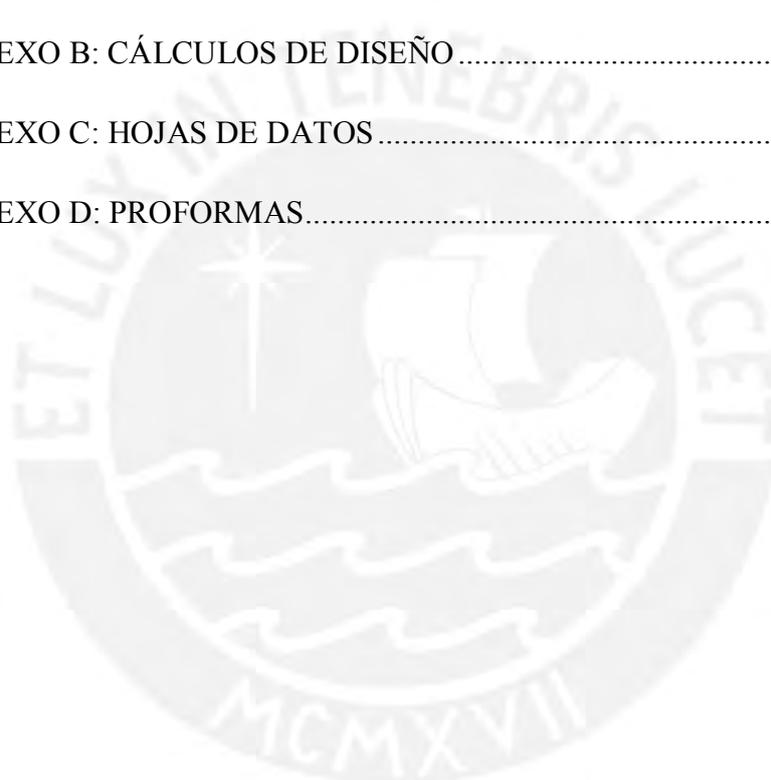


INDICE DE ANEXOS

	Pág.
INDICE DE ANEXOS.....	1
INDICE DE TABLAS	2
INDICE DE FIGURAS.....	3
I. ANEXO A: METODOLOGÍA	5
II. ANEXO B: CÁLCULOS DE DISEÑO.....	14
III. ANEXO C: HOJAS DE DATOS.....	39
IV. ANEXO D: PROFORMAS.....	49



INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz Morfológica del dominio mecánico	6
Tabla 2. Matriz Morfológica del dominio electrónico	7
Tabla 3. Matriz Morfológica del dominio control	8
Tabla 4. Tabla de Evaluación de aspectos técnicos y económicos	12
Tabla 5. Tabla de Inercias de los perfiles tubulares cuadrados.....	22
Tabla 6. Tabla de esfuerzos y factores de seguridad para la viga de soporte.	22
Tabla 7. Tabla de datos para el cálculo de la fuerza de resistencia.....	32
Tabla 8. Valores de R_T y F_{PROP} del ASV.	35
Tabla 9. Tabla de consumo de los componentes a 24 V en el USV.	36
Tabla 10. Tabla de consumo de los componentes a 12 V en el USV.	37
Tabla 11. Tabla de consumo de los componentes a 24 V en el recolector.	37

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura de funciones del USV.....	5
Figura 2. Concepto Solución 1.....	9
Figura 3. Concepto Solución 2.....	10
Figura 4. Concepto Solución 2.....	11
Figura 5. Gráfico comparativo de los aspectos de evaluación.....	13
Figura 6. Concepto de solución definitivo.....	13
Figura 7. DCL tapa de la botella Niskin.....	14
Figura 8. Gráfico de Longitud Inicial versus elongación.....	15
Figura 9. Gráfico de Fuerza versus elongación.....	16
Figura 10. Gráfico para determinación de ángulos de cuerdas tensoras.....	17
Figura 11. Gráfico para determinar la elongación.....	17
Figura 12. DCL de las dos tapas de las botellas Niskin.....	18
Figura 13. DCL eje del mecanismo.....	18
Figura 14. DCL del eslabón que actúa como seguro.....	19
Figura 15. DCL de las la polea.....	20
Figura 16. DCL de la viga.....	21
Figura 17. Diagrama de fuerza cortante (Superior), Diagrama de momento Flector (Inferior).....	21
Figura 18. Plano del cabestrante comercial.....	23
Figura 19. DCL del cabestrante.....	23
Figura 20. Cargas en el casco.....	25
Figura 21. Deformación del Casco.....	26
Figura 22. Deformación en la viga de soporte del recolector.....	26
Figura 23. Extracto de la Tabla B de selección de O-ring.....	27

Figura 24. Extracto de la Tabla B de selección de O-ring.	28
Figura 25. Diagrama de Cuerpo libre (DCL) del ASV.	31
Figura 26. Gráfica número de Froud versus M para diferentes C_p	33



ANEXO A: METODOLOGÍA

En la presente sección se detallara el proceso de selección del concepto de solución adecuado. Primero se muestra la estructura de funciones del sistema, ver Figura 1

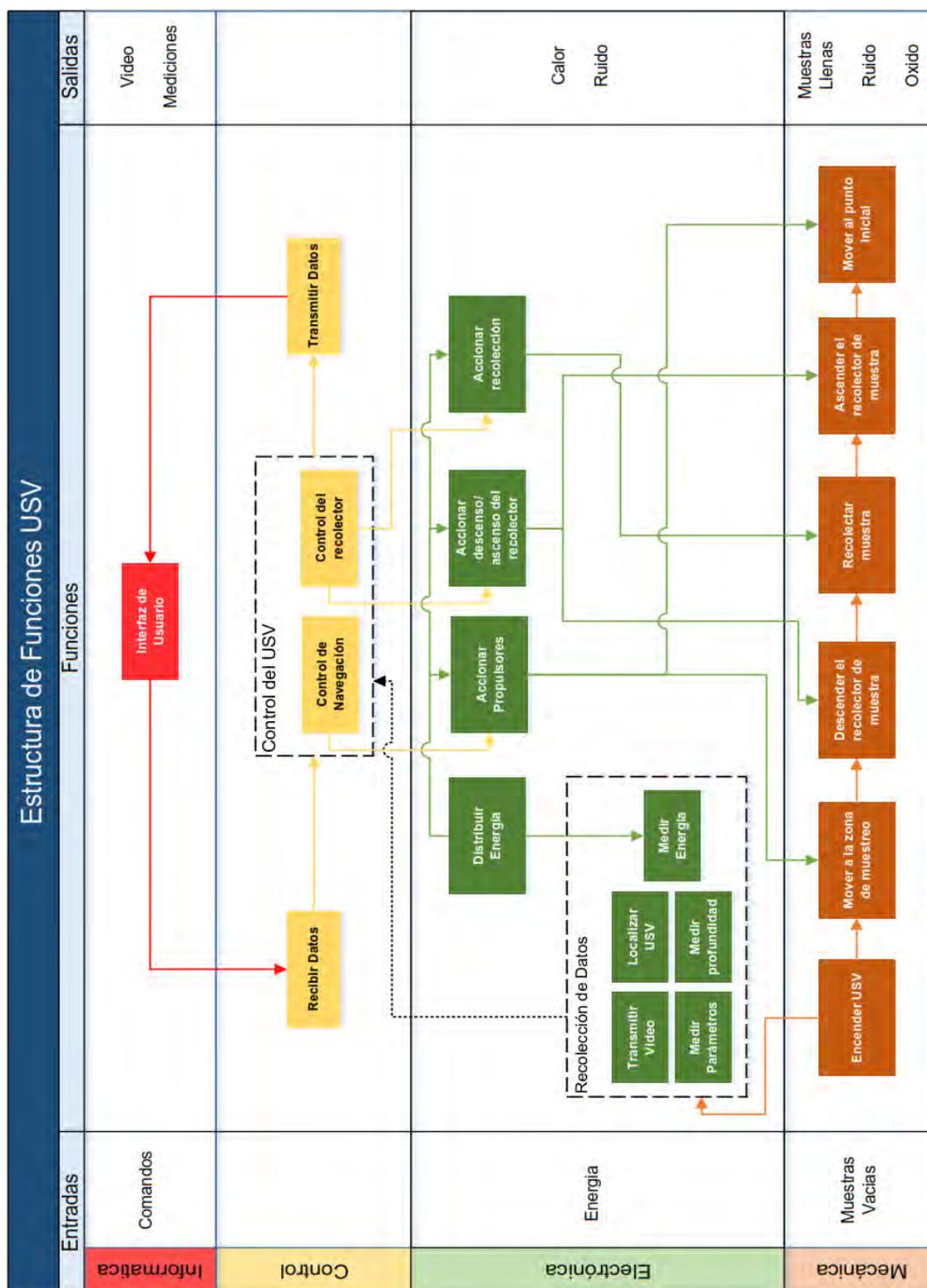


Figura 1. Estructura de funciones del USV

Fuente: Propia

A continuación, se muestran las matrices morfológicas de cada dominio basándose en las funciones anteriores.

Tabla 1. Matriz Morfológica del dominio mecánico
Fuente: Dominio Propio

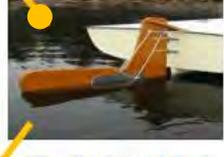
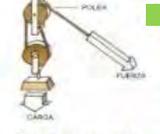
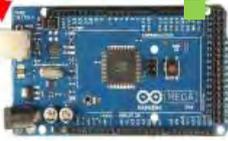
Matriz morfológica mecánica			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Soporte USV	 Mono Hull	 Catamarán	 Trimarán
Propulsión del USV	 Thruster Electrico		
Direccionamiento	 2 Thrusters	 Timón (Rudder)	
Movimineto del mecanismo	 Motor DC	 Motor a pasos	
Mecanismo de Descenso y Ascenso	 Sistema de poleas		
Mecanismo de accionamiento de toma de muestras	 Servomotor	 Motor a pasos	
Toma de muestras	 Botellas Niskin	 Arreglo de jeringas	

Tabla 2. Matriz Morfológica del dominio electrónico
Fuente: Dominio Propio

Matriz morfológica Electrónica			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Almacenamiento de energía	 Baterías Li-Po	 Baterías Ni-Cd	 Deep-cycle battery
Medición de Bateria	 Medición analógica	 Medidor LIPO	
Reducción de Voltaje	 Divisor de voltaje		
Localización del USV	 GPS	 IMU	
Accionamiento de los propulsores	 ESC		
Accionamiento del mecanismo de descenso / ascenso	 DC Motor Driver	 Driver Motor a pasos	
Medición de parametros	 Sonda multiparámetro		
Medición de profundidad	 Encoders	 Batimetro	 Sensor de presión
Accionar recolección	 Servo Driver	 Motor a pasos Driver	
Transmitir Video	 Camaras Digital + Antena		

Tabla 3. Matriz Morfológica del dominio control
Fuente: Dominio Propio

Matriz morfológica control			
Función	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Sistema embebido	 Raspberry Pi 3	 Beaglebone Black	 Odroid XU4
Controlador	 Arduino Mega	 TIVA	
Comunicación Inalambrica	 Radio Frecuencia	 Wifi	

Como se puede ver de cada matriz da como resultado tres opciones (**Opción 1 – Amarillo**, **Opción 2 – Rojo** y **Opción 3 - Verde**) de solución las cuales se relacionan para obtener tres soluciones generales como se muestra en la siguiente tabla:

	Solución 1 ●	Solución 2 ▼	Solución 3 ■
Mecánica	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Electrónica	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Control	Opción 1	Opción 2	Opción 3

SOLUCIÓN 1

En esta solución el USV es de un solo casco, el movimiento se da gracias a un thruster eléctrico y a un timón que permite re direccionar el flujo del thruster. El mecanismo de descenso es un conjunto de poleas que sostienen un rack de botellas Niskin y en medio del arreglo se encuentra la sonda multiparámetro. Este mecanismo es accionado por un motor DC el cual regula la posición con un encoder. Todo el sistema electrónico se encuentra dentro del casco y la antena para la transmisión se encuentra sobresaliendo del compartimiento.

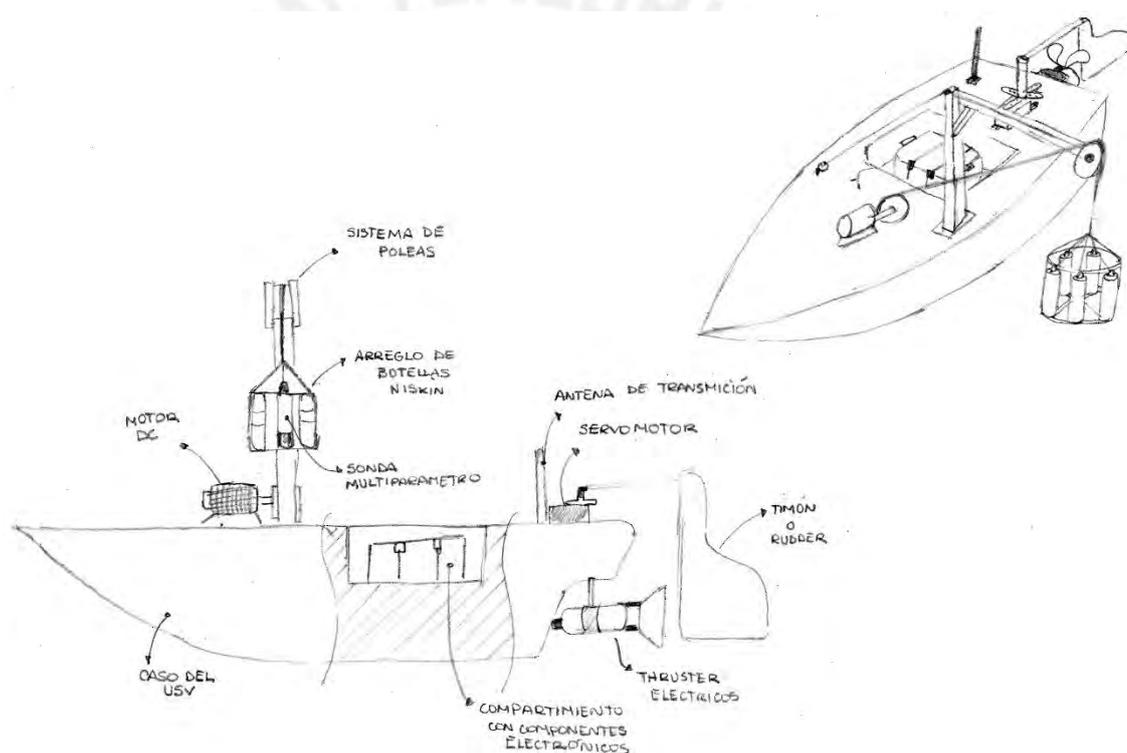


Figura 2. Concepto Solución 1
Fuente: Propia

SOLUCIÓN 2

En esta solución el USV es de dos solo casco, el movimiento se da gracias al uso de dos thrusters eléctrico generando así un arreglo diferencial. El mecanismo de descenso es un conjunto de poleas que se sostiene en un marco que se encuentra entre los dos cascos. La polea sostiene un rack de recolectores tipo jeringa y en medio del arreglo se encuentra la sonda multiparámetro. Este mecanismo es accionado por un motor DC el cual regula la posición con un encoder. Todo el sistema electrónico se encuentra dividido entre los 2 cascos y la antena para la transmisión se encuentra sobresaliendo de uno de los compartimientos.

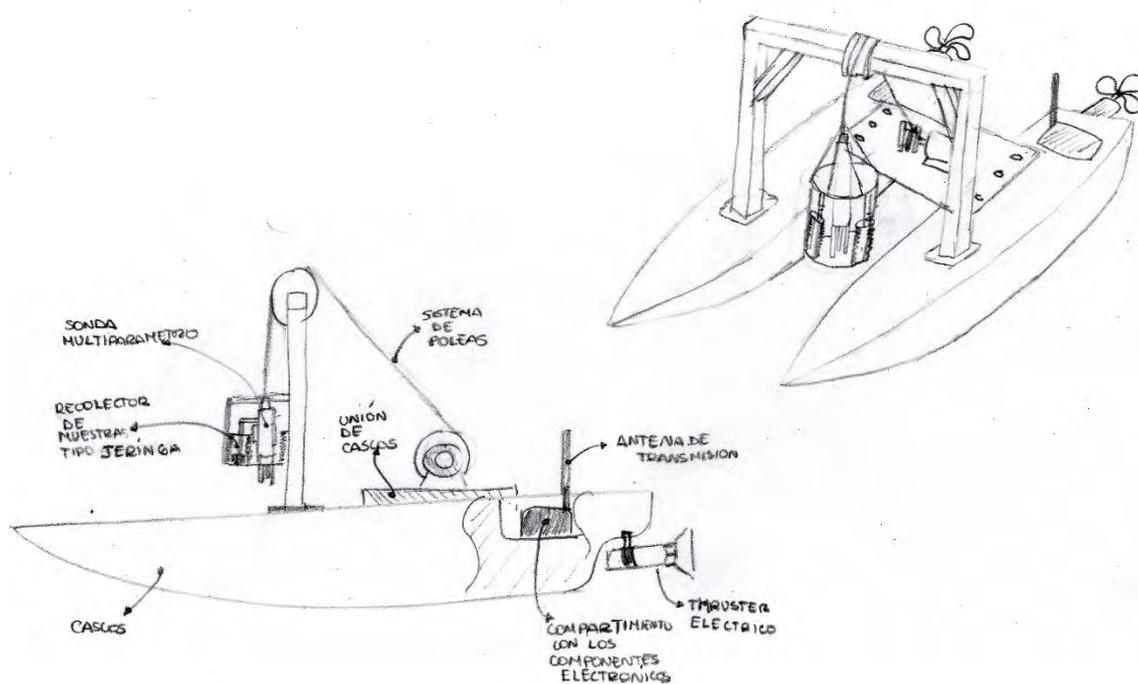


Figura 3. Concepto Solución 2

Fuente: Propia

SOLUCIÓN 3

En esta solución el USV es de tres solo casco, teniendo un casco de mayor tamaño para generar un mayor empuje y donde se encontrara el motor del mecanismo de descenso, el movimiento se da gracias al uso de dos thrusters eléctrico generando así un arreglo diferencial. El mecanismo de descenso es un conjunto de poleas que se sostiene en un marco que se encuentra entre los dos cascos. La polea sostiene un rack de recolectores tipo jeringa y en medio del arreglo se encuentra la sonda multiparámetro. Este mecanismo es accionado por un motor a pasos el cual regula la posición con un encoder. Todo el sistema electrónico se encuentra dividido entre los 2 cascos y la antena para la transmisión se encuentra sobresaliendo de uno de los compartimientos.

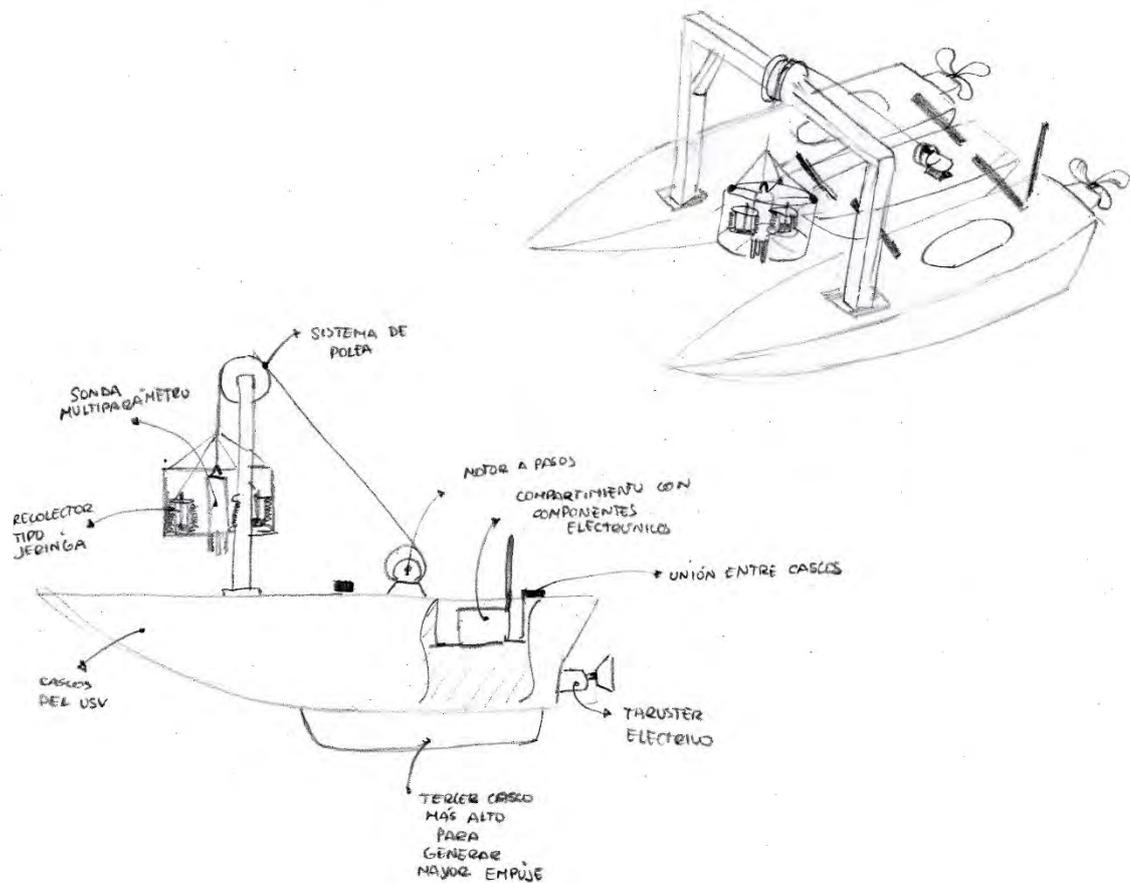


Figura 4. Concepto Solución 2
Fuente: Propia

Para la selección del modelo adecuado se realizara una evaluación en dos aspectos, el técnico y el económico. En el primer aspecto se han evaluado características del robot como longitud de transmisión, uso de fuerza, facilidad de transporte, rigidez, entre otros. En el aspecto económico se evalúan características como la disponibilidad de materiales, costos de fabricación y mantenimiento, entre otros. Esta evaluación se ve resumida en la Tabla 4; en cada solución se tiene un índice de 0 – 1 tanto en el aspecto tecnológico y económico. Estos puntajes se ubican en un gráfico donde se busca un balance entre los aspectos donde la recta ideal es aquella donde los aspectos son iguales (Figura 5)

Tabla 4. Tabla de Evaluación de aspectos técnicos y económicos
Fuente: Propia

ASPECTOS TECNICOS	Peso	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
		Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso
Buen uso de energía o fuerza	2	1	2	3	6	2.5	5	4	8
Seguridad	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Rapidez	1	2	2	3	3	2	2	4	4
Estabilidad	2	2	4	2.5	5	3	6	4	8
Rigidez	1	2	2	2	2	3	3	4	4
Manipulación	2	2	4	2	4	2	4	4	8
Confiabilidad	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Facilidad de Manejo	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Facilidad de Transporte	2	3	6	2.5	5	2	4	4	8
Calidad de trabajo	1	2	2	2	2	2	2	4	4
Complejidad	1	2	2	3	3	2.5	2.5	4	4
Lista de exigencias	3	3	9	3	9	3	9	4	12
Posibilidades de Automatización	3	3	9	3	9	3	9	4	12
Rango de Transmisión	4	3	12	3	12	2	8	4	16
TOTAL ASPECTOS TECNICOS			72		78		72.5		112
			0.643		0.696		0.647		1.00

ASPECTOS ECONOMICOS	Peso	Solución 1		Solución 2		Solución 3		Ideal	
		Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso	Sin Peso	Con Peso
Número de Piezas	1	3	3	2.5	2.5	2	2	4	4
Fácil adquisición de los materiales	2	2	4	2	4	2	4	4	8
Pocos desperdicios	1	3	3	3	3	3	3	4	4
Costo de Tecnología	2	3	6	3	6	3	6	4	8
Facilidad de montaje	2	2	4	3	6	2.5	5	4	8
Fácil mantenimiento	2	2	4	3	6	2.5	5	4	8
Costos de operación	2	3	6	3	6	3	6	4	8
TOTAL ASPECTOS ECONOMICOS			30		33.5		31		48
			0.625		0.698		0.646		1.00

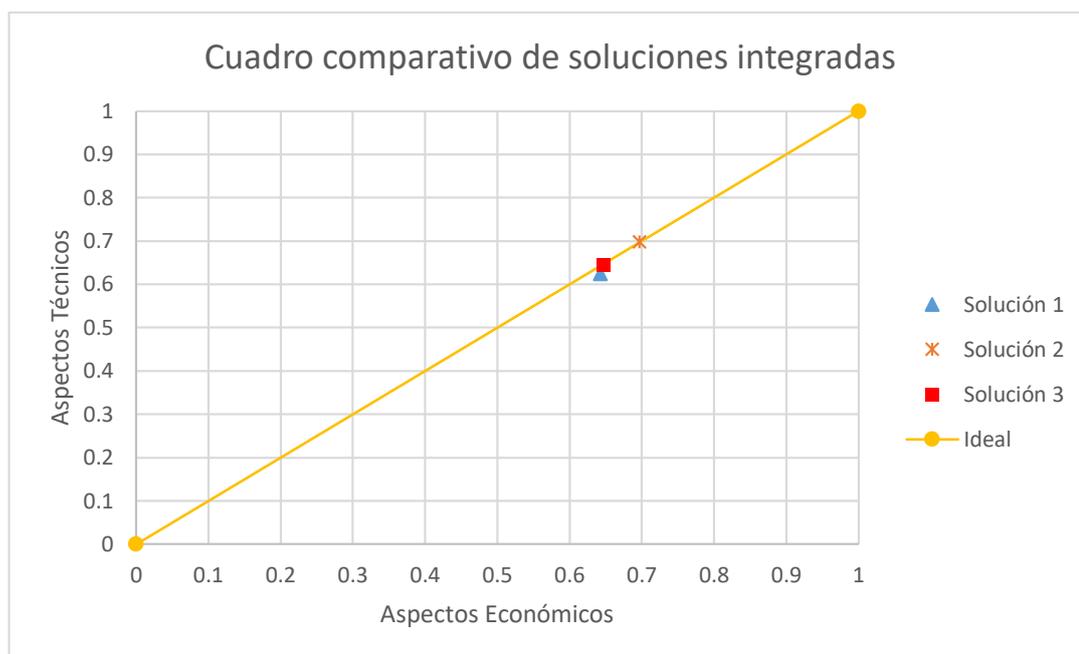


Figura 5. Gráfico comparativo de los aspectos de evaluación
Fuente: Propia

El gráfico se puede determinar que la solución que mejor balance tiene es la segunda solución, por lo cual es esta solución se optimizara buscando involucrar opciones de las otras soluciones. Finalmente, en la Figura 6 se puede observar el diseño óptimo que se desarrollará.

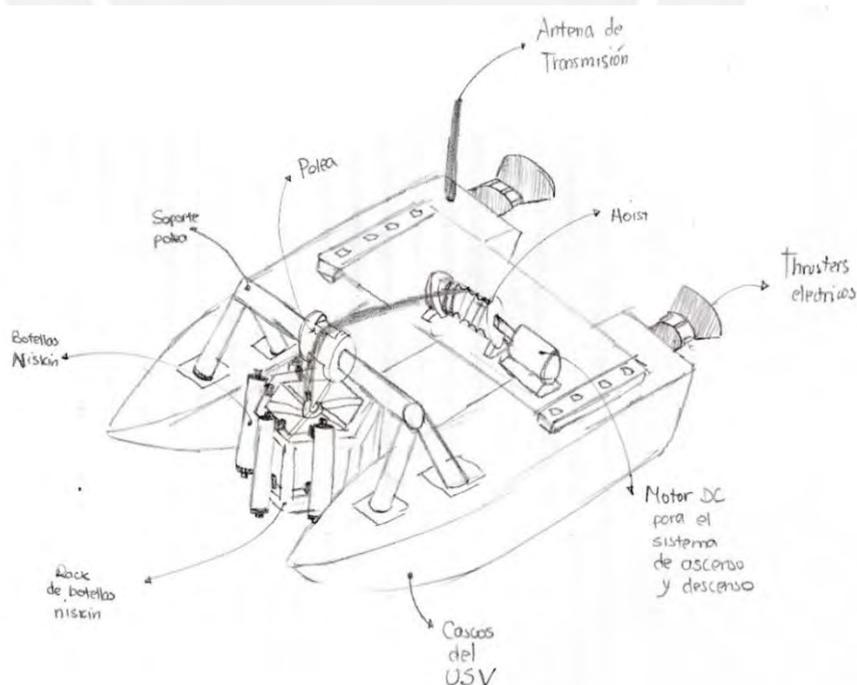


Figura 6. Concepto de solución definitivo.
Fuente: Propia

ANEXO B: CÁLCULOS DE DISEÑO

I. Cálculos Mecánicos

En el presente anexo se presentaran todos los cálculos relacionados para la selección de componentes y verificación de diseños.

1. Cálculos del Recolector de muestras

En el recolector de muestras se usarán botellas Niskin con la capacidad de 1.2 L; según datos del fabricante cuando tomo la muestra el peso es de 3.24 kg. Este dato será nuestro dato de entrada para la selección de la banda elástica y con esto poder realizar el resto de cálculos de los demás componentes.

a) Selección de la banda elástica

Es usual usar en las botellas Niskin bandas elásticas de caucho, es por eso que se seleccionó este material para el cálculo. La propiedad del caucho que usaremos para el análisis es el módulo de Young cuyo valor se encuentra en el siguiente rango:

$$E = 0.01 - 0.1 \text{ GPa} = 10 - 100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Se utiliza esta propiedad para poder determinar la longitud (L_0) y elongación (ΔL), ya que las relaciona de la siguiente manera:

$$E = \frac{F * L_0}{A_0 * \Delta L}$$

Para determinar el la fuerza (F), se usara el siguiente diagrama de cuerpo libre (DCL), que se realiza una vez tomada la muestra y en la tapa inferior de la botella Niskin.

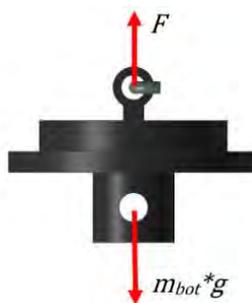


Figura 7. DCL tapa de la botella Niskin.
Fuente: Propia.

$$\begin{aligned}\Sigma F &= 0 \\ F - m_{bot} * g &= 0 \\ F &= 3.24 * 9.81 = 31.78 \text{ N}\end{aligned}$$

Con esta fuerza calculada se puede realizar la búsqueda de la longitud de la banda de caucho. Notar que se multiplica por 2 ya que la fuerza debe estar presente a los dos extremos de la banda de caucho.

$$\Delta L = \frac{2 * F * L_0}{A_0 * E}$$

La banda de caucho que se utilizara será de forma tubular y tiene como diámetro exterior 5 mm y diámetro interior 2 mm, el área se calcula de la siguiente manera:

$$A_0 = (D^2 - d^2) * \frac{\pi}{4} = (25 - 4) * \frac{\pi}{4} = 16.49 \text{ mm}^2$$

Con los datos anteriores se obtiene la siguiente ecuación con su respectiva gráfica:

$$\Delta L = 0.071 * L_0$$

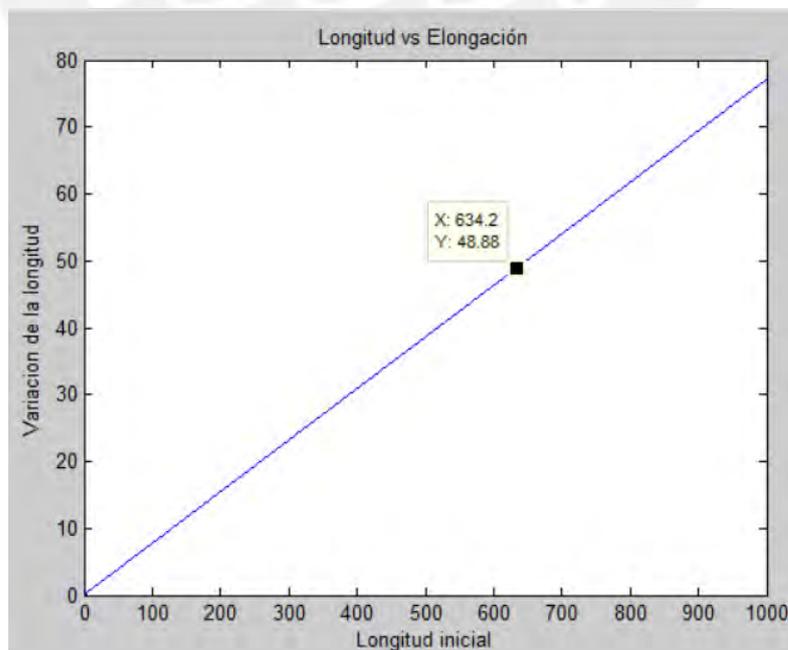


Figura 8. Gráfico de Longitud Inicial versus elongación.
Fuente: Propia.

Sabemos también que la longitud total debe de ser de 724 mm con lo que se puede hallar la longitud deseada.

$$\Delta L + L_0 = 724$$

$$0.071 * L_0 + L_0 = 724 \rightarrow L_0 = 672 \text{ mm}$$

Con este cálculo se concluye que la banda de caucho que se debe de comprar debe de tener una longitud de 672 mm para que pueda cerrar correctamente la botella Niskin.

b) Cálculos en el eje de liberación

Para este cálculo es necesario hallar la fuerza de tensión a la que estará sometido el eje. Para esto primero se calculara la fuerza que ejerce la banda al estar abierta, con los datos del cálculo anterior se obtiene una ecuación que relaciona la fuerza con la elongación. La ecuación se presenta a continuación con su respectivo gráfico.

$$F = 1.23 * \Delta L$$

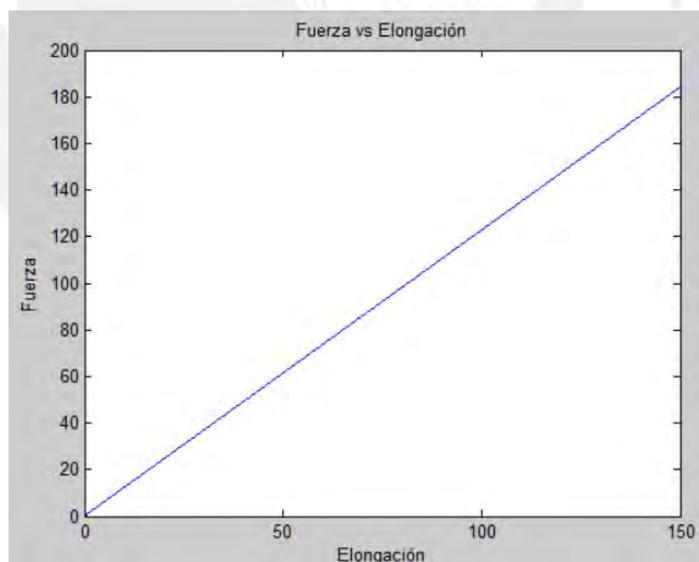


Figura 9. Gráfico de Fuerza versus elongación.
Fuente: Propia.

Con la ecuación de relación anterior se podrá determinar la fuerza según la elongación de la banda elástica de caucho. Lo primero es determinar los ángulos θ y ϕ de las cuerdas de tensión; para esto hacemos uso de la geometría del recolector.



Figura 10. Gráfico para determinación de ángulos de cuerdas tensoras.

Fuente: Propia.

$$\phi = \tan^{-1}(60/524) = 6.53^\circ$$

$$\theta = \tan^{-1}(60/200) = 16.69^\circ$$

Asumiendo que la distancia perpendicular a la longitud de la botella será la misma en cada lado y que la distancia máxima paralela a la longitud es 60 mm sumado ambas elongaciones.

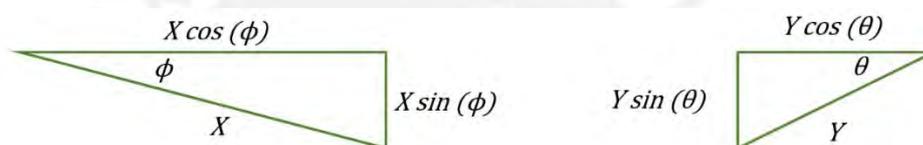


Figura 11. Gráfico para determinar la elongación.

Fuente: Propia.

$$X \sin(\phi) = Y \sin(\theta) \rightarrow X = 2.525 * Y$$

$$X \cos(\phi) + Y \cos(\theta) = 60$$

$$2.525 * Y \cos(\phi) + Y \cos(\theta) = 60$$

$$Y * 3.47 = 60$$

$$Y = 17.304 \text{ mm}$$

$$X = 43.694 \text{ mm}$$

Estas son las elongaciones de cada lado a las cuales se les sumará 26 mm, mitad de la elongación inicial, a esta nueva elongación se le aplicara la formula:

$$F = 1.23 * \Delta L$$

$$F = 1.23 * (17.204 + 26) = 53.26 \text{ N}$$

$$F = 1.23 * (43.694 + 26) = 85.72 \text{ N}$$

Con las fuerzas calculadas podemos hallar el valor de las tensiones en cada tapa de la botella Niskin. Los DCL se muestran a continuación:

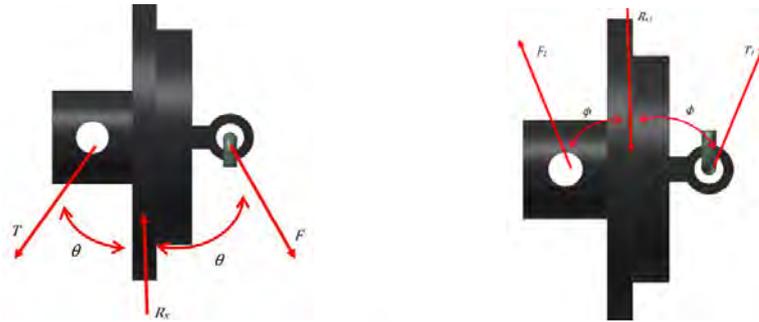


Figura 12. DCL de las dos tapas de las botellas Niskin.
Fuente: Propia.

$$\Sigma F_x = F \sin(\theta) - T \sin(\theta) = 0$$

$$F = T = 53.26 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = F_1 \cdot \sin(\phi) - T_1 \cdot \sin(\phi) = 0$$

$$F_1 = T_1 = 85.72 \text{ N}$$

Con estas tensiones podemos ir al eje, para calcular el resorte necesario para el trabajo y la reacción en el seguro.

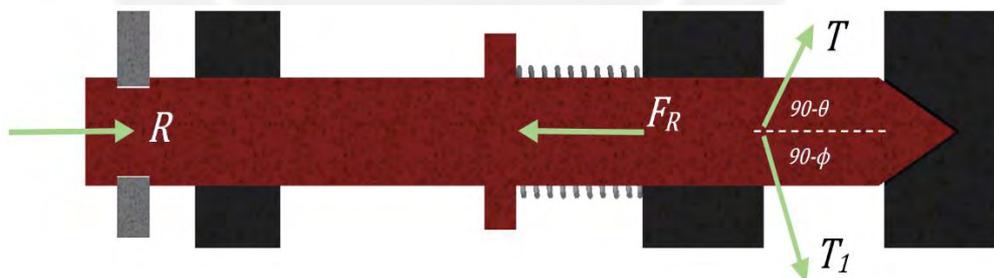


Figura 13. DCL eje del mecanismo.
Fuente: Propia.

$$\Sigma F_x = R - F_R + T_1 \cos(90 - \phi) + T \cos(90 - \theta) = 0$$

$$R - F_R + T_1 \cos(90 - \phi) + T \cos(90 - \theta) = 0$$

$$F_R = R + T_1 \cos(90 - \phi) + T \cos(90 - \theta)$$

$$F_R = R + 85.72 * \cos(90 - \phi) + 53.26 * \cos(90 - \theta)$$

$$F_R = R + 25.04$$

Sabemos que la fuerza del resorte debe ser mayor a 25.04 N y que la longitud libre del mismo no debe superar los 40 mm por la geometría del mecanismo y que se comprimirá hasta 15 mm, por lo que es necesario un resorte que sea capaz de brindar la fuerza necesaria.

$$F_R = k * \Delta x$$

$$F_R = k * (x_o - 15) > 25$$

$$40 > x_o > \frac{25}{k} + 15 \rightarrow 41 > \frac{25}{k} + 15$$

$$\therefore k > 1.0 \quad \wedge \quad 40 > x_o > 15$$

Para cumplir estas condiciones se escogió un resorte que sea de acero inoxidable 316 que tiene buena resistencia a la corrosión, el resorte “LC 046GH 06S316” de la empresa “Lee Spring Company” con las siguientes características:

$$k = 1.61 \text{ N}$$

$$x_o = 31.75 \text{ mm}$$

$$\therefore F_R = k * \Delta x = 1.61 * (31.75 - 15) = 26.8 \text{ N}$$

$$R = 1.76 \text{ N}$$

Con este valor de la reacción podemos calcular el torque necesario para que la selección del motor a pasos:

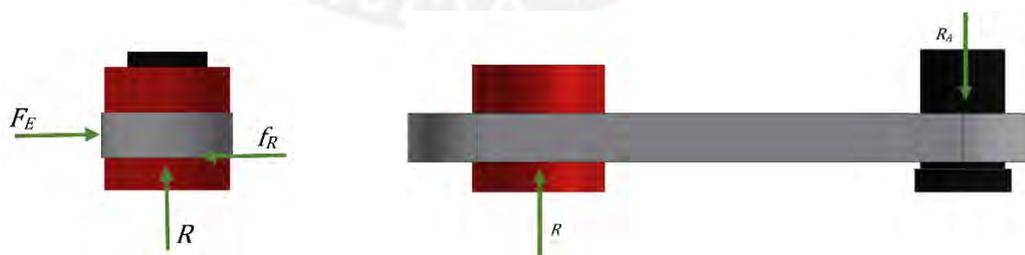


Figura 14. DCL del eslabón que actúa como seguro.
Fuente: Propia.

Primero se debe calcular la fuerza de rozamiento estática, para esto necesitamos el coeficiente de rozamiento entre los 2 materiales. Para este caso será acero inoxidable 316 por lo que su rozamiento (μ_s) es igual a 0.8.

$$f_r = R * \mu_s = 1.76 * 0.8 = 1.41 \text{ N}$$

$$\Sigma F = F_E - f_r = 0$$

$$F_E = f_r = 1.41 \text{ N}$$

Además, se sabe que la distancia a la cual se debe aplicar esta fuerza es a 108.5 mm, por lo que el torque necesario para la selección del motor a pasos.

$$F_E = F_r * d = 1.41 * 108.5 = 152.98 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Con este requerimiento se escogerá un motor a pasos WP-U21 que tiene un frame tipo NEMA 23 de la empresa “Empire Magnetics”, que es a prueba de agua y tiene como torque máximo 423 N-mm.

2. Cálculos en el mecanismo de ascenso – descenso

En esta parte se describirá los cálculos realizados para la selección de la viga de soporte, así como el cálculo del motor para el ascenso y descenso del recolector de muestras.

a) Selección del perfil de la viga

Como sabe que el peso aproximado del recolector de muestras es de 40 kg, por lo que se buscó una polea marina que pueda soportar este peso y se realizó el DCL de la polea para saber cuánta carga le iba a aplicar a la viga. Se asume que las cuerdas están en paralelo con lo que tendríamos la carga máxima a la que trabajara la viga.

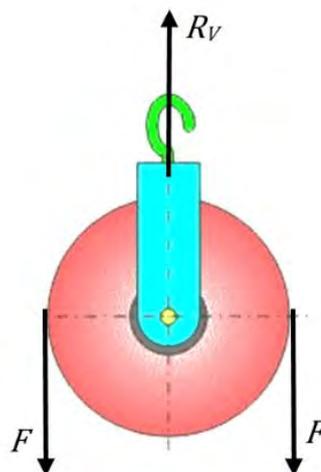


Figura 15. DCL de las la polea.
Fuente: Propia.

$$\Sigma F_y = R_V - 2F = 0$$

$$R_V = 2F = 800 \text{ N}$$

Una vez calculada la fuerza que se aplica en la viga se realizara el análisis de resistencia para determinar cuál perfil seria el ideal, así como el material del perfil. A continuación se muestra el DCL de la viga.

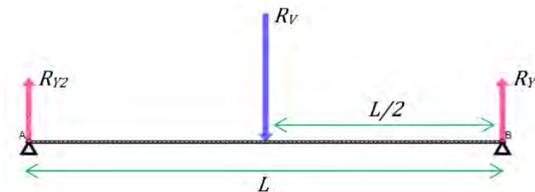


Figura 16. DCL de la viga.
Fuente: Propia.

$$\Sigma M_A = -R_V * \frac{L}{2} + -R_{Y1} * L = 0$$

$$R_{Y1} = \frac{R_V}{2}$$

$$\Sigma F_Y = -R_V + R_{Y1} + R_{Y2} = 0$$

$$R_{Y2} = \frac{R_V}{2}$$

Luego de resolver el DCL se dibujaron los diagramas de fuerza cortante y momento flector para determinar el punto de flexión máximo y con esto hallar el esfuerzo máximo.

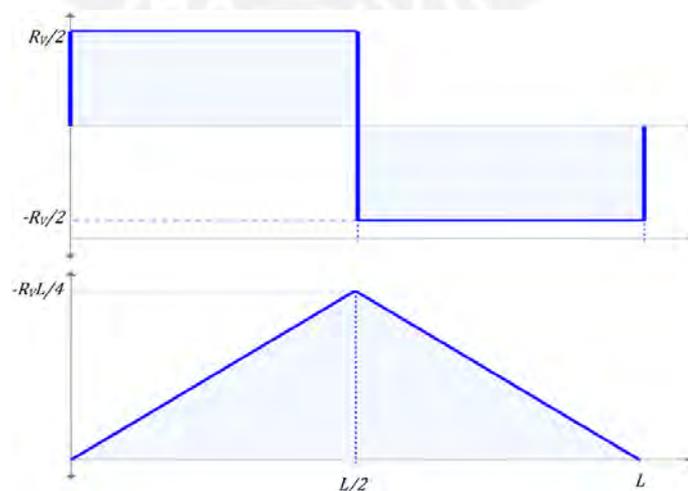


Figura 17. Diagrama de fuerza cortante (Superior), Diagrama de momento Flector (Inferior).
Fuente: Propia.

Con estos diagramas se puede obtener el momento máximo que se da en el medio de la viga, además el análisis de resistencia se realizó con tubos cuadrados de acero ASTM A-500, para los distintos tamaños se calculó su inercia y con esta se pudo hallar el esfuerzo máximo, la deformación y el factor de seguridad. En tabla se resume los resultados del análisis, para el cual se usaron las siguientes formulas:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} * c}{I}$$

$$\delta_{max} = \frac{-V * L^3}{48EI}$$

Tabla 5. Tabla de Inercias de los perfiles tubulares cuadrados.

Fuente: Propia.

Lado (mm)	40	50	60	60
Espesor (mm)	4	4.5	3	4
Inercia (mm ⁴)	125952.00	285353.25	371412.00	470698.67

Tabla 6. Tabla de esfuerzos y factores de seguridad para la viga de soporte.

Fuente: Propia.

Longitud de la viga (mm)	Momento Flector (N.mm)	Posición momento (mm)	Inercia 1			Inercia 2			Inercia 3			Inercia 4		
			Esfuerzo (MPa)	Deflexión (mm)	FS									
500	100000	250	198.5	0.003	1.4	87.6	0.002	3.1	67.3	0.001	4.0	53.1	0.001	5.1
550	110000	275	240.2	0.005	1.1	106.0	0.002	2.5	81.4	0.002	3.3	64.3	0.001	4.2
600	120000	300	285.8	0.006	0.9	126.2	0.003	2.1	96.9	0.002	2.8	76.5	0.002	3.5
650	130000	325	335.4	0.008	0.8	148.1	0.003	1.8	113.8	0.003	2.4	89.8	0.002	3.0
700	140000	350	389.0	0.010	0.7	171.7	0.004	1.6	131.9	0.003	2.0	104.1	0.003	2.6
750	150000	375	446.6	0.012	0.6	197.1	0.005	1.4	151.4	0.004	1.8	119.5	0.003	2.3
800	160000	400	508.1	0.014	0.5	224.3	0.006	1.2	172.3	0.005	1.6	136.0	0.004	2.0
850	170000	425	573.6	0.017	0.5	253.2	0.008	1.1	194.5	0.006	1.4	153.5	0.005	1.8
900	180000	450	643.1	0.020	0.4	283.9	0.009	1.0	218.1	0.007	1.2	172.1	0.005	1.6
950	190000	475	716.5	0.024	0.4	316.3	0.011	0.9	243.0	0.008	1.1	191.7	0.006	1.4
1000	200000	500	794.0	0.028	0.3	350.4	0.012	0.8	269.2	0.009	1.0	212.5	0.007	1.3

Al no conocer aún la separación de los cascos, por ende la longitud de la viga se realizó el análisis de resistencias para diferentes longitudes, vemos que los tubos cuadrados de 60x3 y 60x4, son los que nos dan un F.S. mayor que uno para todas las longitudes, por lo cual los dos cumplirían la función. Asimismo, se escogió el 60x3 mm pues su peso por unidad de longitud es menor, y nos daría un menor peso para diseñar los cascos.

b) Cálculos en el tambor del cabestrante

En esta sección se verificara si el conjunto motor – tambor (GX1 – “Lone Star Company”) seleccionado tiene la capacidad de albergar la totalidad del cable necesario, que es aproximadamente entre 60 - 70 m. Las dimensiones del cabestrante se muestran en Figura 18

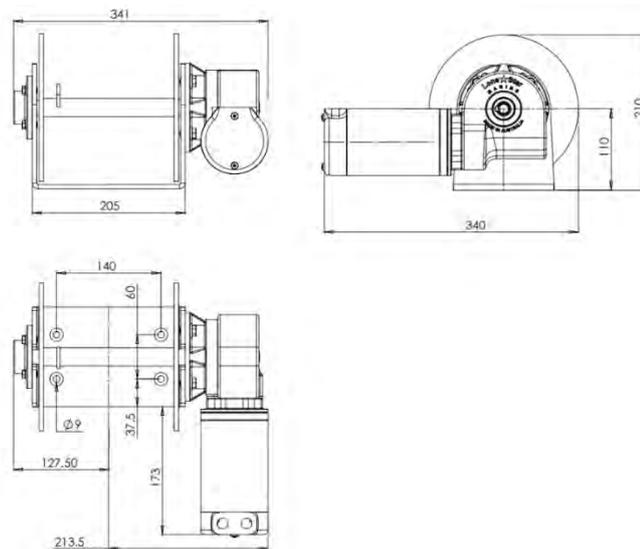


Figura 18. Plano del cabestrante comercial.

Fuente: <http://lonestarmarine.com.au/>

A continuación se presenta el DCL para calcular cuanta potencia requerirá el levantamiento del recolector de muestras. El torque no es necesario calcularlo, debido a que el sistema asegura que la carga máxima que puede levantar es de 100 kg.

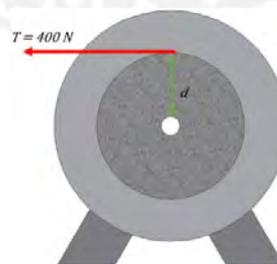


Figura 19. DCL del cabestrante.

Fuente: Propia.

$$M_C = T * d = 400 * 30 \text{ mm}$$

$$M_C = 12000 \text{ N.mm} = 12 \text{ N.m}$$

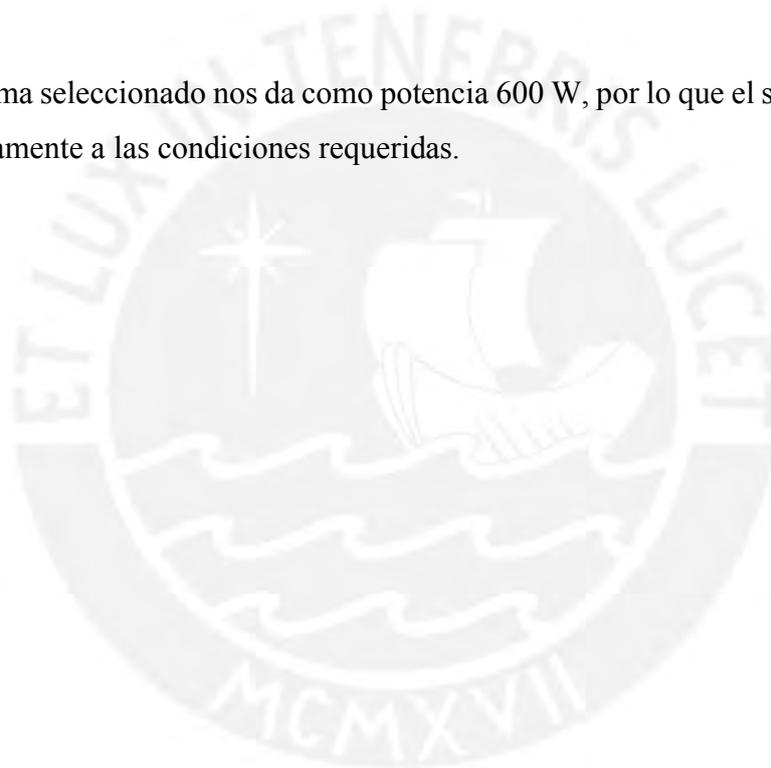
El sistema se mueve a 30 metros por minuto, lo cual se puede traducir a velocidad angular usando la siguiente relación:

$$v = \omega \cdot r$$
$$0.5 \frac{m}{s} = \omega \cdot 30 \text{ mm}$$
$$\omega = 16.667 \text{ rad/s}$$

Con la velocidad angular y el torque se puede calcular la potencia que será necesaria para mover esta carga.

$$P = M \cdot \omega = 12 * 16.667 = 200 \text{ W}$$

El sistema seleccionado nos da como potencia 600 W, por lo que el sistema funcionara correctamente a las condiciones requeridas.



3. Simulaciones

Para comprobar el correcto funcionamiento de las estructuras se realizaron distintas simulaciones con el software Inventor de la empresa Autodesk. A continuación se mostraran las simulaciones de los componentes más importantes.

a) Deformación del casco

El primer componente del sistema mecánico que se tiene que verificar su deformación es el casco, el cual es el soporte de toda la estructura superior del modelo. Lo primero a realizar es distribuir las cargas correctamente en los apoyos del casco, en la Figura 20 se puede apreciar la distribución de cargas.

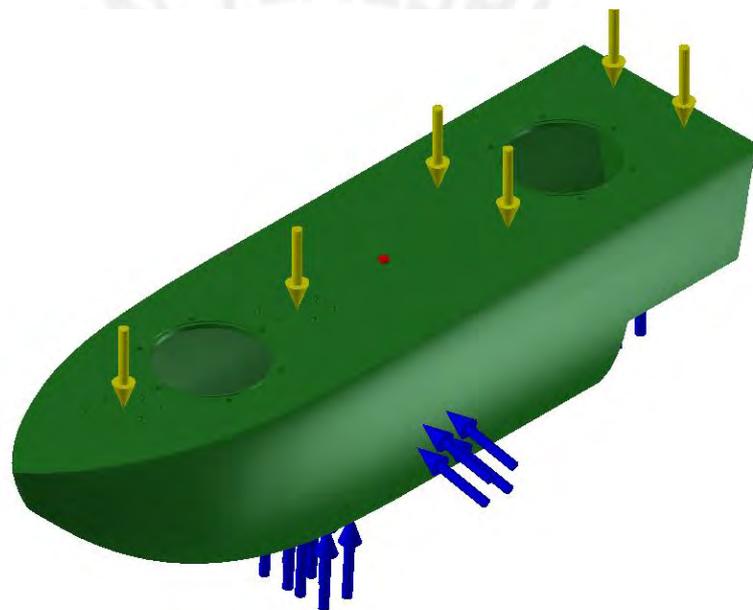


Figura 20. Cargas en el casco.
Fuente: Propia.

En la Figura 21 se puede ver el resultado de la simulación, en donde se ve que la deformación máxima que sufre el casco es de 0.03 mm; esta deformación es insignificante para el largo del casco que es 1500 mm.

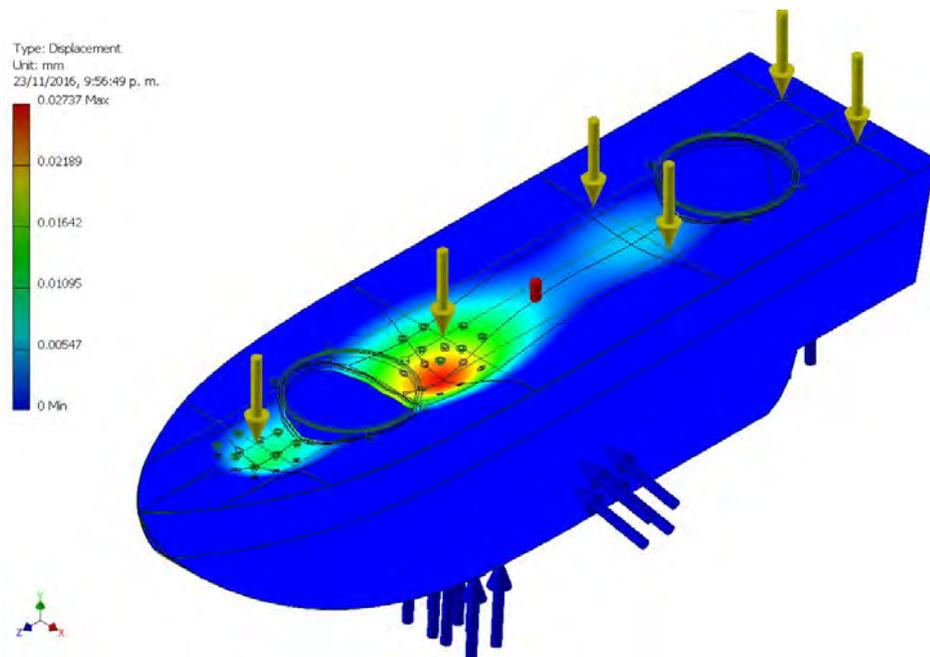


Figura 21. Deformación del Casco.
Fuente: Propia.

b) Deformación de la viga principal del mecanismo

La deformación causada por flexión que se da en la viga es causada en su totalidad por la carga del recolector de muestras y como este componente es primordial para que el sistema funcione correctamente, es necesario analizar que la viga no se deforme. En la Figura 22 se ve el resultado de la simulación que muestra que la deformación es de 0.02 mm.

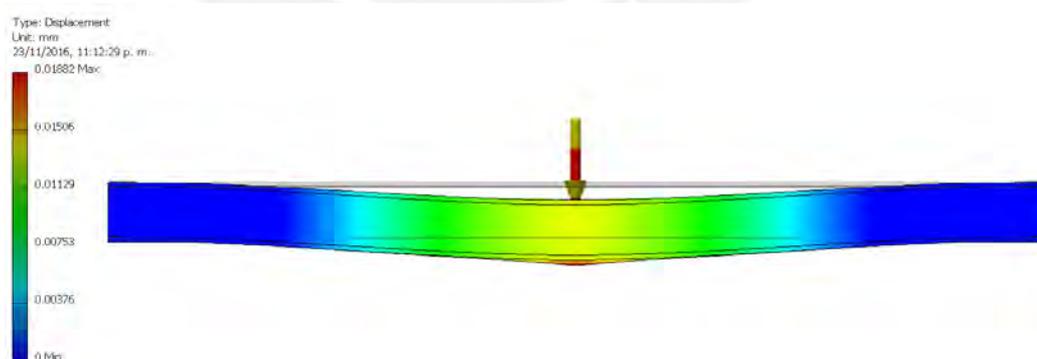


Figura 22. Deformación en la viga de soporte del recolector.
Fuente: Propia.

4. Selección de los O-rings

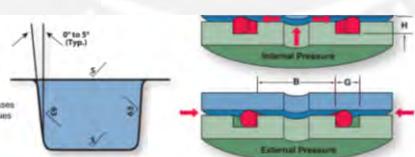
Como parte del diseño del USV se realizaron dos agujeros de 200 mm para facilitar la instalación y mantenimiento tanto de los propulsores como del soporte del mecanismo de ascenso y descenso, esto se realizó para evitar el ingreso de fluido al casco por esta cavidad fue necesario el cálculo de un O-ring siguiendo la guía de la empresa “Apple Rubber”.

El primer dato que se necesita es la distancia a la cual se encontrara el canal del O-ring, en nuestro caso se decidió ponerlo a 215 mm para que el O-ring seleccionado no sea muy grande, que son más costosos. A continuación la fórmula para hallar el ID (Diámetro interno) del O-ring, en esta se hace uso del porcentaje de estiramiento que se recomienda que sea en 1 – 5%.

$$I. D_{O-ring} = \frac{\text{Diámetro del canal}}{\% \text{Estiramiento} + 1}$$

$$I. D_{O-ring} = \left[\frac{215}{1.01} ; \frac{215}{1.05} \right] = [205 ; 213] \text{ mm} = [8.071 ; 8.386] \text{ in}$$

El tipo de sellado es estático axial, y según el ID recomiendan ciertas medidas para el canal, en la Figura 23 se muestra un extracto de las tablas de la empresa que están de acuerdo a la norma AS-568.



Static Gland Detail
Surface finish: 5
32 for liquids
16 for vacuum and gases
Finishes are RMS values

9° to 5° (Typ.)

Internal Pressure

External Pressure

Table B Static Axial Seal Gland Dimensions

AS-568* Number	O-ring Dimensions			Internal Pressure	External Pressure	Groove Width G	Gland Depth H
	I.D. ± Tol.	W. ± Tol.	O.D. (ref)	Diameter A	Diameter B		
Tolerance				+0.05 -0.00	+0.00 -0.05	+0.10 -0.00	+0.05 -0.00
-165	6.487 ± .040	.103 ± .003	6.693	6.688	6.492	.170	.075
-166	6.737 ± .040		6.943	6.938	6.742	.170	.075
-167	6.987 ± .040		7.193	7.188	6.992	.170	.075
-168	7.237 ± .045		7.443	7.438	7.242	.170	.075
-169	7.487 ± .045		7.693	7.688	7.492	.170	.075
-170	7.737 ± .045		7.943	7.938	7.742	.170	.075
-171	7.987 ± .045		8.193	8.188	7.992	.170	.075
-172	8.237 ± .050		8.443	8.438	8.242	.170	.075
-173	8.487 ± .050		8.693	8.688	8.492	.170	.075

Figura 23. Extracto de la Tabla B de selección de O-ring.
Fuente: www.applerrubber.com

De la tabla tomamos el ID que se encuentra en el rango de los posibles valores según los estiramientos recomendados. Las medidas de diámetro son las de presión externa y son las de O-ring -172.

Adicionalmente, se tuvieron que usar O-rings para evitar filtraciones por los agujeros de los de las uniones del casco (pernos), para este cálculo se tomó como radio exterior 9 mm, debido a que los pernos son M6 y su diámetro es 6.6 mm. Con esto se puede calcular el ID del O-ring

$$I. D_{O-ring} = \frac{\text{Diámetro del canal}}{\% \text{Estiramiento} + 1}$$

$$I. D_{O-ring} = \left[\frac{215}{1.01} ; \frac{215}{1.05} \right] = [8.57 ; 8.91] \text{ mm} = [0.337 ; 0.351] \text{ in}$$

El tipo de sellado es estático radial, usando el extracto de las tablas de la empresa que se ve en la Figura 24 se puede determinar que no hay un O-ring estándar para lo que se necesita por lo que se escogió el siguiente o más próximo que sería el O-ring -012.

AS-568* Number	O-ring Dimensions			Internal Pressure	External Pressure	Groove Width G	Gland Depth H
	I.D. ± Tol.	W. ± Tol.	O.D. (ref)	Diameter A	Diameter B		
Tolerance				+005 -000	+000 -005	+010 -000	+005 -000
-004	.070 ± .005	.070 ± .003	.210	**	.075	.125	.049
-005	.101 ± .005		.241	**	.106	.125	.049
-006	.114 ± .005		.254	**	.119	.125	.049
-007	.145 ± .005		.285	**	.150	.125	.049
-008	.176 ± .005		.316	**	.181	.125	.049
-009	.208 ± .005		.348	**	.213	.125	.049
-010	.239 ± .005		.379	**	.244	.125	.049
-011	.301 ± .005		.441	.436	.306	.125	.049
-012	.364 ± .005		.504	.499	.369	.125	.049

Figura 24. Extracto de la Tabla B de selección de O-ring.

Fuente: www.applerrubber.com

Con estos dos O-ring seleccionados, se aseguró evitar la filtración de por los agujeros que se tuvieron que realizar en la estructura del USV; asimismo se obtuvieron las dimensiones del canal donde se colocará el O-ring.

5. Cálculo de los propulsores

En esta sección se detallara los pasos realizados para la determinación de la resistencia del ASV y con esto la selección de los propulsores. Es importante resaltar que los pasos seguidos para los cálculos se sigue la norma ITTC-57 (International Towing Tank Committee).

El primer paso para el cálculo de la resistencia total, es la determinación de los coeficientes de resistencia total del casco, este coeficiente se define con la siguiente la siguiente fórmula:

$$C_T = C_F + C_A + C_{AA} + C_R$$

Donde:

C_T	:	Coficiente de resistencia total
C_F	:	Coficiente de resistencia a la fricción
C_A	:	Coficiente de resistencia incremental
C_{AA}	:	Coficiente de resistencia del aire
C_R	:	Coficiente de resistencia residual

Con este coeficiente se puede calcular la resistencia siguiendo la formula mostrada a continuación:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

Donde:

R_T	:	Resistencia total
C_T	:	Coficiente de resistencia total
S	:	Superficie o área en contacto con el fluido
V	:	Velocidad del barco
ρ	:	Coficiente de resistencia residual

El primer paso a realizar es el cálculo de S , para esto se pueden usar métodos matemáticos o mediante software ver el área sumergida. Para el análisis realizado se usó el software Inventor en donde se modelo el casco, de donde obtenemos el siguiente valor.

$$S = 1.039 \text{ m}^2$$

El segundo paso es el cálculo del coeficiente de fricción (C_F) para esto se usa el número de Reynolds (R_n), a continuación se muestra tanto ambas ecuaciones:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$R_n = \frac{\rho \cdot V \cdot L_{WL}}{\mu}$$

El tercer paso es el cálculo del coeficiente de incremento (C_A), para esto se usa la siguiente expresión, donde se ve que el mínimo valor que puede tomar es -0.1×10^{-3} .

$$1000 \cdot C_A = \max\{-0.1, (0.5 \cdot \log(\Delta) - 0.1 \cdot (\log(\Delta))^2)\}$$

El coeficiente de resistencia del aire (C_{AA}) para pequeños vehículos se recomienda el uso del siguiente valor: 0.07×10^{-3} . Para finalizar con el cálculo de los coeficientes se tiene que calcular el coeficiente de resistencia residual (C_R).

$$C_R = C_{R,Diagram} + C_{R,B/T \neq 2.5} + C_{R,LCB} + C_{R,form} + C_{R,bulb}$$

Donde:

- $C_{R,Diagram}$: Coeficiente residual en base al número de Froude
- $C_{R,B/T \neq 2.5}$: Coeficiente residual relación ancho - altura
- $C_{R,LCB}$: Coeficiente residual centro longitudinal de flotabilidad
- $C_{R,form}$: Coeficiente residual de forma
- $C_{R,bulb}$: Coeficiente residual del bulbo

Para hallar el valor de $C_{R,Diagram}$ se necesitan 3 entradas, el número de Froude, el ratio de la longitud-desplazamiento y el coeficiente prismático (C_p). A continuación, se muestra las dos fórmulas respectivamente:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}}$$

$$M = \frac{L_{WL}}{\Delta^{\frac{1}{3}}}$$

El valor de $C_{R, B/T \neq 2.5}$ se calcula solo si la relación con ancho – altura sumergida es diferente a 2.5, en caso se dé esto la fórmula es la siguiente:

$$C_{R, B/T \neq 2.5} = 0.16 \cdot \left(\frac{BWL}{T_c} - 2.5 \right) \cdot 10^{-3}$$

El valor del $C_{R, form}$ se calcula con la forma aproximada de las terminaciones del barco, que pueden ser de forma ‘V’ o ‘U’, en caso las terminaciones sean iguales y no haya variación de forma el valor de este coeficiente es 0. Para finalizar el cálculo del coeficiente de resistencia el valor de $C_{R, bulb}$ será 0, debido a que el casco no lleva un bulbo.

Una vez definido lo necesario para hallar la fuerza de resistencia que aplica el medio al casco, se puede realizar el diagrama de cuerpo libre (DCL) del ASV. En la Figura 25 se presenta el DCL.



Figura 25. Diagrama de Cuerpo libre (DCL) del ASV.
Fuente: Propia

$$\Sigma F = -R_T + 4 \cdot F_P = (m_{CASCO} + m_{extra}) \cdot a$$

$$F_P = \frac{R_T + m_{TOTAL} \cdot a}{4}$$

En la siguiente tabla se resumirán los datos que se tienen del modelo de casco seleccionado; así como las propiedades del agua a una temperatura de 10 °C, temperatura promedio del lago Titicaca, uno de los posibles lagos en donde este sistema se puede desenvolver. Con los datos resumidos se podrá continuar con el

procedimiento de cálculo para obtener la fuerza de propulsión (F_p) necesaria para iniciar el movimiento del USV.

Tabla 7. Tabla de datos para el cálculo de la fuerza de resistencia.
Fuente: Propia.

LWL	1.45	m
BWL	0.35	m
T_C	0.30	m
Δ	0.104	m ³
C_P	0.82	
S	1.039	m ²
ρ	999,7	kg/ m ³
μ	1.307 x 10 ⁻³	N.s/m ²
m_{ASV}	180	kg
a	0.50	m/s ²

Con los datos anteriores se pueden calcular la resistencia R_T , que va a ir variando de acuerdo a la velocidad a la cual se desplazara el ASV. Se desarrollara un ejemplo de cálculo para la velocidad de 1 m/s. Primero se calcula el coeficiente de fricción C_F , para esto tendremos que calcular el número de Reynolds

$$R_n = \frac{\rho \cdot V \cdot L_{WL}}{\mu} = \frac{999.7 \cdot 1 \cdot 1.45}{1.307 \cdot 10^{-3}} = 1.11026 \cdot 10^6$$

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} = \frac{0.075}{(\log(1.11026 \cdot 10^6) - 2)^2} = 0.00458$$

Luego los valores de resistencia al aire y la resistencia incremental se tomaron constantes para todas las velocidades, esto con el objetivo de facilitar el cálculo.

$$C_A = -0.0001$$

$$C_{AA} = 0.0001$$

Ahora se pasara a calcular los coeficientes residuales, para simplificar los cálculos solo se considerara el coeficiente residual del diagrama y el del factor de forma (B/T).

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L_{WL}}} = \frac{1}{\sqrt{9.81 \cdot 1.45}} = 0.26$$

$$M = \frac{L_{WL}}{\Delta^{\frac{1}{3}}} = \frac{1.45}{1.039^{\frac{1}{3}}} = 1.431$$

Como no se encontró diagrama para estos valores se asumió que el valor de $C_{R-Diagrama}$ será el máximo para el menor M encontrado y el máximo Froud en la Figura 26

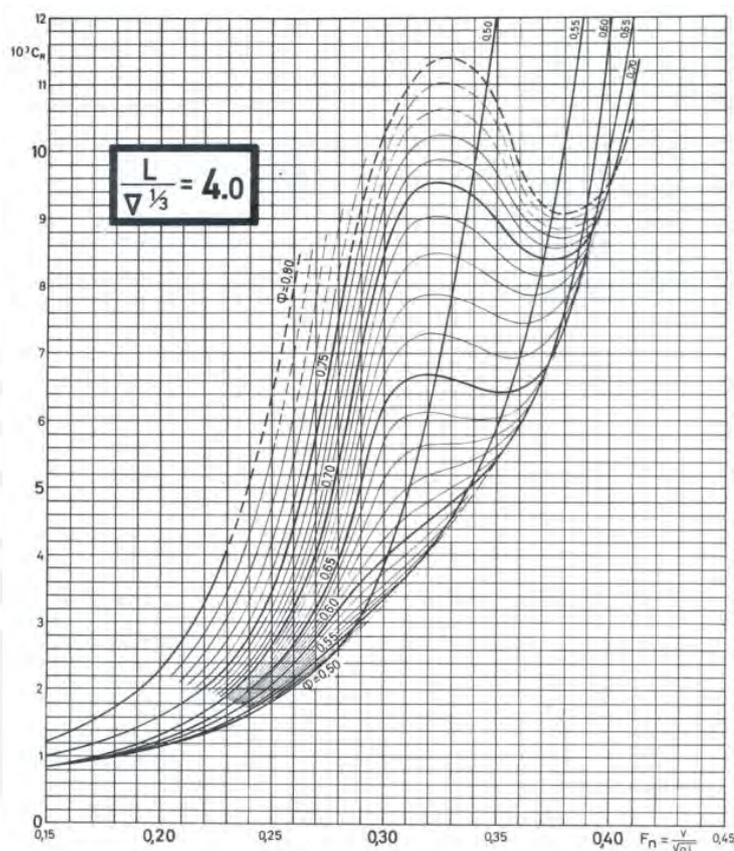


Figura 26. Gráfica número de Froud versus M para diferentes C_p .
Fuente: "Prediction of Resistance and Propulsion Power of Ships"

$$C_{R-diagrama} = 0.0095$$

$$\begin{aligned} C_{R,B/T \neq 2.5} &= 0.16 \cdot \left(\frac{BWL}{T_c} - 2.5 \right) \cdot 10^{-3} = 0.16 \cdot \left(\frac{0.35}{0.3} - 2.5 \right) \cdot 10^{-3} \\ &= -0.000213 \end{aligned}$$

Con los coeficientes anteriores se puede calcular el C_T y también el R_T , para después con la fórmula superior determinar la fuerza que necesita ejercer el propulsor.

$$C_T = 0.00458 + 0.0001 - 0.0001 + (0.0095 - 0.000213) = 0.0138$$

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.0138 \cdot 1.307 \cdot 10^{-3} \cdot 1.039 \cdot 1^2 = 7.19 \text{ N}$$

Pero como son 2 cascos se multiplica por 2 antes de poner en la fórmula para calcular la fuerza del propulsor.

$$R_T = 7.19 \cdot 2 = 14.38 \text{ N}$$

$$F_P = \frac{R_T + m_{TOTAL} \cdot a}{4} = \frac{14.38 + 180 \cdot 0.5}{4} = 26.095 \text{ N} \rightarrow F_P = 2.66 \text{ kg}$$

Con esto se puede sacar un factor de seguridad para el propulsor pensado, que es el HF600 de Crustcrawler.

$$F.S. = \frac{F_{PROP}}{F_P} = \frac{7.27}{2.66} = 2.733$$

Vemos que es un factor de seguridad de casi el triple del necesario, es por este motivo que se quiere analizar hasta que velocidad se puede tener un factor de seguridad mayor a 1. Los cálculos realizados serán resumidos en la Tabla 8, en la que se ha variado las velocidades desde 1 m/s hasta 2 m/s. Hay que tener en consideración que esta es la fuerza para romper la inercia, por lo que cuando llegue a la velocidad constante la fuerza será menor por lo que se podría alcanzar mayores velocidades.

Tabla 8. Valores de R_T y F_{PROP} del ASV.
Fuente: Propia.

Vel. (V)	R_n	Coeficiente de resistencia total						R_T (N)	F_{PROP} (N)	F_{PROP} (kg)	FS
		C_F	C_A	C_{AA}	C_R		C_T				
					C_R Diagrama	$C_{R\ B/T}$					
1.00	1.11E+06	0.005	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0138	14.380	26.095	2.660	2.733
1.10	1.22E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0137	17.283	26.821	2.734	2.696
1.20	1.33E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0136	20.446	27.611	2.815	2.618
1.30	1.44E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0135	23.867	28.467	2.902	2.540
1.40	1.55E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0135	27.545	29.386	2.996	2.460
1.50	1.67E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0134	31.479	30.370	3.096	2.381
1.60	1.78E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0134	35.669	31.417	3.203	2.301
1.70	1.89E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0133	40.114	32.528	3.316	2.223
1.80	2.00E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0131	44.813	33.703	3.436	2.145
1.90	2.11E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0132	49.765	34.941	3.562	2.069
2.00	2.22E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0132	54.971	36.243	3.694	1.995
2.10	2.33E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0131	60.430	37.607	3.834	1.922
2.20	2.44E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0131	66.140	39.035	3.979	1.852
2.30	2.55E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0131	72.103	40.526	4.131	1.784
2.40	2.66E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0130	78.316	42.079	4.289	1.718
2.50	2.78E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0130	84.780	43.695	4.454	1.655
2.60	2.89E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0130	91.495	45.374	4.625	1.593
2.70	3.00E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0130	98.460	47.115	4.803	1.535
2.80	3.11E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0129	105.674	48.919	4.987	1.478
2.90	3.22E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0129	113.138	50.784	5.177	1.424
3.00	3.33E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0129	120.851	52.713	5.373	1.372
3.10	3.44E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0129	128.812	54.703	5.576	1.322
3.20	3.55E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0128	137.022	56.756	5.785	1.274
3.30	3.66E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0128	145.480	58.870	6.001	1.228
3.40	3.77E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0128	154.186	61.046	6.223	1.184
3.50	3.89E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0128	163.139	63.285	6.451	1.142
3.60	4.00E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0128	172.340	65.585	6.686	1.102
3.70	4.11E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0127	181.788	67.947	6.926	1.064
3.80	4.22E+06	0.004	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0127	191.483	70.371	7.173	1.027
3.90	4.33E+06	0.003	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0127	201.424	72.856	7.427	0.992
4.00	4.44E+06	0.003	-0.0001	0.0001	0.0095	-0.0002	0.0127	211.612	75.403	7.686	0.959

II. Cálculos Electrónicos

En la presente sección se detallaran los cálculos realizados para poder determinar la fuente de energía a utilizar en la parte electrónica, de acuerdo al consumo de los componentes seleccionados.

1. Cálculos de baterías

Como el sistema electrónico está dividido en 2, la primera parte será la parte que impulsara el USV y la segunda será para la activación del sistema de recolección.

a) Cálculo de las baterías USV

En el USV se utilizaran 2 fuentes de alimentación para el sistema una de 24 V principalmente para los propulsores y una de 12 V que se encargara de alimentar al cabestrante. A continuación se muestra dos tablas con el consumo de los elementos que las componen. En la Tabla 9 se muestra los componentes que serán alimentados con 24 V.

Tabla 9. Tabla de consumo de los componentes a 24 V en el USV.
Fuente: Propia.

<i>Componente Electrónico</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Voltaje (V)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Potencia (Wh)</i>	<i>Corriente (Ah)</i>
<i>Propulsores</i>	4	120	24	0.7	336	14.00
<i>Router Inalámbrico</i>	1	12	24	1	12	0.50
			24		348	14.50

De la anterior tabla tenemos que la potencia a consumir por los componentes será 348 Wh aproximadamente. Con esto y el voltaje de trabajo podemos obtener la cantidad de corriente necesaria.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{348}{24} = 14.50 \text{ A.h} = 14500 \text{ mA.h}$$

Con esto sabemos que tenemos que tener un conjunto de baterías de 24 V y nos de aproximadamente 14500 mAh. Para esto se utilizaran un conjunto de baterías LiPo que nos brindad una corriente de 20000 mAh.

$$F.S. = \frac{I_{BAT}}{I} = \frac{20000}{14500} = 1.38$$

En la Tabla 10 vemos los componentes alimentados con 12 V, para este solo se tiene uno que el cabestrante.

Tabla 10. Tabla de consumo de los componentes a 12 V en el USV.

Fuente: Propia.

<i>Componente Electrónico</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Voltaje (V)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Potencia (Wh)</i>	<i>Corriente (Ah)</i>
<i>Cabestrante</i>	1	250	12	0.3	75	6.25
<i>GPS</i>	1	0.8	3.3	1	0.8	0.07
<i>Antena GPS</i>	1	0.07	3.3	1	0.07	0.01
<i>Cámaras</i>	2	2.5	5	1	5	0.42
<i>Magnetómetro</i>	1	0.01	3.3	1	0.01	0.00
<i>Raspberry</i>	1	8	5	1	8	0.67
			12		88.88	7.41

De la vemos que se va a necesitar un batería de 12 V y con una corriente de 7410 mAh; por este motivo se escogió una batería LiPo que nos da 24 V y 10000 mAh.

$$F.S. = \frac{I_{BAT}}{I} = \frac{10000}{7410} = 1.35$$

b) Cálculo de las baterías del recolector de muestras

Para el funcionamiento del recolector se calculó la potencia necesaria como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Tabla de consumo de los componentes a 24 V en el recolector.

Fuente: Propia.

<i>Componente Electrónico</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Potencia (W)</i>	<i>Voltaje (V)</i>	<i>Tiempo (h)</i>	<i>Potencia (Wh)</i>	<i>Corriente (Ah)</i>
<i>Sonda Multiparámetro</i>	1	2.4	12	1	2.4	0.10
<i>Multiplexer</i>	1	1	5	1	1	0.04
<i>HUB RS-485</i>	1	1.4	12	1	1.4	0.06
<i>Controlador Motor a pasos</i>	1	30	24	0.5	15	0.63
<i>Motor a pasos</i>	1	3	24	0.5	1.5	0.06
			24		21.3	0.89

De la anterior tabla se puede calcular la cantidad de corriente que necesitaría el sistema de la siguiente manera:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{21.3}{24} = 0.89 \text{ A.h} = 890 \text{ mA.h}$$

De lo anterior vemos que se necesitara una batería que nos de 24 V y como mínimo 890 mAh, por lo que se escogió una LiPo que nos da 24 V y 2650 mAh; y se hallara el factor de seguridad de la batería.

$$F.S. = \frac{I_{BAT}}{I} = \frac{2650}{890} = 2.98$$



ANEXO C: HOJAS DE DATOS

En el presente anexo se presentaran las hojas de los componentes principales del sistema que son la sonda multiparámetro, el HUB o repetidor RS485, la antena de sector, la CPE510, la WBS510, el motor a pasos y el controlador del motor a pasos.

a) Sonda Multiparámetro



Multiprobe Specifications				
manta2 [®] Model	2"/sub2	3"/sub3	3.5 - 4.0"	comments
Diameter	1.95"	2.95"	3.5 - 4.0"	
Length	16"	19"	19"	if the battery pack is attached add 8" for sub2 or 7" for sub3
Weight	2.4 lbs	3.0 lbs	9 - 11 lbs	if battery pack is attached add 1.3 lbs for sub2 or 2.6 lbs for sub3
Number of sensors	6	7	up to 9 + temp and pH ref	sonde size based on # and type of sensors chosen
Battery Pack	8 "AA" cells	8 "C" cells	6 "C" cells	battery life dependent on sensor configuration, logging interval and water temperature
Operating Temperature	-5 to 50 C			
Depth Rating	200 m			
Communications	RS-232, SDI-12, USB or Bluetooth			
Sample Rate	1 Hz			
Data Memory	4 MB; >1,000,000 logged readings			
Warranty	2 Years			
Amphibian2 Handheld				
Size	3.6" W x 7.25" L x 1.5" D			
Weight	1.3 lbs			
Operating System	Microsoft® Windows Embedded Handheld 6.5.3			
IP Rating	IP68			
Memory and Data Storage	512MB RAM; 8 GB flash			

b) Repetidor RS485

ADAM-4510/S

ADAM-4520

ADAM-4521

RS-422/485 Repeater

Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter

Addressable RS-422/485 to RS-232 Converter



ADAM-4510/4510S   

Specifications

General

- **Connectors** 2 x plug-in terminal blocks (#14 - 22 AWG) (RS-422/485)
- **Isolation Voltage** 3,000 V_{DC} (ADAM-4510S)
- **Power Consumption** 1.4 W @ 24 V_{DC}

Serial Communications

- **Input** RS-485 (2-wire) or RS-422 (4-wire)
- **Output** RS-485 (2-wire) or RS-422 (4-wire)
- **Speed Modes (bps)** 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 19.2 k, 38.4 k, 57.6 k, 115.2 k, RTS control and RS-422 (switchable)



ADAM-4520   

Specifications

General

- **Connectors** 1 x plug-in terminal block (#14 - 22 AWG) (RS-422/485)
1 x DB9-F (RS-232)
- **Isolation Voltage** 3,000 V_{DC}
- **Power Consumption** 1.2 W @ 24 V_{DC}

Serial Communications

- **Input** RS-232 (DB9)
- **Output** RS-485 (2-wire) or RS-422 (4-wire)
- **Speed Modes (bps)** 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 19.2 k, 38.4 k, 57.6 k, 115.2 k, RTS control and RS-422 (switchable)



ADAM-4521   

Specifications

General

- **Connectors** 1 x plug-in terminal block (#14 - 22 AWG) (RS-422/485)
1 x DB9-F (RS-232)
- **Isolation Voltage** 1,000 V_{DC}
- **Power Consumption** 1.0 W @ 24 V_{DC}
- **Built-in microprocessor and watchdog timer**

Serial Communications

- **Input** RS-485 (2-wire) or RS-422 (4-wire)
- **Output** RS-232 (DB9)
- **Speed Modes (bps)** 300, 600, 1,200, 2,400, 4,800, 9,600, 19.2 k, 38.4 k, 57.6 k, 115.2 k (software configurable)
- **RS-232 and 485 can be set to different baudrates**
- **RS-485 surge protection and automatic RS-485 data flow control**
- **Software configurable to either addressable or non-addressable mode**

Common Specifications

General

- **Power Input** Unregulated 10 - 30 V_{DC} w/ power reversal protection

Environment

- **Operating Humidity** 5 - 95% RH
- **Operating Temperature** -10 - 70°C (14 - 158°F)
- **Storage Temperature** -25 - 85°C (-13 - 185°F)

Ordering Information

- **ADAM-4510** RS-422/485 Repeater
- **ADAM-4510S** Isolated RS-422/485 Repeater
- **ADAM-4520** Isolated RS-232 to RS-422/485 Converter
- **ADAM-4521** Addressable RS-422/485 to RS-232 Converter

Online Download www.advantech.com/products

ADVANTECH

All product specifications are subject to change without notice.

Last updated: 5-May-2010

c) WBS510

TP-LINK®

2.4GHz/5GHz 300Mbps Outdoor Wireless Base Station

WBS210/WBS510 Datasheet

Highlights

- Wireless N speed up to 300Mbps
- Selectable bandwidth of 5/10/20/40MHz
- Adjustable transmission power by 1dBm
- Broad operating frequency channels ensure less wireless interference
- 2 RP-SMA connectors for external MIMO antenna
- Passive PoE Adapter supports up to 60 meter (200 feet) Power over Ethernet deployment
- 1 10/100Mbps Ethernet port for passive PoE and 1 10/100Mbps Ethernet port for extended applications
- TP-LINK Pharos MAXtream (Time-Division-Multiple-Access) technology improves product throughput, capacity and latency performance, ideal for PtMP applications
- Centralized Management System – Pharos Control



Specifications

Features & Performance			
Model	WB5210		
Name	2.4GHz 300Mbps Outdoor Wireless Base Station		
	WB5510		
	5GHz 300Mbps Outdoor Wireless Base Station		
Hardware Features	Processor	Qualcomm Atheros enterprise AR9350B 360MHz CPU, MIPS 74Kc	
	Memory	64MB DDR2 RAM, 8MB Flash	
	Interfaces	1 10/100Mbps Shielded Ethernet Port (LAN0/PoE) 1 10/100Mbps Shielded Ethernet Port (LAN1) 2 RP-SMA 1 Grounding Terminal 1 Reset Button	
	Power Supply	Passive Power over Ethernet (via LAN0) (v1.5pin; 7.4pin) Voltage range: 1b-27VDC	
	Dimensions(L x W x H)	198x74x40mm	
	Protection	15KV ESD Protection 6KV Lightning Protection	
	Enclosure	Material: Outdoor ASA stabilized plastic Weatherproof, IP65 water and dust proof design	
Wireless Features	Wireless Standards	IEEE 802.11b/g/n	IEEE 802.11a/n
	Proprietary Protocol	TDMA Mode (with Pharos MAXtream enabled)	
	Frequency ¹	2.4-2.483GHz	5.15-5.85GHz
	Wireless Speed	Up to 300Mbps (40MHz, Dynamic) Up to 144.4Mbps (20MHz, Dynamic) Up to 72.2Mbps (10MHz, Dynamic) Up to 36.1Mbps (5MHz, Dynamic)	
	Maximum Transmit Power ²	27dBm/500mW (Adjustable power by 1dBm)	
Software Features	Operation Modes	AP / Client / Bridge / Repeater / AP Router / AP Client Router (WISP Client)	
	Network Configurations	WAN: Static/Dynamic/PPPoE/L2TP/PPTP LAN: Static/Dynamic/DHCP Forwarding: DMZ/ALG/UPnP/Virtual Server/Port Trigger Security: SPI Firewall/ Ping Forbidden/VPN/DoS Protection Access Control Static Routing Bandwidth Control IP & MAC Binding	
	Wireless Configurations	Pharos MAXtream TDMA Technology Selectable Channel Width: 5/10/20/40MHz Auto Channel Selection Transmit Power Control Dynamic Frequency Selection(DFS) WDS Enable/Disable Security: WPA/WPA2, WPA_PSK/WPA2_PSK (AES/TKIP) Encryption	

¹ Wireless operation frequency may vary depending on the location of the product or region (FCC/CE/ETSI/ISED).
² Maximum transmit power is limited by local regulatory authority.

d) Antena de Sector

TP-LINK®**PHAROS****2x2 MIMO Sector Antenna****TL-ANT2415MS /TL-ANT5819MS****Highlights**

- High gain directional operation, wide coverage, ideal for Point to Multi-Point connections.
- Easy Installation, seamlessly integrated with the Pharos Base Station
- MIMO technology for higher throughput
- Weatherproof design provides protection in harsh environments

Description

The Pharos Sector Antenna is a 2x2 MIMO Sector Antenna that is ideal for outdoor use when attached to a Pharos Base Station. These antennas, which feature high-gain directional transmission patterns, are excellent for building long distance Point-to-Multipoint coverage.

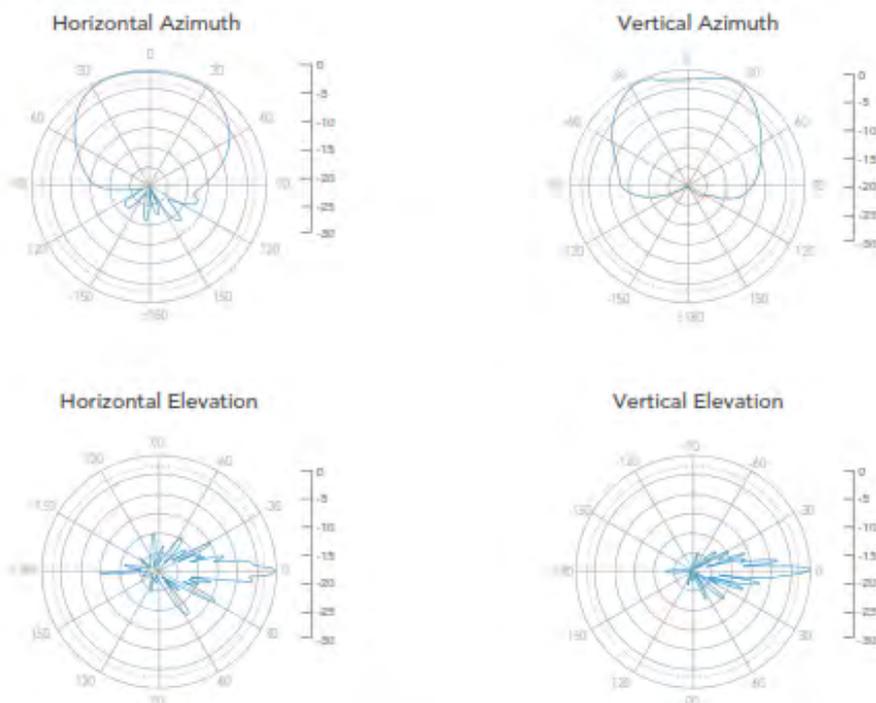


Specifications

	TL-ANT5819MS
Frequency Range	5.0 - 6.0GHz
Gain*	19dBi
VSWR	1.8 Max.
HPOL Beamwidth	120°(6dB) & 90°(3dB)
VPOL Beamwidth	120°(6dB) & 90°(3dB)
Elevation Beamwidth	4°
Electrical Downbit	0°
F/B Ratio	28dB Min
Impedance	50Ω
Interfaces	RP-SMA
Polarization	Vertical & Horizontal
Mounting	Pole Mount
Survival Wind Speed	241km/h
Standards	RoHS, WEEE

*Exclude Cable Loss

Radiation patterns



TP-LINK

e) CPE510

TP-LINK®

**2.4GHz/5GHz 300Mbps
Outdoor CPE**

Pharos CPE Series Datasheet

Highlights

- Wireless N speed up to 300Mbps
- Selectable bandwidth of 5/10/20/40MHz
- Adjustable transmission power by 1dBm
- Broad operating frequency channels ensure less wireless interference
- Built-in 2x2 dual-polarized directional MIMO antenna
- Passive PoE Adapter supports up to 60 meter (200 feet) Power over Ethernet deployment
- 1 10/100Mbps Ethernet port for passive PoE and 1 10/100Mbps Ethernet port for extended applications
- TP-LINK Pharos MAXtream (Time-Division-Multiple-Access) technology improves product throughput, capacity and latency performance, ideal for PtMP applications
- Centralized Management System – Pharos Control



Specifications

Features & Performance		
Model	CPE210 / CPE220	
Name	2.4GHz 300Mbps 9dBi (12dBi) Outdoor CPE	
Hardware Features	Processor	Qualcomm Enterprise 560MHz CPU, MIPS 74Kc
	Memory	64MB DDR2 RAM, 8MB Flash
	Antenna Gain	CPE210: 9dBi CPE220: 12dBi
	Interfaces	1 10/100Mbps Shielded Ethernet Port (LAN0/PoE) 1 10/100Mbps Shielded Ethernet Port (LAN1, Passive PoE Passthrough) 1 Grounding Terminal 1 Reset Button
	Power Supply	Passive Power over Ethernet via LAN0 (-4.5pins: 7.6pins) Voltage range: 16-27VDC
	Dimensions(L x W x H)	224x79x60 mm (CPE210, CPE510) / 276x79x60 mm (CPE220, CPE520)
	Protection	15KV ESD Protection 6KV Lightning Protection
	Enclosure	Material: Outdoor ASA stabilized plastic Weatherproof/IPX3 water and dust proof design
Wireless Features	Wireless Standards	IEEE 802.11b/g/n
	Proprietary Protocol	TDMA Mode (with Phorap MAXstream enabled)
	Frequency	2.4-2.483GHz
	Wireless Speed	Up to 300Mbps (40MHz,Dynamic) Up to 144.4Mbps (20MHz,Dynamic) Up to 72.2Mbps (10MHz,Dynamic) Up to 36.1Mbps (5MHz,Dynamic)
	Maximum Transmit Power	CPE210: 27dBm/500mW (Adjustable power by 1dBm) CPE220: 30dBm/1000mW (Adjustable power by 1dBm) CPE510: 23dBm/200mW (Adjustable power by 1dBm) CPE520: 27dBm/500mW (Adjustable power by 1dBm)
Software Features	Operation Modes	AP / Client / Bridge / Repeater / AP Router / AP Client Router (WISP Client)
	Network Configurations	WAN: Static/Dynamic/PFPAE/L2TP/PPTP LAN: Static/Dynamic/DHCP Forwarding: DMZ/AIG/UPnP/Virtual Server/Port Trigger Security: SPI Firewall/ Ping Forbidden/VPN/DoS Protection Access Control Static Routing Bandwidth Control IP & MAC Binding
	Wireless Configurations	Phorap MAXstream TDMA Technology Selectable Channel Width: 5/10/20/40MHz Auto Channel Selection Transmit Power Control Dynamic Frequency Selection(DFS) WDS Enable/Disable Security: WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK (AES/TKIP) Encryption

*Actual operating frequency may vary depending on the wireless network frequency plan of the operating area.
Maximum transmit power is limited by local regulatory agency.

f) Motor a pasos WP-U21

Individual Motor Specifications

Model Number	WP-U21	WP-U22	WP-U23
Drawing Number	list	list	list
Environment	WP	WP	WP
Motor	U21	U22	U23
NEMA Frame Size	23	23	23
Pricing	WP-U21	WP-U22	WP-U23
Number of Magnetic Stacks	1	2	3
Step Angle	1.8	1.8	1.8
Accuracy Grade (%)	3	3	3
Detent Torque (oz-in)	6	15	21
Static Torque At Thermal Current {unipolar} (oz-in)	45	80	120
Static Torque At Thermal Current {parallel} (oz-in)	50	85	110
Static Torque At Thermal Current {series} (oz-in)	60	110	130
Thermal Current {unipolar} (A)	1.4	1.6	2.0
Thermal Current {parallel} (A)	1.8	1.8	2.3
Thermal Current {series} (A)	1.4	1.4	1.8
Single Coil Inductance (mH)	3.5	3.5	3.5
Single Coil Resistance (ohm)	1.4	1.4	1.4
Series Inductance (mH)	14	14	14
Series Resistance (ohm)	3.2	3.2	3.2
Bearing Type	C/F	C/F	C/F
Bearing Thrust Load (lbs)	25	25	25
Bearing Radial Load (lbs)	50	50	50
Bearing End Play (10 ^{**} -3 in)	C/F	C/F	C/F
Bearing Radial Play (10 ^{**} -3 in)	8	8	8
Rotor Inertia (oz-in ²)	.48	1.28	1.75
Body Diameter (in)	2.38	2.38	2.38
Body Length (in)	4.5	5.5	6.5
Weight (lbs)	5.61	6.85	8.09

*Contact Factory

g) Controlador EZ17

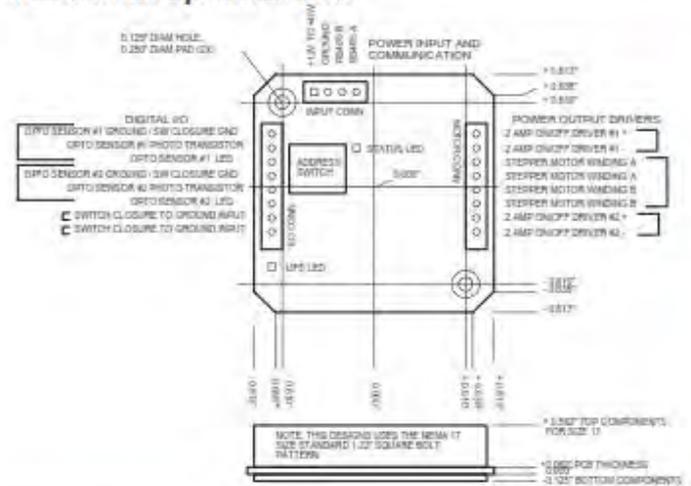


General Specifications

Supply Input	12V to 40V 1.25A Examples: Digikey part 285-1820 or 1470-1015
Dimensions	1.6" X 1.6" (40mm X 40mm) square
Step Resolution	1/2, 1/8 step
Operating Modes	PC controlled or standalone
PC Control	Can control up to 16 drives daisy-chained together.
Communications protocol.....	RS485. Can convert to RS232/USB with appropriate converters.
Control protocol	Compatible with devices that use the Cavro DT or OEM protocol. Can use EZCommander™ Windows application or serial terminal program such as HyperTerminal to issue commands.
Motor compatibility	Accommodates most size 23 (3") and smaller stepper motors, including bipolar or unipolar-wound motors. Best performance is with motor rated at about 1/4 of supply voltage.
Mating Connectors.....	AMP MTA 100 series. Recommended tool: Digikey part A9982, or better Digikey parts A2031 + A1998. (See Application Note 131021 for non-standard connector options.)
I/O Interface.....	Accepts 2 opto-electronic and two mechanical switch inputs, or 4 mechanical switch inputs. Signal Levels: <0.8V Vlow; >2V Vhigh (TTL compatible) Optical switch specifications: Transistor optical switch with IC> 1 mA @ IF=20mA. Examples: OPTEK part OPB841W55 or Digikey part 365-1103-ND (prewired); Honeywell HOA1870-33 (prewired)
Operating Temperature	-20 to 85 °C PCB copper temperature
Relative Humidity.....	10% to 90% non condensing (operating and storage)

I/O CONNECTOR		
Mating connector: AMP MTA 100 series 8 pin, 22 GA, part 3-643615-8 Digikey part A31111-ND		
Pin	Name	Notes
1	Switch #2 input	Senses closure to ground
2	Switch #1 input	Senses closure to ground
3	LED Drive #1	Includes series 200 Ω resistor to 5V
4	Sensor #2 phototransistor or switch closure	Includes 10K Ω pullup to 5V for open collector
5	Sensor #2 ground/switch closure ground	Ground
6	LED Drive #2	Includes series 200 Ω resistor to 5V
7	Sensor #1 phototransistor or switch closure	Includes 10K Ω pullup to 5V for open collector
8	Sensor #1 ground/switch closure ground	Ground

Mechanical Specifications



All Motion www.allmotion.com 30097 Ahem Avenue, Union City, CA 94587 Telephone 408.460.1343



Fully Intelligent Stepper Motor Controller + Driver



Model EZ17 actual size

MOTOR CONNECTOR		
Mating connector: AMP MTA 100 series 8 pin, 22 GA, part 3-643613-8 Digikey part A31111-ND		
Pin	Function	Notes
1	ON/OFF driver #1 (V+)	2A peak; 1A continuous
2	ON/OFF driver #1 (V-)	Open collector
3,4	Stepper winding A	1.25A bipolar chopper
5,6	Stepper winding B	1.25A bipolar chopper
7	ON/OFF driver #2 (V+)	2A peak; 1A continuous
8	ON/OFF driver #2 (V-)	Open collector

POWER AND COMMUNICATION	
Mating connector: AMP MTA 100 series 4 pin, 22GA, part 3-643613-4 Digikey part A51105-ND	
Pin	Function
1	V+ (external supply) +12V to 40V
2	GROUND
3	RS485 B
4	RS485 A

Key Features

- Single 4-wire bus linking up to 16 drives
- 1.25A chopper (PWM) stepper driver
- Operates from 12V to 40V
- RS232, RS485 or USB based control communications
- Optional standalone operation with no connection to PC
- Execution halt pending switch closure
- Prewired for optoswitch inputs
- Half or eighth step bipolar control
- Cavro DT or OEM protocol compatible
- Homes to an optical or mechanical switch closure with a single command
- Fully programmable ramps and speeds
- Four digital I/O; and two 1A power On/Off drivers for driving relay, dc motors, solenoids, etc. included
- Switch-selectable device address
- Software-settable "Move" and "Hold" currents
- Hold current auto selected upon move completion

Ordering Information

Name	Order Number
EZ17 Stepper Drive.....	EZ17
RS232 to 485 Converter (option).....	RS485
USB to 485 Converter (option).....	USB485
Enclosure for drive (option).....	EZENC17

Email info@allmotion.com REV 050914

ANEXO D: PROFORMAS

Cotización N°2016-PUCP-V-167

Lima, 25 de Noviembre de 2016

Atención: Departamento de Ingeniería
Lab. de proyectos
Ing. José Balbuena



Pontificia Universidad Católica del Perú.
Dirección: Av. Universitaria 1801-San Miguel-Lima
Referencia: Venta de componentes

De nuestra mayor consideración :

En atención a su amable solicitud de cotización, tenemos el agrado de presentarles nuestra oferta económica

Pos	Material	Descripción	Cant.	Precio unitario	Precio total
1	Acero	Tubo Cuadrado 20x20x2 mm	2	25.50	51.00
2	Acrílico	Tapa de Acrílico	4	82.00	328.00
3	Al anodizado	Soporte Propulsor	8	12.45	99.60
4	Fibra	Casco de fibra de vidrio	2	4110.00	8220.00
5	Acero	Plancha 605 x 425 mm	1	185.00	185.00
6	Acrílico	Plancha 300 x 425 mm	1	145.20	145.20
7	Acero	Plancha 90 x 90 mm	2	166.40	332.80
8	Acero	Plancha 100 x 100 mm	4	188.00	752.00
9	Acero	Tubo cuadrado 60x60x3 mm	1	42.00	42.00
10	HDPE	Pieza Hexagonal 190 mm	5	48.00	240.00
11	HDPE	Soporte Rack	12	62.00	744.00
12	Al anodizado	Soporte Niskin	24	48.00	1152.00
13	Al anodizado	Soporte Sonda	4	66.50	266.00
14	Al anodizado	Eje	6	144.20	865.20
15	HDPE	Soporte eje	6	65.00	390.00
Moneda:		Nuevos Soles			
Anotaciones:		<p>-Cualquier modificación adicional, luego de aceptado el diseño, generará cargos adicionales que serán comunicados debidamente al cliente.</p> <p>-Steintrices E.I.R.L., queda exento de cualquier responsabilidad ante reclamaciones de terceros, y/o perjuicio de los mismos, o ajenos.</p> <p>. -Steintrices E.I.R.L , solo se encargará de la fabricación del diseño encargado, los fines o usos que se le brinden no serán responsabilidad de Steintrices E.I.R.L, así como tampoco las consecuencias que puedan generarse por cualquier tipo de uso que se le dé a la máquina y/o parte, repuesto o componente de este proyecto.</p> <p>-Garantía de 1 año sobre todo los defectos de fabricación, según las condiciones óptimas de uso, cualquier modificación sin importar la proporción anula todo tipo de garantía.</p> <p>-Según diseño propuesto.</p> <p>-Incluye material. Acabado óptimo.</p> <p>- La entrega se realizaría en Lima-Perú. No incluye transporte</p>			
Marca:		-----		Valor Venta:	13422.80

27/11/2016

quote



150 VARICK ST #3, NEW YORK, NY 10013

FOR SUPPORT: <http://www.adafruit.com/support>

— Quote Only —

SHIP TO

PUCP
 José Balbuena
 Av. Universitaria 1801
 Lima, +51
 Choose One, Peru

SOLD TO

PUCP
 José Balbuena
 Av. Universitaria 1801
 Lima, +51
 Choose One, Peru

PRODUCTS



(1)

Raspberry Pi 3 - Model B - ARMv8 with 1G RAM

INFO

PID: 3055
 SID:

PRICE

\$39.96

TOTAL

\$39.96



(1)

Triple-axis Accelerometer+Magnetometer (Compass) Board - LSM303

PID: 1120
 SID:

\$14.95

\$14.95



(1)

Adafruit Ultimate GPS HAT for Raspberry Pi A+/B+/Pi 2

Mini Kit
 PID: 2324
 SID:

\$44.95

\$44.95



(1)

GPS Antenna - External Active Antenna - 3-5V 28dB 5 Meter SMA

PID: 960
 SID:

\$12.95

\$12.95

Sub-Total: \$112.81

Tax: \$0.00

United Parcel Service (1 pkg x 0.81 lbs total) (UPS WORLDWIDE SAVER) Shipping: \$41.23

Total: \$154.04



2113 Wells Branch Pkwy, Ste 4400
Austin, Texas 78728
Phone 512-302-4333, Fax 512-251-6842

Quotation

Rep	Date	Quote #
DPH	10/3/2016	22799

Name / Address		Ship To		
PUCP Peru				
Item	Description	Qty	Unit Cost	Total
Manta2-Sub2	Sub2 multiprobe; 1.95" diameter; includes weighted sensor guard, storage and calibration cups, PC cable, digital manual; Manta2 control software, two-year warranty: Temperature Conductivity (with specific conductance, salinity, and TDS) pH (with separate reference electrode) Optical dissolved-oxygen sensor	1	4,560.00	4,560.00
Depth-High	Depth, high-range (0 to 200m) sensor, also provides BP readings	1	490.00	490.00
Cable-M2-005m	Cable, 5-meter underwater	1	430.00	430.00
	Out-of-state sale, exempt from sales tax		0.00%	0.00
			Total	\$5,480.00
Quote valid for 90 days after date issued.				
Customer Contact		Customer Phone		