

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

# **BOYA DE SALVAMENTO AUTOMATIZADA PARA RESCATES EN NAUFRAGIOS**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Mecatrónico, que presenta el bachiller:

**Jim Enrique Gago Fuentes**

**ASESOR: Ericka Patricia Madrid Ruiz**

**Lima, mayo de 2015**

# Resumen

El sector turístico marítimo a nivel mundial se ha incrementado significativamente en los últimos años. Por lo tanto, la demanda de tener mayores opciones de seguridad dentro de las embarcaciones ha tenido que ser mejorada continuamente. Dentro de las alternativas de servicio al cliente, los cruceros deben tener un sistema adecuado de evacuación en caso de naufragio. El sistema tradicional de evacuación a veces demora tanto que por más seguros que sean botes salvavidas no son suficientes para evitar que las personas salten a mar abierto antes que el proceso concluya. En este escenario se identificó que estas personas tienen poca probabilidad de sobrevivir debido a que pueden desaparecer por las fuertes corrientes o bien ahogarse.

Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo el diseño de un sistema de rescate que no dependa del tiempo de evacuación, para poder brindar a las personas un elemento de seguridad, que ayude a su supervivencia en mar abierto. En ese sentido, la “boya de salvamento automatizada para rescates en naufragios”, es un sistema mecatrónico que detecta la presencia de las personas en el mar, proporciona automáticamente un bote salvavidas inflable, cuenta con un sistema de comunicación vía GPS y un sistema de alarmas visuales y sonoras para que sea fácilmente detectable en mar abierto, bajo cualquier circunstancia.

# Índice

1. Presentación de la problemática.....	1
2. Requerimientos del sistema mecatrónico y presentación del concepto	
2.1    Requerimientos del sistema mecatrónico.....	3
2.2    Concepto de la solución.....	4
3. Sistema mecatrónico	
3.1    Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico.....	8
3.2    Sensores y actuadores.....	11
3.3    Planos del sistema mecatrónico.....	22
3.4    Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico...	33
3.5    Diagramas de flujo del programa de control.....	42
4. Presupuesto.....	52
5. Conclusiones.....	54
Bibliografía.....	55

Anexos

Anexo 1: Análisis de flotabilidad y estabilidad

Anexo 2: Análisis de constante elástica de resortes

Anexo 3: Análisis del consumo eléctrico

Anexo 4: Simulación de esfuerzo en los puntos críticos

Anexo 5: Resumen de tecnologías

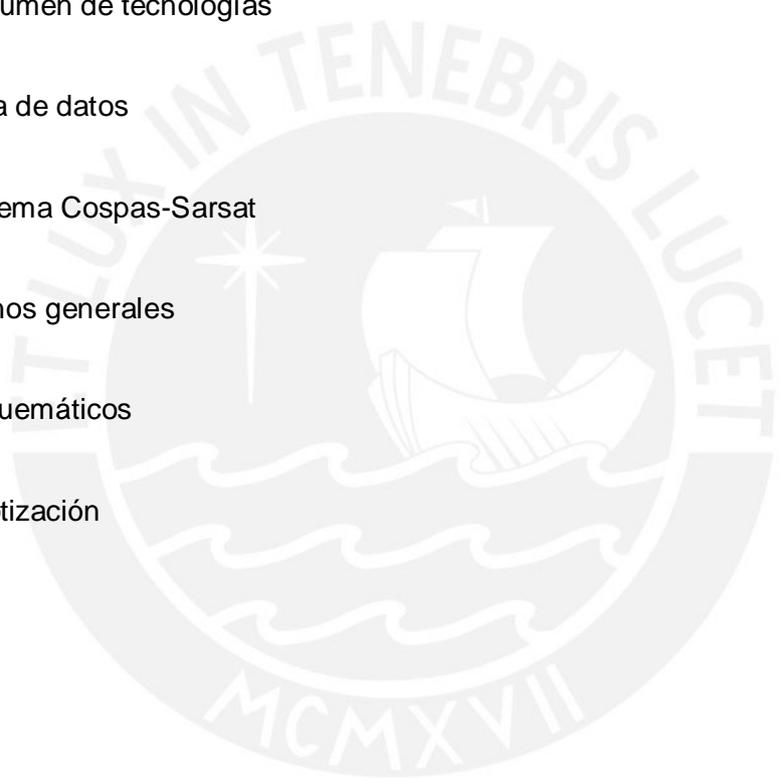
Anexo 6: Hoja de datos

Anexo 7: Sistema Cospas-Sarsat

Anexo 8: Planos generales

Anexo 9: Esquemáticos

Anexo 10: Cotización



# Capítulo 1

## Presentación de la problemática

Navegar por turismo en la actualidad través de los mares, ríos u océanos se ha convertido en una actividad común. Este mercado ha crecido bastante estos últimos años, en especial el de los cruceros. Según las estadísticas, tan solo en el 2013 han viajado a través de ellos cerca de 20 millones de personas [1]. De igual manera ha crecido el número de naufragios en estos, siendo el más sonado últimamente el crucero “Costa Concordia” que con más de 4000 personas encalló en las costas Italia, dando como resultado 35 muertos [2]. Muchos de los cuales murieron debido a que no hubo tiempo suficiente de desplegar los botes salvavidas y tuvieron que saltar al mar [3]. Así también, otros naufragios como el del ferry “M.V. Pinak” en Bangladesh que dejó 125 desaparecidos [4] y del del Ferry “Sewol” en Corea del Sur que dejó 280 desaparecidos [5], nos permite darnos cuenta que aún no es suficiente nuestro desarrollo para evitar estos desastres.

En este escenario se identificó una deficiencia, a pesar de que el SOLAS ("Safety of Life At Sea", Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar) exige que todas las embarcaciones tengan suficientes botes salvavidas como para evacuar al 120% de toda la tripulación. Es todo un reto evacuar más de 3000 personas en poco tiempo [6]. Por eso existe aún una gran cantidad de personas que saltan al mar, las cuales en la mayoría de casos desaparecen y/o mueren [7].

Encontrando este problema se propone como solución el proyecto mecatrónico “Boya de salvamento automatizada para rescates en naufragios”, el cual estará destinado a ese grupo de personas que no llegan a ser evacuados en un bote salvavidas y aun así tengan una posibilidad más de sobrevivir. Este dispositivo estará sujeta a la embarcación y se soltará al agua de manera manual cuando esta empiece a hundirse. Una vez en el agua este dispositivo proveerá de botes salvavidas, comunicación y un sistema de visibilidad a los sobrevivientes que se encuentren cerca de su perímetro, para que puedan encontrarlos.

En este documento se desarrollan cinco capítulos en los cuales se describirá el sistema mecatrónico diseñado. Primero se presentará la problemática que motivó al diseño del sistema; luego se detallarán los requerimientos del mismo y se presentará el concepto de solución. El tercer capítulo abarca una descripción detallada del sistema haciendo uso de diagramas y planos. Como cuarto capítulo se presenta un presupuesto inicial para poder realizar un análisis de viabilidad de la implementación

del sistema. Finalmente se presentará las conclusiones obtenidas luego del diseño del sistema mecatrónico.

Adicionalmente, se incluyen como anexos planos detallados del sistema, memorias de cálculo y documentación sobre los componentes electrónicos, sensores y actuadores escogidos.



## Capítulo 2

### 2.1 Requerimientos del sistema mecatrónico

Para dar solución a la problemática planteada en el capítulo anterior se requiere un sistema que satisfaga los siguientes requerimientos:

#### 2.1.1 Requerimientos generales:

El dispositivo de salvamento presentado en este trabajo tiene como objetivos principales:

Presentar el diseño de una boya que permita brindar 4 botes salvavidas inflables con capacidad para 12 personas cada uno en el mar como una alternativa diferente. Además de brindar un sistema de detección de sobrevivientes en el mar y tener un sistema que permita que el dispositivo sea detectable en el mar con mayor facilidad, compuesto mediante luces de una linterna autónoma led y el sonido de una sirena.

Lograr que se forme un grupo de personas (náufragos) en el mar de manera que puedan ser rescatadas juntas.

#### 2.1.2 Requerimientos mecánicos

Los requerimientos mecánicos que debe cumplir la prótesis son los siguientes:

1. Disparar un bote de salvavidas comprimido de 45 kg a 80 centímetros del dispositivo e inflarlo automáticamente.
2. Tener un sistema de despliegue que permita elevar la linterna autónoma led a 1.80 metros para que pueda ser más fácilmente visible en altamar.
3. Tener un contrapeso que no permita perder la estabilidad en el mar del dispositivo, cada vez que se vayan eyectando cada uno de los botes.

#### 2.1.3 Requerimientos eléctricos y electrónicos

Los requerimientos eléctricos-electrónicos que se deben cumplir son los siguientes:

1. El dispositivo debe activarse una vez que cae al mar y no antes.
2. La fuente de alimentación debe ser interna.
3. Un sistema de control inercial (IMU), que permita determinar la estabilidad de la boya.
4. Tener un sistema de comunicación que permita enviar una señal de auxilio
5. Un sistema de visibilidad compuesta por luces led y una bocina que se activen automáticamente.
6. Activar el sistema de despliegue mediante un actuador lineal.
7. Un sistema de detección de personas compuesta por sensores que permitan conocer la ubicación de las personas cercanas a la boya.
8. Un sistema control manual inalámbrico que permita al usuario manejar las funciones del dispositivo desde el bote salvavidas.

#### **2.1.4 Requerimientos ergonómicos**

Diseñar un sistema de control manual sencillo para manejar las funciones más simples de la boya, de esta manera el software del dispositivo podrá manejar las demás funciones.

#### **2.1.5 Requerimientos del sistema de control**

El sistema de control debe ser capaz de procesar señales provenientes de los sensores de presencia para que pueda discernir en que momento es necesario activar los actuadores lineales y el sistema de visibilidad, de esta manera se ahorra el consumo de energía al máximo.

### **2.2 Concepto de la solución**

En la figura 2.2 - 1 se muestra la boya de salvamento automatizada con sus partes enumeradas. Este es un dispositivo mecatrónico que dará solución a la problemática planteada, esta se podrá llevar en cualquier embarcación de tamaño considerable y una vez que sea sumergida en el mar, podrá flotar de manera estable. Se puede apreciar la distribución simétrica de los botes salvavidas comprimidos y así también de la estructura del sistema de eyección. En la tabla 2.2 – 1 se puede apreciar la descripción y la cantidad de cada una de las partes.

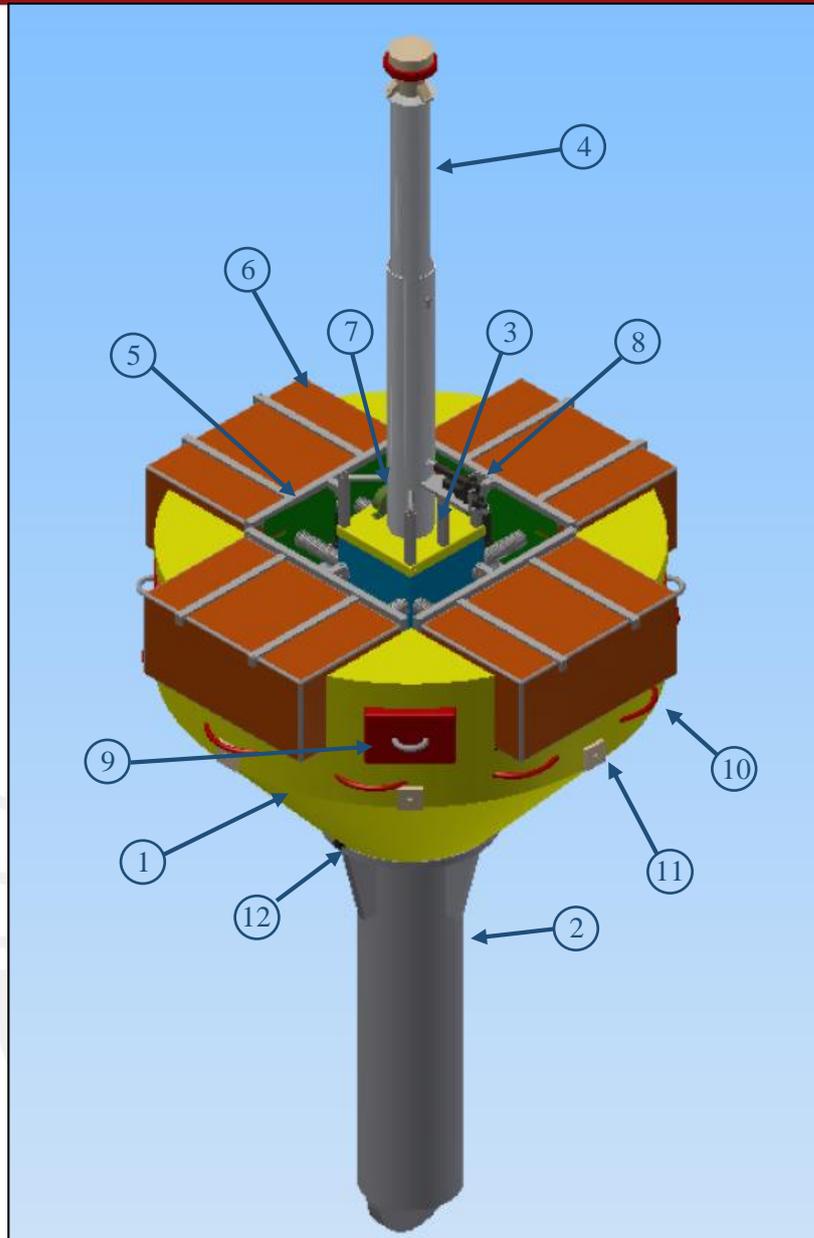


Fig. 2.2 - 1: Vista isométrica del sistema mecatrónico  
Fuente: Elaboración propia

Tabla. 2.2 - 1: Lista de partes del sistema mecatrónico

Posición	Cantidad	Descripción
1	1	CUERPO DE BOYA
2	1	CONTRAPESO
3	1	SISTEMA DE DESPLIEGUE(INFERIOR)
4	1	SISTEMA DE DESPLIEGUE(SUPERIOR)
5	4	SISTEMA DE EYECCIÓN
6	4	BOTE SALVAVIDAS INFLABLE
7	1	SIRENA
8	5	ACTUADOR LINEAL
9	4	BOLSO DE EMERGENCIA
10	12	MANIJA
11	6	SENSOR DE PRESENCIA
12	2	SENSOR DE LÍQUIDO

Este dispositivo poseerá un sistema de activación compuesto por sensores que detectarán cuando el dispositivo se encuentre en el mar, lo que permite que el sistema no este activado todo el tiempo. Luego se activará el sistema de estabilización, el cual detectará mediante un sensor el momento en el cual es sistema se encuentre dentro de los parámetros de estabilidad, luego se procederán a activar las demás funciones de la boya.

En la figura 2.2 - 2 se muestra el dispositivo antes y después que el sistema de visibilidad ha sido activado, este sistema estará compuesto por un sistema de despliegue, que desplegará un tubo que tenga en su parte superior la linterna LED y así, esta se elevará a una altura sobre el mar y se activará lo que permitirá que el dispositivo sea fácilmente detectable a una considerable distancia, y también poseerá un sistema sonoro que permita activar una sirena periódicamente para que el dispositivo sea reconocido en situaciones con poca visibilidad.

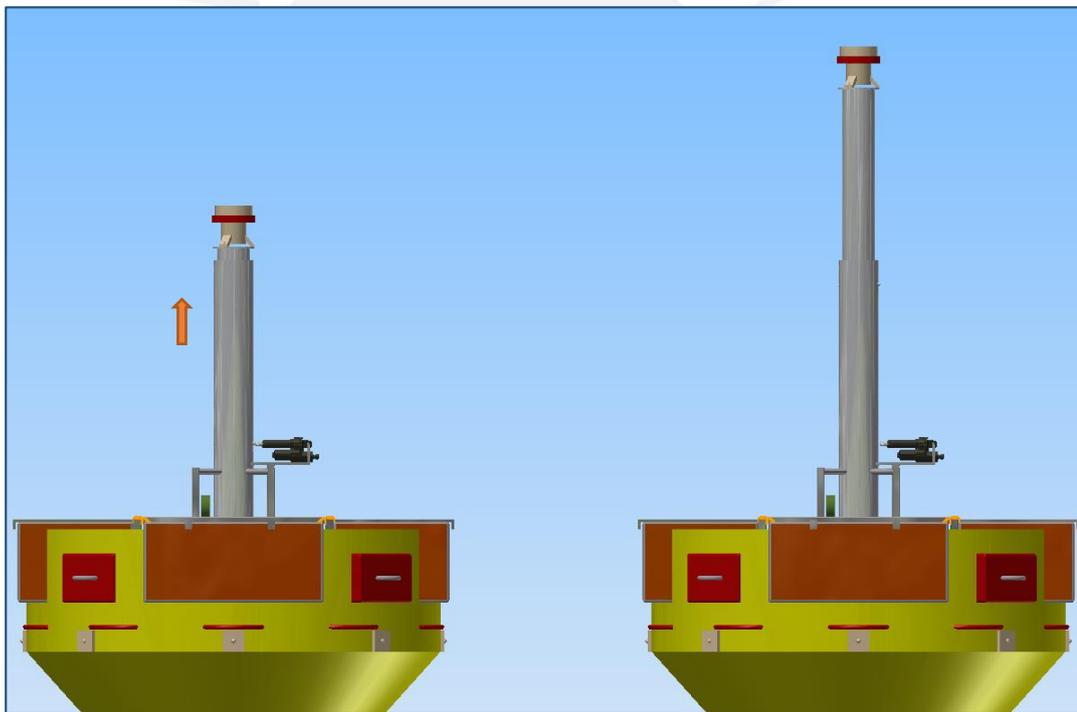


Fig. 2.2 - 2: Vista frontal del sistema desplegándose  
Fuente: Elaboración propia

Luego de ello se activará el sistema de detección de presencia, que permitirá detectar la ubicación de las personas naufragas que se encuentren en su perímetro a través de sensores ubicados alrededor del dispositivo como se muestra en la figura 2.2 – 3. De esta manera puede discernir cual es el momento y el lugar más adecuado, para eyectar los botes salvavidas inflables sin dañar a ningún usuario. Luego de eyectar el primer bote se activará un sistema de suspensión que apagará el sistema sonoro por un periodo o hasta detectar otro sobreviviente.

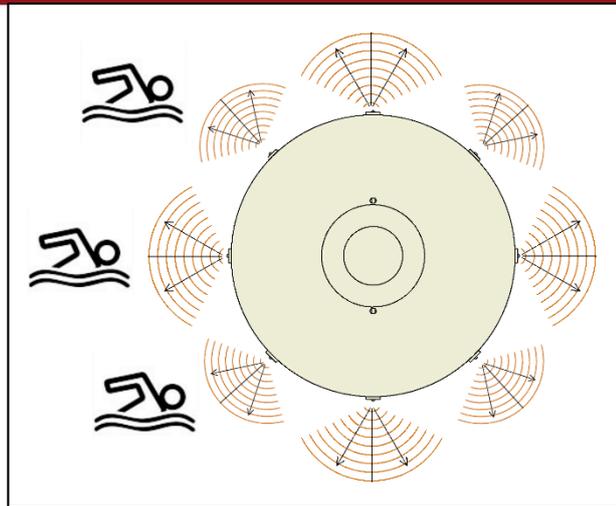


Fig. 2.2 - 3: Vista del sistema de detección de personas  
Fuente: Elaboración propia

En la parte izquierda de la figura 2.2 – 4 se muestra la ubicación del sistema de control manual del dispositivo, el cual tendrá dos partes, la primera dentro de una de las bolsas impermeables anexadas al dispositivo que serán fácilmente extraíble por el usuario y contendrá en su interior un control remoto por radiofrecuencia, para el control de las funciones del dispositivo, junto con una radiobaliza COSPAS-SARSAT, lo que permitirá el envío de la señal de emergencia para su localización y próximo rescate.

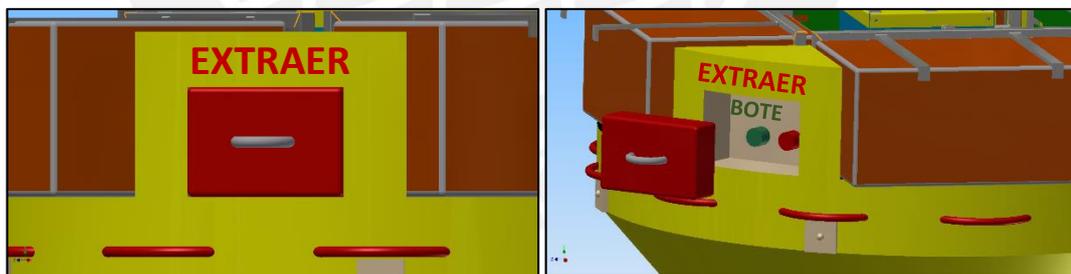


Fig. 2.2 - 4: Vista del sistema de control manual  
Fuente: Elaboración propia

En la parte derecha de la figura 2.2 - 3 se puede apreciar la segunda ubicación de este sistema, que será fácilmente visible una vez retirada la bolsa impermeable y poseerá botones fáciles de presionar, los cuales controlarán las funciones básicas de la boya como suspender el sistema sonoro y eyectar un bote salvavidas. Así también estarán bien señalizadas

# Capítulo 3

## Sistema mecatrónico

3.1 Diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico

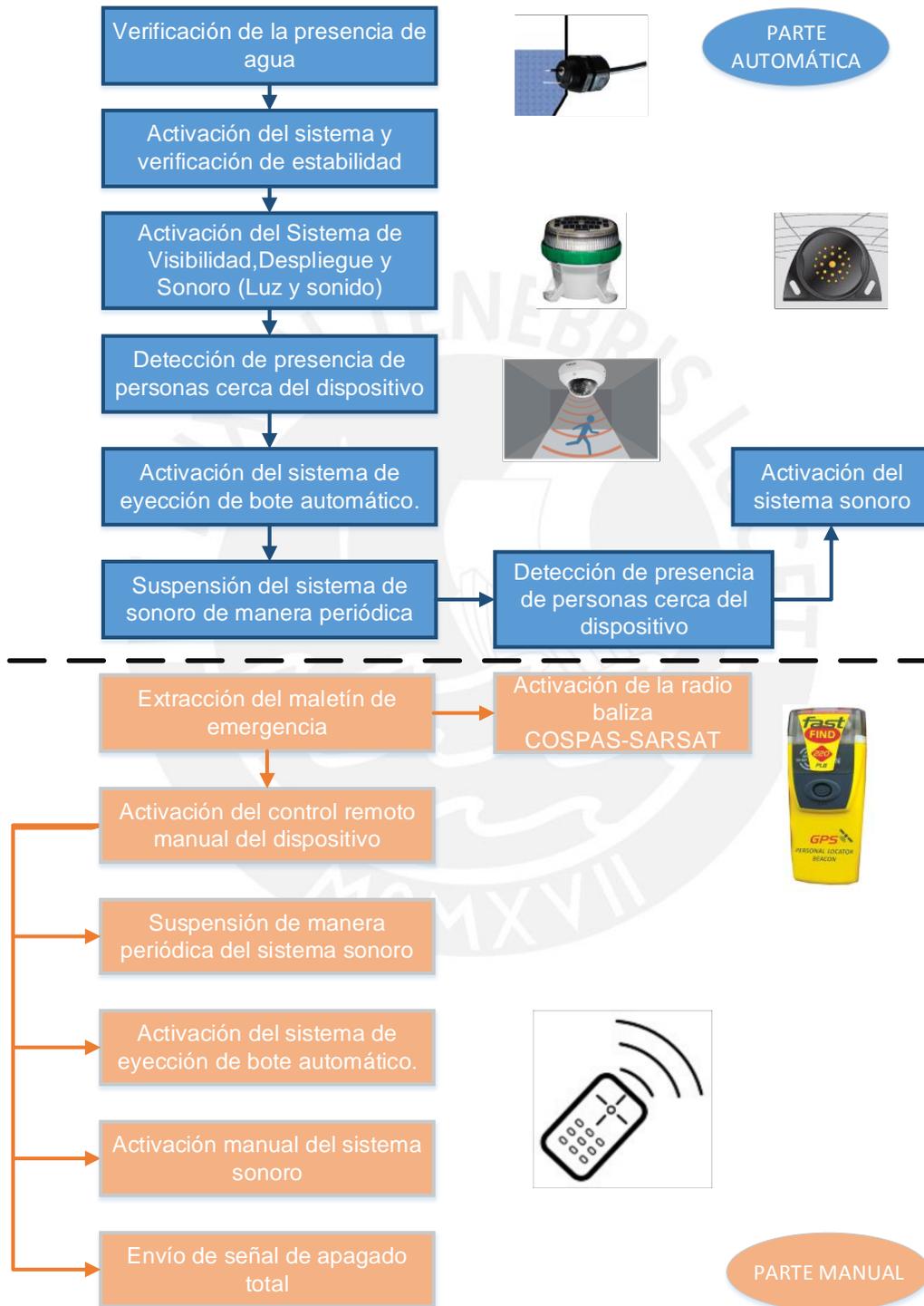


Fig. 3.1 – 1: Diagrama de funcionamiento del sistema  
Fuente: Elaboración propia

La figura 3.1 – 1 muestra el diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico. El sistema permanecerá conectada batería interna de 3 celdas de capacidad de 8000 mAh y el usuario deberá arrojar el dispositivo al mar inicialmente, para que se active todo el sistema con un sensor que detectará la presencia de agua.

Una vez estabilizado el sistema en los parámetros adecuados con el sensor inercial, se activará automáticamente el sistema de visibilidad compuesto por el sistema de despliegue que tendrá un tubo desplegable que contiene en su parte superior una linterna led y el sistema sonoro que estará compuesto por una sirena. De igual manera se activarán los sensores de presencia y movimiento para detectar sobrevivientes cerca, si se llega a encontrar algún sobreviviente cerca se activará el sistema de eyección e inflado de botes salvavidas, el cual eyectará un bote salvavidas en la dirección donde no haya personas o en caso que haya personas en todas las direcciones esperará a que se despeje un poco el área donde lanzará el bote.

Antes de subir al bote, el sobreviviente deberá coger el bolso impermeable anexo en una de las cavidades del dispositivo, este bolso contendrá un control remoto de radiofrecuencia y una radiobaliza, con la cual podrá enviar una señal de auxilio satelital.

Una vez eyectado el primer bote, el sistema pasará a estado de suspensión. Estará en este estado un período de 20 minutos, luego cada vez que se detecte un sobreviviente se activará la sirena por un periodo, para indicar a las personas que están en el bote ya inflado lo rescaten. La luz led estará activada por un tiempo de 8 horas o hasta ser apagada manualmente por el usuario mediante un control remoto de radiofrecuencia.

El sistema de suspensión periódica también se puede apagar totalmente para evitar el ruido mediante el control remoto.

La figura 3.1 – 2 muestra la arquitectura de control del sistema mecatrónico. Se observa que el sistema está controlado por un arduino con un microcontrolador (ATmega2650) el cual se encarga de detectar las señales de los sensores del dispositivo y en base a ello controla los actuadores lineales, las luces y el sonido de visibilidad. La interacción con el usuario se dará únicamente a través del control remoto o el panel de control, en caso de no tener lo otro a la mano.

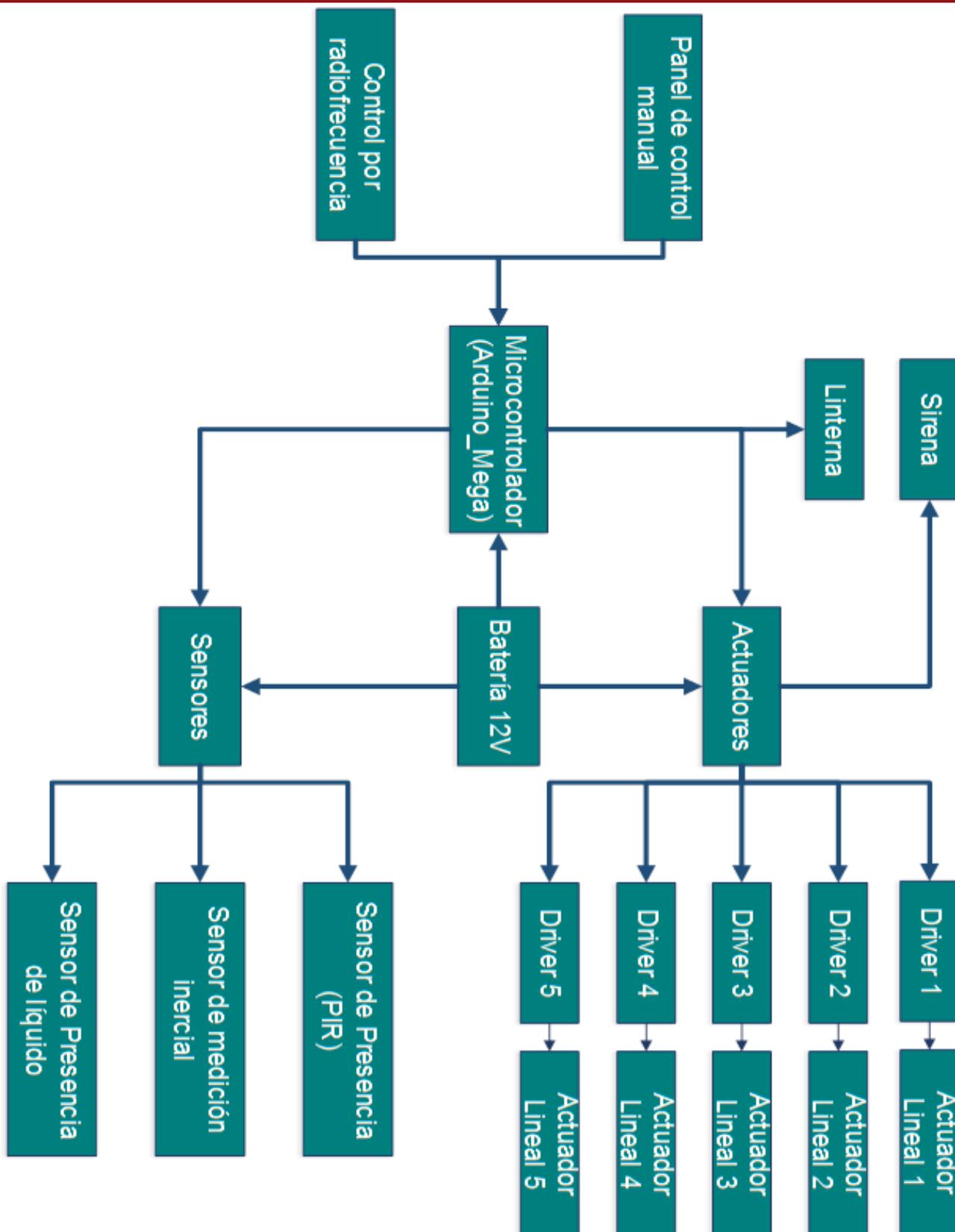


Fig. 3.1 – 2: Arquitectura del sistema  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2 Sensores y actuadores

Los sensores y actuadores se eligieron debido a los requerimientos del proyecto, para esto se evaluaron varias alternativas (Anexo 5)

#### 3.2.1 Sensores

##### 3.2.1.1 Detección de presencia

La figura 3.2 – 1 muestra el sensor de presencia “Ceiling Surface PIR occupancy switches” de la compañía DANSLERS que además de detectar el movimiento tiene un sensor pasivo infrarrojo que detecta las variaciones de temperatura del ambiente, así mismo tiene un rango máximo de 4 metros a 12 V. De esta manera podrá detectar cuando una persona se acerque lo suficiente a la boya, puesto que captará la variación de temperatura del cuerpo humano (35°C) que siempre estará por encima de la temperatura del agua de mar o de cualquier otro ser marino. Además, cuenta con una protección de IP66 que es adecuada para el ambiente donde se usará porque esto no permite que el agua ingrese hacia sus circuitos integrados.



Fig. 3.2 – 1: Sensor de presencia  
Fuente: [8]

En la figura 3.2 – 2 muestra la ubicación de los 6 de sensores distribuidos alrededor de la boya de salvamento de manera equitativa, para poder cubrir toda el área alrededor del dispositivo.

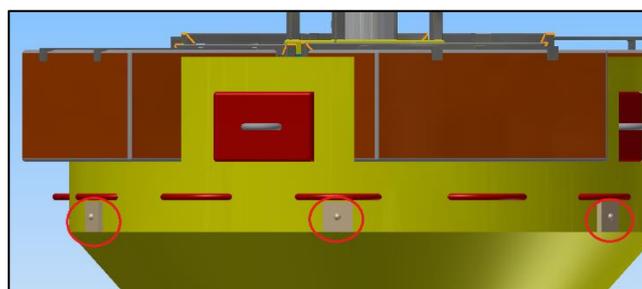


Fig. 3.2 – 2: Ubicación sensor de presencia  
Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1.2 Detección de líquido

La figura 3.2 – 3 muestra el sensor de presencia de líquido tipo DRS-30X de la compañía SIMEX, el cual está diseñado para detectar la presencia real de líquidos conductores mediante un par de electrodos ubicados en su extremo y cuenta con una protección IP67. Los parámetros del detector han sido configurados para evitar señales provocadas por contacto con superficies de baja impedancia como por ejemplo dedos húmedos, además un electrodo de referencia previene las falsas alarmas cuando el líquido solo cubre la superficie de los electrodos. El rango de voltaje de alimentación es 12-30 V.



Fig. 3.2 – 3: Sensor de presencia de líquido  
Fuente: [9]

Habrán dos sensores ubicados en cada lado de la parte inferior de la boya como se indica en la figura 3.2 – 4 y en la tabla 3.2 – 1 se muestra las especificaciones técnicas del sensor.



Fig. 3.2 – 4: Ubicación del sensor de presencia de líquido  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 – 1: Características del Sensor de Presencia de Líquido

DESCRIPCION	
Alimentación	: 12...30 V Típicamente 24VDC
Salida	: Push-pull
Carga máxima	: 50 mA
Umbral de detección	: 12 k $\Omega$ $\pm$ 20%
Temperatura de trabajo	: -40 + 85°C
Presión de trabajo	: -5 + 0,2 kPa
Protección	: IP67 (Sensor)
Material	: Acero inoxidable, resistente a los ácidos
Tamaño / Peso	: 28 x 33 mm / 50g
Largo cable	: 1m
Incluye	: Anillo c / hilo de montaje M 20 x 1,5 mm

### 3.2.1.3 Sensor inercial

En la figura 3.2 – 5 se puede apreciar el sensor a utilizar, ese el SparkFun 6 Degrees of Freedom IMU Digital Combo Board - ITG3200/ADXL345, este permite medir la aceleración y velocidad angular, de esta manera se puede utilizar en aplicaciones de captura y análisis de movimiento. Está compuesto por acelerómetros, giróscopos y magnetómetros. Los acelerómetros miden la aceleración lineal con que se mueve el sensor, los giróscopos la velocidad angular y los magnetómetros dan información acerca del norte magnético. Con estos tres sensores es posible estudiar el movimiento del sensor inercial completo en los tres ejes del espacio y así hallar el ángulo de giro del dispositivo. De esta manera se podrá determinar ciertos parámetros para los cuales la boya se considerará que flotará establemente en el mar.



Fig. 3.2 – 5: Sensor Inercial  
Fuente: [10]

### 3.2.1.4 Sensor receptor de radiofrecuencia

La figura 3.2 – 6 muestra el sensor RF Link Receiver - 4800bps (434MHz) WRL-10532. Este sensor recibe señales de transmisores con la frecuencia 434 MHz. Este fácilmente puede trabajar con microcontroladores para crear una conexión simple inalámbrica de datos. Este sensor trabaja juntamente con un actuador que emite las señales de radiofrecuencia. De esta manera el usuario podrá enviar una señal de

radiofrecuencia con el control remoto, con lo cual se podrá controlar las funciones del dispositivo.

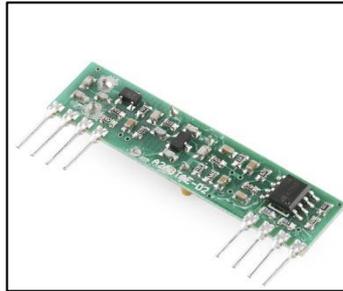


Fig. 3.2 – 6: Receptor de Radiofrecuencia  
Fuente: [11]

### 3.2.2 Actuadores

#### 3.2.2.1 Transmisor de radiofrecuencia

La figura 3.2 – 7 muestra el transmisor RF Link Transmitter - 4800bps (434MHz) WRL-10534. Este transmisor envía señales con la frecuencia 434 MHz. Este fácilmente puede trabajar con microcontroladores para crear una conexión simple inalámbrica de datos. Así también trabaja juntamente con un sensor que reciba las señales de radiofrecuencia. Este integrado estará ubicado en el control remoto y junto a un microcontrolador podrá enviar la señal para controlar la boya.

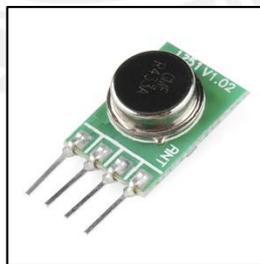


Fig. 3.2 – 7: Transmisor de Radiofrecuencia  
Fuente: [12]

#### 3.2.2.2 Actuador Lineal

En la figura 3.2 – 8 se muestra el actuador lineal a usar, el cual será el Max Jac – MX12-B8M05E (50 mm, Ball Screw) de 12 V de alimentación y grado de protección IP66. Este será controlado mediante una tarjeta de potencia. El actuador lineal se utiliza para la activación del sistema de despliegue y de eyección, de esta manera

levantará los topes que comprimen a los resortes, para que estos últimos puedan expulsar el bote salvavidas comprimido.



Fig. 3.2 – 8: Actuador lineal  
Fuente: [13]

En la figura 3.2 – 9 se muestra la ubicación de cada uno de los 5 actuadores a usar, 4 de ellos asegurados en la base de cada uno de los 4 sistemas de eyección para evitar movimientos o rotaciones no deseadas. De esta manera permitirá el accionamiento del sistema de eyección, para lo cual solo se necesitará una fuerza mayor al peso de la estructura del sistema para que pueda levantarlo sin problema. Y el quinto actuador estará ubicado sobre el sistema de despliegue, para que pueda presionar el pin de seguridad que mantiene al sistema replegado en estado de reposo.

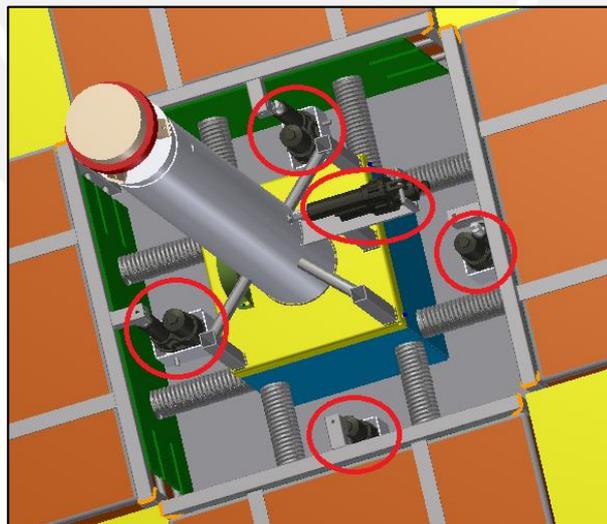


Fig. 3.2 – 9: Ubicación de los actuadores lineales  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2 – 1 se muestra las especificaciones técnicas del actuador lineal.

Tabla 3.2 – 1: Características del actuador lineal

<b>GENERAL</b>	
Product Family:	MaxJac Heavy Duty Linear Actuator
Brand:	Thomson
<b>PERFORMANCE</b>	
Actuator Voltage:	12 VDC
Max Dynamic Load N (lbs):	800 (179.8)
Max Load Torque Nm (lbf-in):	N/A
No Load Speed mm/sec (in/sec):	60 (2.36)
Max Load Speed mm/sec (in/sec):	30 (1.18)
Std Stroke Lengths mm (in):	50(2)
Max Rated Current amps:	7.2
Max Stall Current amps:	18
Duty Cycle @ Max Load:	25%
Rated@Ambient Temp °C (°F):	25 (77)
<b>MECHANICAL</b>	
Screw Type:	Ballscrew
Feedback Options:	Encoder
Self-Locking:	No
End Play mm (in):	0.3 (0.01)
Anti-Rotation Mechanism:	No
Electronic Limit Switches:	No
Restraining Torque Nm (#-in):	2
Weight kg (lbs):	1.5 (3.3)
Brake (Holding):	No
Brake (Dynamic):	No
Brake (Anti Coast):	No
Manual Override:	No
Mid Stroke Protection:	No
End of Stroke Protection:	No
Motor Overload Protection:	No
<b>ENVIRONMENT</b>	
IP Rating:	IP 66 / IP69K
Temperature Range°C (°F):	-40 to 85 (-40 to 185)

### 3.2.2.3 Linterna Led:

La figura 3.2 – 10 muestra la linterna M650 es un conjunto compacto autónomo con una potente fuente de luz LED que tiene un alcance nominal de hasta 3.7MN (7,4Km). Se trata de una linterna de señalización marítima alimentada por luz solar. Además, incorpora fuente luz de LEDs, destellador electrónico, regulador de carga, panel fotovoltaico y batería. La lente está fabricada en policarbonato y en su parte superior incorpora un panel solar de tecnología amorfa. La linterna M650 puede ser programada mediante la consola en su base, con un mando infrarrojos o por cable USB con un PC y el software gratuito. La linterna permite la programación según las coordenadas de su ubicación para optimizar el consumo energético y autonomía de la linterna. Debido a su diseño exclusivo, el producto puede soportar colisiones, inmersiones, actos vandálicos, vibraciones y luz solar intensa.



Fig. 3.2 – 10: Linterna M650  
Fuente: [14]

De esta manera se podrá controlar las luces con una mayor eficiencia y de manera inalámbrica, en la figura 3.2 – 11 se puede apreciar que la linterna estará ubicada en la parte superior del sistema de despliegue.

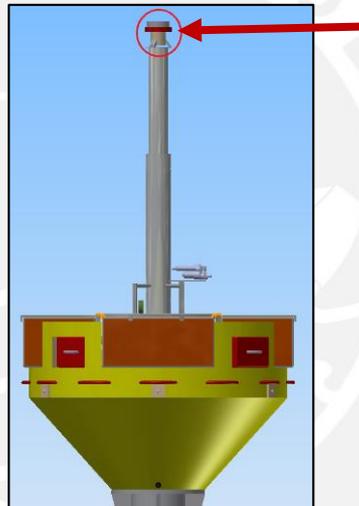


Fig. 3.2 – 11: Ubicación de linterna  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.2.4 Sirena

En la figura 3.2 – 12 se muestra la sirena a usarse es el modelo SAP-1302-D series de la compañía SONITRON, esta sirena genera un tono intermitente acústico que alcanza los 87 decibelios suficiente para distinguirse del ruido del mar y se alimenta con 12 voltios. Además posee un bajo consumo de corriente y tiene un grado de protección IP67, que es adecuado para situaciones extremas como a las que estará expuesto. Esta sirena posee una vida en uso continuo de 1000 horas.

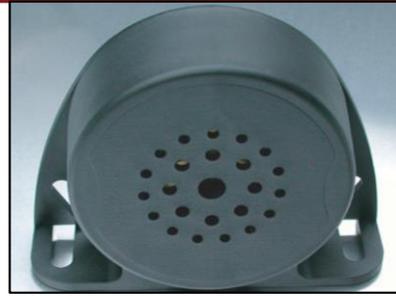


Fig. 3.2 – 12: Sirena  
Fuente: [15]

La sirena estará ubicada en la parte lateral del sistema de despliegue como se muestra en la figura 3.2 – 12.

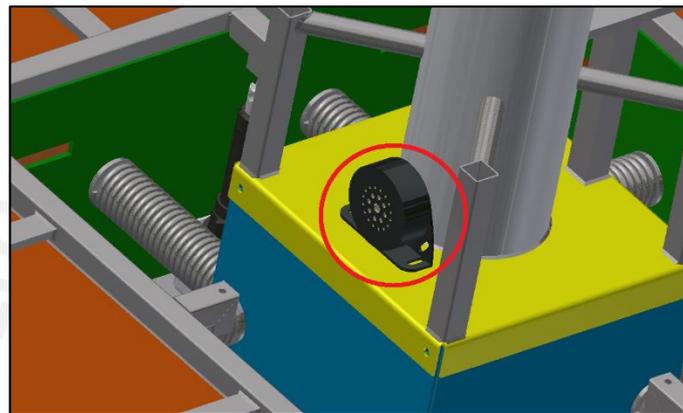


Fig. 3.2 – 12: Ubicación de sirena  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.2 – 2-se puede apreciar sus especificaciones técnicas.

Tabla 3.2 – 2: Características de la sirena

MODELS	SAP-1302-A	SAP-1302-B	SAP-1302-C	SAP-1302-D
<b>Operating voltage:</b>	12/24 Vdc	12/24 Vdc	12/24/48 Vdc	12 Vdc**
<b>Frequency (+/-15%):</b>	1600 Hz (1Hz intermittent)	1600 Hz (1Hz intermittent)	1250 Hz (1Hz intermittent)	2500 Hz (1Hz intermittent)
<b>Current consumption:</b>	<b>12Vdc: 145 mA</b> (avg.) <b>24Vdc: 70 mA</b> (avg.)	<b>12Vdc: 140 mA</b> (avg.) <b>24Vdc: 65 mA</b> (avg.)	<b>145 mA</b> (avg.)	<b>15 mA</b> (avg.)
<b>SPL@1.2m:</b>	<b>112 dBA</b> (+/- 4 dB)	<b>107 dBA</b> (+/- 4 dB)	<b>97 dBA</b> (+/- 4 dB)	<b>87 dBA</b> (+/- 4 dB)
<b>Life time (@21°C):</b>	>1000 hours***	>1000 hours***	>1000 hours***	>1000 hours***
<b>Case material:</b>	PBT (UL rating: 94HB)	PBT (UL rating: 94HB)	PBT (UL rating: 94HB)	PBT (UL rating: 94HB)
<b>Standard color of case:</b>	Black	Black	Black	Black
<b>Terminal material:</b>	(F2)Fast-on or 30cm cable 2x1.5mm <sup>2</sup>	(F2)Fast-on or 30cm cable 2x1.5mm <sup>2</sup>	(F2)Fast-on or 30cm cable 2x1.5mm <sup>2</sup>	(F2)Fast-on or 30cm cable 2x1.5mm <sup>2</sup>
<b>Storage Temp. range:</b>	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C
<b>Operating Temp. range:</b>	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C	-40°C/+85°C
<b>Weight:</b>	230 g	230 g	210 g	230 g

### 3.2.3 Otros

#### 3.2.3.1 Controlador Arduino Mega

En la figura 3.2.13 se muestra el Arduino Mega 2560, que es el sistema de control que ya contiene algunos sensores anteriormente comentados.



Fig. 3.2 – 13: Arduino Mega 2560  
Fuente: [16]

El controlador viene con los puertos listos para la conexión, en el proyecto actual se usarán numerosos sensores y actuadores, por lo cual, es necesario usar una gran cantidad de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales que este controlador posee.

#### 3.2.3.2 Bote Salvavidas Inflable

Se usará 4 botes salvavidas 3560-12 de la empresa EVAL con capacidad para 12 personas. Estos cuentan con equipo compacto y básico para brindar soluciones en esas situaciones extremas, además se infla de manera automática una vez jalado el seguro. Estos botes están equipados con amplias entradas para facilitar las operaciones de rescate y aseguran gran estabilidad en malas condiciones climáticas. En la figura 3.2.14 se muestra el bote salvavidas comprimido en una valija, así como una tabla donde indica sus especificaciones y en la figura 3.2.15 se muestra el bote salvavidas ya inflado.

RIGID CANISTER			
Code	Persons	Weight Kg	Canister Dimensions mm
3560-4	4	22	690 x 300 x 350
3560-6	6	25	690 x 300 x 350
3560-8	8	30	690 x 300 x 350
3560-10	10	36	740 x 310 x 380
3560-12	12	45	730 x 470 x 320



Fig. 3.2 – 14: Bote salvavidas comprimido y especificaciones  
Fuente: [17]



Fig. 3.2 – 15: Bote salvavidas inflado  
Fuente: [17]

Estos estarán ubicados en la superficie de la boya, de esta manera podrán ser rápidamente eyectados, como se demuestra en la figura 3.2 - 16.

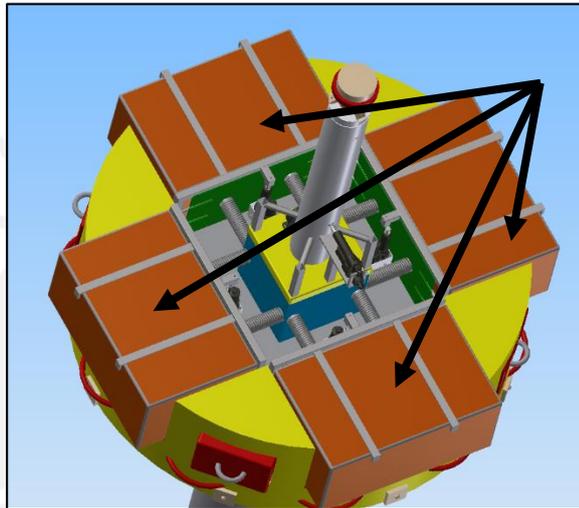


Fig. 3.2 – 16: Ubicación de los botes salvavidas  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.2 – 17 se puede ver de qué manera el bote salvavidas está posicionado antes de ser expulsado y luego cuando ya fue expulsado de la boya, al ser este dispositivo simétrico, esta acción se multiplicaría por 4 de ser eyectados todos los botes, la distancia que recorrerá el bote eyectado se puede observar en los cálculos del Anexo 2.

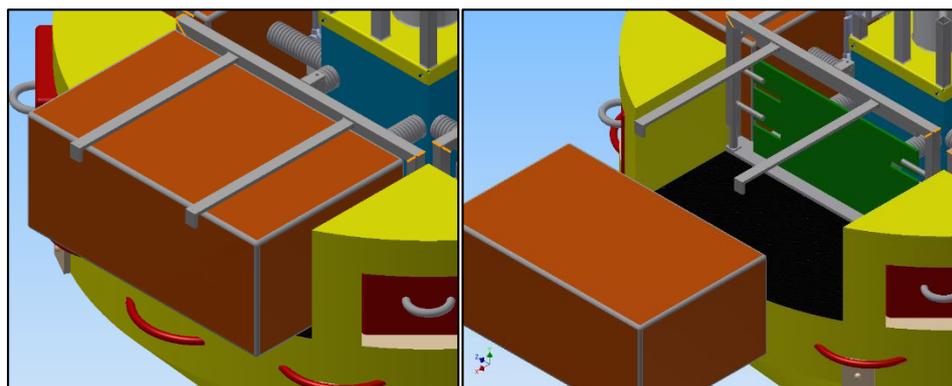


Fig. 3.2 – 17: Eyección del bote salvavidas

### 3.2.3.2 Batería

En la figura 3.2 – 18 se muestra la batería a usar Zippy Flightmax 8000mAh 3S1P 30C, esta batería posee 3 celdas, que alimentan con 12V. Con un peso de 644g va a alimentar todo el sistema, a excepción de la linterna. En la tabla 3.2 – 3 se muestra las especificaciones de la misma.



Fig. 3.2 – 18: Batería 8Ah  
Fuente: [18]

Tabla. 3.2 – 3: Especificaciones técnicas de la batería

Capacidad(mAh)	8000
Configuración (s)	3
Discharge (c)	30
Peso (g)	644
Max Charge Rate (C)	5
Longitud-A(mm)	169
Height-B(mm)	69
Anchura-C(mm)	27

### 3.2.3.3 Radiobaliza

En la figura 3.2 – 19 se aprecia la radiobaliza Fast Find 220 Personal Locator Beacon, la cual permitirá a los usuarios enviar una señal de auxilio satelital a la empresa COSPAS-SARSAT (Anexo 6) para que puedan ser rescatados, esta estará ubicada en el bolso de emergencia junto al control remoto.



Fig. 3.2 – 19: Radiobaliza Fast Find 220  
Fuente: [19]

### 3.3 Planos del sistema mecatrónico

En la figura 3.3 – 1 se muestra imagen final de la boya de salvamento automatizada, la cual tiene distintos colores para poder reconocer de mejor manera las partes del dispositivo.

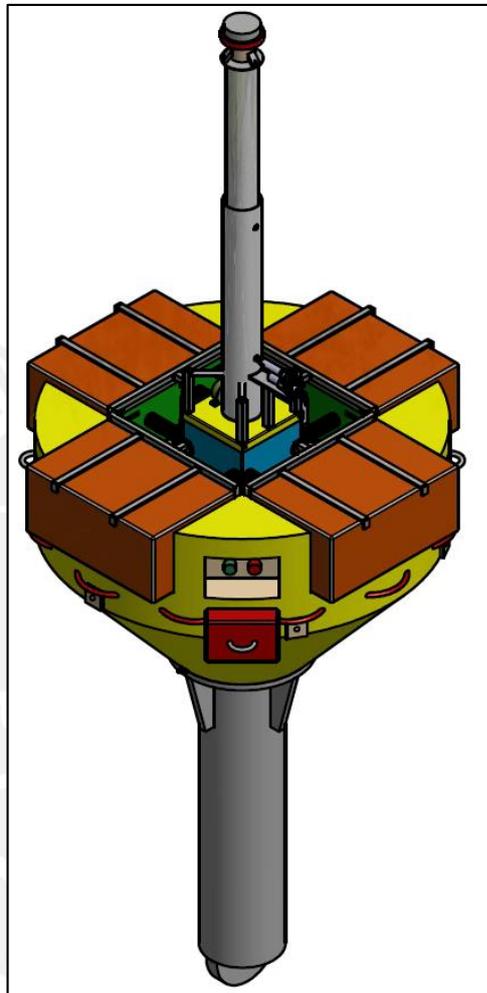


Fig. 3.3 – 1: Vista isométrica del dispositivo  
Fuente: Elaboración propia

A continuación en el plano de la figura 3.3 – 2 se presentará el plano general del dispositivo, el cual fue elaborado en una escala 1:20 y en un tamaño de hoja A2. Cada numeración en globos indica una parte del dispositivo que será descrito en la tabla 3.3 – 1. En el plano se puede contemplar que el dispositivo ya está desplegado, permitiendo así ver la linterna suspendida en la parte superior. También se puede apreciar que una de las mochilas de emergencia está retirada de su posición, para poder apreciar los botones que comprenden el control manual de la boya. Se puede mirar de igual manera la distribución equitativa de los sensores de presencia de personas y de agua

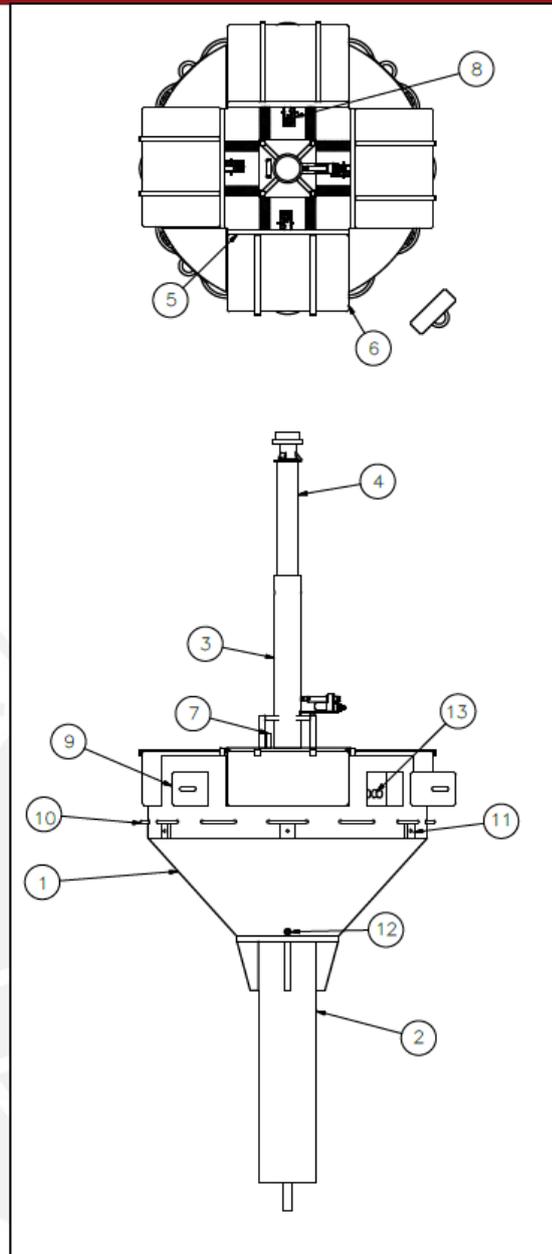


Fig. 3.3 – 2: Plano General

Tabla. 3.3 – 1: Lista de piezas plano general

13	4	BOTÓN DE EMERGENCIA			
12	2	SENSOR DE AGUA			
11	6	SENSOR PIR			
10	12	MANIJA		AI SI 316	
9	4	MOCHILA DE EMERGENCIA			
8	5	ACTUADOR LINEAL			
7	1	SIRENA			
6	4	BOTE SALVAVIDAS INFLABLE			
5	4	SISTEMA DE EYECCIÓN			ver L4
4	1	PARTE SUPERIOR			ver L3
3	1	SISTEMA DE DESPLIEGUE			ver L2
2	1	CONTRAPESO		AI SI 316	
1	1	CUERPO DE BOYA		POLIURETANO	
POS. CANT.		DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRÓNICA					

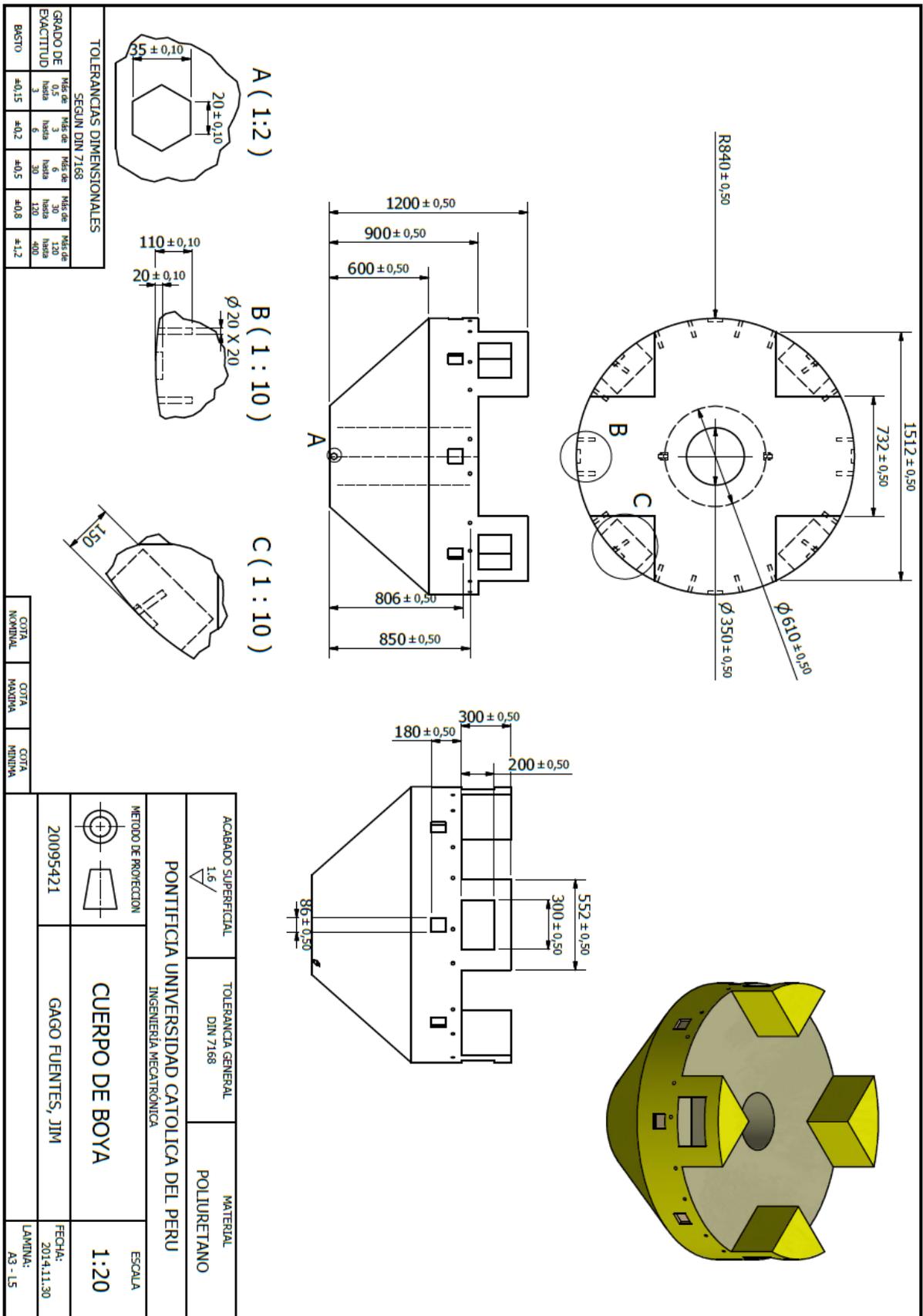


Fig. 3.3 – 3: Plano del cuerpo de boya  
Fuente: Elaboración propia

### CUERPO DE BOYA

En el plano de la figura 3.3 – 3 se puede apreciar el cuerpo de la boya el cual será fabricado con espuma de poliuretano y rotomoldeado con polietileno. En los detalles A, B y C se puede contemplar las dimensiones de los orificios que permitirán sostener a los componentes. Para el diseño del cuerpo de boya se consideró el análisis de flotabilidad y estabilidad [20], para que pueda garantizar su funcionamiento en el mar (Anexo 1).

### SISTEMA DE DESPLIEGUE

Este sistema se dividirá en dos partes la parte inferior que es la que siempre estará fija en su posición y la parte superior que es la que se podrá desplegar.

#### Parte inferior

El siguiente subsistema se muestra en la figura 3.3 – 4, donde se colocó los colores para que haya una mejor diferenciación de partes, estará soldada con soldadura TIG y tendrá materiales de acero inoxidable (AISI 316) siendo solo el tubo de aluminio 6061.

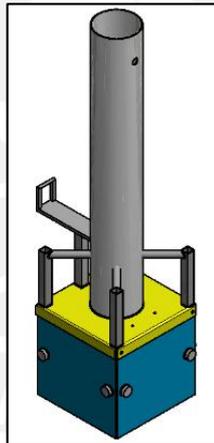


Fig. 3.3 – 4: Vista isométrica del sistema de despliegue inferior  
Fuente: Elaboración propia

En el plano de la figura 3.3 – 5 de este subsistema se puede apreciar las piezas enumeradas con globos que indica el nombre de la pieza conformante, el material y la norma con que se propone la elaboración. La estructura central de este sistema estará soldada directamente con el contrapeso y conectada a la parte superior mediante el tubo inferior de mayor diámetro, este poseerá un resorte largo en su interior con una guía. Este resorte se encontrará comprimido mediante dos toques, los cuales se retirarán en el momento de la activación del sistema, para que el resorte pueda desplegarse y así levantar la parte superior de este subsistema. [21] (Anexo 2)

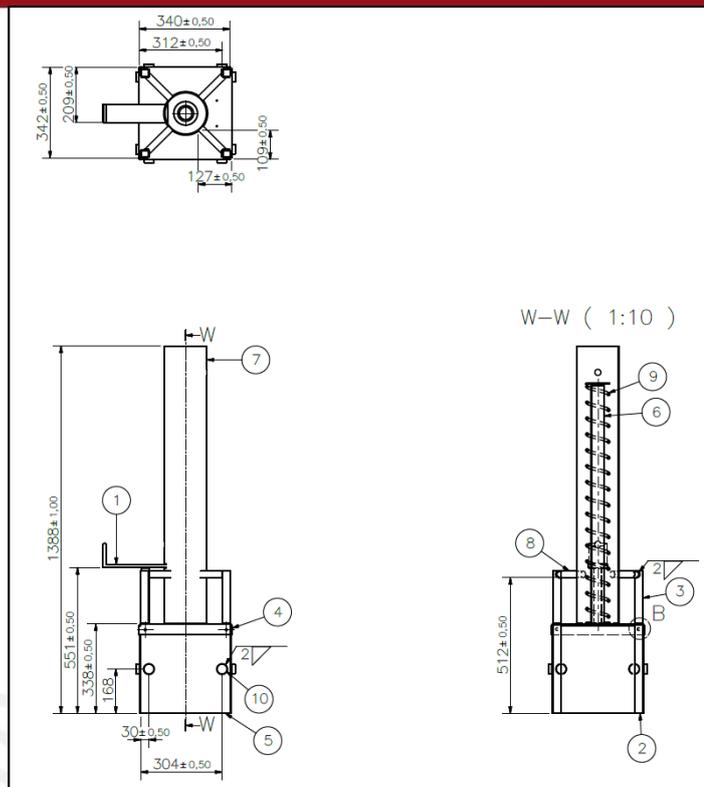


Fig. 3.3 – 5: Plano de sistema de despliegue inferior  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.3 - 2 se aprecia la descripción de cada pieza del subsistema, así también el material y la norma a usarse en su elaboración.

Tabla. 3.3 – 2: Lista de piezas plano sistema de despliegue inferior

10	8	GUIA DE RESORTE		AISI 316	
9	1	RESORTE LARGO			
8	4	APOYO TRANSVERSAL		AISI 316	
7	1	TUBO INFERIOR 1		AA 6061	
6	1	TUBO INFERIOR 2		AA 6061	
5	4	PARED		AISI 316	
4	1	TECHO		AISI 316	
3	4	SOPORTE SUPERIOR		AISI 316	
2	4	SOPORTE BASE		AISI 316	
1	1	SOPORTE DE ACTUADOR		AISI 316	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRÓNICA					

### Parte superior

La figura 3.3 – 6 describe este subsistema que es la parte superior del sistema de despliegue, esta será levantada por el resorte al momento de activarse el sistema. En su parte superior encontramos la linterna LED que se encenderá para que el sistema sea detectable en mar abierto.

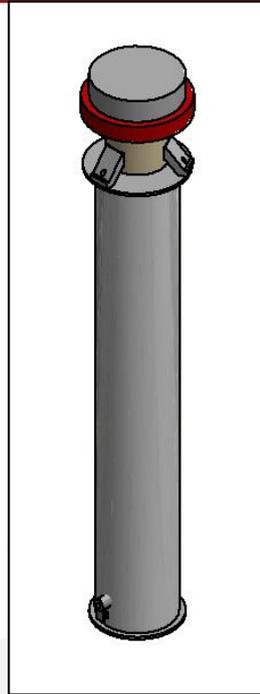


Fig. 3.3 – 6: Vista isométrica del sistema de despliegue superior  
Fuente: Elaboración propia

En el plano 3.3 – 7 de la figura muestra el plano donde indica que las partes soldadas y la linterna, la cual estará atornillada en la parte superior con pernos M7. Así también se puede distinguir la ubicación de los pines, que actuarán como topes para evitar que el resorte interior se expanda. En la tabla 3.3 – 3 se puede apreciar la descripción de las piezas.

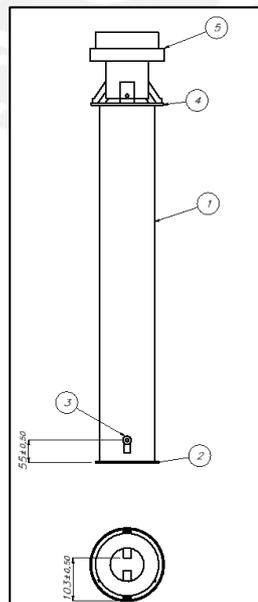


Fig. 3.3 – 7: Plano de sistema de despliegue superior  
Fuente: Elaboración propia

Tabla. 3.3 – 3: Lista de piezas plano sistema de despliegue superior

5		LINTERNA			
4	1	SOPORTE DE LINTERNA		AA 6061	
3	1	PIN		AISI 316	
2	1	SOPORTE DE TUBO SUPERIOR		AA 6061	
1	1	TUBO SUPERIOR		AA 6061	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERÍA MECATRÓNICA					

## SISTEMA DE EYECCIÓN

Este sistema estará compuesto por 4 módulos iguales y cada uno de estos estará dividido en 4 partes, la estructura, la pared eyectora, los resortes y la base donde se apoyará todo el sistema.

### Estructura

La figura 3.3 – 8 muestra la vista final de la estructura del sistema de eyección de los botes salvavidas, esta será fabricada íntegramente de acero inoxidable (AISI 316) y unido mediante soldadura tipo TIG, que es adecuada para el ambiente al cual estará expuesto. Esta estructura mantendrá a los botes en su posición, así como también soportará la presión ejercida por los resortes y para eyectar a los botes será levantada por un actuador lineal.

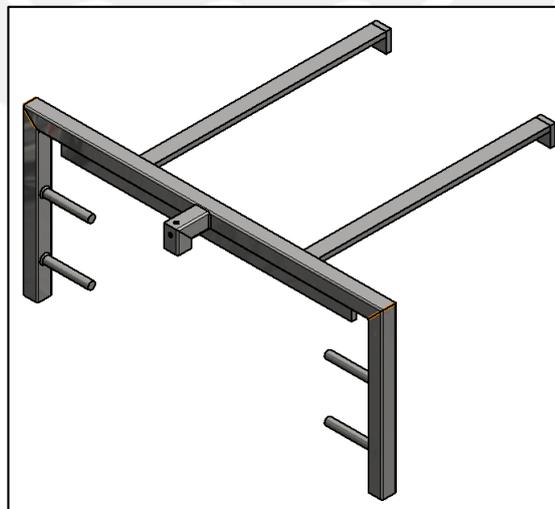


Fig. 3.3 – 8: Vista isométrica de la estructura de eyección  
Fuente: Elaboración propia

La figura 3.3 – 9 muestra los planos de la estructura y las dimensiones de la misma, así también el ancho del cordón de soldadura y enumera las piezas para poder describirlas más adelante en la tabla 3.3 - 4.

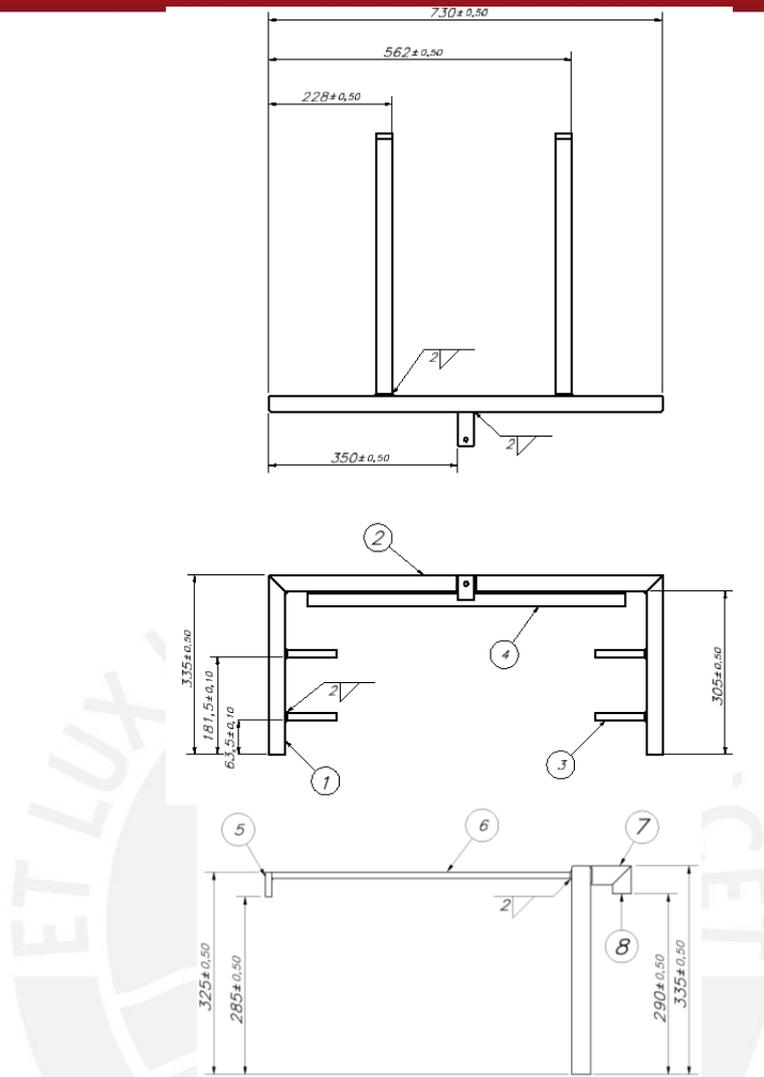


Fig. 3.3 – 9: Plano de la estructura de eyección  
Fuente: Elaboración propia

Tabla. 3.3 – 4: Lista de piezas plano de la estructura del sistema de eyección

8	1	COMPLEMENTO 2		AI SI 316	
7	1	COMPLEMENTO 1		AI SI 316	
6	2	FRENO DE BOTE 1		AI SI 316	
5	2	FRENO DE BOTE 2		AI SI 316	
4	1	FRENO DE PARED 1		AI SI 316	
3	4	FRENO DE PARED 2		AI SI 316	
2	1	SOPORTE SUPERIOR		AI SI 316	
1	2	SOPORTE LATERAL		AI SI 316	
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ INGENIERIA MECATRÓNICA					

La pared eyectora

En el plano de la figura 3.3 – 10 se aprecia las dimensiones de la pared eyectora, esta será fabricada en aluminio 6061 y mantendrá comprimidos a los resortes sin pandearse. (Anexo 4)

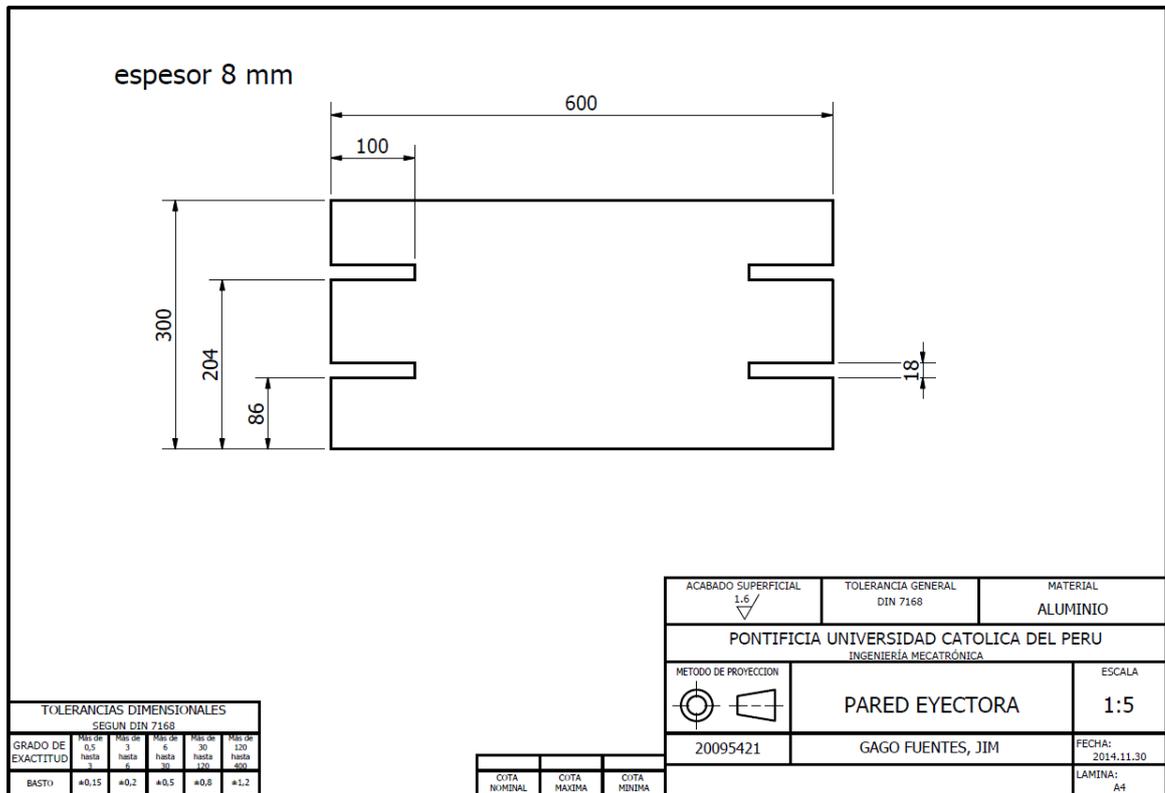


Fig. 3.3 – 10: Plano de la pared eyectora  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.3 – 11 se puede apreciar el sistema de eyección en su posición inicial donde encontramos la ubicación de la pared eyectora (verde), de la estructura, de los resortes, del actuador lineal y del bote salvavidas.

En la figura 3.3 – 12 se observa una vista frontal de como la estructura soportará la pared eyectora, con 4 barras cilíndricas y una plancha en la parte superior, para una mejor distribución de los esfuerzos.

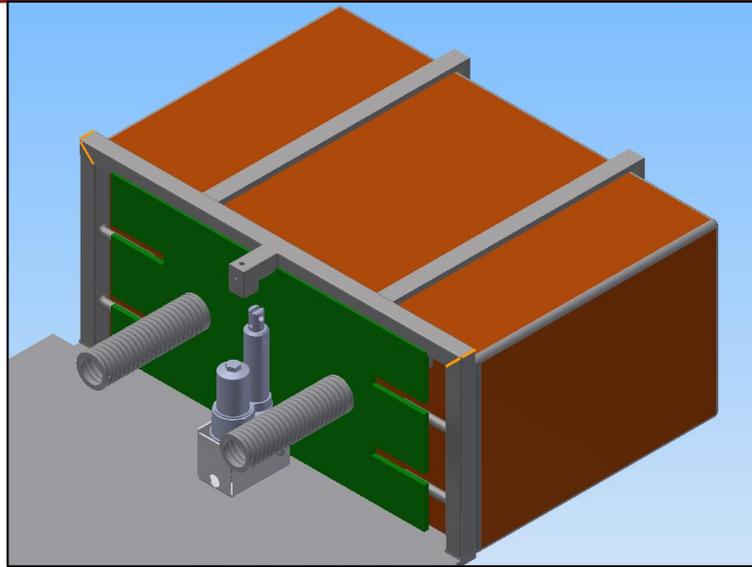


Fig. 3.3 – 11: Sistema de eyección  
Fuente: Elaboración propia

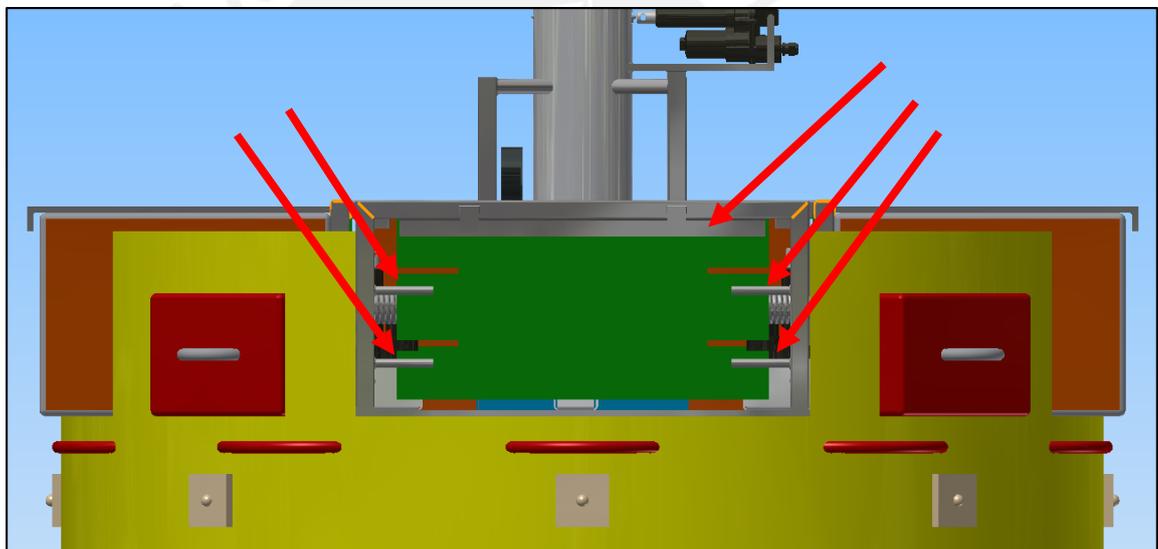


Fig. 3.3 – 12: Estructura soporta a la pared eyectora con 5 piezas  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.3 – 12 se puede apreciar mejor las bases del sistema mencionado cuando se levanta la estructura, estas estarán encargadas de soportar la presión y estarán soldadas directamente a la parte superior del contrapeso. Este cordón de soldadura deberá soportar el esfuerzo de corte que producirán los resortes (Anexo 4).

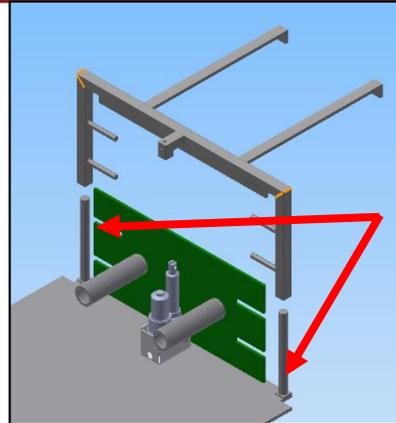


Fig. 3.3 – 12: Bases del sistema de eyección  
Fuente: Elaboración propia

**CONTRAPESO**

En el plano de la figura se observa el plano del contrapeso, el cual estará fabricado de acero al carbono y será galvanizado para evitar la corrosión en el mar. Además esta pieza es muy importante puesto que dará estabilidad a todo el dispositivo, aun cuando las condiciones climáticas sean duras. (Anexo 1)

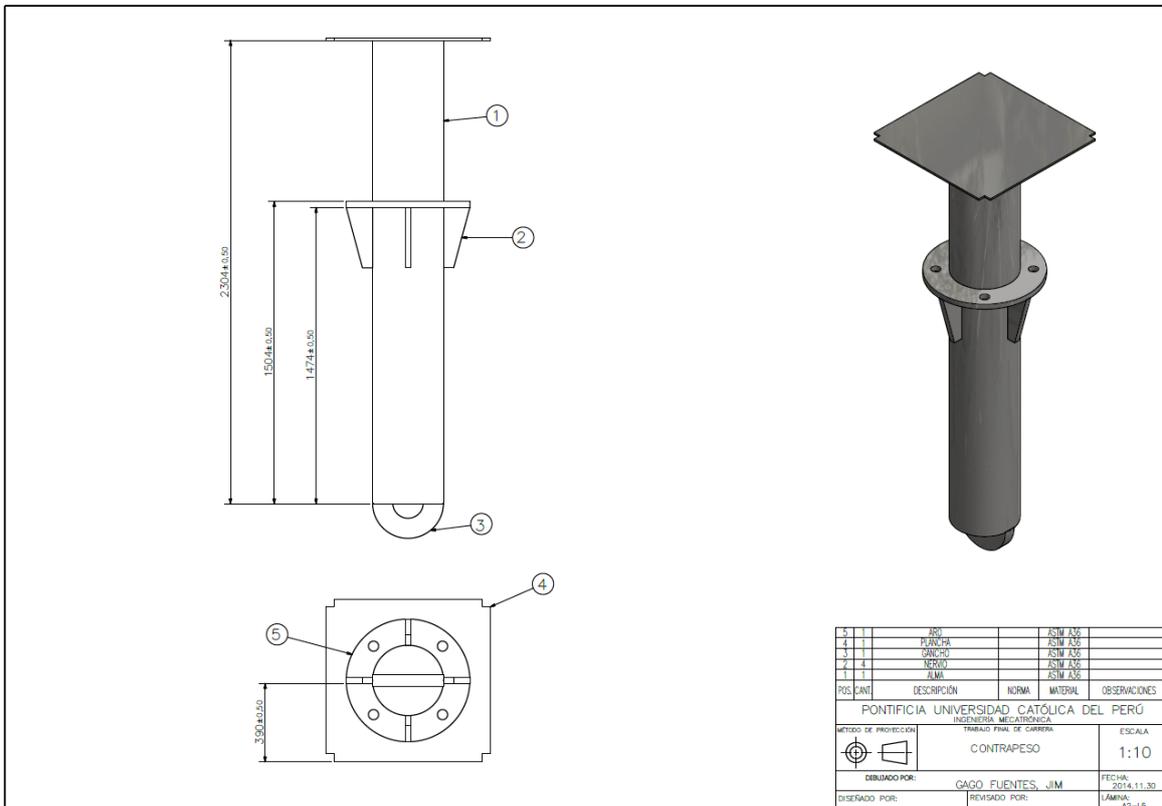


Fig. 3.3 – 12: Bases del sistema de eyección  
Fuente: Elaboración propia

3.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

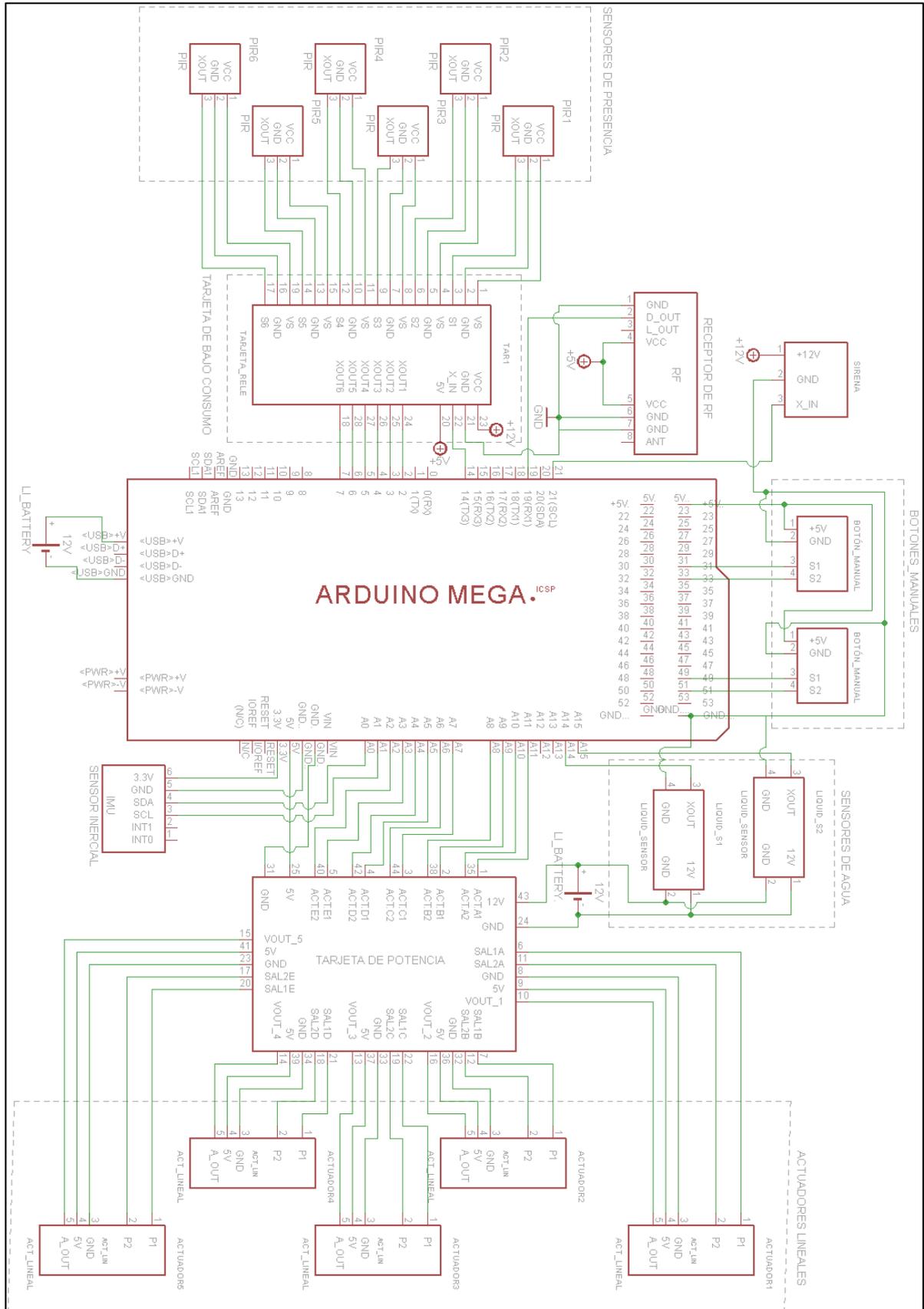


Fig. 3.4 – 1: Esquemático General

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4 – 1 se observa el diagrama esquemático de la tarjeta principal del sistema. Esta tarjeta se encarga de realizar el control de todo el sistema mecatrónico mediante el microcontrolador ATmega8, que se encuentra dentro de la tarjeta ArduinoMega. Esta trabaja con 12 VDC; así también, los sensores de presencia PIR requiere el mismo voltaje para su correcto funcionamiento. El microcontrolador se comunica con el panel de control, los sensores y actuadores a través de sus pines de entrada y salida. Para el sistema se usarán 12 pines como salida: 1 para la activación de la sirena, 1 para la activación de los sensores de presencia PIR y 10 para el control de los 5 actuadores lineales, los cuales estarán apagados la mayoría del tiempo para evitar un mayor consumo de la batería (Anexo 3).

Como pines de entrada se tendrá 20: 2 correspondientes a los sensores de presencia de líquido los cuales enviarán la señal de activación una vez que el sistema se encuentre en el mar, 2 para el sensor inercial que permitirá establecer el momento en el cual el dispositivo se encuentre más estable, 6 que recibirán constantemente las señales analógicas de los sensores de presencia para determinar si hay alguna persona cerca, 1 correspondiente al sensor receptor de radiofrecuencia que recibirá las señales de control enviadas por el control remoto, 4 para control manual mediante botones que estarán ubicados en la boya y 5 señales analógicas correspondientes a la retroalimentación de los actuadores lineales, que indicarán en qué lugar se encuentra la carrera de cada actuador respectivamente.

Tanto los auxiliares de mando del panel de control como los sensores y actuadores serán externos a la tarjeta principal, por lo cual se conectarán a través de borneras. El receptor de radiofrecuencia, el sensor inercial y el panel de control serán conectados de manera directa al sistema

A continuación se explican los circuitos de control de sensores y actuadores.

#### 3.4.1.1 Sensores

##### I. Sensor de Presencia PIR

En la figura 3.4 – 2 se muestra las conexiones internas del sensor mencionado, así también se observa que la señal de salida es digital y de esta manera indicará cuando se cumpla los requerimientos programados. De esta manera podrá ser fácilmente conectada a la tarjeta de bajo consumo que mantendrá suspendida la alimentación de los sensores hasta el momento de la activación del sistema. Mientras que en la figura 3.4 – 3 se muestra la representación gráfica del sensor en el esquemático.

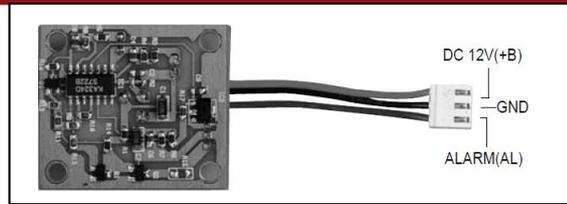


Fig. 3.4 – 2: Sensor de presencia

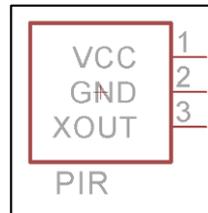


Fig. 3.4 – 3: Representación del sensor de presencia  
Fuente: Elaboración propia

II. Sensor de presencia de líquido

En la figura 3.4 – 4 se contempla la manera en la cual el fabricante recomienda que se haga las conexiones debidas, en cuanto a la alimentación y la conexión directa con el controlador, lo que sería el input que mandaría una señal digital. Mientras que en la figura 3.4 – 5 se muestra su representación gráfica en el esquemático general.

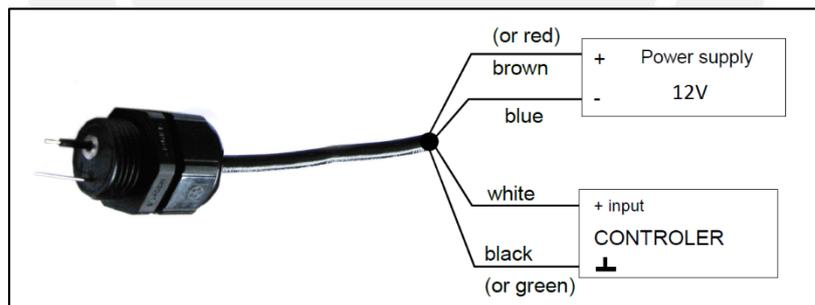


Fig. 3.4 – 4: Sensor de presencia de líquido  
Fuente: [2]

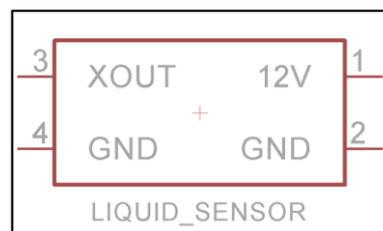


Fig. 3.4 – 5: Representación del sensor de líquido  
Fuente: Elaboración propia

Los sensores de presencia de líquido se encontrarán apagados hasta el momento en que todo el sistema sea activado, esto será posible gracias a la tarjeta de bajo consumo que esperará la señal del microcontrolador para energizar dichos sensores. La figura 3.4 – 6 muestra la imagen representativa de la tarjeta en el esquemático y en la figura 3.4 – 7 se aprecia los componentes que tiene en su interior, lo que permite notar que la activación de los sensores se realizará mediante un doble switch que será controlado por una señal digital enviada por el microcontrolador.

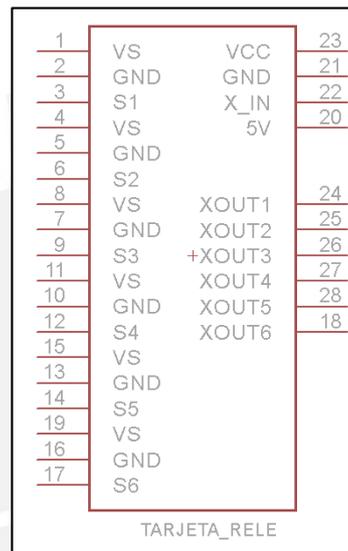


Fig. 3.4 – 6: Representación de la tarjeta de bajo consumo  
Fuente: Elaboración propia

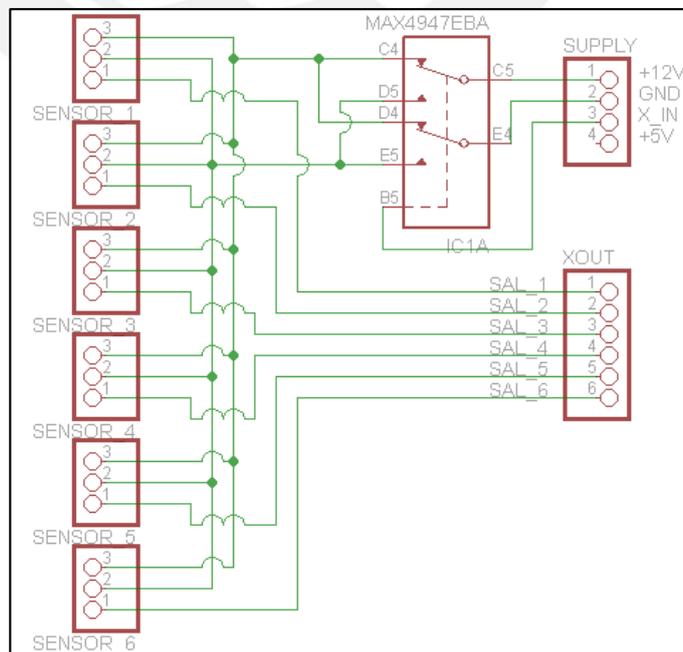


Fig. 3.4 – 7: Esquemático de la tarjeta de bajo consumo  
Fuente: Elaboración propia

III. Sensor Inercial

En la figura 3.4 – 8 se puede apreciar el esquemático del sensor inercial, de la misma manera en la figura 3.4 – 9 se puede apreciar la manera de conexión con el Arduino.

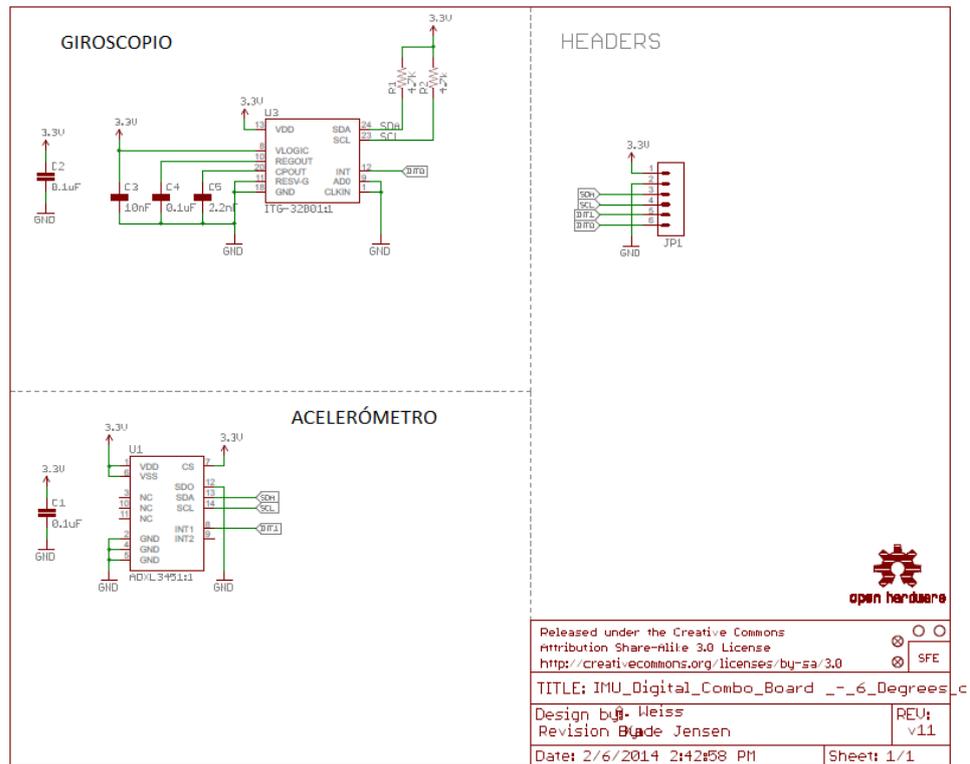


Fig. 3.4 - 8: Esquemático del sensor IMU  
Fuente: [19]

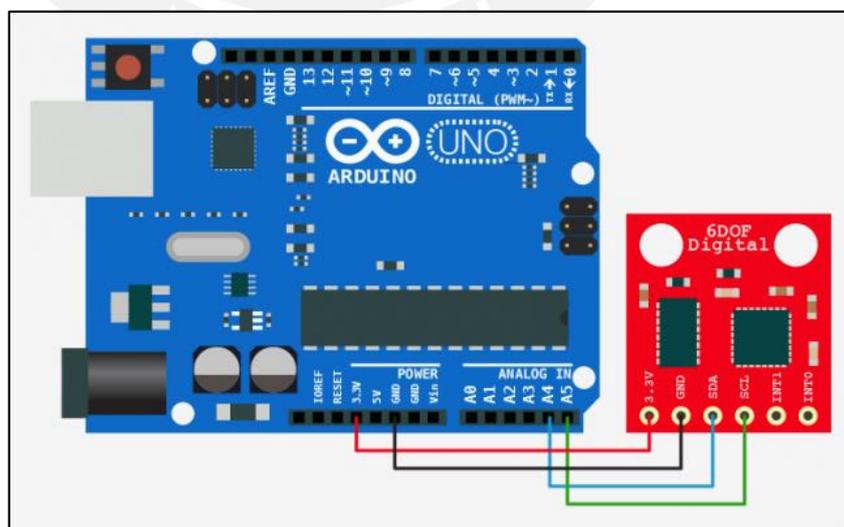


Fig. 3.4 – 9: Conexión del sensor IMU  
Fuente: [19]

## 3.4.1.2 Actuadores

## I. Actuador Lineal

El esquemático del actuador lineal con retroalimentación analógica se puede apreciar en la figura 3.4 – 10, este poseerá 5 conexiones de las cuales dos (4 y 5) servirán para polarizar el motor que tiene al interior y las otras tres para energizar el dispositivo de retroalimentación analógica que vendrá incluido con el actuador. Además la conexión 3 brindará una salida analógica donde informará el estado de la carrera del husillo, proporcionalmente siendo 0V cuando el actuador está en reposo y 4.5V cuando se alcance la máxima carrera posible.

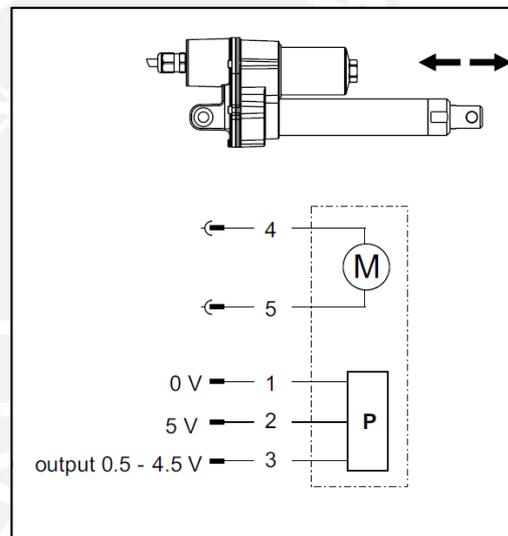


Fig. 3.4 – 10: Esquemático del actuador lineal  
Fuente: [13]

Para el control de los actuadores lineales se utilizará la tarjeta de potencia mostrada en la figura 3.4 – 10. Esta estará compuesta por relés de alimentación de 5 a 12 V, que soportan una carga de hasta 30A, lo cual es conveniente puesto que el actuador lineal con su máxima carga puede producir una corriente máxima de 10A. Además tendrá un circuito que evitará que haya picos de amperaje en la señal de salida de la retroalimentación y así poder brindar una señal adecuada al microcontrolador.

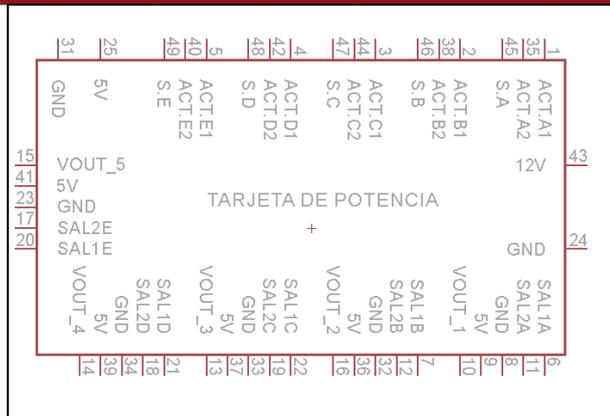


Fig. 3.4 – 11: Representación de la tarjeta de potencia  
Fuente: Elaboración propia

La tarjeta de potencia estará compuesta por 5 módulos similares que servirán para controlar los 5 actuadores. En la figura 3.4 – 12 se puede apreciar la distribución de componentes del primer módulo. La alimentación del actuador lineal se va a controlar mediante las entradas digitales ACT.A1 y ACT.A2, las cuales activarán respectivamente los relés que permitirán poder tener al actuador lineal en 3 posiciones: Polaridad normal que permitirá al actuador realizar un desplazamiento positivo de su carrera, polaridad invertida que permitirá al actuador realizar un desplazamiento negativo y sin polaridad lo que permitirá al actuador parar el desplazamiento en la posición donde se encontraba. Así también se procesará la señal de salida analógica del actuador SIN.A, para que de esta manera no tenga picos de amperaje cuando ingrese por la entrada del microcontrolador S.A.

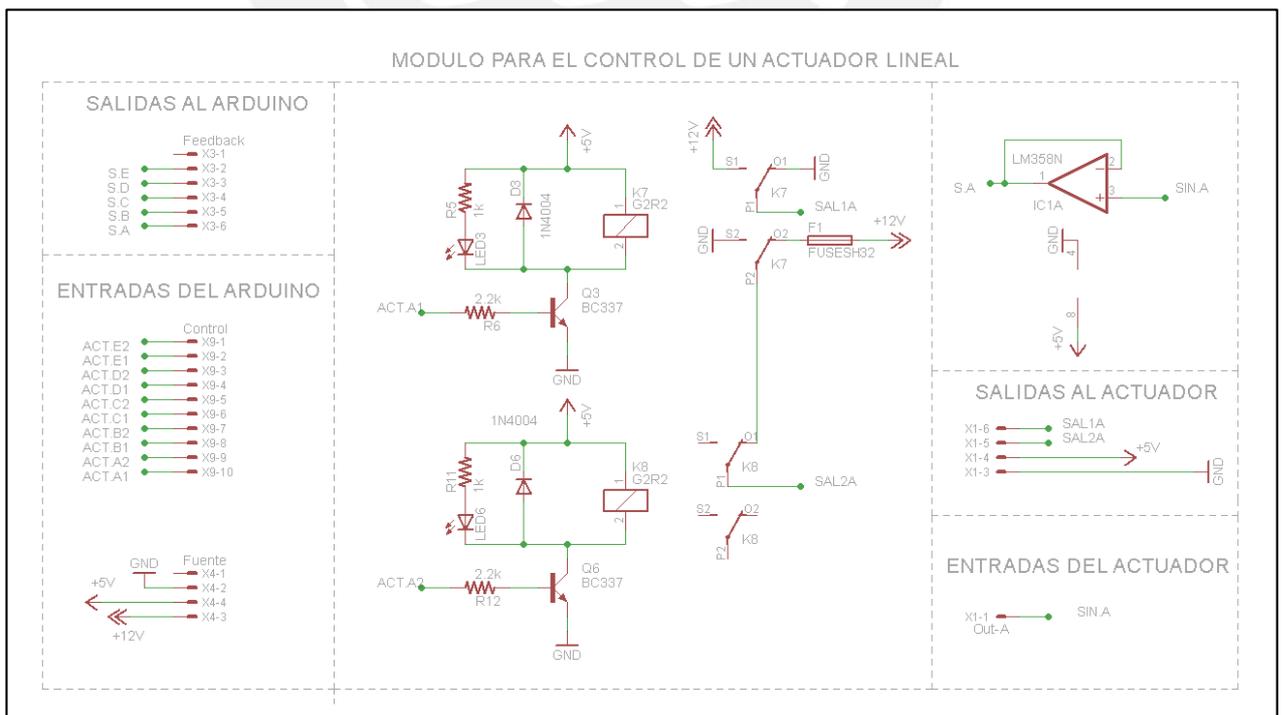


Fig. 3.4 – 12: Componentes del primer módulo de la tarjeta de potencia

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.4 – 13 se aprecia los 4 módulos restantes que conforman la tarjeta de potencia.

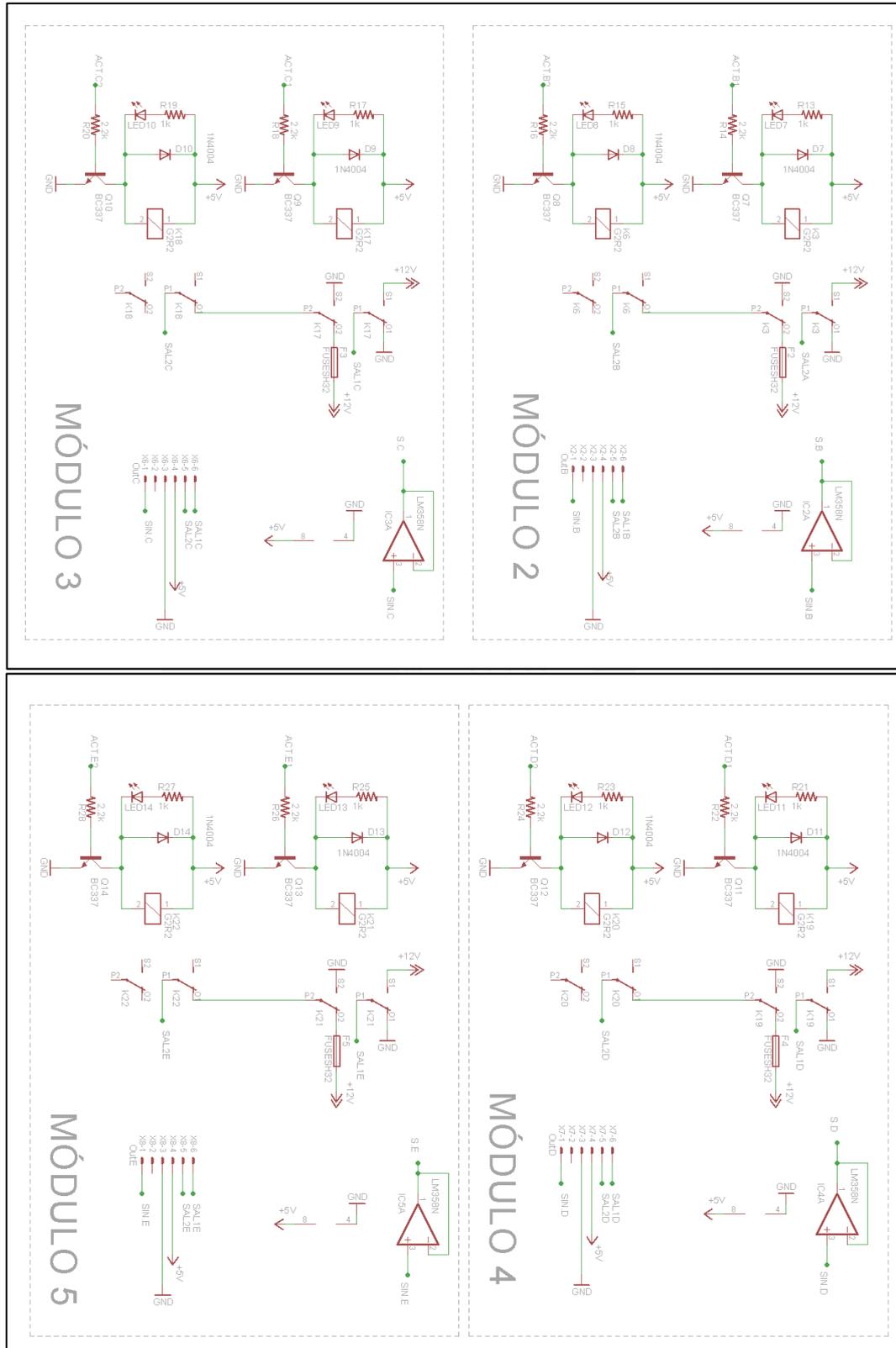


Fig. 3.4 – 13: Módulos de la tarjeta de potencia  
Fuente: Elaboración propia

II. Control Remoto

Para controlar las funciones del dispositivo, dentro de la boya se encontrarán dos controles remotos que serán alimentados por 5V cada uno y serán controlados por un microcontrolador ATmega8 respectivamente, y por medio de un teclado podrán enviar las señales de control. En la figura 3.4 – 14 se puede apreciar el esquemático del microcontrolador con el transmisor de radiofrecuencia RF Link Transmitter – 434 Mhz.

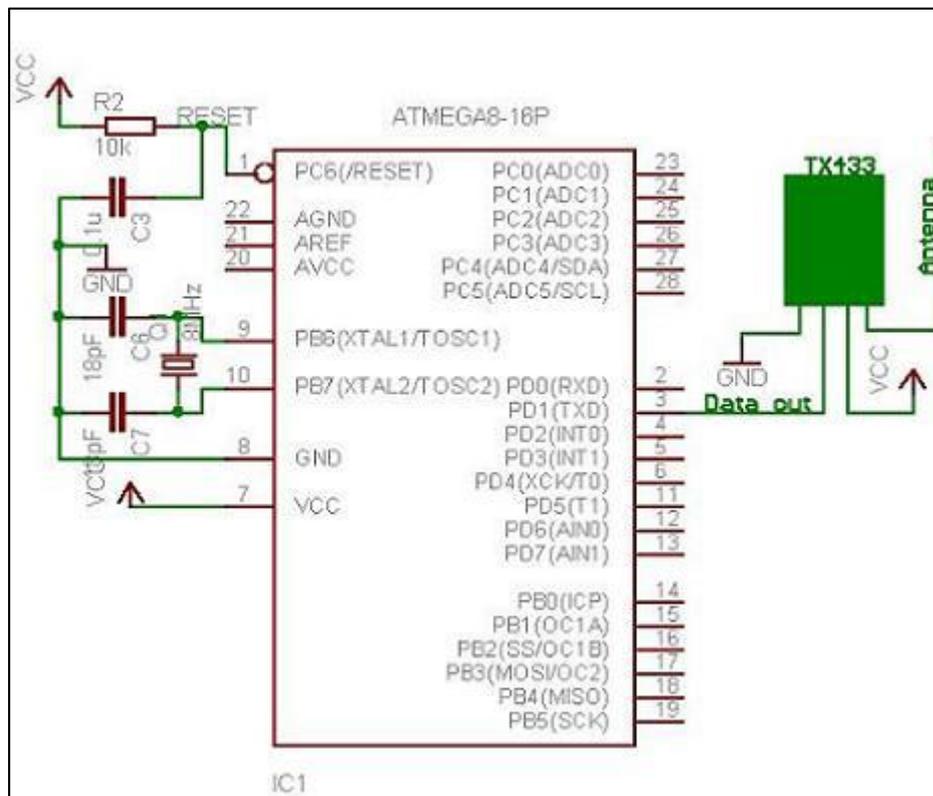


Fig. 3.4 – 14: Esquemático del control remoto  
Fuente [12]

## 3.5 Diagrama de flujo del programa de control.

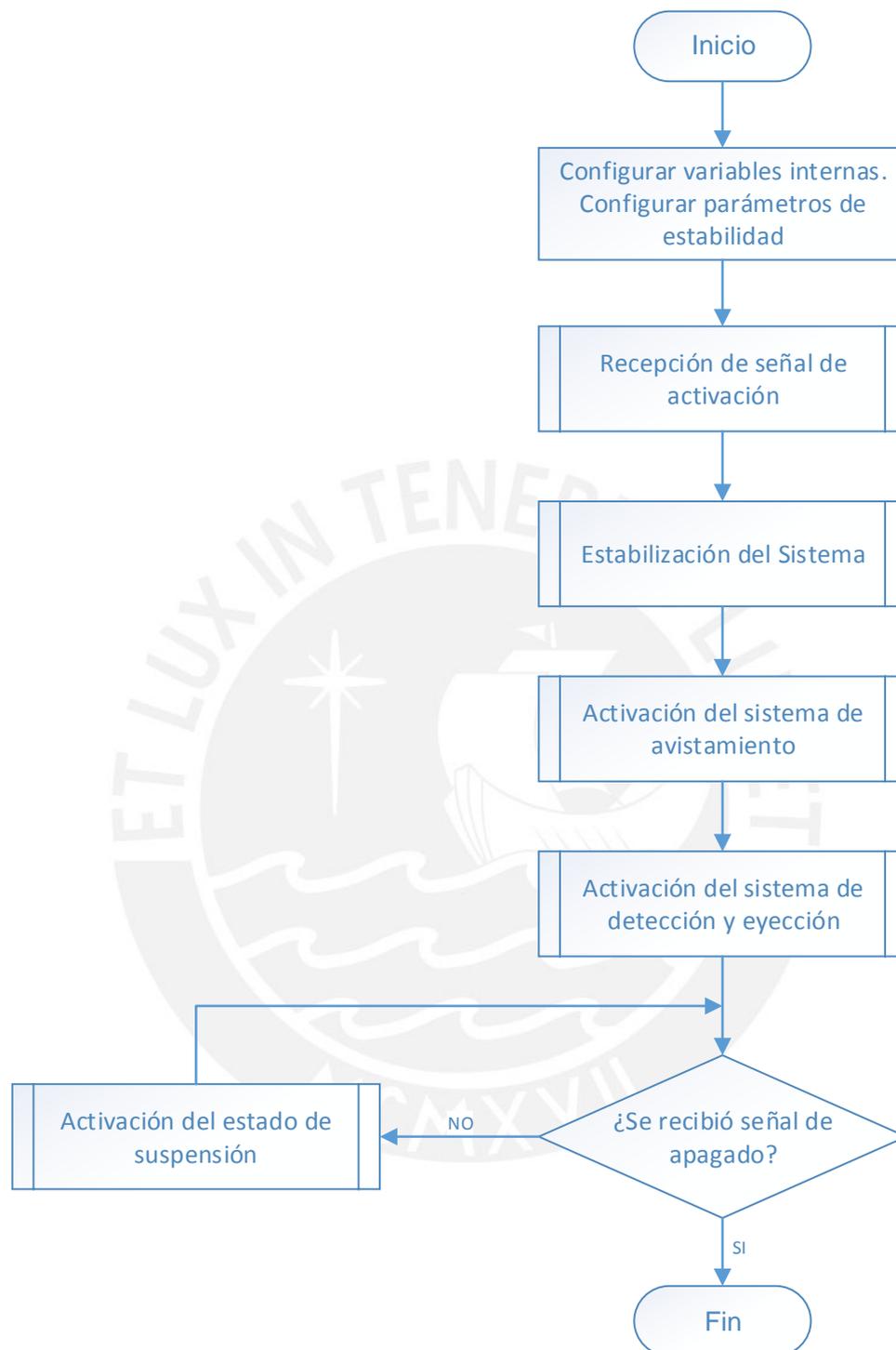


Fig. 3.5 – 1: El diagrama de flujo del programa principal  
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 1 se observa el diagrama de flujo del programa principal. Se inicia el programa estableciendo las configuraciones de todos los puertos que se usan. Se inicializan las variables y los pines de comunicación TX y TR. La comunicación se hará en ambos casos a 9600 baud, 8 bits de transmisión, n por asíncrono y con 1 bit

de stop. También se asignan variables a las salidas digitales de los sensores para procesarlos, así también a los voltajes analógicos de la retroalimentación del actuador lineal THOMSON

Luego de la parte inicial de configuración, se procede con iniciar el régimen de espera del dispositivo, para lo cual se ingresa al subprograma “Recepción de señal de activación”. Una vez que se haya activado el sistema se ingresará al subprograma “Estabilización del Sistema” el cual indicará cuando el dispositivo se encuentre en su posición más estable.

Una vez estable el dispositivo, se procederá a ingresar al subprograma “Activación Sistema de avistamiento” el cual activará los sistemas de despliegue, sonoro e iluminación. Luego se procederá a correr el subprograma “Activación de detección y eyección” el cual estará activo hasta que se detecte alguna persona nadando en el perímetro de la boya y en ese momento se eyectará e inflará un bote salvavidas.

Después de esto, finalmente se activará el subprograma “Activación del estado de suspensión” lo que permitirá al dispositivo estar a la espera de las señales de control que el usuario enviará, y así mismo seguirá indicando si hay sobrevivientes cerca.

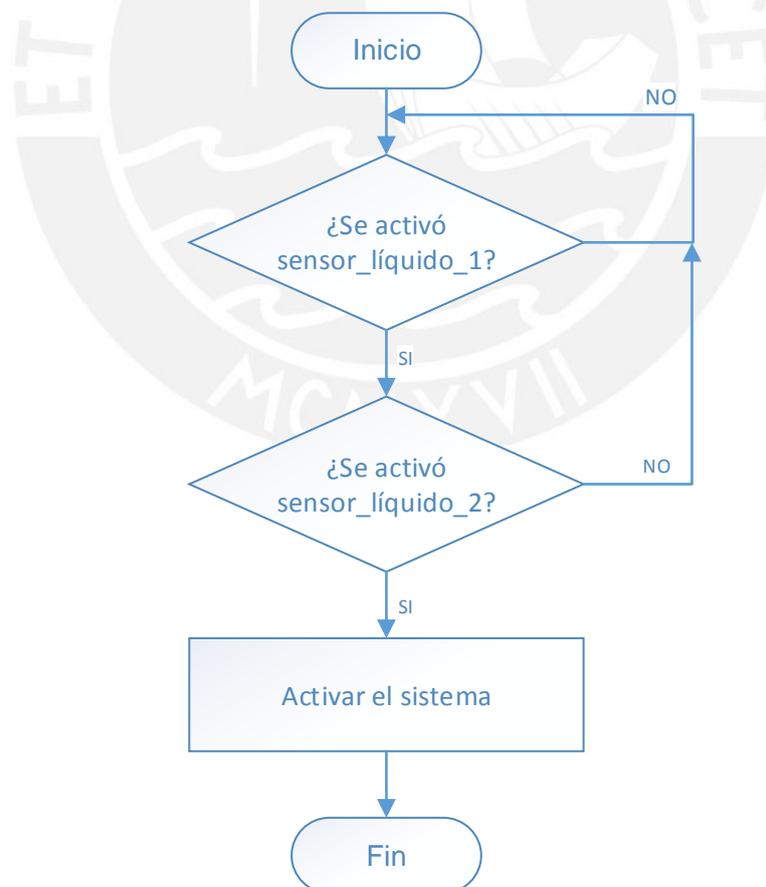


Fig. 3.5 – 2: Diagrama de flujo del subprograma “Recepción de señal de activación”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 2 se aprecia el diagrama de flujo del subprograma “Recepción de señal de activación”, este subprograma mantendrá suspendido a todo el sistema hasta que los sensores de presencia de líquido 1 y 2 confirmen que el dispositivo está flotando en el agua, de esta manera cuando envíen la señal digital el sistema se energizará y activará por completo

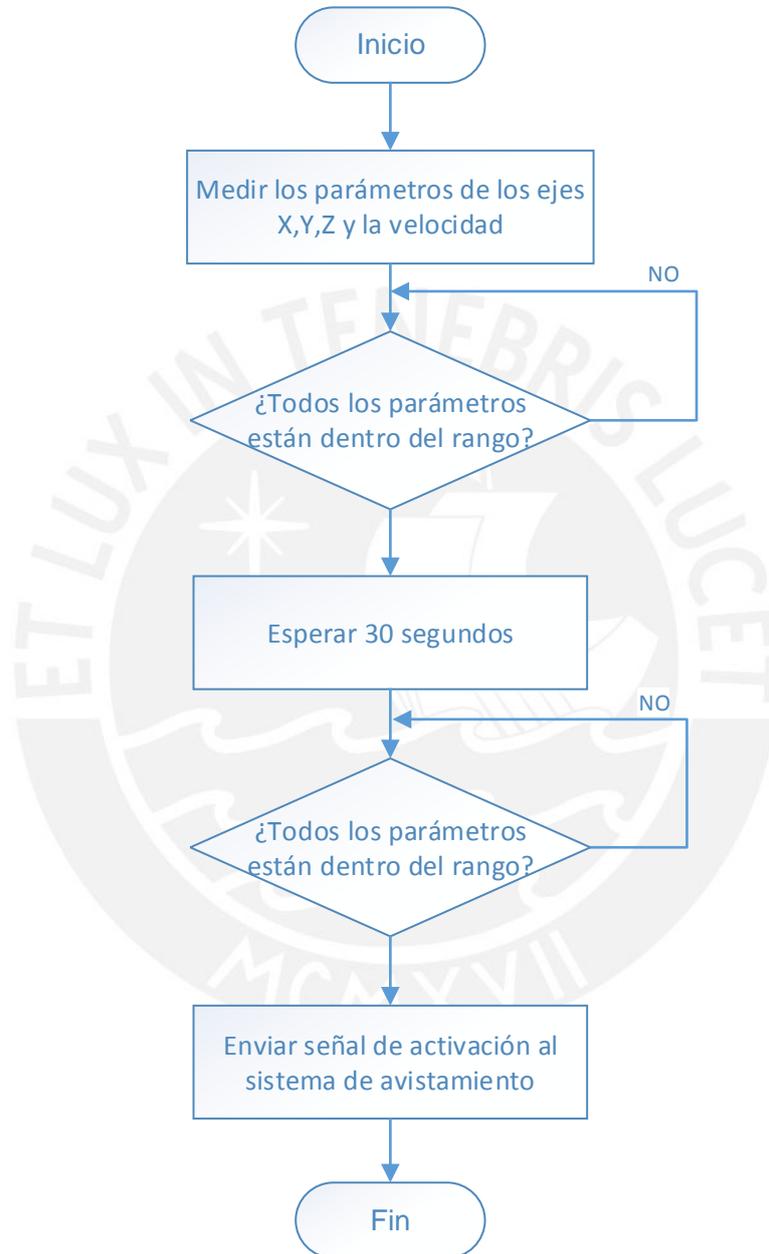


Fig. 3.5 – 3: Diagrama de flujo del subprograma “Estabilización del sistema”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 3 se puede contemplar el diagrama de flujo del subprograma “Estabilización del sistema”, este permitirá medir los parámetros de posición de la boya y así compararlos con los parámetros estándar. Una vez que se encuentren en el rango esperado se procederá a enviar la señal de activación para el sistema de avistamiento.

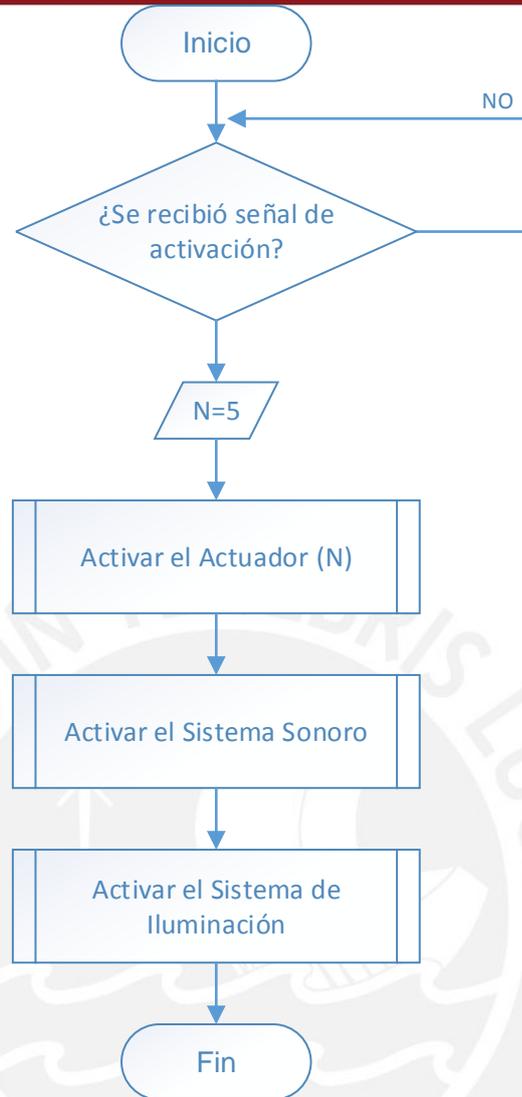


Fig. 3.5 – 4: Diagrama de flujo del subprograma “Activación del sistema de avistamiento”  
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 4 se observa el diagrama de flujo del subprograma “Activación del sistema de avistamiento”, una vez que se reciba la señal de activación se dará el valor “5” a la variable N para que el subprograma “Activar el Actuador (N)”, pueda hacer funcionar al actuador lineal número “N”. En este caso el actuador lineal 5 activará el sistema de despliegue. Luego se procederá el subprograma “Activar el sistema sonoro” que controlará las funciones de la sirena y así también, se procederá con el subprograma “Activar el sistema de iluminación”, el cual controlará las funciones de la linterna.

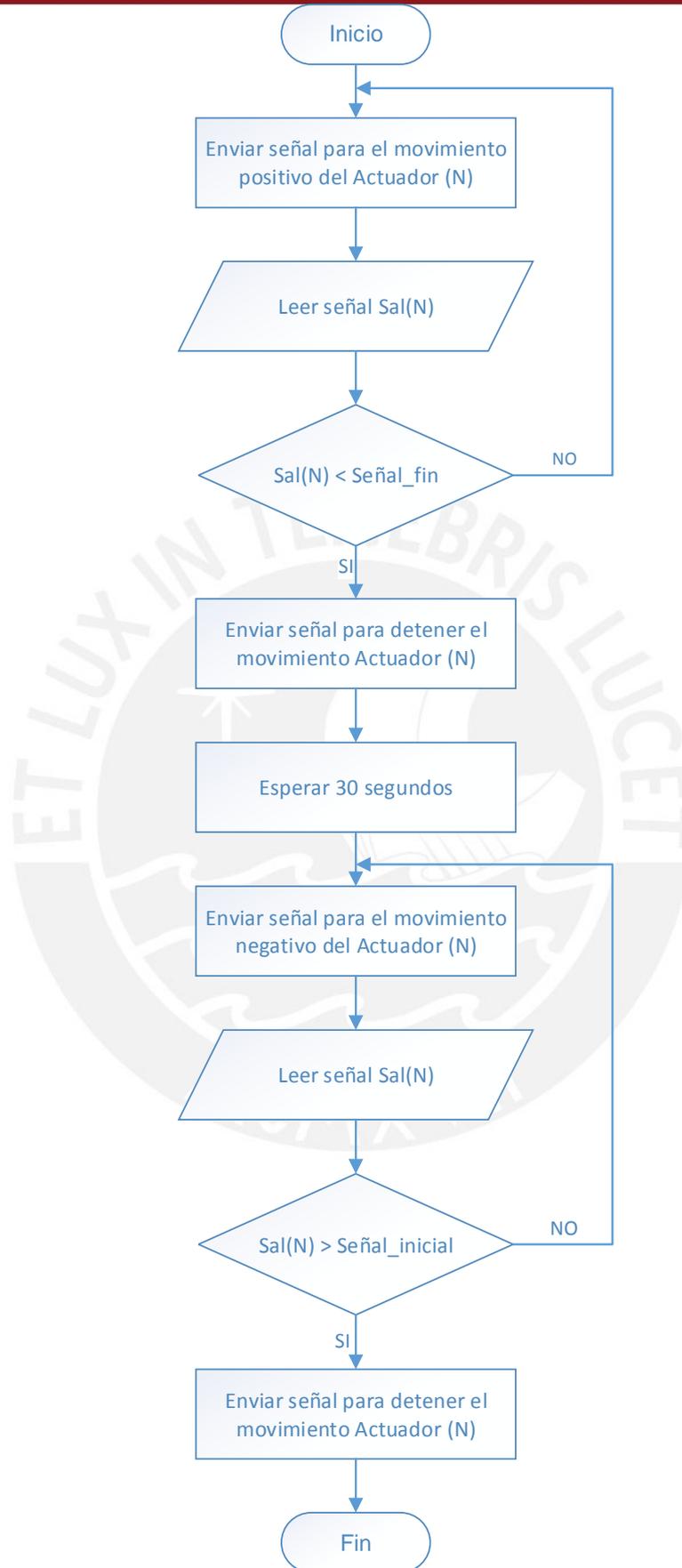


Fig. 3.5 – 5: Diagrama de flujo del subprograma “Activar el actuador (N)”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 5 se puede apreciar el diagrama de flujo del subprograma “Activar el actuador (N)”, este controlará el movimiento de los actuadores lineales. Primero se enviará una señal de control para provocar el movimiento positivo del actuador, luego inmediatamente se guardará los valores de la salida analógica “Sal(N)” del actuador controlado. Esta señal indicará el estado de la carrera del actuador. Este se moverá positivamente hasta que la señal “Sal(N)” deje de ser menor que la “Señal\_fin”, la cual indicará cuando el actuador se extendió en su máxima capacidad. En ese momento se enviará la señal de control para detener el movimiento del mismo y se esperará 30 segundos, para luego repetir el procedimiento pero en este caso enviando una señal que provoque el movimiento negativo del actuador lineal, hasta que vuelva a su estado inicial, señalado por la variable “Señal\_inicial”. Una vez que el actuador vuelva a su posición inicial se desconectará la alimentación del mismo.

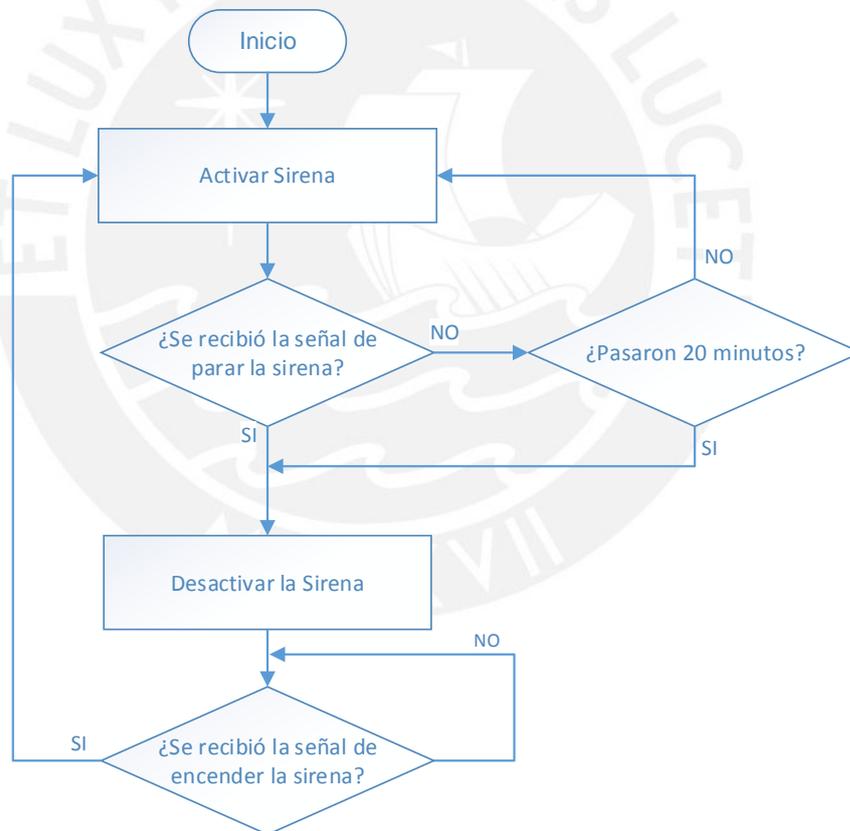


Fig. 3.5 – 6: Diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema sonoro”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 6 se contempla el diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema sonoro”, este permitirá enviar la señal para activar la sirena hasta que se reciba la señal de apagado o en su defecto pasen 20 minutos. Luego quedará en suspensión hasta que llegue la señal para encender nuevamente la sirena, esta se recibirá vía inalámbrica por el control o mediante el panel de control.

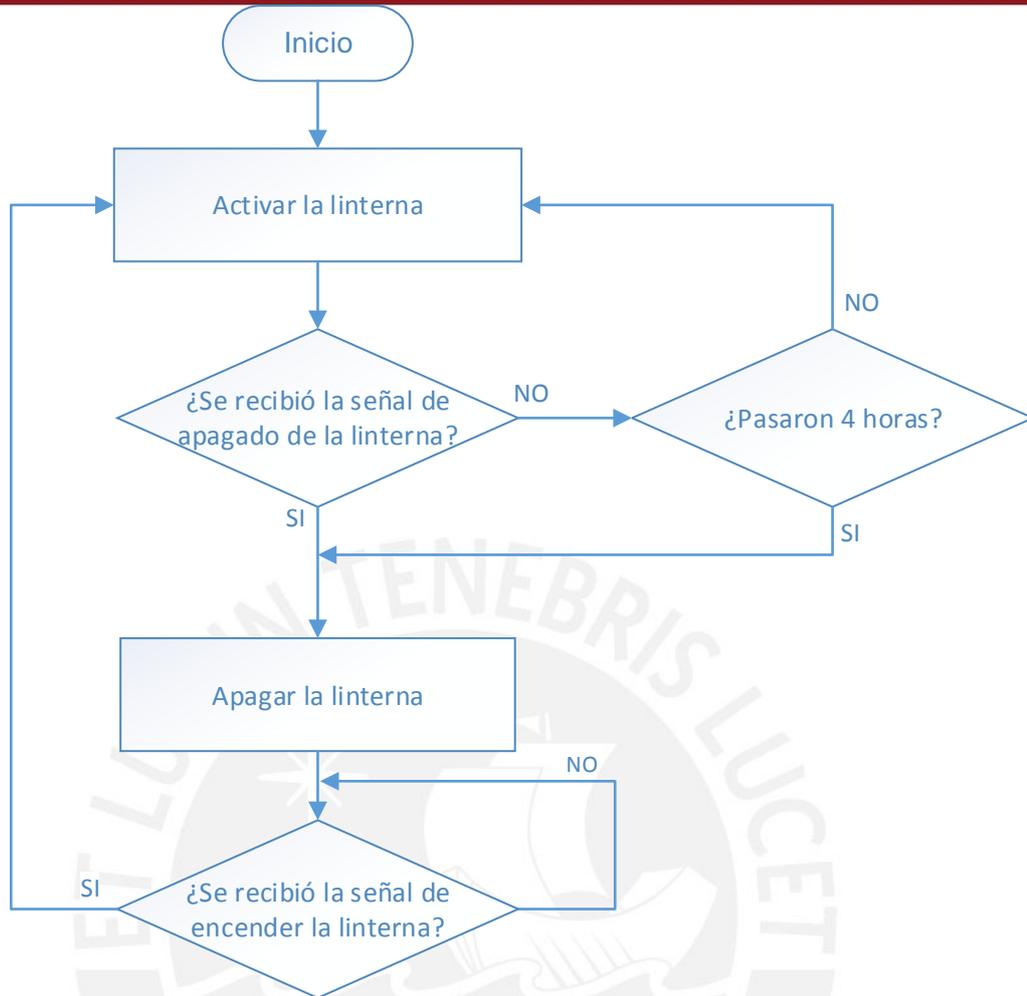


Fig. 3.5 – 7: Diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema de iluminación”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 7 se puede apreciar el Diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema de iluminación” que tendrá la misma lógica de funcionamiento que el subprograma que controla la sirena, con la única diferencia que el tiempo que pasará antes que se apague automáticamente la linterna será de 4 horas.

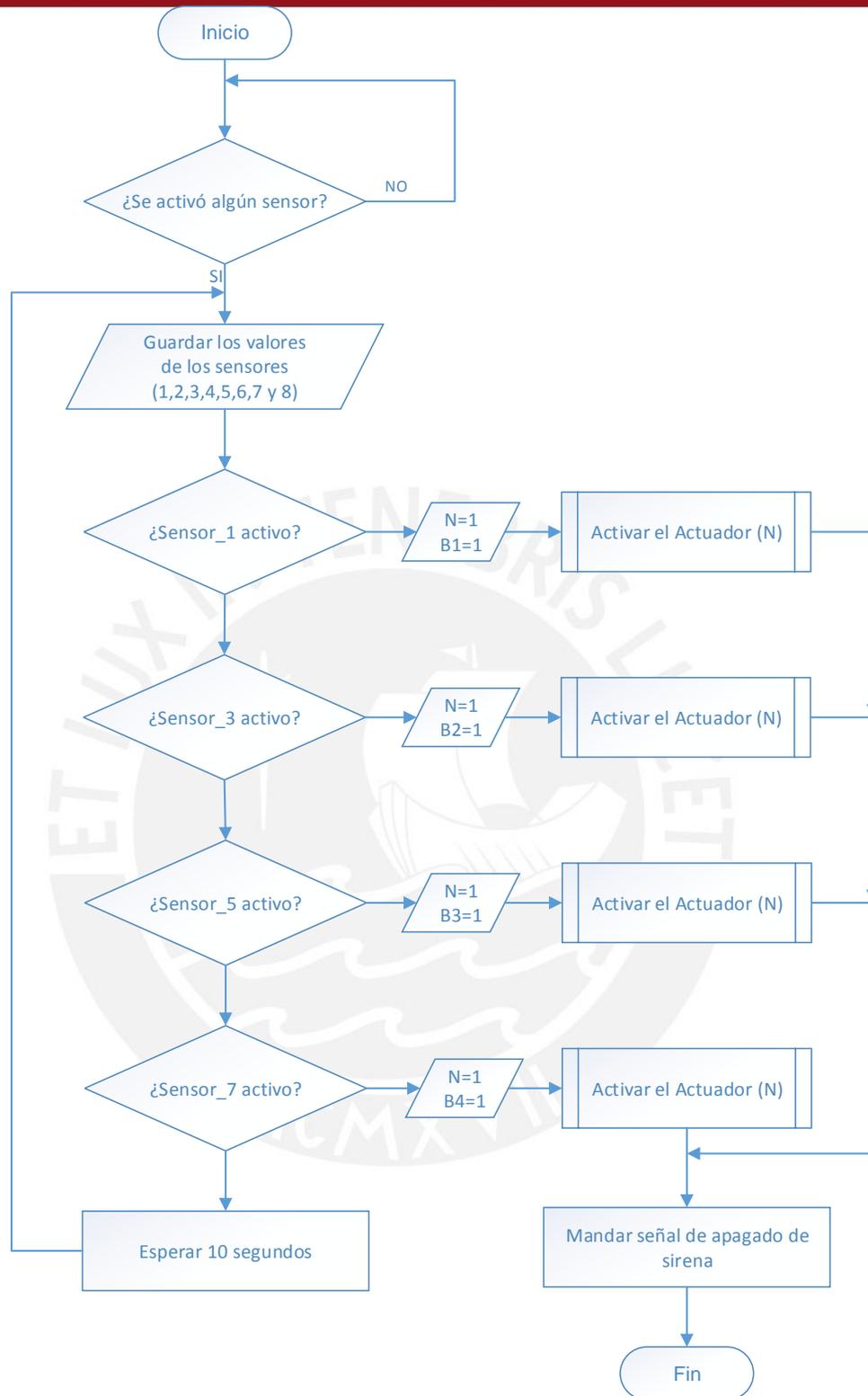


Fig. 3.5 – 8: Diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema de detección y eyección”  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.5 – 8 se observa el diagrama de flujo del subprograma “Activar el sistema de detección y eyección”, este estará activo hasta que algún sensor de presencia detecte al menos una persona nadando cerca de la boya. Una vez que la

detecte, guardará los valores de las salidas digitales de los sensores de presencia y procederá a eyectar el bote salvavidas cuando se active el actuador lineal. Pero para esto se procesará los valores guardados para saber si frente al bote que se eyectará se ubica alguna persona, de ser así se evaluará eyectar otro bote y así sucesivamente hasta que frente al bote a eyectar no haya ninguna persona. De estar personas en todas las posiciones de los botes entonces se repetirá la evaluación hasta que algún bote tenga el camino libre, para eyectarlo. Después de esto se activará el siguiente subprograma.

En la figura 3.5 – 9 se puede observar la distribución enumerada de los sensores de presencia y botes salvavidas, de esta manera se puede entender mejor la lógica a usar en los subprogramas.

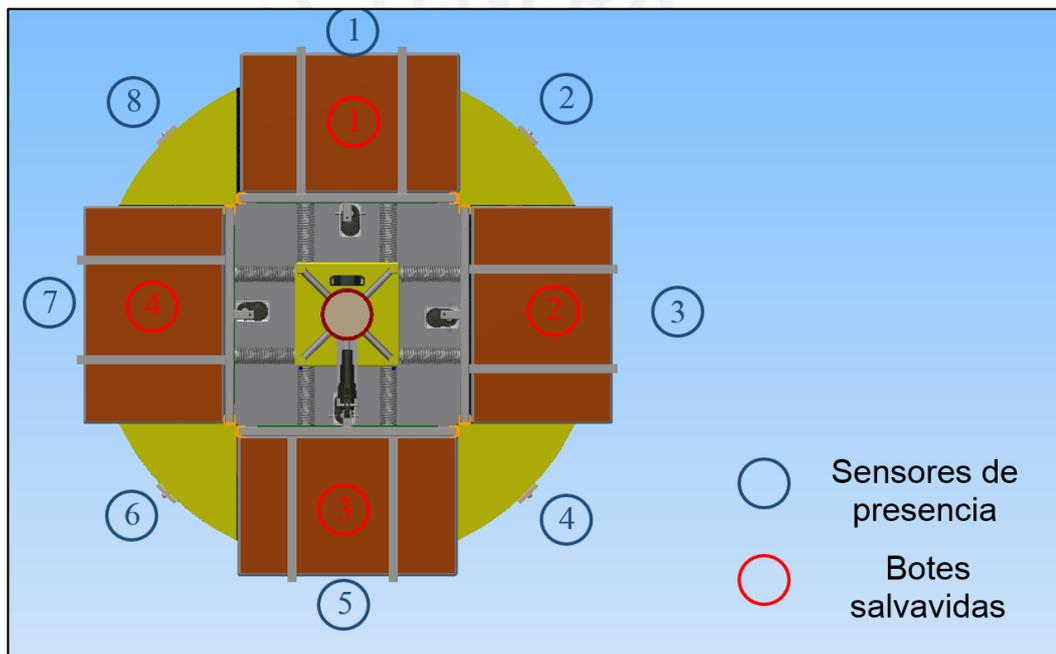


Fig. 3.5 – 9: Distribución de sensores y botes  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la figura 3.5 – 10 se aprecia el diagrama de flujo del subprograma “Activación del estado de suspensión”, este subprograma esperará que se active algún sensor de presencia o que se reciba la señal de eyección de bote. Si se activa algún sensor se activará el subprograma “Activar el sistema sonoro” y seguirá a la espera de la señal de eyección. Una vez que se reciba esta señal se procederá a efectuar la evaluación del bote a eyectar para detectar si ya se eyectó y también si hay algún sensor activo delante de él.

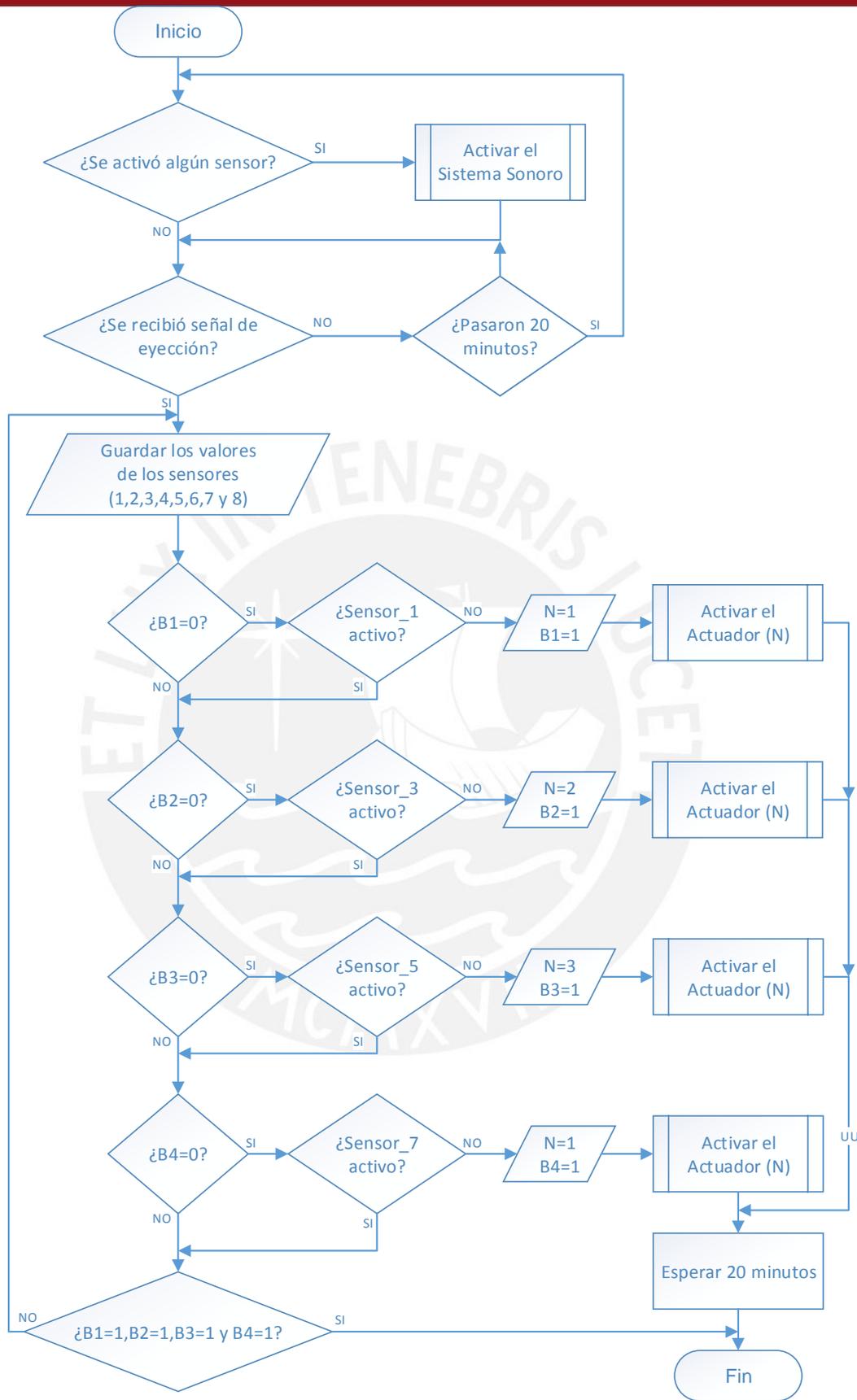


Fig. 3.5 – 10: Diagrama de flujo del subprograma “Activación del estado de suspensión”  
Fuente: Elaboración propia

# Capítulo 4

## Presupuesto

Tabla 4-1: Presupuesto de la fabricación de la boya de salvamento automatizada

CANT	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	PRECIO UNITARIO	PRECIO	COSTO DE ENVIO UNITARIO	PRECIO TOTAL (\$)
1	Fabricación estructura metálica (Sistema de despliegue)	ACROPOLIS CONT.GEN. S.A.C	\$99.10	\$99.10	\$0.00	\$99.10
1	Resorte de 80 cm D90 mm	Resortes Presición	\$22.20	\$22.20	\$0.00	\$22.20
2	Resorte de 5 cm D10 mm	Resortes "DECO SPRING"	\$0.30	\$0.60	\$0.00	\$0.60
4	Fabricación estructura metálica (Sistema de eyección)	ACROPOLIS CONT.GEN. S.A.C	\$38.20	\$152.80	\$0.00	\$152.80
8	Resorte de 23 cm D5/8"	Resortes Presición	\$44.40	\$355.20	\$0.00	\$355.20
1	Fabricación Cuerpo de Boya	FISA S.A.	\$283.84	\$283.84	\$0.00	\$283.84
1	Fabricación estructura metálica (Contrapeso)	ACROPOLIS CONT.GEN. S.A.C	\$177.00	\$177.00	\$0.00	\$177.00
4	LIFERAFT INTERNATIONAL 12 PERSONS W/CANISTER CODE:03560-04 (BOTE)	EVAL - E.G. VALLIANATOS S.A.	\$920.82	\$3,683.28	\$55.35	\$3,904.68
1	SAP-1302-D-W Siren 12VDC, 87dB, IP67, cable L=0,3m	SOS electronic s.r.o.	\$22.00	\$22.00	\$15.00	\$37.00
5	Actuador Lineal THOMSON MAX JACK MX12-B8M05E	TEKMATIC	\$120.00	\$600.00	\$10.00	\$650.00
8	DANLER CEILING SURFACE-MOUNTED PIR	MGC Lamps Limited	\$54.00	\$432.00	\$1.04	\$440.32
2	SENSOR DETECCION DE LIQUIDO,L:3Mt,12V, N0247021	VETO Y CIA. LTDA.	\$9.30	\$18.60	\$2.50	\$23.60
4	BOTON PARADA DE EMERGENCIA IP66 CE4T-10R-11 ABB	Storetech	\$12.00	\$48.00	\$0.00	\$48.00
1	Arduino Mega 2560	SMD COMPONENTS S.A.C	\$82.47	\$82.47	\$0.00	\$82.47
2	Placas Baquelita c/ distribución	ELECTROPAR	\$4.86	\$9.72	\$0.00	\$9.72
1	Linterna Marina LED Solar M650H	LGT-SOLAR	\$449.00	\$449.00	\$0.00	\$449.00
1	ZIPPY Flightmax 8000mAh 3S1P 30C	HobbyKing	\$50.18	\$50.18	\$44.11	\$94.29
1	RF Link Receiver (434Mhz)	Sparkfun	\$4.95	\$4.95	\$3.00	\$7.95
2	RF Link Transmitter (434 Mhz)	Sparkfun	\$7.90	\$15.80	\$3.00	\$21.80
1	SparkFun 6 Degrees of Freedom IMU Digital Combo Board - ITG3200/ADXL345	Sparkfun	\$39.95	\$39.95	\$4.42	\$44.37
2	Fast Find 220 Personal Locator Beacon (PLB) (Radiobaliza COSPAS-SARSAT)	ebay	\$243.94	\$487.88	\$24.77	\$537.42
1	Componentes electrónicos (Resistencias, relés, transistores, diodos, borneras,etc)	ELECTRONICA INDUSTRIAL DEL SUR S.A.C.	\$50.34	\$50.34	\$0.00	\$50.34
1	Accesorios extras (Cables, tornillos, velcro, bolsa)	mercado local	\$40.00	\$40.00	\$0.00	\$40.00
<b>Total</b>						<b>\$7,531.70</b>

En la tabla 4.1 se muestran los costos mecánicos y electrónicos del dispositivo mecatrónico (Anexos 10). Las estructuras que serán mecanizadas y soldadas de material AISI 316, AA 6061 y ACERO A36 fueron cotizados por Acropolis Contratistas Generales, estos elementos componen la parte física más importante del sistema. La mayoría de los componentes electrónicos son importados, de esta manera se cotizó la adquisición de los sensores de presencia PIR, los sensores de presencia de líquido y la sirena, en cantidades mayores para una producción masiva y así se reduce el costo de envío por unidad. El bote salvavidas se cotizó en la compañía EVAL - E.G. VALLIANATOS S.A por 40 unidades de esta manera el costo de envío por unidad sale 45 euros. Los actuadores lineales se cotizaron en TEKMATIC. La cotización de la linterna led se realizó a la empresa LGT-SOLAR. En la parte electrónica se cotizaron elementos en Hobbyking y Sparkfun y los demás se consiguieron en el mercado local. La radiobaliza se cotizó en Ebay, cabe resaltar que se eligió este modelo puesto que cumple con los requisitos básicos, pero hay una gran variedad de productos que pueden tener más funciones de acuerdo a lo que necesite el usuario.

En la parte de accesorios se cuenta con los cables de comunicación, tornillos, conectores, velcro para asegurar la bolsa impermeable y soporte, que se adquieren en diversos lugares del mercado local en el Perú.

Los impuestos establecidos a la importación de productos son del 30% entre i.g.v. y servicio de aduana, por lo tanto el costo a pagar por los impuestos es de \$1,426.76. Esto se añade al precio total y resulta el precio final de **\$ 8,958.46**.

## Capítulo 5

### Conclusiones

- El sistema diseñado constituye una alternativa innovadora de seguridad en caso de naufragio pues presenta una opción diferente para evacuación y supervivencia para las embarcaciones que transportan un número considerable de personas, lo que dificulta su evacuación en un tiempo corto.
- El dispositivo contribuye en la prolongación del periodo de supervivencia de las personas sobrevivientes del naufragio, debido a que los aísla de los peligros principales como son la hipotermia y el ahogamiento.
- El dispositivo facilita las labores de rescate, ya que provee una posición globalizada vía GPS y tiene un sistema de visibilidad, que permite detectar el sistema a una distancia de 4 millas náuticas o 7 km. (Anexo 6)
- De acuerdo al diseño de la boya en caso de ser necesario puede soportar un peso extra de 330 kg sin hundirse, por lo que podría soportar el peso de aproximadamente 4 personas encima. (Anexo 1)

## Bibliografía

- [1] ESTADISTICAS DE CRUISE MARKET WATCH  
2014 "Growth of the Cruise Line Industry". Consulta: 11 de noviembre del 2014.  
<<http://www.cruisemarketwatch.com/growth/>>
- [2] THE NEW YORK TIMES  
2014 "As Divers Search Cruise Ship, Reason for Crash Is Unclear".  
Consulta: 2 de noviembre del 2014.  
<[http://www.nytimes.com/2012/01/15/world/europe/cruise-ship-runs-aground-off-tuscan-coast.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2012/01/15/world/europe/cruise-ship-runs-aground-off-tuscan-coast.html?_r=0)>
- [3] BBC NEWS  
2014 "Italy cruise ship Costa Concordia aground near Giglio". Consulta: 2 de noviembre del 2014.  
<<http://www.bbc.co.uk/news/world-europe-16558910>>
- [4] THE HINDU  
2014 "Two dead after ferry M.V. Pinak carrying hundreds capsizes in Bangladesh". Consulta: 2 de noviembre del 2014.  
<<http://www.thehindu.com/news/international/south-asia/ferry-mv-pinak-carrying-hundreds-capsizes-in-bangladesh/article6280770.ece>>
- [5] BBC NEWS  
2014 "Cientos de desaparecidos al hundirse un ferry en Corea del Sur".  
Consulta: 2 de noviembre del 2014.  
<[http://www.bbc.co.uk/mundo/ultimas\\_noticias/2014/04/140415\\_ultnot\\_hunde\\_ferry\\_corea\\_del\\_sur.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/ultimas_noticias/2014/04/140415_ultnot_hunde_ferry_corea_del_sur.shtml)>

- [6] SOLAS  
2014 “CAPÍTULO III: DISPOSITIVOS Y MEDIOS DE SALVAMENTO”.  
Consulta: 11 de noviembre del 2014.  
<<http://personales.gestion.unican.es/martinji/Archivos/SolasCap3.pdf>  
>
- [7] SOLAS  
2014 “Siniestros y salvamento en el mar” Consulta: 11 de noviembre del  
2014.  
<[http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data\\_id=2326&filename=Life-saving.pdf](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=2326&filename=Life-saving.pdf)>
- [8] DANLERS  
2014 “Ceiling surface-mounted PIR”. Consulta: 1 de octubre del 2014.  
<<http://www.danlers.co.uk/pir-occupancy-switches/43-products/pir/pir-occupancy-switches/ceiling-surface-mounted/451-cesf-pir-ip66-ceiling-surface-mounted-pir-occupancy-switch>>
- [9] SIMEX  
2014 “Liquid sensor type DRS-303”. Consulta: 11 de octubre del 2014.  
<<http://www.simex.pl/product/1465>>
- [10] SPARKFUN  
2014 “SparkFun 6 Degrees of Freedom IMU Digital Combo Board - ITG3200/ADXL345”. Consulta: 5 de octubre del 2014.  
<<https://www.sparkfun.com/products/10121>>
- [11] SPARKFUN  
2014 “RF Link Receiver - 4800bps (434MHz)”. Consulta: 5 de octubre del  
2014.  
<<https://www.sparkfun.com/products/10532>>
- [12] SPARKFUN  
2014 “RF Link Transmitter - 434MHz”. Consulta: 11 de noviembre del  
2014.  
<<https://www.sparkfun.com/products/10534>>

- [13] THOMSON  
2014 “Actuadores lineales eléctricos de alto rendimiento Max Jac”.  
Consulta: 1 de octubre del 2014.  
<<http://www.thomsonlinear.com/website/esm/esm/products/actuators/maxjac.php>>
- [14] ALMARIN  
2014 “Linterna Led Kit M650 - 2 a 3MN”. Consulta: 5 de octubre del 2014.  
<<http://www.almarin.es/es/senales-maritimas/linternas-autonomas>>
- [15] SOS electronic  
2014 “SAP-1302-D-W SONITRON”. Consulta: 11 de noviembre del 2014.  
<<http://www.soselectronic.com/?str=371&artnum=143067&name=sonitron-sap-1302-d-w#tabs-1>>
- [16] ARDUINO  
2014 “Arduino Mega 2560”. Consulta: 11 de noviembre del 2014.  
<<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>>
- [17] EVAL  
2014 “Code: 03560-04 LIFERAFT RIGID CANISTER”. Consulta: 29 de agosto del 2014.  
<[http://www.eval.gr/ProductCategory/87/LIFERAFT?page=2&ipp=10&ob=price\\_asc](http://www.eval.gr/ProductCategory/87/LIFERAFT?page=2&ipp=10&ob=price_asc)>
- [18] HOBBYKING  
2014 “ZIPPY Flightmax 8000mAh 4S1P 30C”. Consulta: 21 de noviembre del 2014.  
<[http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/\\_\\_16226\\_\\_ZIPPY\\_Flightmax\\_8000mAh\\_4S1P\\_30C.html](http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__16226__ZIPPY_Flightmax_8000mAh_4S1P_30C.html)>
- [19] MCMURDO  
2014 “FAST FIND 220”. Consulta: 29 de noviembre del 2014.  
<<http://www.mcmurdomarine.com/personal-locator-beacon/fastfind-220>>

- [20] Victor, L., Streeter, E., Benjamin, W., Keith W. (2000). Mecánica de fluidos. Bogotá: McGraw-Hill.
- [21] Medina Guzmán, H. (2013). Física 2. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

