleccionar el motor más adecuado, bajo los criterios de, costo, tamaño, hélices requeridas por diseño y corriente de consumo se eligió el modelo DYS BE3608 630KV por contar con el mayor empuje para una misma hélice además al conocer la longitud de la hélice esto nos permite dimensionar el frame o armazón en la tabla 11 podemos apreciar algunas características de los motores que fueron seleccionados.

Tabla 11: Comparativa entre motores.

	Voltaje	Corriente	Levante (gr)	Watts	Eficiencia	°C	n° de celdas
Sunnysky V3506	14.8	23.5	1650	348	4.74	60	4 – 6s
T motor 4006 380kv	24	10.7	1823	256.8	7.1	47	4s
BE3608 630KV	14.8	25.5	2069	377.4	7.21	50	3 – 6s

Fuente: Elaboración propia

A continuación, veremos las características del motor seleccionado en la tabla 12, proporcionada por el fabricante del motor.

Tabla 12: Cuadro de datos del motor dys 3608 - 630kv.

Artículo No.	SIN CARGA			EN CARGA			TIPO DE CARGA
	VOLTAJE	ACTUAL	VELOCIDAD	ACTUAL	Halar	Poder	
	V	UN	rpm	UN	gramo	W	Batería / prop
BE3608-11 (630KV)	11,1	0,7	6985	8	713	88,8	LiPox3 / 1047 (APC)
				11,9	1029	132,1	LiPox3 / 1238 (APC)
				15,1	1119	167,6	LiPox3 / 1365 (CF prop)
				12	927	133,2	LiPox3 / 1447 (CF prop)
				17,7	1392	196,5	LiPox3 / 1503 (CF prop)
	14,8	0,8	9285	12,6	1154	186,5	LiPox4 / 1047 (APC)
				19,3	1650	285,6	LiPox4 / 1238 (APC)
				23,2	1652	343,4	LiPox4 / 1365 (CF prop)
				17,8	1442	263,4	LiPox4 / 1447 (CF prop)
				25,5	2069	377,4	LiPox4 / 1503 (CF prop)
	18,5	0,9	11675	17,6	1620	325,6	LiPox5 / 1047 (APC)
				22,4	1970	414,4	LiPox5 / 1238 (APC)
				24,6	1805	455,1	LiPox5 / 1365 (CF prop)
				24,4	1987	451,4	LiPox5 / 1447 (CF prop)
				30,1	2275	556,9	LiPox5 / 1503 (CF prop)
	22,2	0,9	13775	18,1	1783	401,8	LiPox6 / 1047 (APC)
				22,6	2121	501,7	LiPox6 / 1238 (APC)
				27	1990	599,4	LiPox6 / 1365 (CF prop)
				26,3	2123	583,9	LiPox6 / 1447 (CF prop)
				32,1	2369	712,6	LiPox6 / 1503 (CF prop)

Fuente: Tecnologías inteligentes Co (2017).

3.2.4 Selección de propulsores

Para este parámetro hay que tomar en cuenta las especificaciones del motor seleccionado, ya que el fabricante desarrolla pruebas para garantizar un óptimo desempeño, para lo cual se contrasta el voltaje y la corriente suministradas con la fuerza que esta produce dependiendo del tipo de hélice que se emplee, así pues, para un voltaje de 14.8 V y una corriente de 25.5 A trabajando con una hélice de 1503 esto produce una potencia de 377,4 watts lo cual se traduce en una fuerza de izaje de 2069 g a un 80% de la potencia total, esto según el fabricante del motor.

Por tanto, la hélice recomendada y que mejor desempeño produce según las tablas proporcionadas por el fabricante es la de 1503, si bien se logra mayor potencia empleando baterías de 18.5 V y 22.2 V estas aumentarían el peso del hidrodrono lo cual se busca evitar. Por lo tanto se optó por baterías de 14.8 V y las hélices de 1503, el fabricante del motor recomienda esta hélice, mientras que el fabricante de la hélice nos brinda otra tabla de especificaciones para esta hélice, se menciona que a 5000 rpm la hélice produce 1.5Kg de fuerza de izaje, mientras que a 8400 rpm produce 4.5 Kg de fuerza de izaje, estos datos tienen que ser contrastados para poder conocer la fuerza real que producen los motores con estas hélices, las cuales son de la marca T-Motor X, estas están hechas en fibra de carbono esto garantiza un buen balance y resistencia. En la figura 39 se muestran unas hélices iguales a las que se usarán.



Figura 39: Hélices Motor X de carbón.

Fuente: RCinnovations (2019).

En la tabla 13 tenemos los datos proporcionados por el fabricante de las hélices.

Tabla 13: Datos técnicos de las hélices Motor x MS1503

Modelo	MS1503
Peso	25g (cada pala)
Diámetro	15 pulgadas
Paso	5.6 pulgadas
Empuje recomendado/ RPM	1 a 1.5 kg /4100 – 5000 RPM
Empuje máximo recomendado/ RPM	4.5 kg / 8400 RPM
Materia	Polímero + carbono

Fuente: RC Innovations (2019)

3.2.5 Diseño del armazón

Habiendo hecho la elección de motores y hélices además de los materiales se procede a dimensionar el frame o armazón, para su dimensionado hay que tener especial cuidado con las hélices pues estas deben tener una separación de al menos 40 mm, en la figura 40, se aprecia los cálculos de la longitud mínima recomendada para hacer los brazos del hidrodrono.

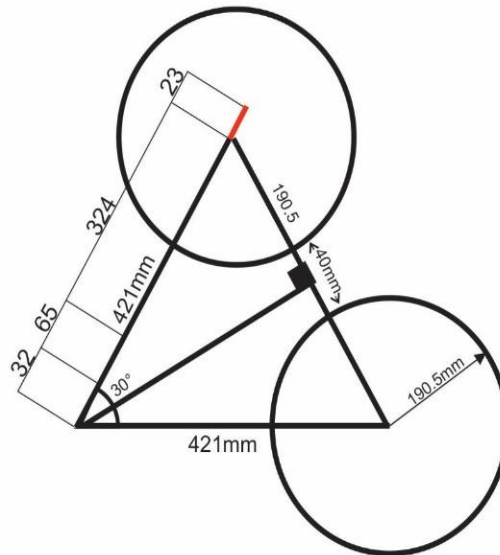


Figura 40: Cálculo longitud de brazo del hidrodrono.

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la figura las circunferencias representan el diámetro que generan las hélices al girar, aquí se adicionan los 40 mm recomendados de separación, obteniéndose una medida de 421 mm de longitud, pero esta distancia no es la que se empleara porque la parte central del Drone es hueca y si medimos esta distancia tomada desde el centro obtendremos 32 mm los cuales se han de restar, seguidamente en la parte final hay que adicionar 23 mm que es la distancia desde el centro del eje del motor en adelante, es en esta parte donde va el seguro que ajusta el motor está representada en rojo en el gráfico por tanto

la medida real mínima corresponde a una longitud de 412 mm en la figura 41, apreciamos un boceto del Drone con sus medidas y su envergadura final.

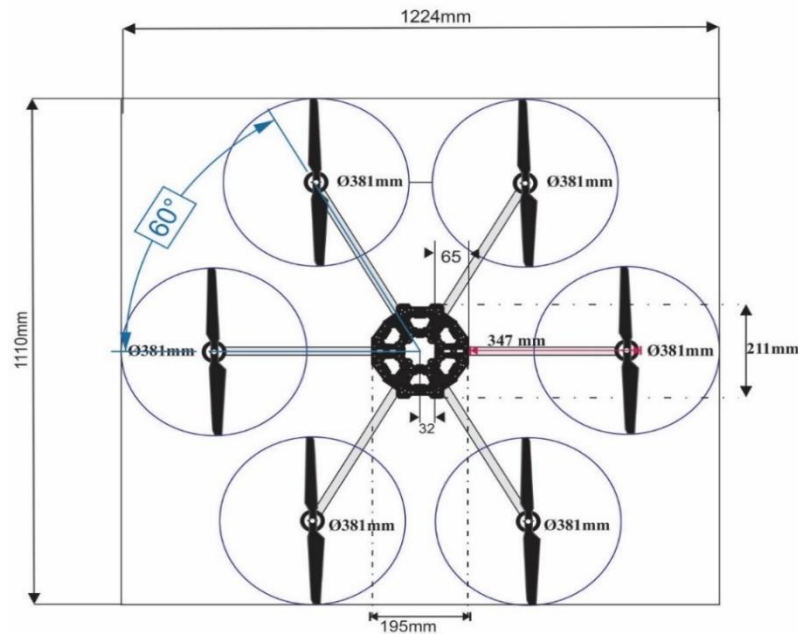


Figura 41: Boceto del Drone
Fuente: Elaboración

3.2.6 Diseño del tren de aterrizaje

Para el diseño del tren de aterrizaje se pensó en diversos materiales siendo el factor común que estos cuenten con la menor densidad posible para así permitir la flotabilidad y a su vez, se trató de que este elemento no fuese tan voluminoso, ya que podría significar un obstáculo para el ensamble o acoplamiento de algún componente. Se buscó el lugar más apropiado para la colocación de estos flotadores a fin de distribuir de mejor manera el peso del hidrodron, también se pensó en la forma que este debiera tener, siempre enfocándose en proporcionar la flotabilidad. Los materiales seleccionados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14: Densidad de materiales a seleccionar.

Material	Densidad
Acrílico	1.18 g/cm ³
Madera balsa	0.15 g/cm ³
Polipropileno	0.9 g/cm ³
Poliestireno expandido (Tecnopor)	0.02 g/cm ³
Aire	0.00129 g/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

También se realizó el estudio para la búsqueda de la forma que fuese más apropiada para el diseño del tren de aterrizaje, las formas en las que se pensó, fueron esferas, cuadrados, troncos de pirámide, entre otras, de estas forma la que se eligió fue la forma ovoide y esto debido a que pensó en el efecto Coanda el cual dice que un flujo sea líquido o gaseoso será atraído a una superficie contigua a su trayectoria, teniendo esto en cuenta se decidió usar la forma ovoide a fin de aprovechar de mejor manera la fuerza del aire que las hélices impulsan, además se realizó el análisis de esta forma a fin de determinar la flotabilidad que esta puede brindar para lo cual hallamos el centro de gravedad de la forma ovoide en la figura 42 podemos ver las diferentes posiciones y cómo cambia el centro de gravedad

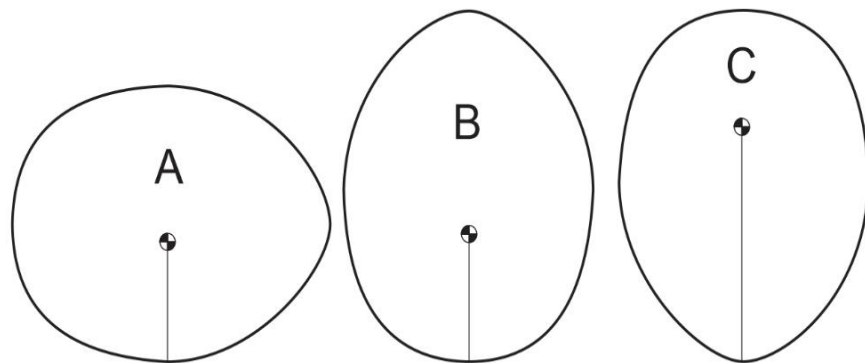


Figura 42: Centro de gravedad del ovoide.

Fuente: Elaboración propia.

en la figura 42 a se observa que el centro de gravedad está bajo, más cerca de la superficie, esto le proporciona una gran estabilidad a la forma ovoide, seguidamente en la figura 42 b se aprecia que el centro de gravedad se ha desplazado un poco más arriba lo cual le resta estabilidad, mientras que en la figura 42 c podemos apreciar que el centro de gravedad sea desplazado hacia arriba generando esto que el sólido sea muy inestable en la figura 43 podemos ver las fuerza que actúan sobre el sólido.

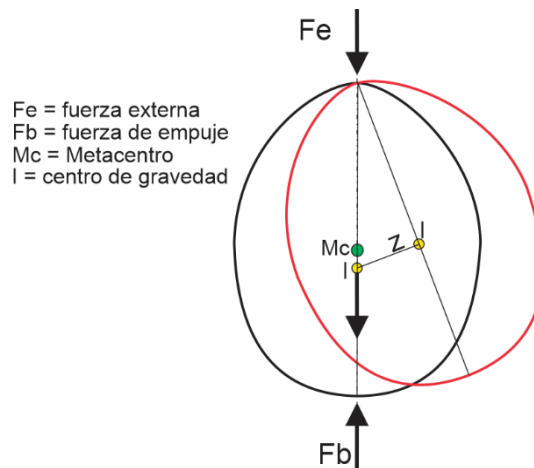


Figura 43: Equilibrio de flotación.

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la figura 43 mientras las fuerzas F_e y la fuerza I tratan de hundir al sólido la fuerza de empuje F_b responde con la misma intensidad pero en sentido contrario, para mantener el equilibrio, pero para evitar que el sólido se vuelque, el centro de gravedad ha de mantenerse por debajo del Metacentro si el centro de gravedad se posiciona a la misma altura o sobrepasa el metacentro el sólido se vuelve inestable y tiende a volcarse como se aprecia en la figura el centro de gravedad sea desplazado por encima del metacentro esto provocará que el sólido se vuelque, A fin de evitar esto se diseñó un contenedor donde cupiese el material con la forma ovoide y asu vez nos permitiera aprovechar el aire generado por las hélices en la figura 44 se ve el prototipo,

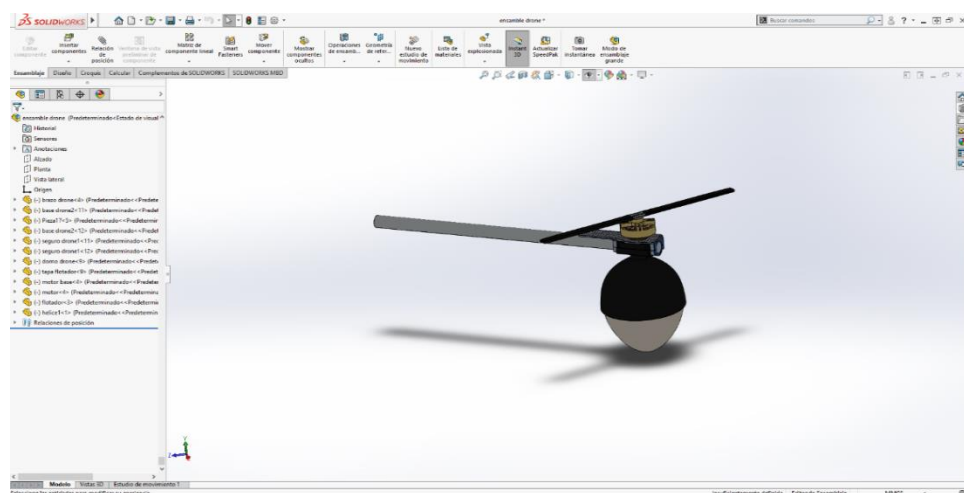
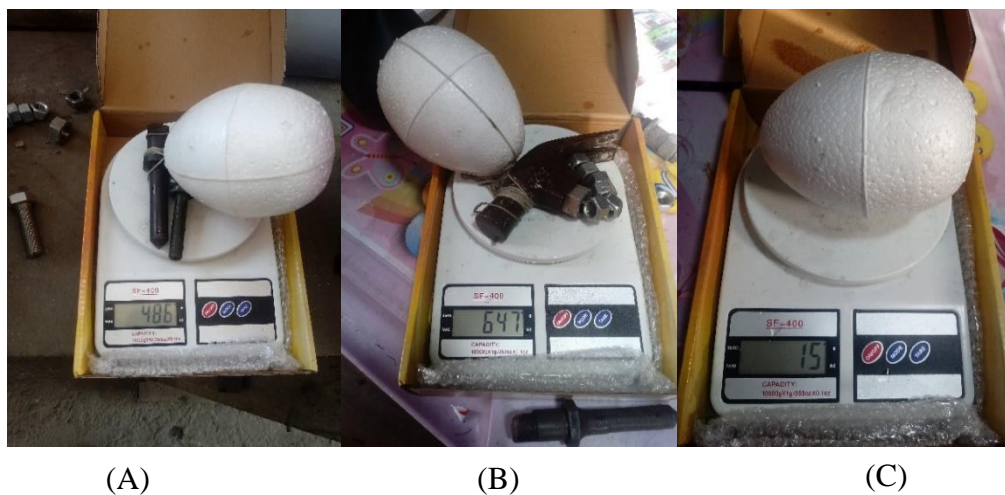


Figura 44: Diseño del tren de aterrizaje diseñado en

Fuente: Elaboración propia.

si bien como muestra la figura se eligió colocar en la posición menos estable del sólido de forma ovoide, esto se debió al aprovechamiento del aire a causa del efecto Coanda además al tener colocada la pieza en el contenedor y fijar este a los brazos del dron se estabiliza. Habiendo definido la forma se procedió a la elección del material. De los materiales propuestos se seleccionó el Poliestireno expandido por su baja densidad, realizando las siguientes pruebas de flotabilidad. Se pesó el material base de polipropileno expandido, el cual pesó 15 g como se aprecia en la figura 45 C, las piezas metálicas las cuales serían sujetadas mediante una cuerda.



*Figura 45: Peso para realizar la prueba de flotabilidad.
Fuente: Elaboración propia.*

También fueron pesadas a fin de probar cual es el peso máximo que puede mantener a flote la pieza de poliestireno expandido en la figura 45A se aprecia un peso de 486 g mientras que en la figura 45B se aprecia 647g. Con esto se procedió a realizar las pruebas cómo se muestran en la figura 46. Se sometió a diferentes pesos el polipropileno expandido encontrándose los siguientes resultados en la figura 46A se muestra el material base sujeto a una de las pesas metálicas, la cual tiene un peso de 486 gr, como se aprecia en la balanza de la figura 45A, el material base se polipropileno expandido flota sin ningún problema, se fue agregando peso hasta llegar a los 647 g, esto corresponde a la figura 46B como se aprecia el polipropileno expandido está casi totalmente hundido, en la figura 46C el polipropileno se encuentra totalmente hundido sin llegar a ser arrastrado hacia el fondo del recipiente con agua, estando en

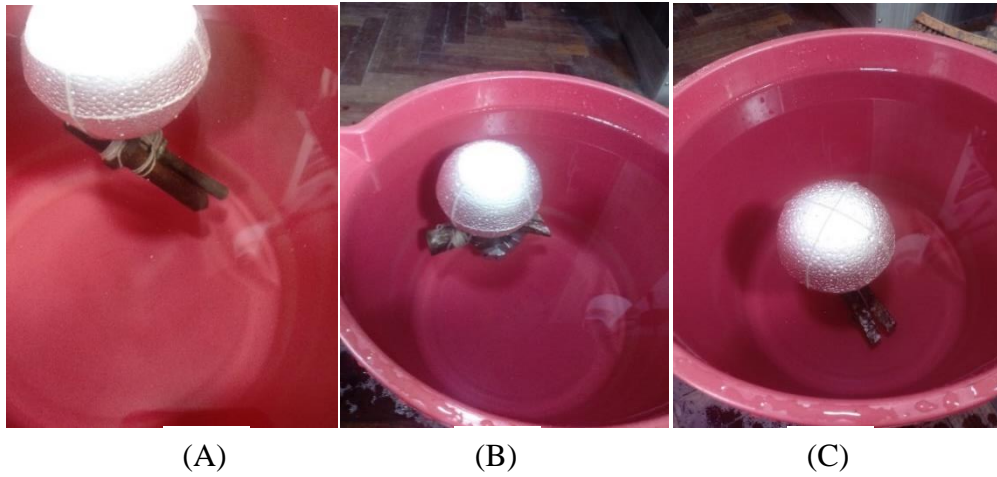


Figura 46: Pruebas de flotabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

equilibrio con el peso sujetado. Los datos obtenidos de esta experiencia se muestran en la tabla 15.

Tabla 15: Porcentaje de hundimiento.

Peso sujetado	Longitud sumergida	Porcentaje de hundimiento
163 g	40 mm	32%
200 g	43mm	34.95%
250 g	48mm	39%
320 g	60mm	48%
400 g	75mm	56.91%
487 g	87mm	70%
539 g	101mm	82%
610 g	110mm	90%
647 g	116mm	94%
650 g	122mm	100%

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos se realizó una gráficas para ver si el comportamiento del hundimiento los datos mostraron un comportamiento casi lineal las variaciones se deben a la forma ovoide que tiene el flotador seleccionado en la figura 47 se aprecia la gráfica

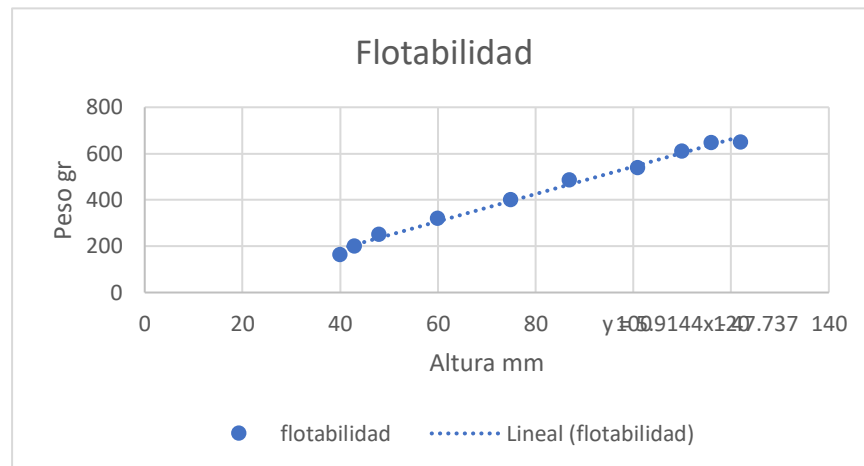


Figura 47: Gráfica de flotabilidad.
Fuente: Elaboración

Con estos datos concluimos que esta forma y este volumen de poliestireno expandido puede mantener a flote un peso máximo de 3900 g, pero para tener la certeza de que el drone estará a flote se trabajara como máximo con un porcentaje de hundimiento del 90% lo cual corresponde a 610 g por pata del drone dando un total de 3660 gr como máximo este valor es suficiente ya que el drone tiene un peso, que puede estar próximo a los 2500g, el elemento de captura de agua al estar hundido no supone un peso considerable, cosa contraria al momento de elevarlo del agua, donde se tendrá que sumar el peso del agua del contenedor, debiendo llegar a un peso máximo de 6000 gramos, pero este peso se dará cuando el hidrodrone esté en pleno vuelo, para poder acondicionar el poliestireno expandido al drone se diseñó un acople que permitirá sujetarlo a las patas del Drone, manteniendo en su posición la pieza de poliestireno, de esta manera podrá posarse en el agua y aterrizar esta pieza estará hecha mediante impresión 3D cabe destacar que esta pieza no es maciza si no hueca dentro estará situado el poliestireno expandido, en la figura 48 vemos el diseño hecho en solidworks,

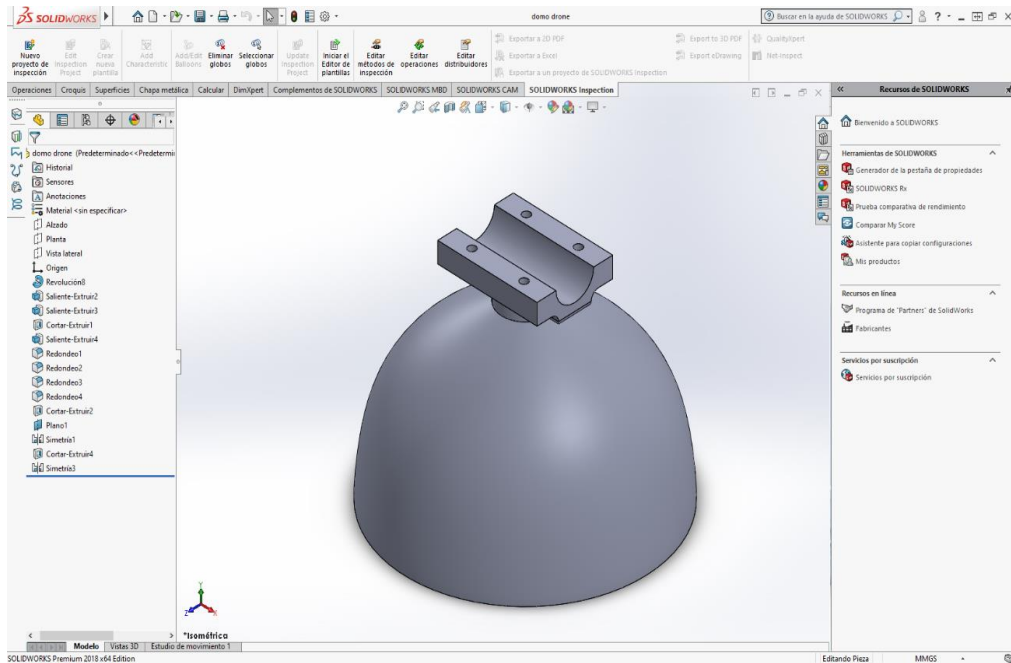


Figura 48: Contenedor del poliestireno expandido diseño en solidworks.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 módulo de captura de agua

El módulo de captura de agua es la parte más distintiva del hidrodrono, para su desarrollo se usó como modelo la botella niskin la cual se emplea para la toma de muestras de agua en diversos ambientes, pero debido a su alto costo alrededor de los 2200 dólares americanos, se decidió desarrollar un modelo similar a mucho más bajo costo, siguiendo los lineamientos del A.N.A en cuanto al material y la capacidad de la muestra. La estructura está hecha de polipropileno, desarrollada mediante impresión 3D cuenta con 2 tapones de goma de grado alimentario, así como un sensor de presión, un solenoide y un Arduino nano que es el que censará la profundidad y dará la orden al solenoide para el cierre de las tapas de goma, en la figura 49, se puede apreciar la botella capturadora de agua con sus respectivos tapones de goma, el prototipo fue diseñado en solidworks

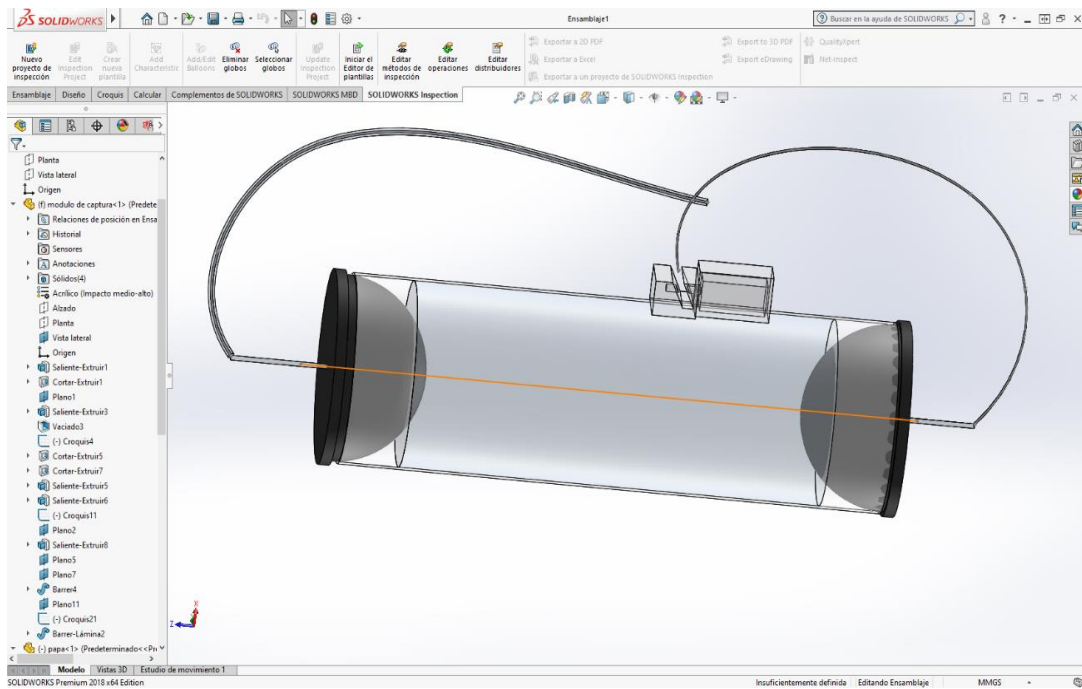


Figura 49: Diseño de la botella capturadora de agua realizado en solidworks.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Diseño electrónico

En este apartado se verá el diseño y algunas pruebas realizadas con los componentes seleccionados anteriormente. Se explican las principales funciones del circuito tales como el sistema de control, el sistema de adquisición de datos y la etapa de potencia. Además de las consideraciones tomadas de acuerdo con el modelo de drone que se usó como base para desarrollar el hidrodron.

3.3.1 Controladora de vuelo

Si viene en el mercado hay diferentes opciones, como aquellas preparadas para volar hasta aquellas donde uno tiene que programar parámetros como el tipo de Drone, control que va a emplear los motores entre otras especificaciones. En el mercado tenemos disponible diversas controladoras de vuelo, por ejemplo tenemos la controladora DJI N3 el cual es un modelo muy avanzado cuenta con capacidad para trabajar con configuraciones que van desde un quacoptero hasta un octocoptero en sus diferentes configuraciones, tiene la capacidad de trabajar con baterías desde la lipo 3s hasta la lipo 12S que tiene 44.4V con 16000mAh lo que le brinda la capacidad de trabajar con motores muy potentes el inconveniente de esta controladora es su precio ya que este oscila entre los 400

y 500 dólares Otra controladora Ardupilot que es una versión modificada de un Arduino mega diseñada específicamente para ser una controladora de vuelo. Esta cuenta con muchas funciones las cuales pueden ser programadas mediante el software mission planner. Uno de los puntos fuertes para realizar proyectos con esta controladora, es que cuenta con la opción de waypoints esta tecnología permite la navegación usando GPS estableciendo previamente puntos de control tridimensional, que son interpretados por el software y cargados a la controladora de vuelo para que de esta manera puedas realizar su plan de vuelo de manera autónoma, si bien tiene Ardupilot es una buena opción como controladora de vuelo es un poco limitada en cuanto puertos de control, Por ello se prefirió la controladora Pixhawk 4 que cuenta con características similares que el ardupilot pero esta tiene una arquitectura más robusta, lo que le permite incorporar mayor cantidad de periféricos. pixhawk 4 cuenta con las siguientes características:

- FMU: STM32F765.
- Arm® Cortex®-M7 de 32 bits, 216 MHz, 2 MB de memoria, 512 KB de RAM.
- Procesador IO: STM32F100.
- Arm® Cortex®-M3 de 32 bits, 24 MHz, SRAM de 8 KB.
- Sensores a bordo:
- Aceleración / giro: ICM-20689.
- Aceleración / giro: BMI055.
- Magnetómetro: IST8310.
- Barómetro: MS5611.
- GPS: receptor GPS / GLONASS ublox Neo-M8N; magnetómetro integrado IST8310.
- Interfaces
- 8-16 salidas PWM (8 desde IO, 8 desde FMU).
- Entradas PWM / Capture dedicadas en FMU.
- Entrada R / C dedicada para CPPM.
- Entrada R / C dedicada para Spektrum / DSM y S.Bus con entrada RSSI analógica / PWM.

- Salida de servo S.Bus dedicada.
- 5 puertos serie de uso general.
- Puertos I2C.
- Autobuses SPI.
- Entradas analógicas para voltaje / corriente de 2 baterías.

3.3.2 GPS

Pixhawk 4 cuenta con un módulo exclusivo para el GPS, tiene receptores GNSS (Global Navigation Satellite System) Sistema global de navegación por satélite concurrentes y puede recibir y rastrear múltiples sistemas GNSS (GPS, GLONASS, Galileo y QZSS) al tener la capacidad de trabajar con dos o más frecuencias en la misma banda, nos permite tener una mayor precisión para calcular la posición, así como evitar la pérdida de señal en la figura 50 Podemos apreciar las diferentes frecuencias donde trabajan estos sistemas de navegación

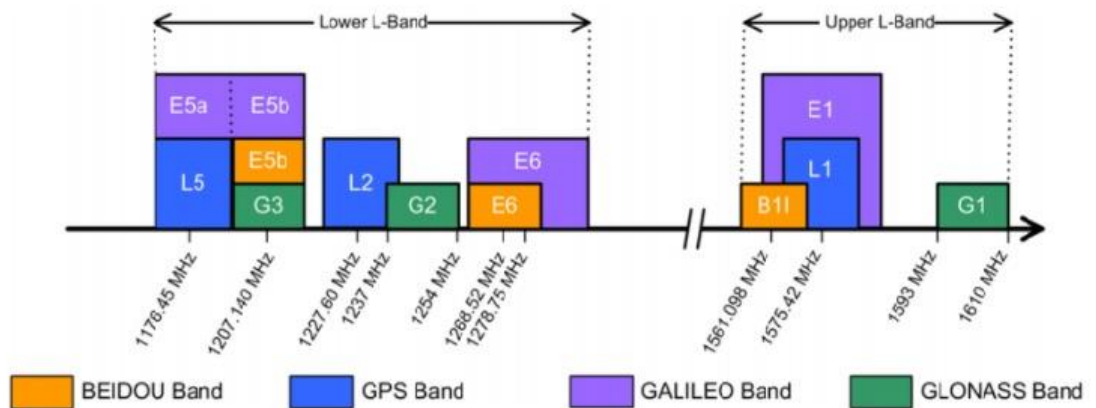


Figura 50: Bandas de frecuencia de beidou, glonass, gps y Galileo.

Fuente: Rohde y Schwarz (2017).

el sistema por Satélite. Cuasicenital (QZSS) es un sistema de navegación propio de Japón, el cual recorre este país y sus archipiélagos.

3.3.3 Telemetría

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas o químicas. Es así que al captar esta información es enviada hacia el controlador de vuelo el cual analiza estos datos y nos brinda información acerca de la posición, altura, velocidad y demás magnitudes, siempre y cuando el drone tenga implementado los sensores correspondientes, el hidrodron cuenta con un

sistema de telemetría que es configurado en el módulo flysky R9M que tiene una distancia máxima de emisión de datos de 10 Km esta es la razón principal por la que se Eligio este módulo En la figura 51, podemos ver en la pantalla del



Figura 51: Datos telemétricos.
Fuente: Abitbol Ruben. (2014)

control de tierra donde se muestran los datos telemétricos. ya que, para sectorizar la laguna, se requiere contar con un módulo de telemetría de gran alcance, que nos mantenga al tanto de la altura, la ubicación, orientación y nivel de batería con el que cuenta el hidrodrono.

3.3.4 Diseño de accionadores

Para realizar los sistemas de descenso de la botella captadora de agua, así como para realizar el cierre de la botella se desarrolló circuitos pensados en las necesidades y las condiciones de trabajo es así como para el descenso de la botella se calculó el peso aproximado que debía ser elevado para ello usamos el programa solidworks donde se calculó un peso aproximado de 1.4 Kg cuando la botella se encuentra llena con el líquido habiendo hallado este valor, se procedió a seleccionar un motor con suficiente torque para elevar este peso y a su vez que tenga el menor peso posible. Se decidió probar distintos motores de los cuales, se seleccionó el motor de la marca tsukasa modelo TG 06D AGD con las siguientes características: gear head 26 con una reducción de 1/18, un torque 1.3 Kgm*cm, 232 rpm y trabaja a 12 V con un peso de 165 g, por las circunstancias actuales se nos dificulto adquirir este motor por lo que se probó uno de la misma marca pero con características inferiores el motor el tsukasa TG 25B AG- 36,

el cual tiene las siguientes características gear head 26 reducción de 1/36, con un torque de 1 Kgm*cm, 164 rpm, a 24 v con un peso de 154 g, si bien se probó un motor diferente con una antigüedad de más 14 años, se hizo la comparación con un motor de la misma marca con características lo más similares posibles, para lo cual fue necesario ver las tablas del fabricante donde por la antigüedad del motor, ya no figuraba, pero como se verificó en las tablas la reducción el voltaje de consumo que sí figura en la placa impresa del motor con el que hizo la prueba nos permite hacer una comparativa a fin de verificar que motor podrá elevar el peso seleccionado, para la prueba se llenó un envase con agua hasta alcanzar el peso con el que se espera tengamos que trabajar en la figura 52(A)



(A)

(B)



(C)

(D)

Figura 52: Pruebas de potencias del motor.

Fuente: Elaboración propia.

podemos apreciar la medición

del peso correspondiente a 2501 g que posteriormente fue sujeta a la botella y atada a un carrete realizado mediante impresión 3D. En la figura 52(B), se aprecian los valores iniciales de 0.02V y 0.014mA posteriormente al encender la fuente, tenemos 12.6 V y 221mA esto se muestra en la figura 52(C), finalmente en la figura 52(D), observamos que el valor de voltaje se mantiene mientras que el amperaje subió hasta 254 mA donde permaneció constante, como se aprecia en las imágenes vemos que el motor puede elevar sin problemas la carga correspondiente, la prueba se realizó de manera constante al menos unas 20 veces para comprobar que el motor no fallará o recalentará, pero durante las pruebas no ocurrió ningún fallo o señal que indique que el motor no cuenta con la capacidad de elevar dicho peso además como se aprecia en la figura 52(C) y 52(D) el voltaje aplicado fue de 12.6 V y la corriente como se muestra en la figura varió desde un valor inicial 221 mA a 254 mA para la parte más elevada, para sujetar la botella se usó un hilo de poliamida (hilo de pescar), de 0.5 mm de diámetro con una resistencia de acuerdo al fabricante de 12 kg o 117.7 newton este hilo nos pareció adecuado por su gran resistencia y volumen reducido en la figura 53 podemos apreciar la tabla de características del motor que usaremos.

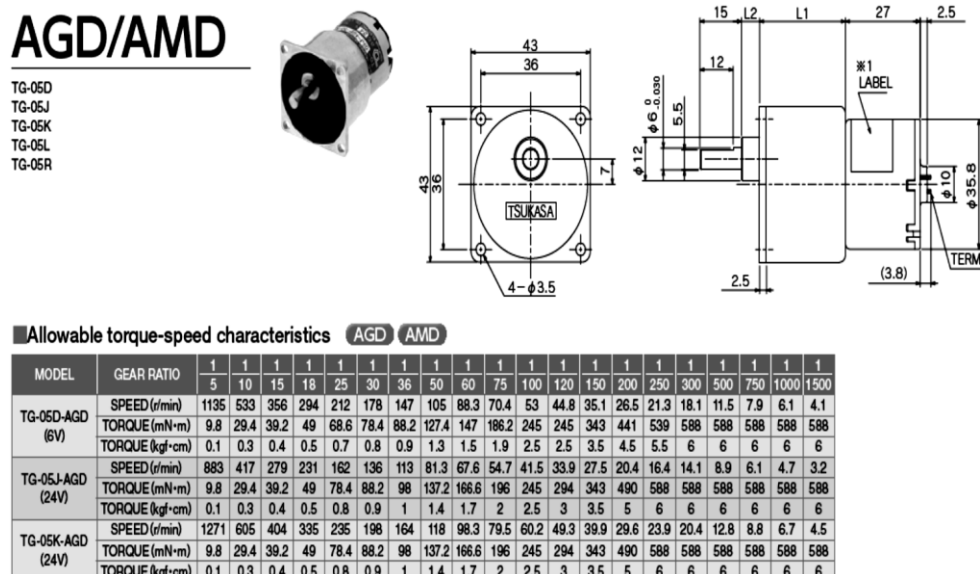


Figura 53: Datos técnicos del motor

Fuente: Tsukasa (2016).

De esta tabla elegimos para hacer el comparativo el motor TG-05k-AGD de 24V que guarda similares características con el motor empleado. Así como: La reducción, voltaje de funcionamiento y las características externas de la caja, otro dato es que anteriormente se empleaban las siglas AG para referirse a los motores de mecanismos de engranaje estándar o simples y eso actualmente ha sido cambiado por las siglas AGD para referir se al mismo tipo de motor. En la figura 54, podemos ver este cambio

● GEAR BOX CONSTRUCTION AND FEATURES

INTERMITTENT DUTY
(Suitable for less than 2sec.)
on & long enough off time)

STANDARD TYPE

GL, VG, VM, LG, SG
AGD, SS, BG, WM

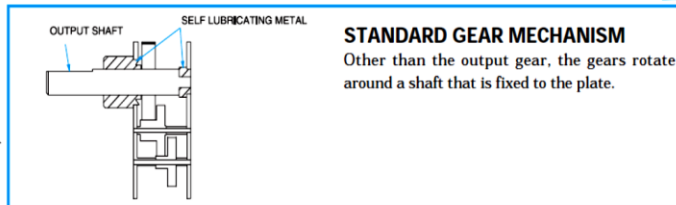


Figura 54: Construcción y características de la caja de cambios

Fuente: Ttsukasa (2006).

En la figura 55, podemos ver características de velocidad y carga según datos del fabricante.

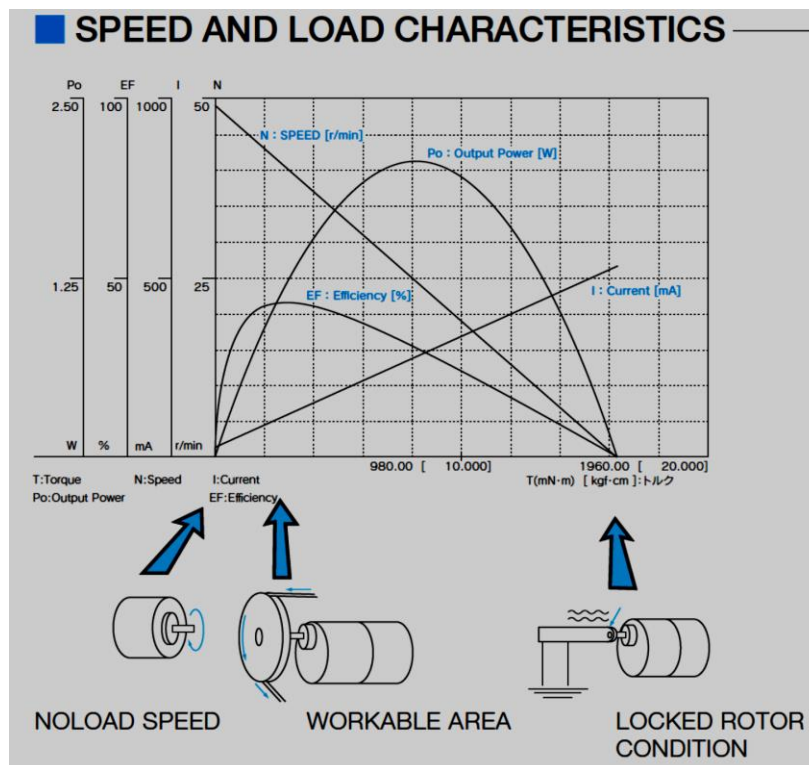


Figura 55: Características de velocidad y carga

Fuente: Ttsukasa (2006).

Seguidamente para el diseño de la botella capturadora de agua se procedió de la siguiente manera. La botella tiene acoplado un sensor de presión el cual ira censando la profundidad a la cual va descendiendo la botella capturadora, una vez que la botella se encuentra a la altura requerida el sensor mediante una comparación de lecturas detectara que la presión no ha variado accionando el primer solenoide el cual liberará los tapones atrapando el agua en su interior. Posteriormente continuará su descenso para atrapar la segunda muestra, para finalmente retornar a la superficie donde será transportada la muestra. Para esta función se diseñó un circuito el cual soporte los picos de corriente que genera el accionamiento de los solenoides. En la figura 56, podemos ver un esquema de componentes que conforman el sistema de captura de agua. para este diseño la

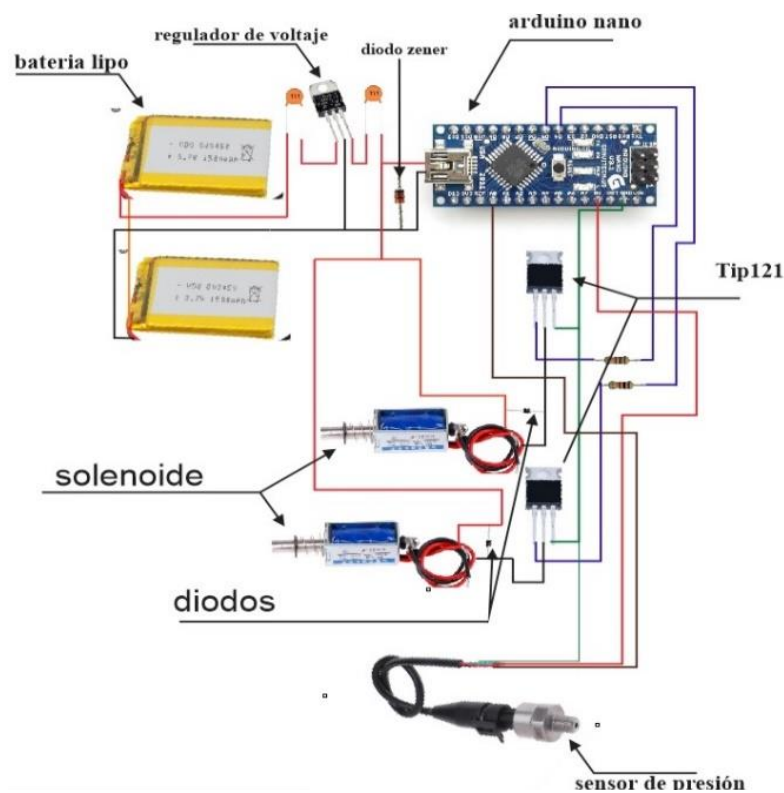


Figura 56: Circuito de la botella capturadora de agua.

Fuente: Elaboración propia.

parte más importante fue la selección de los solenoides pues deben ser lo más ligeros posibles, así como estar hechos de acero inoxidable para soportar el agua además de tener el menor peso posible a fin de conservar el peso dentro del margen establecido. Se seleccionaron los solenoides de la marca Electromagnet cuyas características se muestran en la tabla 16.

Tabla 16: Características del solenoide

Electromagnet	
Voltaje de trabajo	5V
Corriente de trabajo	1500 mAh
Longitud del vástago	10 mm
Fuerza producida	1 – 20 N
Material	Acero AISI 316

Fuente: Elaboración propia.

Por los datos proporcionados vemos que el solenoide nos proporciona suficiente fuerza para la liberación del seguro de las botellas. Para la alimentación se optó por usar 2 baterías de litio de 3.7 V a 1500 mAh colocadas en serie para tener 7.4 v con el mismo amperaje para lograr los 5 voltios se empleó un regulador de voltaje el 7805 que puede reducir el voltaje para el funcionamiento de los dispositivo se colocaron diodos, para evitar los picos de tensión que genera el solenoide, al ser activados y todo esto es comandado por el Arduino el cual se encarga del accionamiento, si bien sensor puede trabajar de forma directa con el Arduino, los solenoides no pueden, por la elevada corriente que necesitan para su activación por lo cual se optó por colocar el transistor tip 121 el cual es un transistor de tipo Darlington, puede obtenerse una ganancia máxima de 5A con 120mA de corriente en su base, en la tabla 17 podemos ver sus características,

Tabla 17: Características eléctricas del transistor Tip 121.

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	for TIP120/125 $V_{CE} = 30\text{ V}$ for TIP121/126 $V_{CE} = 40\text{ V}$ for TIP122/127 $V_{CE} = 50\text{ V}$			0.5 0.5 0.5	mA mA mA
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	for TIP120/125 $V_{CB} = 60\text{ V}$ for TIP121/126 $V_{CB} = 80\text{ V}$ for TIP122/127 $V_{CB} = 100\text{ V}$			0.2 0.2 0.2	mA mA mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5\text{ V}$			2	mA
$V_{CEO(sus)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 30\text{ mA}$ for TIP120/125 for TIP121/126 for TIP122/127	60 80 100			V V V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $I_B = 12\text{ mA}$ $I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 20\text{ mA}$			2 4	V V
$V_{BE(on)}^*$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = 3\text{ V}$			2.5	V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 3\text{ V}$ $I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = 3\text{ V}$	1000 1000			

Fuente: ST Microelectronic.

El voltaje máximo de conducción es de 80V con lo cual podemos emplear cargas desde unos cuantos voltios hasta los 80 V, por estas razones se decidió su utilización ya que la corriente de salida del Arduino está alrededor de los 40 mA, para la elección del sensor de presión primero debíamos estimar la presión a la profundidad objetivo que en nuestro caso sería de 5 y 10 metros ya que según estudios el lago tiene una profundidad de 12 metros como máximo. Conocido este valor se procedió a escoger el sensor usando la siguiente formula.

$$P = P_o + \rho g h \text{ donde} \quad (7)$$

P_o = Presión atmosférica.

ρ = Densidad del agua.

g = Aceleración de la gravedad.

h = Profundidad.

Para nuestro caso la presión atmosférica en la región Junín tiene en promedio 1021 hpa con lo que aplicando la fórmula obtenemos 221111.2 Pa, de presión a 12 metros de profundidad. Buscando entre los sensores de presión vemos que los valores son manejados en PSI por tanto la presión el PSI sería de 32.07 PSI por lo que comercialmente no hay este valor ni de 40 PSI por lo que se eligió uno de 50 PSI para nuestro estudio este sensor cuenta con las siguientes características que veremos en la tabla 18

Tabla 18: Características de operación sensor de profundidad

Voltaje de entrada	5V
Material	Acero inoxidable
Rango de señal	0.5 V – 4.5 V
Peso	50 g
Tipo de señal	analógica

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo estos datos se procedió a la programación.

3.4 Diseño informático

Para la programación del hidrodrono se necesitó de la programación de 2 placas Arduino nano la primera que es la que se encuentra ubicada en el hidrodrono que es la encargada de controlar el descenso y el ascenso de la botella capturadora de

muestras de agua, el segundo Arduino es el que se encarga del censado de la presión junto a la activación del solenoide para hacer posible la captura de muestras de agua. La secuencia fue desarrollada de la siguiente manera y se aprecia en la figura 57, para la liberación del cable la secuencia de activación se muestra en el diagrama de flujo que ubica en la parte izquierda mientras que el diagrama de flujo de la derecha corresponde a la secuencia de activación de la botella captadora de agua.

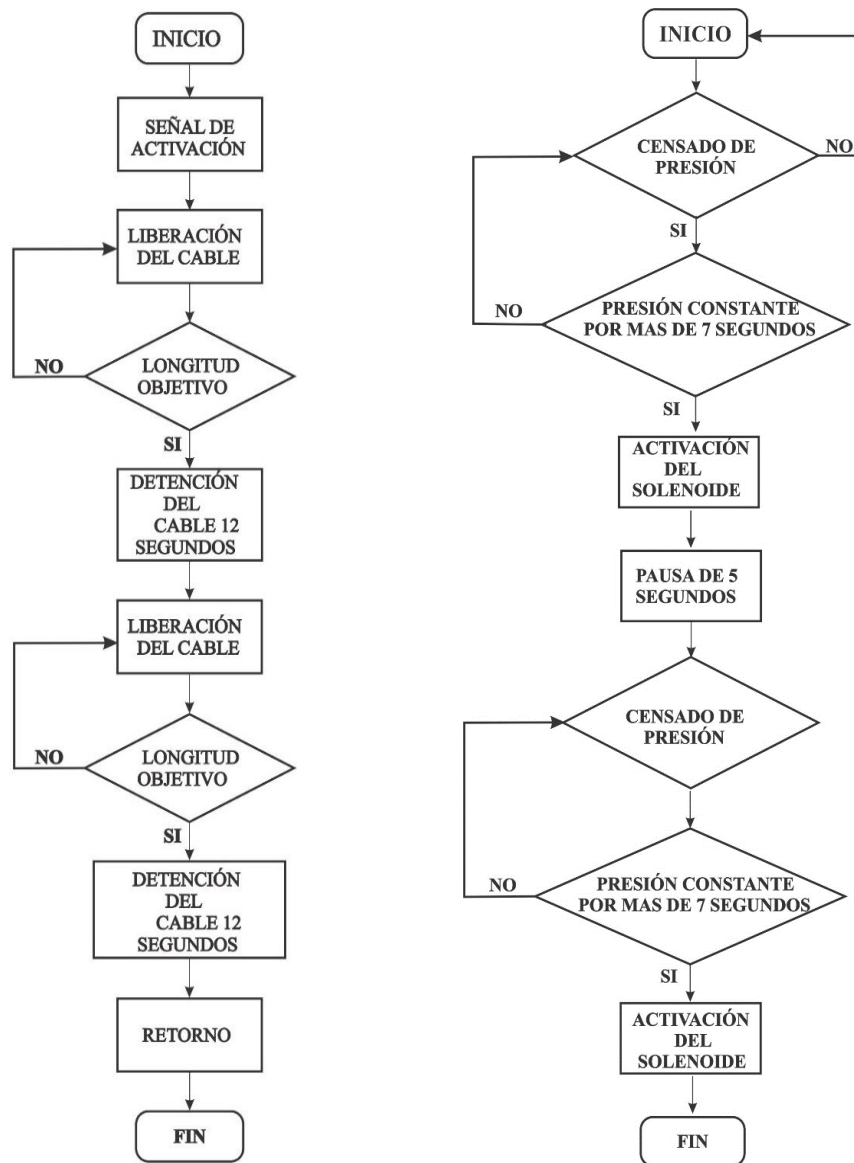


Figura 57: Diagrama de flujo de los accionamientos electrónicos.

Fuente: Elaboración propia.

Las placas controladoras Arduino fueron programadas mediante el programa visual studio code primero se identificó las variables para luego proceder a la programación, para la liberación de la cuerda la variable identificada fue la longitud, para la botella

capturadora la variable identificada fue la presión, para el primer Arduino se desarrolló la programación con el fin de determinar la longitud, para esto se empleó un encoder con el cual censamos la longitud del cable que se va liberando mediante la interrupción del Haz de luz en la figura 58 se aprecia como es el funcionamiento del encoder.

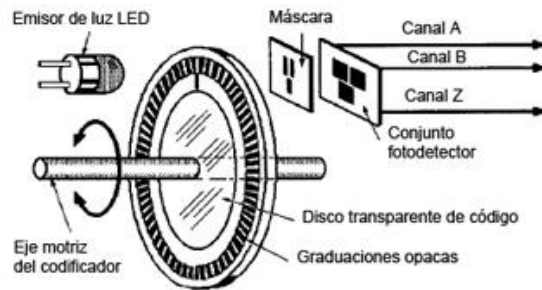


Figura 58: Partes de un encoder.

Fuente: Mediciones industriales (2008).

Junto a un circuito Puentes H como el que se aprecia en la figura 59.

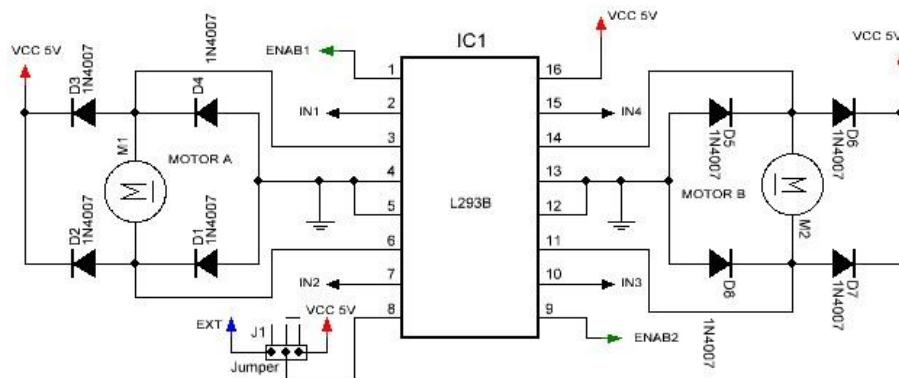


Figura 59: Diagrama puente H

Fuente: Kit electrónica

Para la obtención de datos. Nos basaron en datos experimentales. Para el segundo Arduino que va en el módulo de captura de agua la programación se desarrolló enfocada en la variación de presión, se empleó un sensor de presión el cual es un diseño reciente en el mercado y al ser necesario la obtención de datos a diferentes profundidades para el desarrollo de la programación se optó por estimar algunos datos ya que en el caso de la presión del agua en un ambiente natural la presión tiene un comportamiento casi lineal por ello al tener los datos de presión a una profundidad

de hasta 2 metros se procedió a extrapolar para si obtener los datos restantes de las diferentes profundidades.

3.4.1 Programación en Arduino

Seguidamente veremos los bloques de programación.

```
const int sensorPin = 9;
const int horarioPin = 8; //giro horario
const int antihorarioPin = 7; //giro antihorario
const int inicioPin = 6; //bajada de toma muestra
int lectura = 0; // lectura del sensor encoder
int conteo = 0; // distancia recorrida
int inicio = 0;
int bajada2 = 0;
int retorno = 0;
```

 **BLOQUE 1**

```
void setup() {
  Serial.begin(9600); //iniciar puerto serie
  pinMode(sensorPin , INPUT); //define pin 9 como entrada
  pinMode(horarioPin , OUTPUT); // define pin 8 como salida
  pinMode(antihorarioPin , OUTPUT); // define pin 7 como salida
  pinMode(inicioPin , INPUT); //define pin 6 como entrada
}
```

 **BLOQUE 2**

```
void loop(){
  inicio = digitalRead(inicioPin ); //lectura digital de pin 6
```

INICIO

```
while (inicio==HIGH) // bajada 5metros Primera muestra
{digitalWrite (horarioPin, HIGH); //enciende motor horario
digitalWrite (antihorarioPin, LOW); //enciende motor horario
lectura = digitalRead(sensorPin ); //lectura digital de pin
if (lectura==LOW )
{conteo = conteo +1;} // cuenta cada vuelta de motor (una vuelta= 5cm.)
if (conteo==100) // la cuerda bajo 5 metros a tomar muestra.
{digitalWrite (horarioPin, LOW); // parada de motor
digitalWrite (antihorarioPin, LOW); // parada de motor
delay (12000) ; // retardo de 12 segundos para toma de primera muestra
bajada2 = 1; // toma valor 1 logico para habilitar el siguiente bucle,
break;}} // rompe el bucle
```

BUCLE 1

```
while (bajada2==HIGH) // bajada 10 metros segunda muestra
{digitalWrite (horarioPin, HIGH); //enciende motor horario
digitalWrite (antihorarioPin, LOW); // enciende motor horario
lectura = digitalRead(sensorPin ); //lectura digital de pin
if (lectura==LOW )
{conteo = conteo +1;} // cuenta cada vuelta de motor (una vuelta= 5cm.)
if (conteo==200) // la cuerda bajo 5 metros a tomar muestra.
{digitalWrite (horarioPin, LOW); // MOTOR se detiene
digitalWrite (antihorarioPin, LOW); // MOTOR se detiene
delay (12000) ; // retardo de 12 segundos para toma de segunda muestra
retorno = 1; // toma valor 1 logico para activacion del bucle de retorno
break; }} // rompe el bucle
```

BUCLE 2

```
while (retorno==HIGH) // cuerda retorna
{digitalWrite (horarioPin, LOW); //enciende motor antihorario
digitalWrite (antihorarioPin, HIGH); //enciende motor antihorario
lectura = digitalRead(sensorPin ); //lectura digital del sensor
if (lectura==LOW )
{conteo = conteo -1;} // cuenta cada vuelta de motor (una vuelta= 5cm.)
if (conteo==0) // la cuerda retorna los 5 metros bajados.
{digitalWrite (horarioPin, LOW); // parada de motor
digitalWrite (antihorarioPin, LOW); // parada de motor
break;}} // rompe el bucle
```

BUCLE 3

BLOQUE 1

se asigna constantes para la entrada de información como, por ejemplo: Los datos del sensor óptico de encoder (mide cuantos giros recorre la rueda facilitadora de cuerda, una vuelta es igual a un centímetro), serán guardado en la constante "sensorPin", el pin del Arduino será el número 9. Para el giro de sentido del motor facilitador de cuerda (rotación sentido horario o antihorario) se usa un módulo de puente H (invierte el sentido de giro de un motor eléctrico) este módulo tiene dos entradas de valor digital (1 - 0 / prendido - apagado) de control, se denominó como "horarioPin" (pin número 8 en el arduino) y "antihorarioPin" (pin número 7 en el arduino); si la entrada "horarioPin" tiene valor lógico "1" y "antihorario" tiene valor lógico "0" el sentido de giro del motor será horario, a su vez la cuerda desciende. No obstante, si los valores lógicos son invertidos el motor girara de manera antihoraria y si ambas entradas toman el valor lógico "0" el motor se detendrá. También se tiene las constantes inicioPin (los pines en la tarjeta arduino serian el numero 6), esta constante es para ejecutar el "INICIO" de arranque del primer bucle. A su vez, se tiene la constante "lectura", en ello se guardará el valor lógico emitido por el sensor encoder. también la constante "conteo", en ellos se guardada la suma de los giros de la rueda facilitador de cuerda. (valor 100 equivale a 5 metros). Las constantes "inicio" para primer bucle, "bajada2" para segundo bucle y "retorno" para el bucle de retorno de cuerda.

BLOQUE 2:

En este bloque se le indica al controlador que numero de pin será salida o entrada de información lógica. Por ejemplo, el "sensorPin" será una entrada lógica, la constante "horarioPin" será salida lógica.

INICIO:

En esta etapa se hace una primera lectura de información (1/0 lógicos); En este renglón da inicio al primer bucle y, a su vez, a todo referente al facilitador de cuerda para la toma de muestra.

BUCLE 1

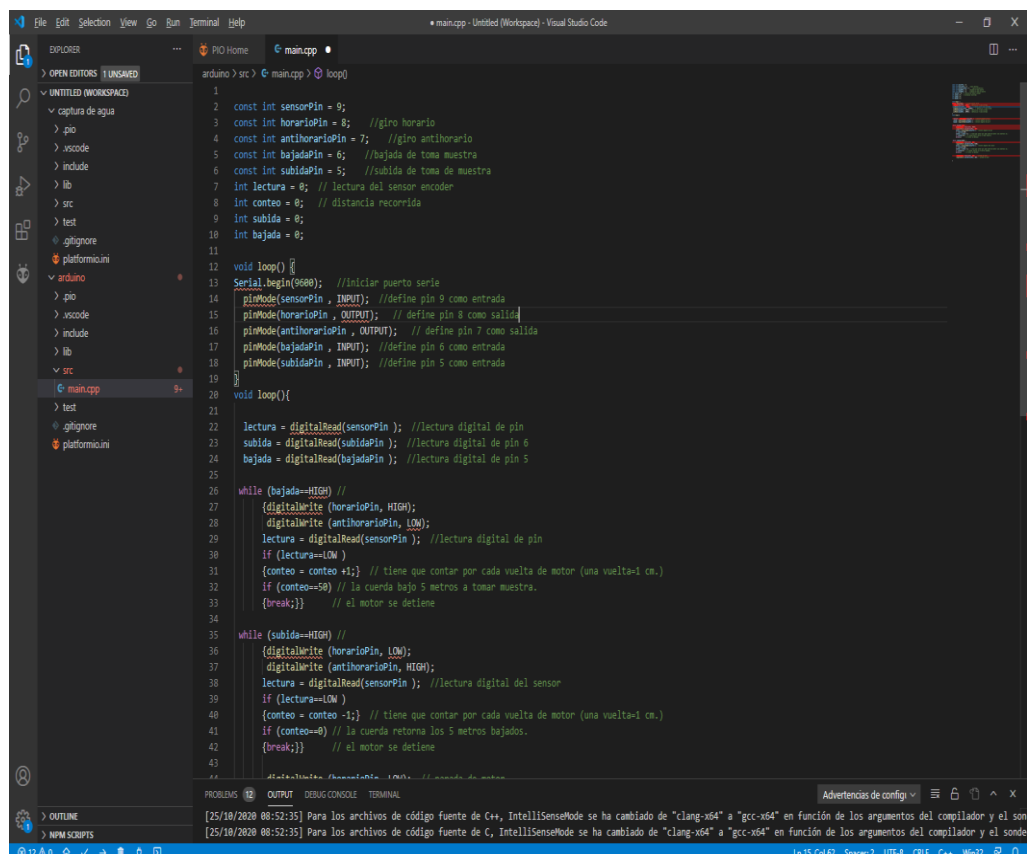
En este bucle se iniciará la primera bajada, siempre y cuando, la constante "inicio" tenga el valor logico "1" (1 es igual al comando "HIGH" predeterminado por el programa Arduino IDE). El bucle cíclico comienza haciendo girar el motor en sentido Horario, a su vez, se tiene lectura del sensor

encoder contando las vueltas. La constante "lectura" en cada vuelta cíclica del bucle incrementa una unidad, este tiene que llegar hasta el número 100 (5 metros) para luego cumplir la condicional de fin de bucle, parar los motores, asignar la constante "bajada2" a "1" lógico para activar el siguiente bucle y romper o salir de ello.

BUCLE 2

En esta etapa hace los mismo que el BUBLE1, con la diferencia que la constante "conteo" comienza con un valor inicial 100; en el cual, este tiene que llegar al valor 200, asignar la constante "retorno" a "1" lógico y romper o salir del bucle.

BUCLE 3 En esta etapa los motores comienzan a girar en un sentido antihorario; la constante "conteo" comienza a disminuir su valor en una unidad hasta llegar a cero y, luego, para el motor y salir del bucle. En la figura 60 podemos ver el entorno de programación del software visual studio code.



```
1
2 const int sensorPin = 9;
3 const int horarioPin = 8; //giro horario
4 const int antihorarioPin = 7; //giro antihorario
5 const int bajadaPin = 6; //bajada de toma muestra
6 const int subidaPin = 5; //subida de toma muestra
7 int lectura = 0; // lectura del sensor encoder
8 int conteo = 0; // distancia recorrida
9 int subida = 0;
10 int bajada = 0;
11
12 void loop() {
13   Serial.begin(9600); //iniciar puerto serie
14   pinMode(sensorPin, INPUT); //define pin 9 como entrada
15   pinMode(horarioPin, OUTPUT); // define pin 8 como salida
16   pinMode(antihorarioPin, OUTPUT); // define pin 7 como salida
17   pinMode(bajadaPin, INPUT); //define pin 6 como entrada
18   pinMode(subidaPin, INPUT); //define pin 5 como entrada
19 }
20
21 void loop(){
22
23   lectura = digitalRead(sensorPin); //lectura digital de pin
24   subida = digitalRead(subidaPin); //lectura digital de pin 6
25   bajada = digitalRead(bajadaPin); //lectura digital de pin 5
26
27   while (bajada==HIGH) //
28   {
29     digitalWrite (horarioPin, HIGH);
30     digitalWrite (antihorarioPin, LOW);
31     lectura = digitalRead(sensorPin); //lectura digital de pin
32     if (lectura==LOW )
33     {
34       conteo = conteo +1; // tiene que contar por cada vuelta de motor (una vuelta=1 cm.)
35       if (conteo==50) // la cuerda bajo 5 metros a tomar muestra.
36       {
37         break;
38       } // el motor se detiene
39     }
40   }
41
42   while (subida==HIGH) //
43   {
44     digitalWrite (horarioPin, LOW);
45     digitalWrite (antihorarioPin, HIGH);
46     lectura = digitalRead(sensorPin); //lectura digital del sensor
47     if (lectura==LOW )
48     {
49       conteo = conteo -1; // tiene que contar por cada vuelta de motor (una vuelta=1 cm.)
50       if (conteo==0) // la cuerda retorna los 5 metros bajados.
51       {
52         break;
53       } // el motor se detiene
54     }
55   }
56 }
```

Figura 60: Entorno de programación visual studio code.

Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Estación de control de tierra.

En el entorno de desarrollo de drones hay diversos softwares que permiten establecer rutas para que el dron se desplace de forma autónoma, así como para el control de sus aditamentos como pueden ser el GPS, la cámara, el estado de la batería entre otras funciones, mencionaremos algunos de estos software, multiwiiicopter, es un software de paga que permite la programación de misiones en su plataforma así como la integración con Google Maps para seleccionar la ruta de desplazamiento, Happy killmore es un software también de paga pero que adiciona la calibración manual del dron, tiene una plataforma más amigable que lo hace sencillo de usar, libre pilot, este a diferencia de los dos anteriores es un software de código abierto tiene las mismas características que el happy killmore con la ventaja tener una gran comunidad que mejora el software al ser este de código abierto finalmente misión planet, este software también de código abierto reúne muchas de las características de los software mencionados anteriormente, con la adición que permite grabar los mapas que se estén empleando para su posterior utilización, también cuenta con una gran cantidad de usuarios que lo mejoran constantemente por estas características se optó por utilizar el software Mission Planner no solamente por ser un software libre sino porque permite grabar los mapas para la utilización sin conexión a internet. estas características fueron determinantes para optar por este software. En la figura 61 vemos la estación de tierra con el software ardupilot instalado.



Figura 61: Estación de tierra.

Fuente: Dragón fly.

3.4.3 Mission Planner

Antes de usar este software cabe mencionar que solo es compatible con el sistema operativo Windows, a continuación, iremos describiendo el entorno de configuración de este software, cuenta con diversas herramientas las cuales nos permite seleccionar diferentes tipos de drones desde terrestre, marino y la gran variedad de drones aéreos, en la figura 62 podemos apreciar la interfaz de selección la cual cuenta con varios modelos preinstalados, además, cuenta con herramientas que nos facilita la configuración de módulos como el acelerómetro, GPS, variadores de velocidad, módulos de telemetria,

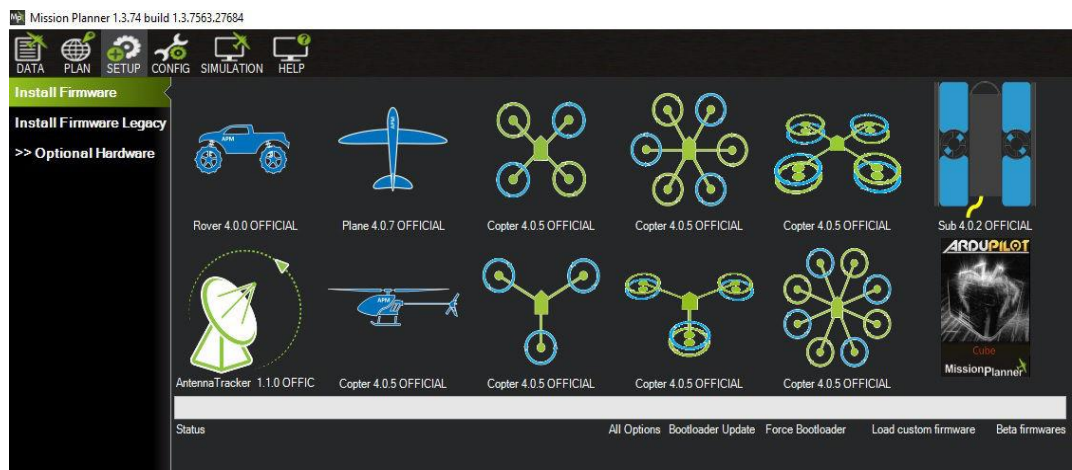


Figura 62: Interfaz Mission Planner.

Fuente: Elaboración propia.

cámara entre otras funciones. La opción de waypoint facilita el realizar vuelos dirigidos, seleccionando puntos previos para así poder analizar zonas

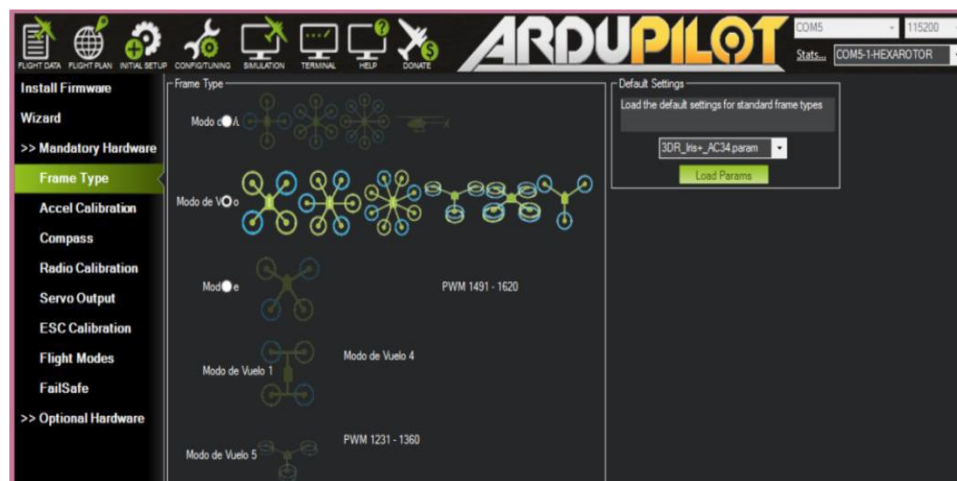


Figura 63: Interfaz de calibración Mission Planner.

Fuente: Elaboración propia.

específicos o sectorizar zonas donde queramos realizar vuelos. En la figura 63 vemos la configuración inicial donde podemos seleccionar diferentes tipos de Multirroto. Para este caso se escoge un hexacóptero de configuración en “X”, así quedará fijado el tipo de frame a usar con su respectiva distribución de motores. Seguidamente configuraremos el compás para ello tenemos que girar el dron de manera suave en sus 3 ejes de tal manera que cada giro complete los 360 grados para si obtener una mayor precisión ya que el software analiza estos giros y de esta manera configura el compás a continuación podemos ver la configuración del compás es preciso aclarar que esta configuración se puede hacer mediante el cable usb, pero es mejor realizarla con el módulo de telemetría, este genera mucha mayor precisión. En la figura 64 podemos ver el proceso de calibración.

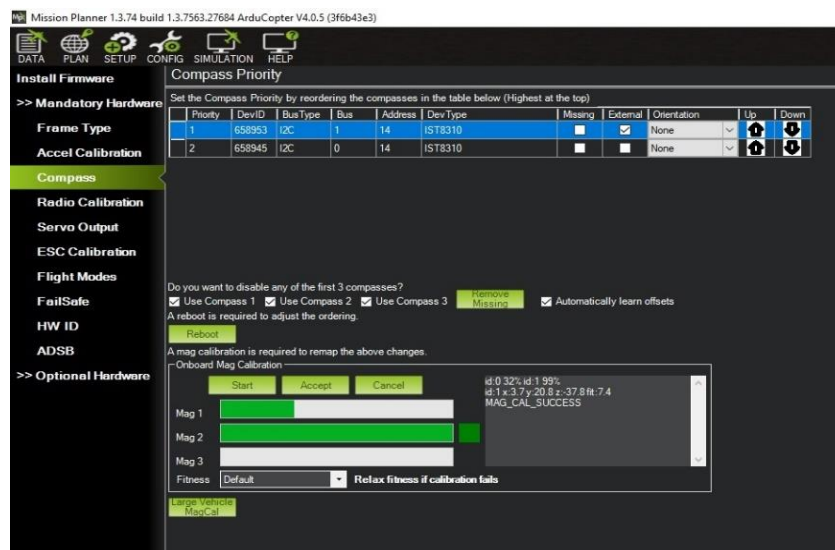


Figura 64: Interfaz de calibración del compás Mission Planner.

Fuente: elaboración propia.

Otra calibración importante es la del acelerómetro ya que esto nos permite referenciar el plano. Porque al iniciar con esta calibración se debe colocar al Dron en diferentes posiciones afín de que el software grave estas posiciones, se recomienda hacer esto en una superficie plana para lograr mejores resultados.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo, se exponen los datos recabados en las distintas pruebas, así también como los objetivos planteados a fin de contrastar con el desarrollo logrado

4.1 Resultados del diseño mecánico

Flotabilidad: Para este parámetro se pensó en diferentes soluciones desde flotadores o bases de Tecnopor, pero como estos aditamentos impedirán el paso del flujo de aire fueron descartados, pero se mantuvo la idea del Tecnopor, por su baja densidad y su accesibilidad, a fin de brindar una mejor propulsión se pensó en el efecto Coanda, en mecánica de fluidos, se habla de este efecto físico en el cual una corriente de fluido sea líquido o gaseoso tiende a ser atraída por una superficie adyacente a su trayectoria por tal motivo se diseñó los flotadores con poliestireno expandido confiriéndole la forma ovoide, en la figura 65 se aprecia este efecto mediante la simulación en solidworks.

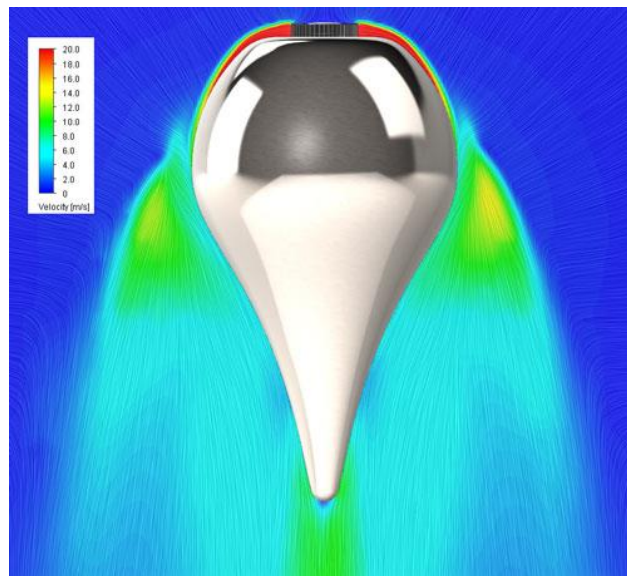


Figura 65: Efecto coanda. Diseñado en solidworks.

Fuente: Solidsolutions(2018).

Pero cómo esta forma complicaba la colocación en la posición deseada, se diseñó un contenedor mediante la impresión 3D con similares características para que

cupiese de manera exacta, manteniendo la forma ovoide, cabe mencionar que este contenedor es hueco no es macizo esto para evitar sumar peso así pues con este diseño se podrá dirigir el flujo de aire hacia la parte baja del motor concentrando la fuerza, en la figura 66 podemos apreciar la construcción final del tren de aterrizaje.

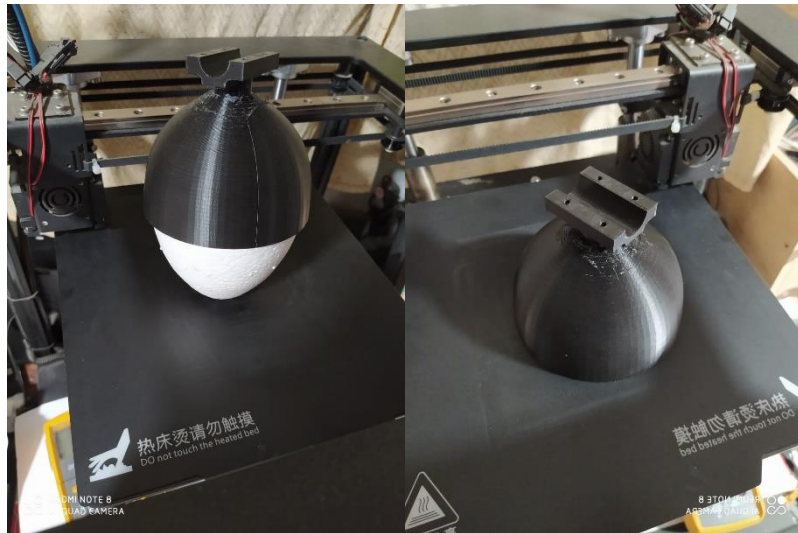


Figura 66: Diseño impreso del tren de aterrizaje.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, con las estimaciones que se hicieron en cuanto a la flotabilidad, se procedió a imprimir, los contenedores donde se colocaran las formas ovoides de poliestireno expandido, así pues, en la figura 67 podemos apreciar la colocación en el frame del hidrodrone. Seguidamente se procedió a instalar el polipropileno en su posición para



Figura 67: montaje del tren de aterrizaje.

Fuente: Elaboración propia.

realizar la prueba de flotabilidad. En la figura 68 podemos ver ya armado el tren de aterrizaje.



Figura 68: Tren de aterrizaje modificado
Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se procedió a realizar las pruebas correspondientes, pero previamente se pesó todo el conjunto a fin de conocer el peso del armazón el cual es de 996 g. Con esta referencia se procedió a realizar las pruebas. Como se aprecia la figura 69

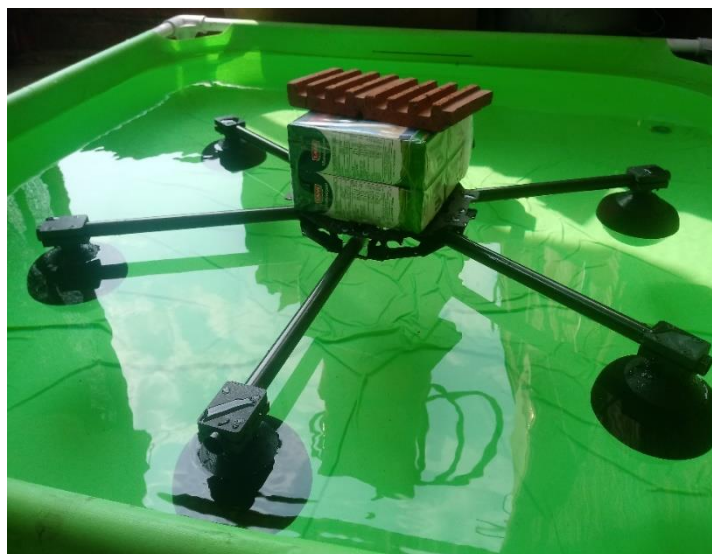


Figura 69: Prueba de flotación.
Fuente: Elaboración propia.

Así pues, se fue agregando pesos hasta que fallara la flotabilidad, el peso máximo que pudo mantener el Drone fue de 3820 g, en la figura 70 se ve la medición del peso



Figura 70: Peso del drone y lastres.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19 podemos apreciar los resultados de flotabilidad obtenidos

Tabla 19: Resultados de la flotabilidad.

Porcentaje de hundimiento	Hundimiento mm	Estabilidad	peso (g)
36.4%	43	muy estable	996
39%	45	muy estable	1023
41%	49	muy estable	1180
45%	52	muy estable	1304
48%	57	muy estable	1400
52%	61	muy estable	1520
57%	65	muy estable	1760
62%	71	estable	1955
68%	77	estable	2254
72%	81	estable	2542
77%	87	estable	2710
83%	94	estable	2940
88%	100	estable	3210
94%	108	estable	3442
97%	113	estable	3641
100%	118	estable	3754
103%	123	críticamente estable	3821
106%	124	inestable	

Fuente: elaboración propia.

Si bien con los calculados estimamos que el Drone podía mantener un peso de 3900 gramos al realizar las pruebas se obtuvo que el tren de aterrizaje solo puede mantener

a flote 3821 gramos de manera estable, el valor es próximo a lo estimado pero las variaciones, se deben a las pequeñas diferencias que hay en el poliestireno expandido ya que siendo rigurosos hay pequeñas diferencias entre una y otra boya, pero a pesar de ello estamos muy próximos al valor. Luego de esta prueba se procedió a probar la estabilidad frente a algunas posibles agitaciones del agua. Como se aprecia en la imagen agitamos el agua para ver que tan estable es, como se muestra en la figura 71 el nivel del agua descendió 120 mm aproximadamente y el Drone se mantuvo estable, el peso que llevaba era de 2725 gramos sumado a los 995 gramos del frame, tenemos que este puede mantenerse estable hasta los 3720 gramos, que es el peso que tiene encima el dron



Figura 71: Prueba de estabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la botella capturadora de agua: En este caso para la creación de esta botella se siguió las especificaciones de material y cantidad de muestra que hallamos en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales así como la información recabada en los talleres del Ministerio de salud, en base a estos detalles se modelo en solidworks, estimando el peso aproximado por botella con el contenido lleno en 1.4 Kg aproximadamente lo cual era un valor razonable ya que el motor encargado de izar las botellas tiene la capacidad de elevar más de 3 Kg, si bien para el transporte de las muestras se pide usar Polipropileno, para la captura de las muestras se puede emplear el PVC, este fue el material elegido

por su facilidad de ser encontrado en el mercado nacional, además de su bajo costo, otro de los motivos por lo que se eligió es por su densidad (1.38 g/cm^3) que es mayor a la del agua facilitando el hundimiento, evitando así el uso de pesas. Por otro lado, no sé a podido colocar los solenoides, pues son muy escasos en los distribuidores locales y resulta muy complejo importarlos a causa de la pandemia. Sin embargo, el lugar donde se colocara está listo para ser instalado una vez se tenga este componente, finalmente los tapones que serán moldeados por inyección, se diseñó una forma previa esta será moldeada en silicona con una matriz elaborada mediante impresión 3D esto para tener la certeza de la funcionalidad, así también el mecanismo elástico encargado de cerrar la tapas este hecho de goma látex este componente si es de fácil adquisición, se requiere realizar pruebas para lograr la tención óptima.

4.2 Resultados del sistema eléctrico

Motores: En cuanto a los resultados eléctricos, el punto más resaltante fue la comprobación de la corriente que el motorreductor encargado de izar la muestras de agua, para esta prueba se empleó un motor de la marca tsukasa que es muy similar en cuanto a sus características con el que será empleado, obteniéndose los siguientes resultados, se trabajó con un voltaje de 12.6 V y la corriente que inicialmente era de 221 mA pasó a ser 256 mA manteniéndose estable en este valor se comprobó que no hubiese recalentamiento en el motor, según estas pruebas todos los parámetros están dentro de lo estimado a pesar de tratarse de un motor discontinuado.

Driver: conocido el valor de corriente que consume el motor se procedió a comprobar si algún driver comercial pudiera soportar al menos 500 mA realizando así la elección del modelo Driver L298N que es el más adecuado según la corriente que consumirá el motor.

4.3 Resultados del diseño informático

En cuanto al diseño informático se logró realizar con éxito la simulación del accionar del solenoide así como la medición con el sensor de presión Como se menciona de manera simulada, el algoritmo que cuenta la distancia en función a los giros que da el encoder de tipo rotativo como se mencionó la programación fue realizada en el programa visual studio code, en las placas Arduino nano, algo que se pensó en realizar pero no se concretó fue la calibración del sensor de profundidad en un ambiente real ya que hay algunos factores como la altura y el frio propio de la sierra,

que podrían tener alguna repercusión en los sensores, haciéndose necesario muy posiblemente recalcular algunos parámetros en la programación.

4.4 comparativas y análisis económico

En esta sección veremos algunos cambios realizados del diseño inicial, así como el análisis económico y la comparación con un modelo de Drone similar de uso comercial, también se aprecia la comparativa entre la botella capturadora con la botella Niskin, en la tabla 20 podemos apreciar las variaciones que se dio en parte del diseño.

Tabla 20: Variación de componentes iniciales.

componente	Consideración inicial	Modificación	Comentario
Tren de aterrizaje	Preforma de 8gr	Preforma de 16 g	La primera consideración solo podía mantener a flote un peso máximo de 200 g.
Armazón o frame	Fibra de carbono	Fibra de carbono y aluminio	Se opto por este cambio a causa de la dificultad de importar, por lo cual solo las patas fueron reemplazadas.
Botella capturadora	Polipropileno	PVC	El cambio se dio debido a que el polipropileno es obligatorio para transportar las muestras mas no para obtenerlas.
Motor	De 24V a 1/36 de reducción	Motor de 12V a 1/18 de reducción	El cambio se hizo debido a que el motor nuevo tiene un mayor torque y opera a un menor voltaje.
Cordón de cierre de botella	Se pensó en usar jebe	Se cambió a goma látex	El cambio se dio debido a que la goma látex no contamina la muestra.

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente podemos apreciar el costo de los diferentes aditamentos que componen a el hidrodrono, en la tabla número 21 vemos los costos

Tabla 21: Cuadro de costos.

Materiales y componentes	Precio unitario soles	Total, soles
Frame o armazón	274	274
Tren de aterrizaje	16	96
Controladora de vuelo	530	530
Módulo de telemetria	58	58
Hélices	31	186
Motores brussless	121	726
Reguladores de velocidad	41	246
Motor reductor	102	102
Solenoido	17	34
Botella capturadora	70	70
ardunino	15	30
Radio control	630	630
Batería lipo 4s	145	145
driver	10	10
Elementos variados	300	300
Diseño de ingeniería	2500	2500
	total	5937

Fuente: Elaboración propia.

en la tabla 22 podemos ver la comparativas con un modelo comercial

Tabla 22: Comparativa con otro similar.

Hidrodrono Precio s/3237	Splash drone 3 precio precio s/11789	Comentarios
Impermeable	Impermeable	
Peso 2500 g	1978 g	
Alcance Max 10 Km	Alcance Max 1.6 Km	El splash drone, está pensado para uso recreativo además es un quacoptero su capacidad de carga es reducida una ventaja es el splash drone es que está listo para volar no requiere mayor configuración mientras que el hidrodrono requiere de múltiples configuraciones para opera, además está diseñado para la investigación.
Carga Max 5 Kg	Carga Max 1Kg	
Motor 630 Kv	Motor 620 Kv	
Baterías 4s 14.8v 5A 50C	Batería 4s 15.2 5.2A	
Controladora de vuelo pixhawk4	Controladora de vuelo Swellpro s3	
Tiempo de bueno 18 - 23	Tiempo de bueno 20 - 23	
Comunicación GPS, GLONASS, Galileo y QZSS	Comunicación GPS GLONASS	

Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente en la tabla 23, se aprecia la comparativa que hay entre la botella capturadora con la botella Niskin que es un modelo similar, pero es de accionamiento mecánico.

Tabla 23: Comparativa entre la botella Niskin y la Botella capturadora.

Botella capturadora	Botella niskin	Comentarios
Precio s/400	Precio s/ 7653	
Cuenta con sensor de presión	No cuenta con sensores	El precio de 400 soles es sugerido de acuerdo a los materiales que se están empleando este precio podría verse incrementado, además la botella capturadora es experimental, requiere de múltiples pruebas para comprobar su total funcionalidad
Accionamiento electrónico	Accionamiento mecánico	
Material pvc	Material pvc / acrílico	
Capacidad 1.2 L	Capacidad 5L	

Fuente: Elaboración propia.

finalmente, en la figura 72 podemos apreciar la forma que tendrá el Drone una vez este ensamblado.

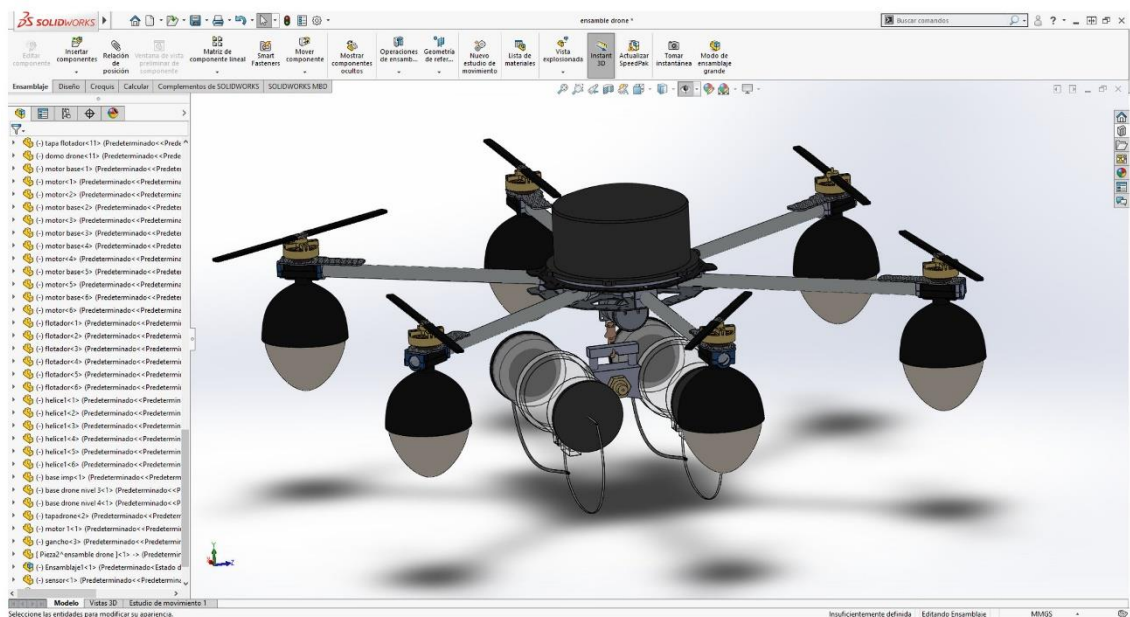


Figura 72: Vista del prototipo ensamblado.

fuelle: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Si bien inicialmente se pensó en hacer todo el armazón de fibra de carbón, la dificultad al importar hizo que se optara por el aluminio como reemplazo para los brazos del hidrodrono, lo que nos lleva a preguntarnos cuál será su comportamiento frente a la carga atmosférica, para esto sería necesario hacer pruebas en la región altoandina. En cuanto a la impermeabilización se diseñó una cúpula, en donde se dividió en módulos para que los componentes principales puedan caber de tal manera que ahorren espacio, y de esta forma tener la parte electrónica aislada, para esto el diseño contempla un sello, mediante una empaquetadura para un cierre hermético, además la cubierta es de plástico de esta manera se aísla de la carga estática los componentes electrónicos del Drone por lo que concluimos satisfactoriamente esta parte.
2. En cuanto a la botella captadora, si bien el diseño y los cálculos de capacidad que se estimaron nos brinda una visión favorable se hace necesario hacer las pruebas correspondientes ya que hay variables externas, que podrían generar resultados inesperados, estas variables son; la altura, las bajas temperaturas, carga atmosféricas, entre otras, por tanto, será necesario, continuar con los estudios.
3. Se pudo realizar la creación del tren de aterrizaje que permitirá al dronno posarse en el agua, esto fue posible gracias a la experimentación directa. cómo se mostró el dronno tiene un peso aproximado de 2500 g este dato lo obtuvimos luego de pesar todas las piezas con excepción del motor que se encarga de izar la botella captadora de agua, pero este peso se obtuvo de los datos proporcionados por el fabricante. Así pues, se ha adicionado 500 g extra a fin de cubrir algún imprevisto. Finalmente, el tren de aterrizaje modificado tiene la capacidad de mantener a flote un peso máximo de 3900 g por lo que consideramos exitosa esta parte.

RECOMENDACIONES

De la presente investigación podemos mencionar las siguientes recomendaciones:

1. Al diseñar el dron hexacoptero se pensó en la gran altitud de la zona de trabajo (4080 m), pero a causa de las condiciones actuales, no ha sido posible realizar las pruebas, sería recomendable una vez superada la pandemia realizar las pruebas correspondientes.
2. Para aumentar el espacio que puede recorrer el Dron, en función a la capacidad de carga, sería recomendable que alguna de sus piezas sea reemplazada por fibra de carbón lo cual restaría peso y agregaría rigidez al dron.
3. Otro punto recomendable a tener en cuenta es la carga atmosférica, al trabajar a gran altitud hay posibilidad que esta afecte al dron. por lo cual se recomienda hacer pruebas en la zona alto Andina a fin de comprobar el comportamiento a esta altitud.
4. Sería recomendable aislar los componentes metálicos para evitar posibles descargas
5. Para sellar cavidades orificios que pudiese tener alguna parte del armazón del hidrodron es aconsejable utilizar silicona para unir vidrios ya que este material no es contaminante además de brindar una muy buena impermeabilización
6. En cuanto al tren de aterrizaje modificado, se recomienda evitar aguas con mucho movimiento superficial pues a pesar de tener un centro de gravedad bajo el oleaje podría volcar al Dron
7. El uso de los drones se ha incrementado en diversos ámbitos, ya no son usados solamente para fines lúdicos, por lo cual sería aconsejable, que como parte de la carrera de Ingeniería mecatrónica se desarrollara drones considerando las diferentes etapas de su desarrollo Esto con la finalidad de poder generar mejoras tecnológicas y no solamente implementar cosas que ya están hechas, dando un realce a la carrera.

BIBLIOGRAFÍA

- Carretero, D (2011). *Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión*, (Tesis de Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/892>
- Herrera, T (2015). *Diseño e implementación del sistema de vuelo autónomo de un vehículo aéreo no tripulado para el reconocimiento en zonas hostiles azotadas por el narcoterrorismo en la amazonia peruana*, (Tesis de Pregrado), Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2009>
- Ruiperez, P (2014). *Diseño y construcción de un Drone*, (Proyecto final de grado) Universidad Politécnica de Valencia, España.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73170/RUIP%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20fabricaci%C3%B3n%20de%20un%20dron%20mediante%20impresi%C3%B3n%203D.pdf?sequence=5>
- Santana, E (2017). *Propuesta de sistema Multi-UAV para aplicaciones de cobertura de área*, (Tesis doctoral) Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España.
https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2017/hdl_10803_456309/eesc1de1.pdf
- Tabuchi, R (2015). *Diseño de un vehículo aéreo no tripulado de cuatro rotores para una carga útil de 1 kg*, (Tesis de Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6105>
- Tajadura, R (2017). *Uso de drones en la inspección para la rehabilitación del patrimonio. Iglesia de la Merced*, (Tesis doctoral) Universidad de Burgos, Burgos, España <https://riubu.ubu.es/handle/10259/4804>

Villareal, J (2015). *Análisis de precisión de levantamientos topográficos mediante el empleo de vehículos no tripulados (UAV) respecto a la densidad de puntos de control* (Tesis de Pregrado) Universidad Católica de Loja, Loja, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1: Porcentaje de agua a nivel mundial.



Anexo 2: Hoja de resultados del análisis del lago Chinchaycocha 2015.

"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"
"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

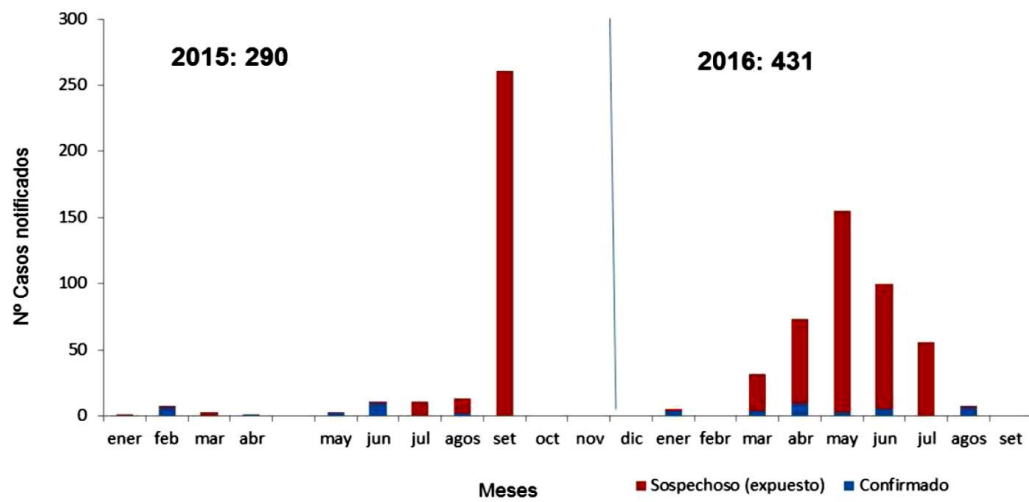
Ambiente Evaluado	Código punto de muestreo	Mes	Plata (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Boro (mg/L)	Bario (mg/L)	Berilio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cerio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Potasio (mg/L)	Litio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Manganeso (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Sodio (mg/L)	
ECA para agua - Categoría 4 - D.S. 002-2008-MINAM	Conservación del Ambiente Acuático - Lagos y Lagunas	SET	<0.002	0.0240	<0.007	0.0230	0.0370	<0.0005	35.0390	<0.001	-	<0.001	0.0010	0.0020	0.0220	1.4500	0.0110	9.3960	0.0440	<0.002	8.6500	
		JUN	<0.002	<0.001	0.113	<0.03	0.0270	0.0370	<0.0003	31.29	<0.0004	<0.0004	<0.001	<0.0003	0.0004	<0.0005	2.208	0.0124	8.304	0.0357	<0.0005	4.51
		SET	<0.002	0.0290	<0.007	0.0400	0.0360	0.0400	<0.0005	18.3800	<0.001	-	<0.001	0.0010	<0.002	2.1840	1.1100	0.0090	6.2390	0.0460	<0.002	4.3000
		JUN	<0.002	<0.001	0.113	<0.03	0.0277	<0.003	30.98	<0.0004	<0.0004	<0.0004	<0.001	<0.0003	<0.0004	<0.0005	2.709	0.0077	7.760	0.0205	<0.0005	4.87
		SET	<0.002	0.0260	<0.007	0.0200	0.0340	<0.0005	28.3100	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	<0.002	0.0160	1.2300	0.0097	7.7800	0.0310	<0.002	6.5600
Delta Upamayo	LCH-01	JUN	<0.002	0.020	<0.007	0.026	0.038	<0.0005	32.500	<0.001	<0.001	<0.001	<0.0003	<0.0004	0.023	1.440	0.012	9.041	0.044	<0.002	6.720	
		JUN	0.0013	0.141	0.133	0.34	0.0282	<0.0003	60.18	0.0011	<0.0004	<0.001	0.0282	0.0655	0.4380	1.728	0.0165	9.560	0.7274	0.0055	4.77	
		SET	<0.002	0.2670	<0.007	0.0210	0.0380	<0.0005	30.4700	<0.001	<0.001	-	<0.001	<0.001	0.0250	0.9160	0.0090	8.7410	0.1470	<0.002	4.7900	

Continuación...

Ambiente Evaluado	Código punto de muestreo	Mes	Níquel (mg/L)	Fosforo (mg/L)	Plomo (mg/L)	Antimonio (mg/L)	Selenio (mg/L)	Silicio (mg/L)	Estano (mg/L)	Estroncio (mg/L)	Titanio (mg/L)	Talio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Bismuto (mg/L)	Torio (mg/L)	Uranio (mg/L)	Silice (mg/L)	Sulfato (mg/L)	Mercurio (mg/L)			
ECA para agua - Categoría 4 - D.S. 002-2008-MINAM	Conservación del Ambiente Acuático - Lagos y Lagunas	PM 01	0.0011	0.0539	0.0162	0.0011	<0.0002	-	<0.0004	0.0804	0.0011	<0.0003	<0.0003	<0.0003	0.0274	<0.0003	<0.0010	<0.0003	1.3688	<4.11	<0.0001		
		PM 02	0.0010	0.0084	0.0019	0.0008	<0.0002	-	<0.0004	0.1763	0.0009	0.0009	0.0003	0.0003	0.0209	<0.0003	<0.0010	<0.0003	1.9224	<4.11	<0.0001		
		PM 03	0.0024	0.0474	0.0146	0.0025	<0.0002	-	0.0005	0.1775	0.0063	0.0063	0.0003	<0.0003	0.1024	0.0006	<0.0010	0.0003	2.7021	<4.11	0.0001		
		LCH-03	<0.0005	<0.01	0.0090	<0.006	0.149	2.388	<0.002	0.3833	<0.0003	<0.0003	<0.002	0.0027	0.333	-	-	-	-	-	-	0.0007	
		LCH-04	<0.0005	0.06	<0.001	<0.006	0.134	2.150	<0.002	0.3675	<0.0003	<0.0003	<0.002	0.0021	0.277	<0.01	-	-	-	-	-	0.0006	
		LCH-05	<0.0005	<0.01	0.007	0.108	0.128	0.596	<0.002	0.2403	<0.0003	<0.0003	0.09	<0.0003	0.086	<0.01	-	-	-	-	-	0.0092	
		LCH-06	<0.0005	0.27	<0.001	<0.006	0.043	<0.006	0.7800	0.0040	0.1835	<0.001	<0.007	<0.007	<0.001	0.047	<0.01	-	-	-	-	<0.0001	
		Lago Chinchaycocha	LCH-06	SET	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.471	-	-	ND	ND	ND	ND	<0.0001
				JUN	<0.0005	0.36	<0.001	0.325	<0.010	1.429	0.024	0.1716	<0.0003	<0.002	0.0014	0.494	-	-	-	-	-	-	0.0013
				SET	<0.0002	0.0200	0.011	<0.006	0.006	1.0500	0.0070	0.1924	<0.001	<0.007	<0.007	<0.001	0.059	<0.01	-	-	-	-	<0.0001
				JUN	<0.0005	0.27	<0.001	0.327	0.010	1.577	0.015	0.1641	<0.0003	<0.002	0.0009	0.428	-	-	-	-	-	-	-
SET	<0.0005			0.23	<0.001	0.224	<0.010	1.352	<0.002	0.1210	<0.0003	<0.002	<0.0003	0.211	-	-	-	-	-	-	-	<0.0001	
Lago Chinchaycocha	LCH-09	SET	<0.002	0.0200	<0.001	<0.006	<0.006	1.3400	<0.003	0.1762	<0.001	<0.007	<0.001	0.042	<0.01	-	-	-	-	-	<0.0001		
		JUN	<0.0005	0.25	<0.001	0.270	<0.010	2.406	0.011	0.0874	<0.0003	<0.002	<0.0003	0.466	-	-	-	-	-	-	-	<0.0001	
		SET	<0.002	<0.01	<0.001	<0.006	<0.006	2.1400	<0.003	0.1339	<0.001	<0.007	<0.007	0.063	<0.01	-	-	-	-	-	<0.0001		
Lago Chinchaycocha	LCH-10	SET	<0.0005	0.21	<0.001	<0.006	<0.010	2.403	0.005	0.1651	<0.0003	<0.002	<0.0003	0.010	-	-	-	-	-	-	<0.0001		
		JUN	<0.0005	0.21	<0.001	<0.006	<0.010	2.403	0.005	0.1651	<0.0003	<0.002	<0.0003	0.010	-	-	-	-	-	-	-	<0.0001	

Anexo 3: Exposición a metales pesados 2015 2016 región Junín.

Figura 1. Casos notificados por exposición a metales pesados por mes Perú, 2015- 2016

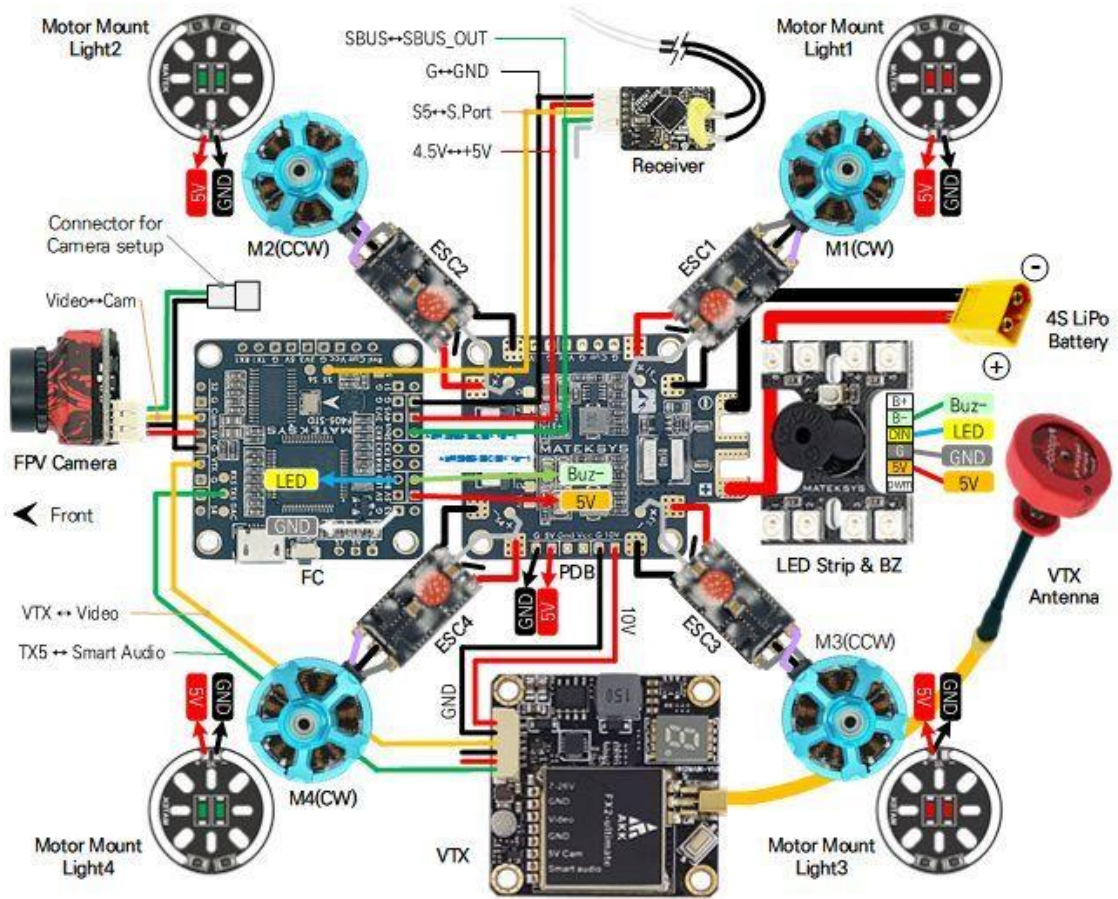


Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades
* SE: 37 (Hasta el 17 de setiembre de 2016)

Anexo 4: Ley de aprobación del manejo ambiental sostenible chinchaycocha 2021.

El Peruano / Sábado 28 de octubre de 2017	NORMAS LEGALES	9
Dan por concluida designación de Subdirector de la Unidad de Logística de la Oficina de Administración de la Autoridad Nacional del Agua	Que, mediante Oficio N° 727-2017-GRP/GOB el Gobernador Regional de Pasco, en su calidad de Presidente del Comité de Gestión Ambiental Chinchaycocha, remite al Ministerio del Ambiente la propuesta de Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha 2017-2021;	
RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 263-2017-ANA	Que, en dicho contexto, resulta necesario fortalecer el marco programático de la gestión ambiental del Lago Chinchaycocha a través de la actualización del Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha;	
Lima, 27 de octubre de 2017	De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; el Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente; y, la Resolución Suprema N° 002-2012-MINAM.	
CONSIDERANDO:	SE RESUELVE:	
Que, mediante Resolución Jefatural N° 196-2017-ANA, de fecha 14 de agosto de 2017, se designó al señor Oscar Antonio García Adrianzen, como Subdirector de la Unidad de Logística de la Oficina de Administración de la Autoridad Nacional del Agua;	Artículo 1.- Aprobar el Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha 2017-2021, el mismo que como Anexo forma parte integrante de la presente Resolución Suprema.	
Que, el citado funcionario ha presentado su renuncia al cargo que venía desempeñando;	Artículo 2.- Disponer que la ejecución del Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha 2017-2021 estará a cargo de las instituciones señaladas en los Programas que forman parte del citado Plan.	
De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 27504, Ley que Regula la Participación del Poder Ejecutivo en el Nombramiento y Designación de Funcionarios Públicos y lo dispuesto en el Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG.	Artículo 3.- La presente Resolución Suprema y su Anexo son publicados en el portal institucional del Ministerio del Ambiente (www.minam.gob.pe), el mismo día de la publicación de la presente Resolución Suprema en el Diario Oficial El Peruano.	
SE RESUELVE:	Artículo 4.- La presente Resolución Suprema es refrendada por la Ministra del Ambiente.	
Artículo Único.- Dar por concluida, la designación del señor OSCAR ANTONIO GARCÍA ADRIANZEN, al cargo de Subdirector de la Unidad de Logística de la Oficina de Administración de la Autoridad Nacional del Agua, dándosele las gracias por los servicios prestados.	Regístrese, comuníquese y publíquese.	
Regístrese, comuníquese y publíquese,	PEDRO PABLO KUCZYNSKI GODARD Presidente de la República	
ABELARDO DE LA TORRE VILLANUEVA Jefe Autoridad Nacional del Agua	ELSA GALARZA CONTRERAS Ministra del Ambiente	
1581325-1	1581502-5	
AMBIENTE	COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO	
Aprueban el Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha - 2017-2021	Autorizan viaje de representante de PROMPERU a España, en comisión de servicios	
RESOLUCIÓN SUPREMA N° 005-2017-MINAM	RESOLUCION MINISTERIAL N° 414-2017-MINCETUR	
Lima, 27 de octubre de 2017	Lima, 25 de octubre de 2017	
CONSIDERANDO:	Visto el Oficio N° 503-2017-PROMPERU/SG, de la Secretaría General de la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERU.	
Que, la Ley N° 27642 declaró en emergencia ambiental la Reserva Nacional de Junín ubicada en el Departamento de Junín, hasta la aprobación del Plan y Sistema de Manejo Ambiental Sostenible;	CONSIDERANDO:	
Que, mediante Resolución Suprema N° 551-2002-PCM, modificada por Resolución Suprema N° 092-2004-PCM, se aprobó el Plan y Sistema de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha y se constituyó el Comité de Gestión Ambiental Chinchaycocha, como instancia de coordinación, concertación, planificación e información del Sistema de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha;	Que, la Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo - PROMPERU, es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, competente para proponer y ejecutar los planes y estrategias de promoción de bienes y servicios exportables, así como de turismo interno y receptivo, promoviendo y difundiendo la imagen del Perú en materia turística y de exportaciones;	
Que, mediante Resolución Suprema N° 002-2012-MINAM se aprueba el Plan de Manejo Ambiental Sostenible Chinchaycocha 2012-2016, precisando en su artículo 4 que la actualización del referido Plan se realizará a propuesta del Comité de Gestión Ambiental Chinchaycocha cada cinco (5) años y su aprobación se formalizará mediante Resolución Suprema;	Que, en cumplimiento de las actividades programadas por la Subdirección de Marca País de PROMPERU, se ha previsto participar en el evento "INPERU Madrid" a realizarse en la ciudad de Madrid, Reino de España, los días 30 y 31 de octubre de 2017, con el objetivo de contribuir a la promoción de la imagen país, a través de la presencia y exposición de la Marca País Perú, para la difusión del Perú y de las oportunidades que ofrece para la promoción de las exportaciones e inversión extranjera;	
Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013, se crea el Ministerio del Ambiente como organismo del Poder Ejecutivo, cuya función general es diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella, constituyéndose como Autoridad Ambiental Nacional;	Que, es importante la participación en este evento porque permitirá conocer la percepción actual del potencial	

Anexo 5: Conexión y distribución de un drone.



Wiring Diagram for QAV-R-220 DIY Quadcopter Racing Drone
(Cited from the "Master Drone" eBook)

Anexo 6: Conexión pixhawk 4.

Conectores



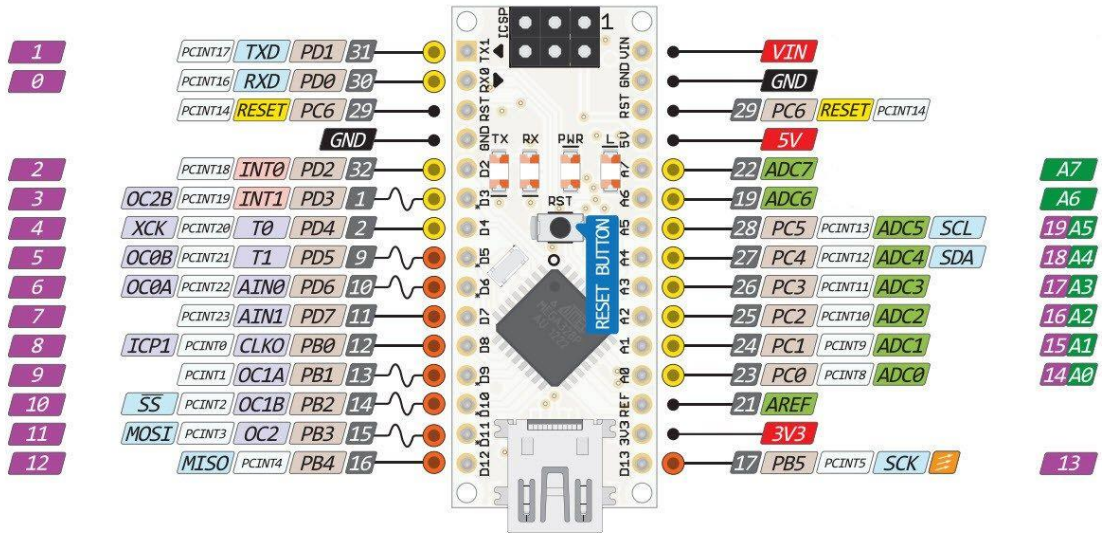
1. Power module 1
2. Power module 2
3. Telemetry 1 (radio telemetry)
4. USB
5. Telemetry 2 (companion computer)
6. CAN1 (controller area network) bus
7. I²C (for I²C splitter to use additional sensors)
8. CAN2 (controller area network) bus
9. S.BUS out for S.Bus servos
10. Radio Control Receiver Input (PPM)
11. Main outputs (I/O PWM out)
12. UART and I2C (for additional GPS)
13. Radio Control Receiver Input (DSM/SBUS)
14. Input Capture and ADC IN
15. GPS module
16. SPI (serial peripheral interface) bus
17. AUX outputs (FMU PMU out)



1. Micro-USB Port
2. IO Reset button
3. SD card
4. FMU Reset button



Anexo7: Pinout arduino nano.



Anexo8: Ficha técnica PLA.

ddd drop professional 3D printers

PLA

PLA is a tough, easy to use high grade PLA type of filament, ideal for 3D printing. Slightly modified, the filament retains the typical features of PLA, but makes it tougher and less brittle. Due to a low shrinkage factor PLA will not deform after cooling. Poly Lactic Acid is a biodegradable plastic made from renewable natural resources and one of the most popular materials for 3D printing.

Features:

- Tougher and less brittle compared to regular PLA
- Easy to print at low temperature
- Low warping
- Biodegradable
- Limited smell

Colours:
Check the website for available colours.

Filaments specifications		
Size	Ø Tolerance	Roundness
1.75mm	± 0.05mm	≥ 95%

Material properties		
Description	Testmethod	Typical value
Specific gravity	ISO 1183	1,24 g/cc
MFR 210°C / 2,16 kg	ISO 1133	9,56 gr/10 min
Yield stress	ISO 527	69,8 Mpa
Strain at yield	ISO 527	4,8%
Strain at break	ISO 527	19,5%
Tensile modulus (E-Modules)	ISO 527	3120 Mpa
Impact strength - charpy method 23°C	ISO 179	3,4 kJ/m2
Moisture absorption	ISO 62	1968 ppm
Printing temperature	ddd	220-240°C
Melting temperature	ISO 11357	77-146°C
Vicat softening temperature	ISO 306	60°C
Glass transition temperature	ISO 11357	57°C

Additional info:
Recommended temperature for heated bed is ±60°C.
Storage: Cool and dry (15-25°C) and away from UV light. This enhances the shelf life significantly.

Anexo 9: Ficha técnica del acero inoxidable.



FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300		
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI		304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA		C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2,5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm ³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm ²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	1398/1454	1371/1398	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO		AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C	(μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO		7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rm (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	Rp (N/mm ²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A ₅) MIN	(%)	≥ 45		
	RESILIENCIA KCUL / KVL	(J/cm ²)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C	(N/mm ²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C	σ _{1/10⁵/t} (N/mm ²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL	(OC)	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	ENFR. RÁPIDO 1008/1120	
	TEMPLADO		NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL	(C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE		925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD		MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112		45%	45%	
	EMBUTICIÓN		MUY BUENA	BUENA	

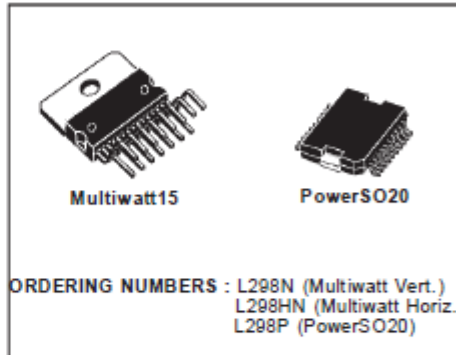
* Son aceptables tolerancias de un 1%



L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

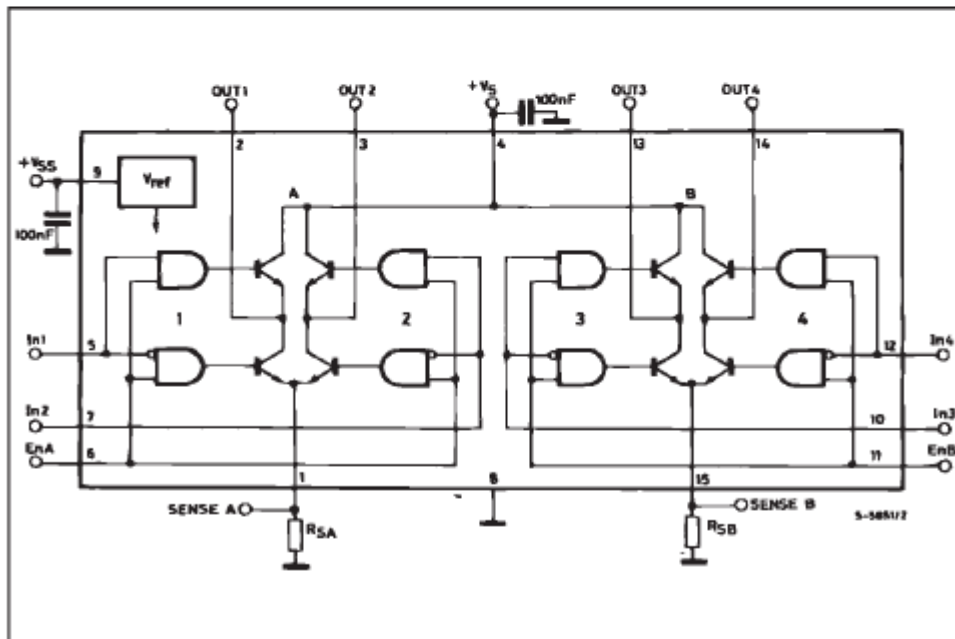


DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-

nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM



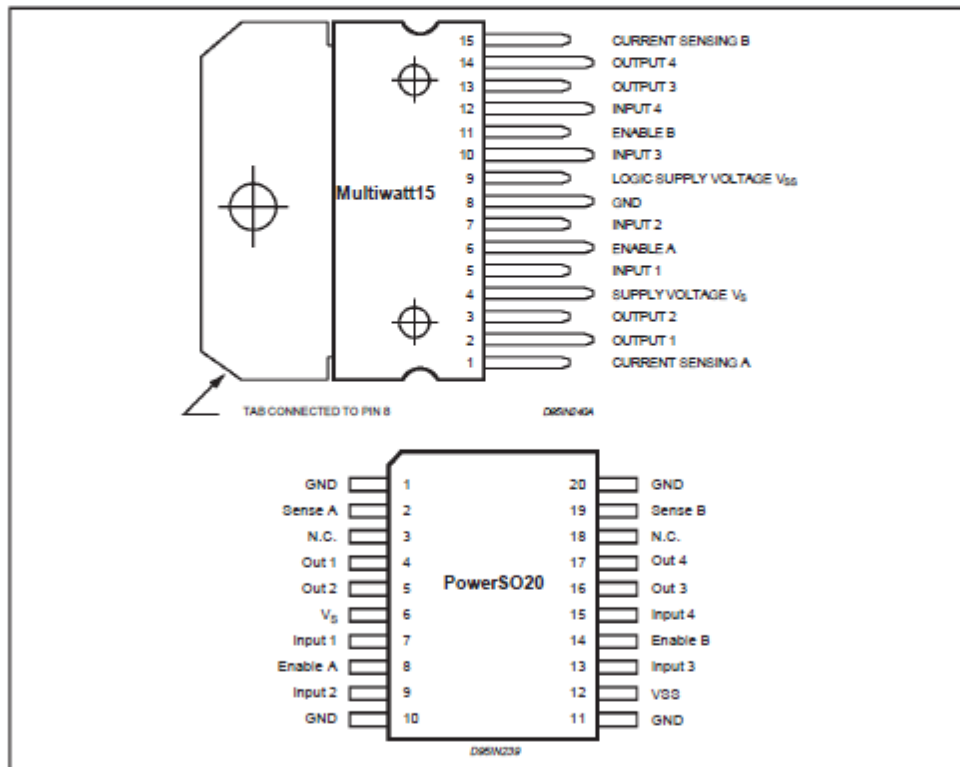
Anexo11: Ficha técnica driver L298.

L298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Power Supply	50	V
V_{SS}	Logic Supply Voltage	7	V
V_i, V_{en}	Input and Enable Voltage	-0.3 to 7	V
I_O	Peak Output Current (each Channel)		
	- Non Repetitive ($t = 100\mu s$)	3	A
	- Repetitive (80% on -20% off, $t_{on} = 10ms$)	2.5	A
	-DC Operation	2	A
V_{sens}	Sensing Voltage	-1 to 2.3	V
P_{tot}	Total Power Dissipation ($T_{case} = 75^\circ C$)	25	W
T_{op}	Junction Operating Temperature	-25 to 130	$^\circ C$
T_{stg}, T_J	Storage and Junction Temperature	-40 to 150	$^\circ C$

PIN CONNECTIONS (top view)



THERMAL DATA

Symbol	Parameter	PowerSO20	Multiwatt15	Unit
R_{th_case}	Thermal Resistance Junction-case	Max. -	3	$^\circ C/W$
R_{th_amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max. 13 (*)	35	$^\circ C/W$

(*) Mounted on aluminum substrate

