

ANEXO 1

1 Estructura de funciones

Se procederá a realizar la estructura de funciones del UAV y el diagrama de bloques con los componentes electrónicos; los cuales se deben plantear de tal manera que le permitan al robot satisfacer los requerimientos planteados, tal como se muestra en la figura 1.

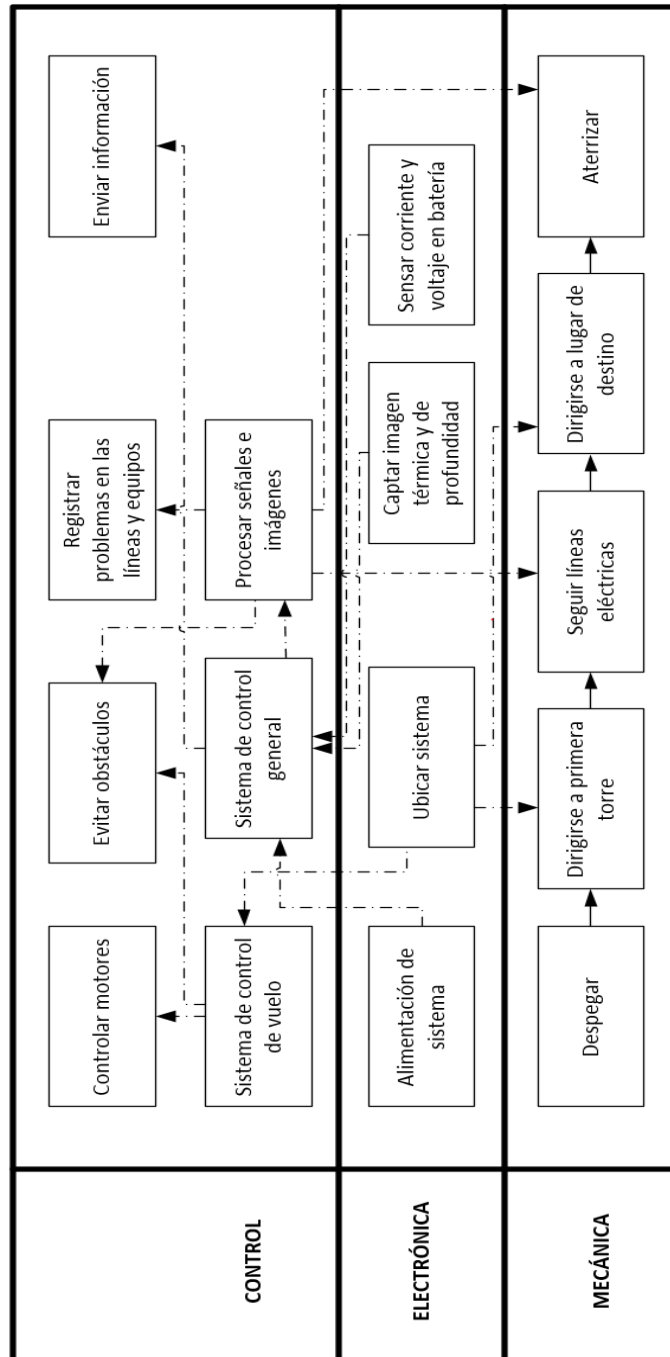







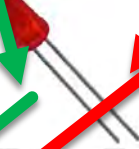









Fig. 1 Estructura de Funciones del UAV. Fuente: Elaboración propia

2 Matriz Morfológica

2.1 Dominio Electrónico







Tabla 1 Matriz morfológica dominio electrónico. Fuente: Elaboración propia.

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Alimentar sistema	 Batería de Lipo	 Batería de Ion-Litio	 Batería de Níquel-Cadmio
Leer información y registrar fallos potenciales en líneas	 Micro SD	 Memoria USB	 Memoria EEPROM
Alertas acústicas	 Sonido	 Luz	
Controlar velocidad de motor	 ESC		
Obtener ubicación	 GPS		
Sensor temperatura	 Cámara termográfica	 Cámara ultravioleta	
Sensor profundidad	 Cámara de profundidad	 Sensor ultrasonico	 Sensor láser

Sensar batería	 Sensor de voltaje	 Sensor de corriente	
----------------	--	---	--






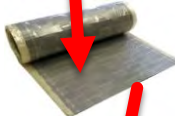


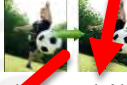





2.2 Dominio Control

Tabla 2 Matriz morfológica dominio control. Fuente: Elaboración propia.

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Controlar vuelo	 Autopiloto		
Procesar imágenes.	 Sistema embebido	 Ordenador NUC	
Enviar información a tierra	 Ethernet	 wifi	 Módulo RF

2.3 Dominio Mecánico

Tabla 3 Matriz morfológica dominio mecánico. Fuente: Elaboración propia.

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Soportar el UAV	 Fibra de carbono	 Aluminio 6061-T6	 Fibra de carbono + Aluminio
Protección magnética	 Metal Mu-	 Nanovate	 GIRON
Estabilización de imagen	 Montura de aislación de vibración	 Gimbal	 Software de estabilización de video
Dar movimiento a propelas	 Motor DC sin escobillas	 Motor DC con escobillas	
Impulsar UAV	 Propelas de fibra de carbono	 Propela de madera	 Propela de plástico


Solución 1


Solución 2


Solución 3

3 Conceptos de Solución

3.1 Solución 1

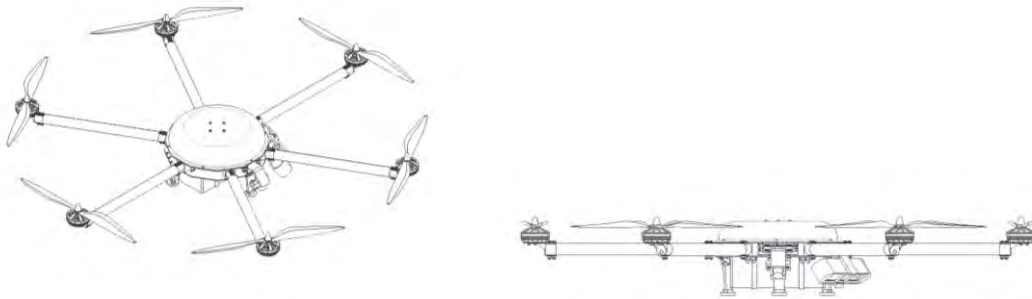


Fig. 2 Concepto de solución 1, vista isométrica y frontal. Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Este hexacóptero presenta dos niveles en su interior, en el nivel superior están los componentes que trabajan con corrientes por encima de 1 amperio y en el nivel inferior están los componentes que trabajan con corrientes por debajo de 1 amperio. Están separados en dos niveles pues, en el nivel inferior los componentes están protegidos de los campos magnéticos de las líneas eléctricas y de los componentes que consumen más de 1 amperio mediante la adhesión del material mu-metal en las paredes de este nivel.

El UAV inspeccionará las líneas eléctricas volando por encima de estas pues, se ha supuesto que por encima de las líneas la cantidad de obstáculos es menor que por debajo. Para lograr que las cámaras tengan una correcta visualización de las líneas las paredes laterales tienen una configuración en ángulo, y en dos de estas hay pequeños agujeros por los cuales las cámaras visualizan el exterior.

El hexacóptero inspecciona las líneas eléctricas con una cámara termográfica, también presenta una cámara de profundidad para seguir las líneas, mantenerse a una distancia segura de los campos magnéticos y evitar obstáculos, asimismo cuenta con un sistema embebido que procesa lo mostrado por las imágenes, realiza el control del vuelo con un autopiloto.

Este concepto contiene los siguientes componentes:

- Batería de Lipo: Pulse Lipo 6s 22.2V 22000mAH
- Micro SD: Micro SDHC de 32 GB EVO Samsung
- Bocina: Buzzer Kingsgate KPEG260
- ESC: DYS 40A Mini Opto BLHeli
- GPS: 3DR uBlox GPS con kit de Compás
- Cámara termográfica: Quark 2

- Cámara de profundidad: Zed
- Sensor de voltaje: AttoPilot 180^a
- Reductor de voltaje a 5V y 12V: UBEC DUO 12V/5V
- Autopiloto: Pixhawk
- Sistema embebido: Nvidia Jetson TX1
- Módulo RF: Xbee-Pro ZigBee
- Soportar el UAV: Fibra de carbono
- Protección magnética: Mu-Metal
- Estabilización de imagen: Montura de anti-vibración DJI Phantom
- Dar movimiento de a propelas: T-Motor MN5208 340KV
- Impulsar UAV: Propelas de madera Fiala de 16''x10''

3.2 Solución 2

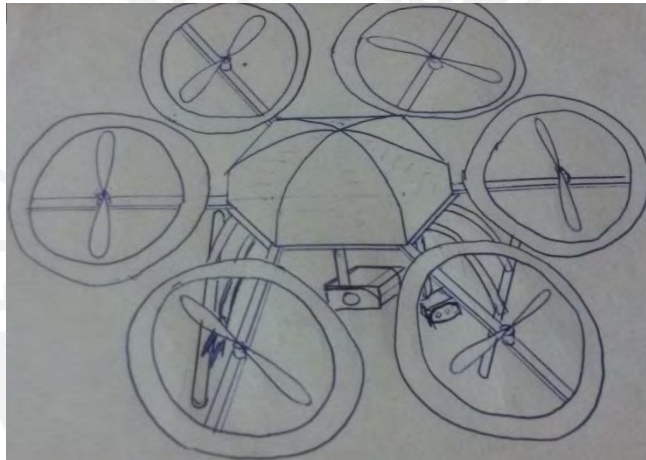


Fig. 3 Concepto de solución 2. Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Este concepto de solución contiene los elementos descritos en la matriz morfológica para la solución 2, se puede resaltar de este concepto de solución que tiene gimbal con el que se puede dirigir la cámara en 3 direcciones, además se pueden transmitir los datos inalámbricamente no como el concepto 1.

3.3 Solución 3

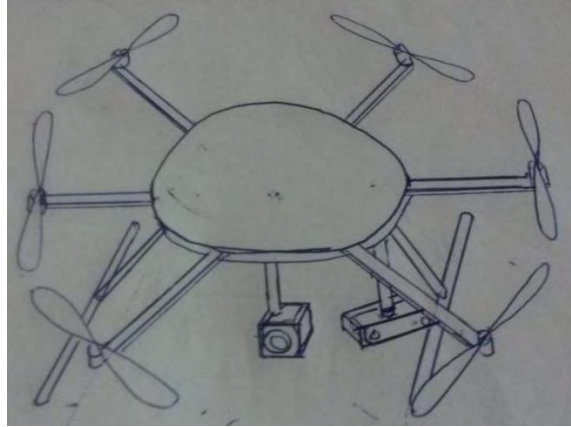


Fig. 4 Concepto de solución 3. Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Este concepto de solución contiene los elementos descritos en la matriz morfológica para la solución 3, se puede resaltar de este concepto de solución que tiene un software que procesa la imagen para eliminar el efecto borroso que introducen las vibraciones, además se pueden transmitir los datos inalámbricamente no como el concepto 1.

4 Evaluación Técnica y Económica de los Conceptos de solución

4.1 Evaluación Técnica

Tabla 4 Evaluación técnica. . Fuente: Elaboración propia.

Evaluación Técnica							
p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225)							
0= No satisfice; 1= Aceptable a las justas; 2= Suficiente; 3 = Bien; 4=Muy bien (ideal)							
g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación							
Criterios de Evaluación	g	Solución 1		Solución 2		Solución 3	
		p	g*p	p	g*p	p	g*p
Tiempo de vida	0.05	2	0.1	2	0.1	2	0.1
Tiempo de vuelo	0.13	3	0.13	2	0.26	1	0.39
Velocidad	0.05	3	0.05	2	0.1	1	0.15
Rango de sensado de profundidad	0.12	3	0.12	3	0.36	1	0.36
Velocidad máxima permitida por la cámara	0.11	3	0.22	2	0.22	2	0.33
Forma	0.05	3	0.05	2	0.1	1	0.15
Precisión de ubicación		3	0	3	0	3	0
Fabricación	0.05	2	0.15	2	0.1	3	0.1
Control	0.07	2	0.21	3	0.21	3	0.14
Uso de Energía	0.09	1	0.27	2	0.18	3	0.09
Seguridad	0.05	2	0.1	2	0.1	2	0.1
Manipulación	0.04	2	0.12	2	0.08	3	0.08
Transportabilidad	0.02	1	0.06	2	0.04	3	0.02
Calidad de trabajo	0.04	3	0.04	2	0.08	1	0.12
Complejidad	0.04	2	0.12	2	0.08	3	0.08
Grado de automatización	0.09	2	0.18	2	0.18	2	0.18
Puntaje Máximo	1	34	1.92	35	2.19	37	2.39
Valor Técnico (xi)		0.48		0.5475		0.5975	
Orden		3		2		1	

4.2 Evaluación Económica

Tabla 5 Evaluación económica. . Fuente: Elaboración propia.

Evaluación Económica							
<p>p: puntaje de 0 a 4 (Escala de valores según VDI 2225) 0= No satisface; 1= Aceptable a las justas; 2= Suficiente; 3 = Bien; 4=Muy bien (ideal) g: es el peso ponderado y se da en función de la importancia de los criterios de evaluación</p>							
Criterios de Evaluación	g	Solución 1		Solución 2		Solución 3	
		p	g*p	p	g*p	p	g*p
Número de Piezas	0.10	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Fácil adquisición de los materiales de fabricación	0.10	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Fácil adquisición de los programas de procesamiento	0.05	2	0.1	2	0.1	2	0.1
Fácil adquisición de los elementos de control	0.05	2	0.15	2	0.1	3	0.1
Productividad	0.20	3	0.2	2	0.4	1	0.6
Costos	0.05	1	0.15	2	0.1	3	0.05
Pocos desperdicios	0.05	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Número de Operarios	0.05	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo de Tecnología	0.05	1	0.15	2	0.1	3	0.05
Facilidad de montaje	0.05	2	0.1	1	0.05	2	0.1
Fácil Mantenimiento	0.10	2	0.2	2	0.2	2	0.2
Costo de Operación	0.15	3	0.3	2	0.3	2	0.45
Puntaje Máximo	1.00	28	2.05	25	2.05	26	2.35
Valor Económico (yi)		0.5125		0.5125		0.5875	
Orden		2		3		1	

4.3 Diagrama de Evaluación

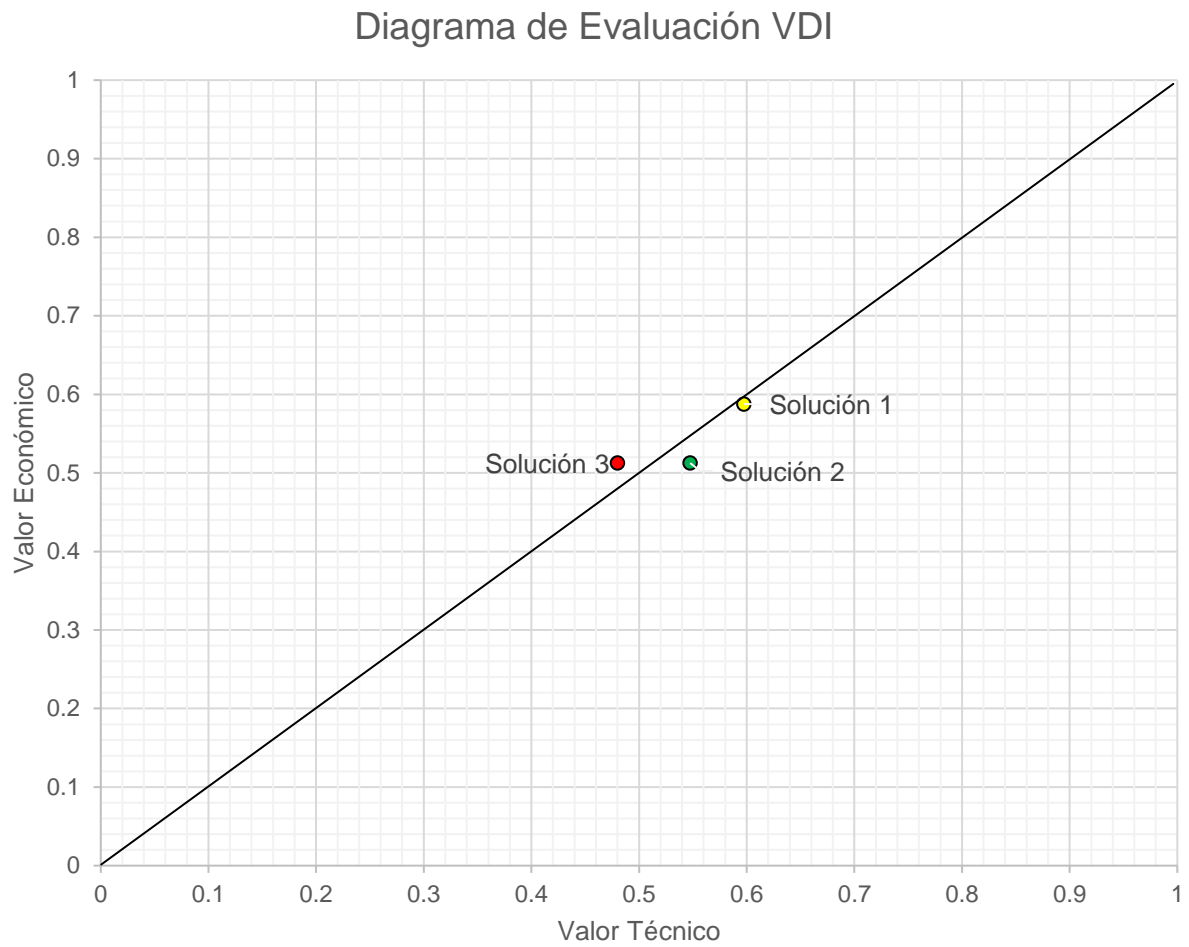


Fig. 5 Diagrama de evaluación de los conceptos de solución. Fuente: Elaboración propia
Según se observa del gráfico, la solución que presenta mejor proporción entre aspectos técnicos y económicos es la solución 4, es por esto que se trabajará en base a esta solución.

ANEXO 2

1 Vuelo del hexacóptero

1.1 Fuerza que debe producir hexacóptero sobrevolando

1.1.1 Para que el hexacóptero pueda sobrevolar en una determinada posición, la fuerza generada por las hélices (F_i) debe ser igual al peso del hexacóptero (mg).

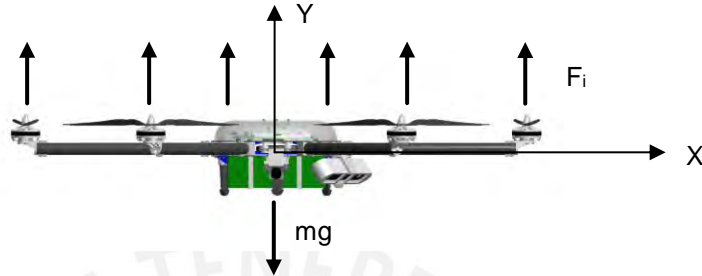


Fig. 1 Diagrama de fuerzas sobrevolando. Fuente: elaboración propia.

$$mg = \sum_{i=1}^6 F_i$$

Ecuación 1.1

Como se sabe que el peso del hexacóptero es de 6 kg, entonces la fuerza que debe producir cada hélice es de 10N y todo el sistema 60N.

1.2 Fuerza que debe producir hexacóptero acelerando

Para que el hexacóptero pueda acelerar, la fuerza generada por las hélices (F_i) menos la fuerza del peso del hexacóptero (mg) debe ser igual a su masa por aceleración.

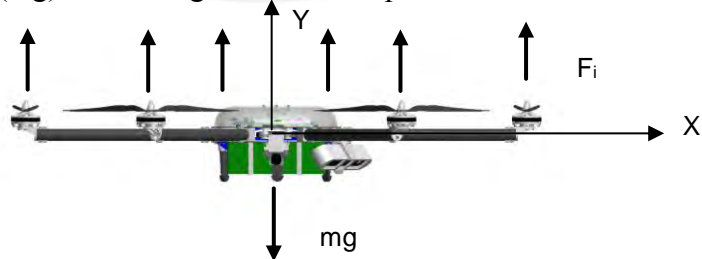


Fig. 2 Diagrama de fuerzas acelerando. Fuente: elaboración propia.

$$\sum_{i=1}^6 F_i - mg = ma$$

Ecuación 1.2

Se ha establecido que el hexacóptero acelere a 10 m/s^2 , ya que le da al sistema una rápida respuesta ante situaciones imprevistas tales como obstáculos en el camino o cambio de dirección de líneas, entonces las fuerzas que debe producir cada hélice es de 20N y todo el sistema 120N .

1.3 Fuerza de arrastre del viento

Si el sistema se trasladara sobre el vacío sólo tendría que acelerar una vez a 30 km/h (horizontalmente), velocidad que nunca cambiaría si ya no se acelera de nuevo, sin embargo el sistema se desplaza sobre un fluido, en este caso aire, que ofrece resistencia al vuelo.

Entonces, para el cálculo de la verdadera fuerza no sólo se debe considerar la fuerza teórica que debe proporcionar cada hélice, sino que también se debe considerar la fuerza que el viento ejercerá sobre este, así se tiene:

$$Fuerza_{real} = Fuerza_{teórica} + Fuerza_{viento}$$

Ecuación 1.3

Para calcular la fuerza del viento sobre el sistema, se tienen 3 casos, el más crítico se dará cuando el viento esté en contra del movimiento del hexacóptero, que será el momento en donde los motores tengan que generar mayor fuerza.



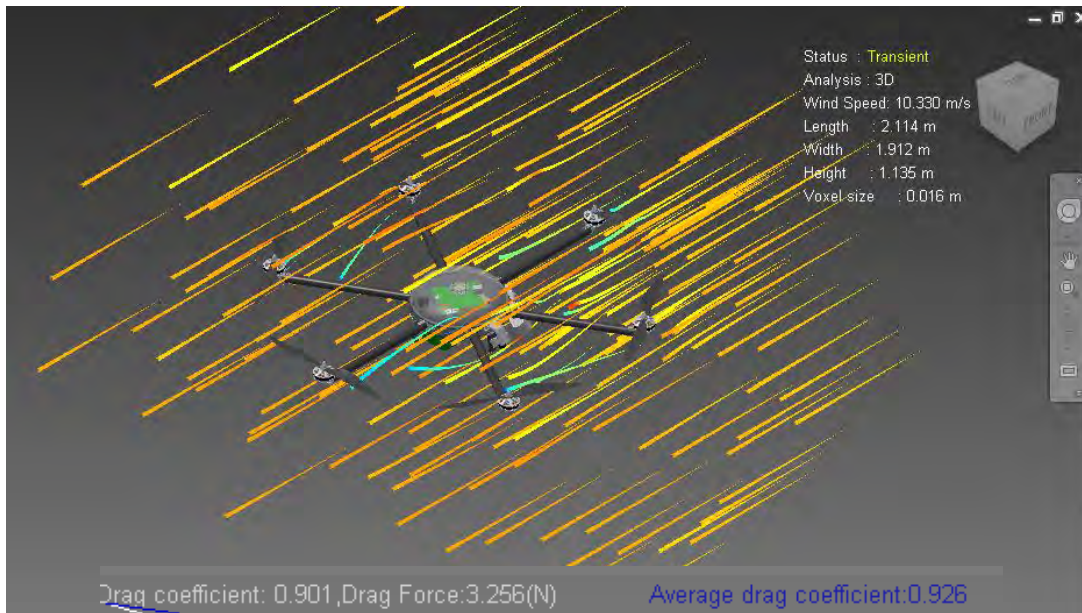


Fig. 4 Simulación de sistema volando a 30km/h con viento sin velocidad. Fuente: elaboración propia.

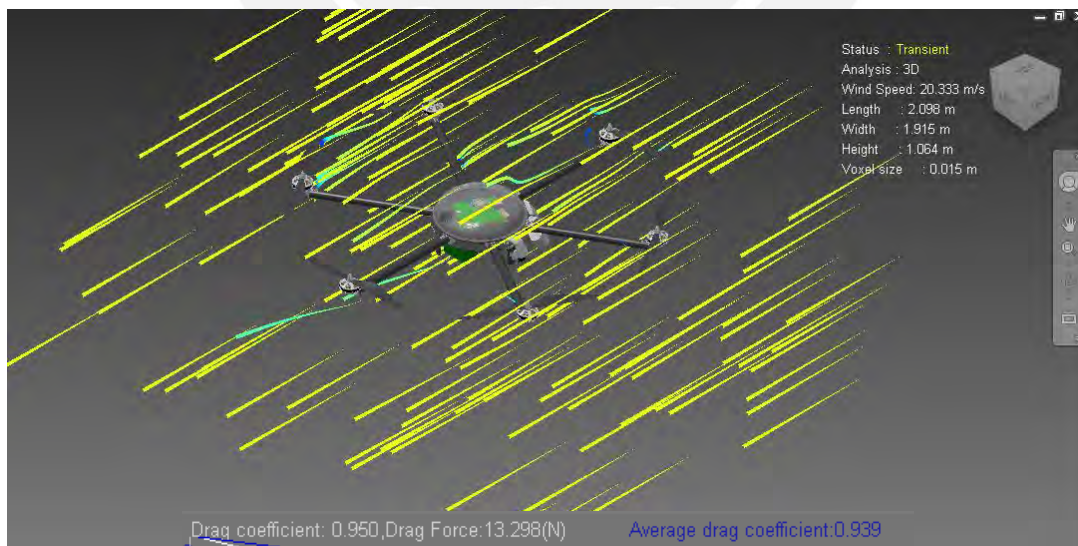


Fig. 5 Simulación de sistema volando a 30km/h con viento en contra. Fuente: elaboración propia.

Para calcular la fuerza de arrastre que ejerce el viento sobre el sistema se simuló con el software Flow Design. Como se mencionó anteriormente se tienen 3 casos más importantes: cuando el viento está a favor del hexacóptero, cuando la velocidad del viento es 0 y cuando el viento está en contra del vuelo. De las figuras 3, 4 y 5 se observa que para el primer caso la fuerza de arrastre es de aproximadamente 0N, para el segundo caso es de 3.25N y para el tercer caso es de 13.3N.

También se realizó una simulación para mostrar los puntos sobre los que el aire ejerce mayor presión cuando el UAV está en movimiento con viento en contra y analizar si el sistema puede fallar en alguno de estos puntos.

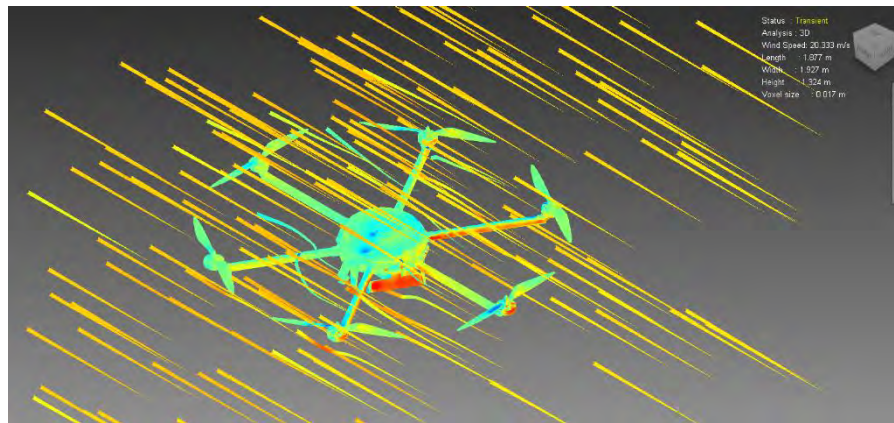


Fig. 6 Simulación de sistema para mostrar presión del aire. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 6 el acople de la cámara de profundidad recibe la mayor cantidad de presión del aire, por lo cual se procedió a realizar la simulación de este componente y hallar la fuerza de arrastre que ejerce el viento sobre este.

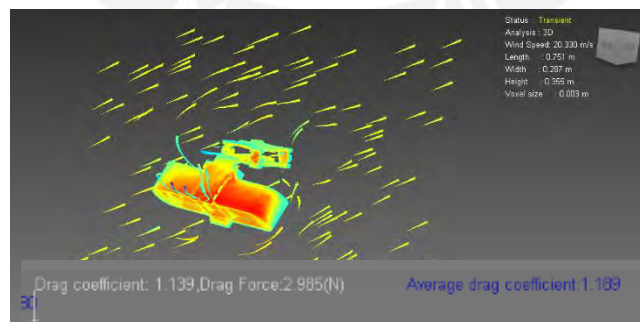


Fig. 7 Simulación de elemento con mayor presión. Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar la simulación se observó que la fuerza de arrastre sobre este elemento es de aproximadamente 3N por lo que se descartó algún fallo en este elemento.

1.4 Potencia eléctrica consumida por motor

Se trató de hallar una fórmula para estimar la potencia consumida por el motor, sin embargo el error promedio resulta muy grande, por otro lado si se usan los datos del fabricante (tabla 1) para estimar la potencia como una función de la fuerza se obtiene un mejor resultado.

Tabla 2 Datos del fabricante [1]

Diameter (inch)	Pitch (inch)	Throttle (%)	Amps (A)	Watts (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Torque (n*m)
15	5	50	3.4	80.6	765	3972	9.49	0.149
15	5	55	4.3	103.4	945	4383	9.14	0.18
15	5	60	5.5	130.8	1123	4762	8.59	0.214
15	5	65	6.6	157.2	1298	5108	8.26	0.243
15	5	75	9.5	227.5	1689	5862	7.42	0.318
15	5	85	12.8	306.5	2075	6484	6.77	0.386
15	5	100	18.1	433.4	2669	7497	6.16	0.493
16	5.4	50	4.1	99.4	950	3852	9.56	0.189
16	5.4	55	5.3	127	1165	4235	9.18	0.231
16	5.4	60	6.7	160.3	1385	4606	8.64	0.274
16	5.4	65	8.4	201.4	1625	5020	8.07	0.316
16	5.4	75	12.2	292.8	2137	5674	7.3	0.418
16	5.4	85	16.2	387.6	2592	6209	6.69	0.5
16	5.4	100	22.7	543.8	3273	6928	6.02	0.634
17	5.8	50	5	120.5	1135	3770	9.42	0.241
17	5.8	55	6.5	155.5	1358	4122	8.73	0.287
17	5.8	60	8.2	196.8	1615	4485	8.21	0.337
17	5.8	65	10.4	249.4	1910	4856	7.66	0.397
17	5.8	75	14.6	349.4	2396	5432	6.86	0.497
17	5.8	85	19.4	465.8	2868	5947	6.16	0.599
17	5.8	100	26.5	636.2	3555	6578	5.59	0.74
18	6.1	50	5.9	140.6	1315	3636	9.35	0.287
18	6.1	55	7.8	186.2	1665	4015	8.94	0.359
18	6.1	60	9.4	225.3	1935	4353	8.59	0.415
18	6.1	65	11.9	285.4	2230	4641	7.81	0.478
18	6.1	75	17.1	411.1	2825	5211	6.87	0.602
18	6.1	85	22.5	538.8	3350	5628	6.22	0.712
18	6.1	100	31.1	747.4	4125	6181	5.52	0.871

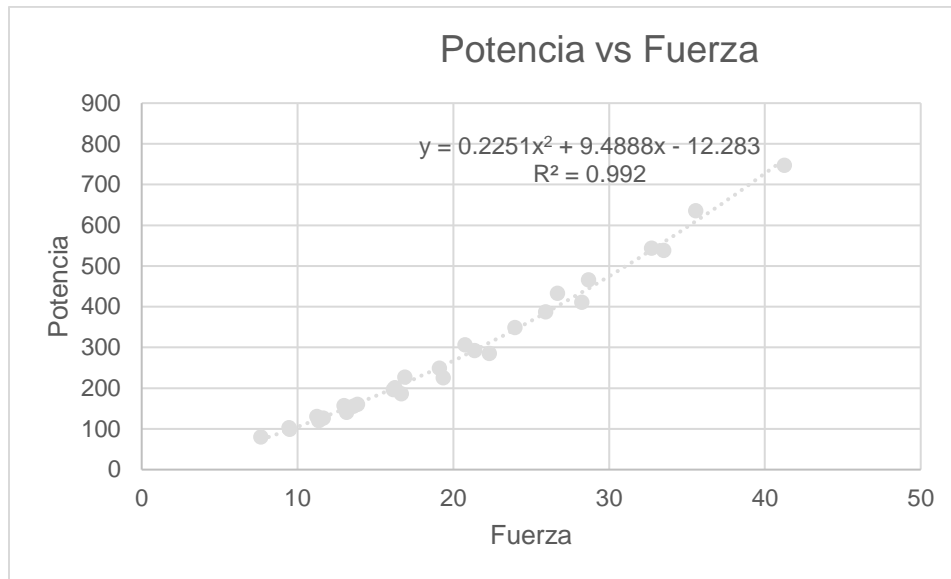


Fig. 6 Regresión polinómica entre la fuerza y la potencia. Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 2 la curva de regresión polinómica tiene una fuerte representatividad de los puntos ($R^2 = 0.992$), por esto se usará esta fórmula para estimar la potencia.

$$P = 0.2251Fuerza^2 + 9.4888Fuerza - 12.283$$

Ecuación 1.4

1.5 Corriente consumida por motor

La potencia eléctrica se calcula:

$$P = VI$$

Ecuación 1.5

Si son conocidos el voltaje (V) y la potencia (P), la corriente se puede calcular:

$$I = P/V$$

Ecuación 1.6

1.6 Cálculo de cantidad máxima de km que puede recorrer el sistema

Para estimar la máxima cantidad de km que puede recorrer el sistema se va a dividir el cálculo en tres etapas: elevación del sistema para empezar el vuelo, aterrizaje del sistema, recorrido de líneas, asimismo se considerará la cantidad de energía consumida por los componentes electrónicos. Se debe considerar que la cantidad de energía disponible es de 22'000 mAh, y que se calculará la energía como mAh.

1.6.1 Elevación del Sistema

Esta es la primera etapa de vuelo, cuando el sistema se eleva 20 metros para dirigirse al punto de inicio de inspección. Para llegar a 30km/h, según la ecuación 1.7 el sistema acelerará aproximadamente 1s, en el que habrá recorrido, según la ecuación 1.8, 5.5 metros. Durante este segundo que el sistema aplicó 120N se ha consumido, según la fórmula 1.4, 1605.2 Watts, y se ha consumido, según la fórmula 1.6 y considerando la fuente de voltaje de 22.2V, 72.3 A, que en miliamperios hora sería de 20.1mAh. Como se le ha otorgado velocidad al hexacóptero, se le mantendrá volando a 30km/h aproximadamente 1s, recorriendo 10 metros, durante este segundo el sistema aplicó 60N de fuerza, por lo que se consumió 630.7 watts, 28.45 y 7.9mAh. Para detener el vuelo vertical se paran los motores 1s por lo que el propio peso del hexacóptero detendrá el vuelo vertical en 5.5 metros, en esta parte no se consume energía.

Energía total consumida despegue = 20.1 + 7.9= 28 mAh

$$v_f = v_0 + at$$

Ecuación 1.7

$$e = \frac{v_f^2 - v_0^2}{2a}$$

Ecuación 1.8

1.6.2 Aterrizaje del sistema

Esta es la última etapa de vuelo. Se supondrá que el sistema se encuentra a 15 metros sobre el piso sobrevolando. Durante un segundo el sistema aplicará 30N de fuerza por lo que según la ecuación 1.2 se tendrán una fuerza resultante de 30N y una aceleración de 5 m/s² hacia abajo. Durante este segundo el sistema recorrió 2.5 metros, llegó a una velocidad de 5 m/s se consumió 244.7 watts, 11 amperios y 3mAh. Luego de tener una velocidad de 5m/s el sistema aplicará una fuerza de 60N para mantener esa velocidad durante 2 segundos, en los que se consumirá 630.7 watts, 28.4 amperios y 7.9 mAh. Finalmente se aplicará una aceleración de 64.9995N por 0.99099 segundos, de esta manera una vez se llegue al piso la velocidad del hexacóptero será de 0.05m/s (velocidad que implica un impacto suave con el piso). Durante este tiempo se consumirá 701.58 watts, 31.6 amperios y 8.78 mAh.

Energía total consumida aterrizaje= $3 + 7.9 + 8.78 = 19.68\text{mAh}$

1.6.3 Recorrido de líneas

Esta es la etapa intermedia de vuelo. Anteriormente sólo se estaban aplicando fuerzas verticales, ahora se aplicarán también fuerzas horizontales, para este cálculo se considerará la velocidad del viento 0 (fuerza de arrastre de viento 3.256N). El primer paso es acelerar el sistema a 30km/h en dirección horizontal. Para llegar a 30km/h se acelera el sistema durante aproximadamente 1s, durante este segundo, según la ecuación 1.1, se ha aplicado una fuerza de 60N en dirección horizontal y 60N hacia arriba (para mantener el sistema en el aire) por lo que las hélices han ejercido en realidad una fuerza de $60\sqrt{2}$ (se calcula la fuerza resultante ecuación 1.10) en dirección 45° (tal como se muestra en la figura 7 y se calcula en la ecuación 1.9). En acelerar horizontalmente se ha consumido 1001.57 watts, 45.11 amperios y 12.53mAH. Luego de llegar a 30km/h se mantiene la velocidad del sistema igualando la fuerza de arrastre del viento que tratará de parar el sistema. Entonces durante la inspección el UAV ejercerá una fuerza de 3.256N en su dirección de vuelo, que es la fuerza que el viento ejerce sobre el hexacóptero, y una fuerza de 60N hacia arriba; usando la ecuación 1.9 se obtiene una fuerza de 60.088N en dirección 86.9° , se consume 631.9 watts, 28.46A y 28464.9t miliamperio-hora, en donde t es el tiempo que recorre las líneas en horas. Finalmente, cuando el hexacóptero llega a su lugar de destino detiene su vuelo y sobrevuela este punto. Al igual que al principio de este punto se aplica una fuerza de 60N en la dirección contraria de vuelo durante aproximadamente 1 segundo para detener el vuelo en la dirección horizontal, consumiéndose 1001.57 watts, 45.11 amperios y 12.53mAh.

Energía total consumida durante recorrido= $12.53 + 28464.9t + 12.53 = 25.06 + 28464.9t$ mAh

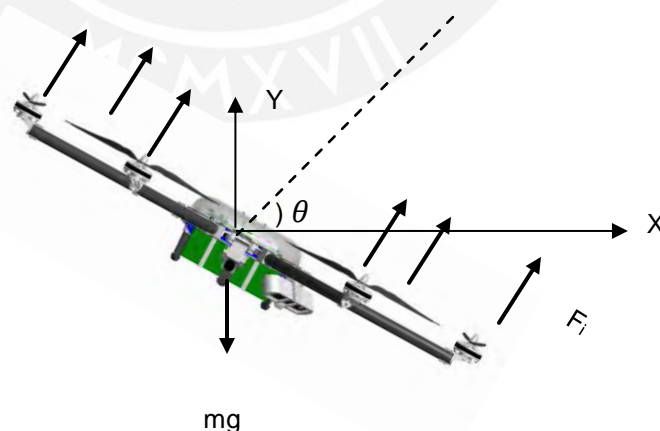


Fig. 7 Diagrama de cuerpo libre de sistema acelerando en dirección horizontal. Fuente: elaboración propia.

$$\theta = \arctan\left(\frac{\text{fuerza vertical}}{\text{fuerza horizontal}}\right)$$

Ecuación 1.9

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

Ecuación 1.10

1.6.4 Componentes electrónicos

Se procederá a calcular el consumo de los componentes que más energía consumen multiplicando el amperaje con que se alimentan por el tiempo en que dura la inspección t (tiempo en minutos).

Cámara de profundidad: $380\text{mA} \cdot t$ [2]

Cámara termográfica: $303\text{mA} \cdot t$ [3]

Controlador de vuelo: $320\text{mA} \cdot t$ [4]

Computadora principal: $833\text{mA} \cdot t$ [5]

Energía total consumida por componentes electrónicos durante recorrido = $380t + 303t + 320t + 833t = 1836t$ mAh

1.6.5 Cálculo del tiempo de inspección

Para calcular el tiempo de inspección se suma todos los consumos y se igualan a la energía útil proporcionada por la batería (que vendría a ser 85% de su capacidad ya que luego de usar este porcentaje el voltaje en esta decae rápidamente).

$$\text{Elevación del Sistema} + \text{Aterrizaje del sistema} + \text{Recorrido de líneas} + \text{Componentes electrónicos} = 0.85 \cdot \text{Energía batería}$$

Ecuación 1.11

Se reemplazan los valores:

$$28 + 19.68 + 25.06 + 28464.9t + 1636t = 0.85 \cdot 22000$$

Ecuación 1.12

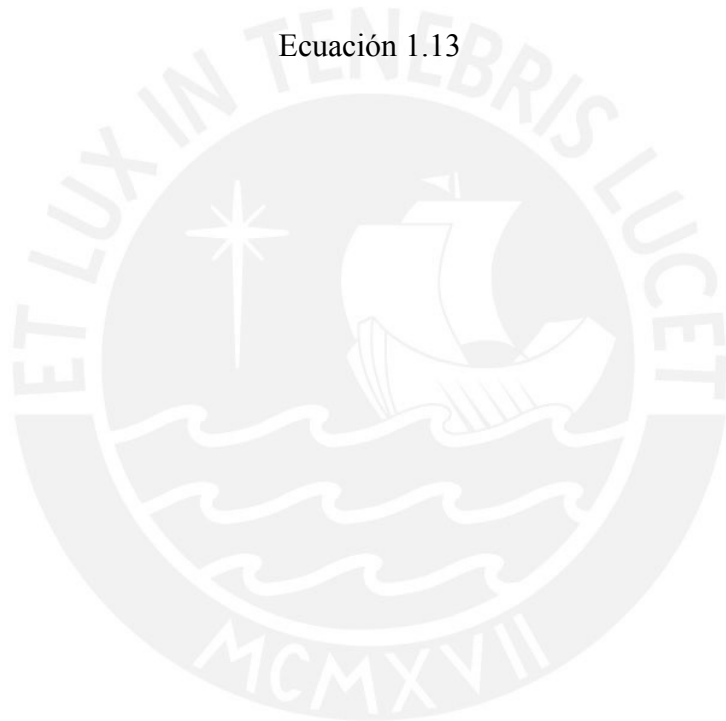
Resolviendo la ecuación 1.12 se tiene que el tiempo de inspección es el 61.92% de una hora que vendrían a ser 37.15 minutos de vuelo.

1.6.6 Cálculo de distancia que se recorre

La distancia teórica que el hexacóptero puede recorrer se calcula con la fórmula 1.13, ya que se conoce la velocidad (30km/h) y el tiempo de vuelo (37.15 minutos), entonces se estima que la distancia de líneas recorridas será de 18.576 km. Debe acotarse que esta distancia es considerando las líneas rectas en todo su trayecto, sin embargo las líneas siguen una trayectoria curva y las torres que las sostienen pueden ir subiendo o bajando de altura, es por esto que se aplica un factor de seguridad 1.5 a esta distancia con lo que nos queda un total de líneas recorridas de 12.384 kilómetros.

$$e = v * t$$

Ecuación 1.13



ANEXO 3

1 Resistencia

En esta sección se hallará, para los elementos de mayor carga e importancia para el correcto funcionamiento del sistema, si el elemento diseñado falla o no, para esto se ha considerado que el factor de seguridad de todas las piezas debe ser mayor o igual a 3 ya que el sistema se desplazará por el aire y si algún elemento de los que se analizará falla podría conllevar a una falla total del sistema (por ejemplo con el soporte de batería, si este elemento falla la batería puede caer, dejando sin alimentación al sistema y provocando que este también caiga).

1.1 Soporte frontal batería

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 1), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 2).

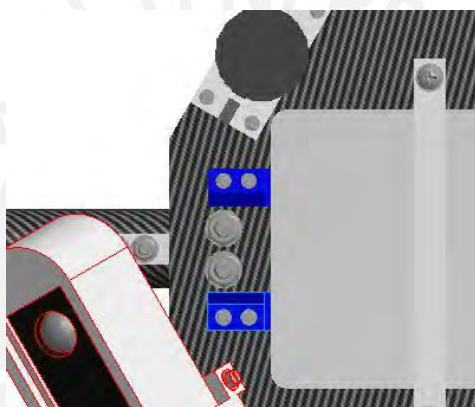


Fig. 1 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

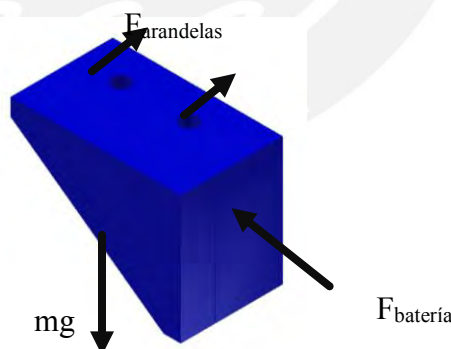


Fig. 2 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

$$\sum_{i=1}^6 F_i = ma$$

Ecuación 1.1

La mayor fuerza que se ejercerá sobre el elemento será cuando el sistema acelere a 10m/s^2 , entonces la batería que pesa 2.449kg y según la ecuación 1.1 ejercerá una fuerza de 24.49N , y cada una de estos elementos soportará 12.25N . Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

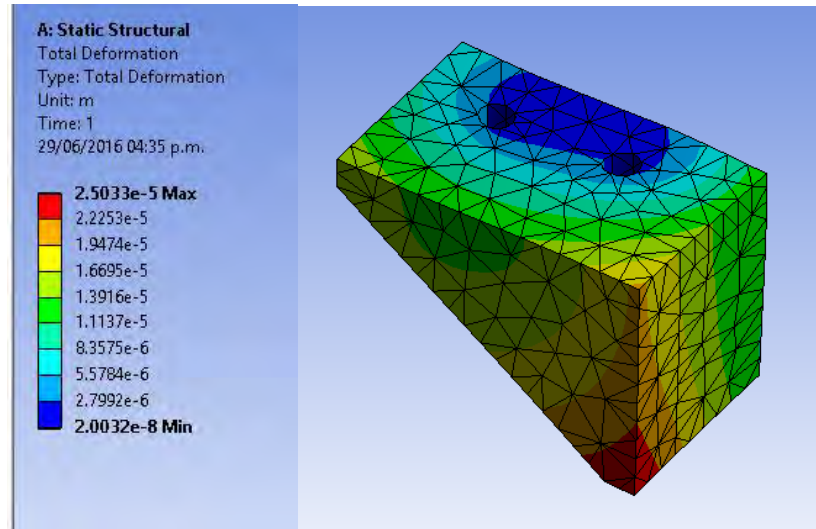


Fig. 3 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

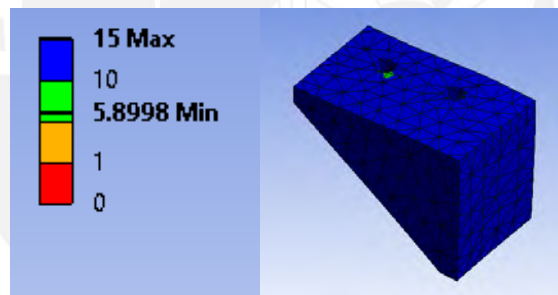


Fig. 4 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 4 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 5.9, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.2 Soporte lateral batería

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 5), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 6).

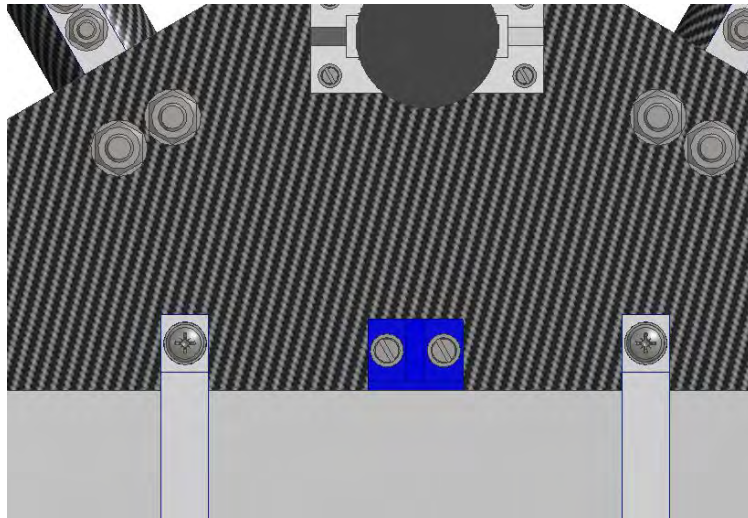


Fig. 5 Posición de elemento sobre sistema Fuente: elaboración propia.

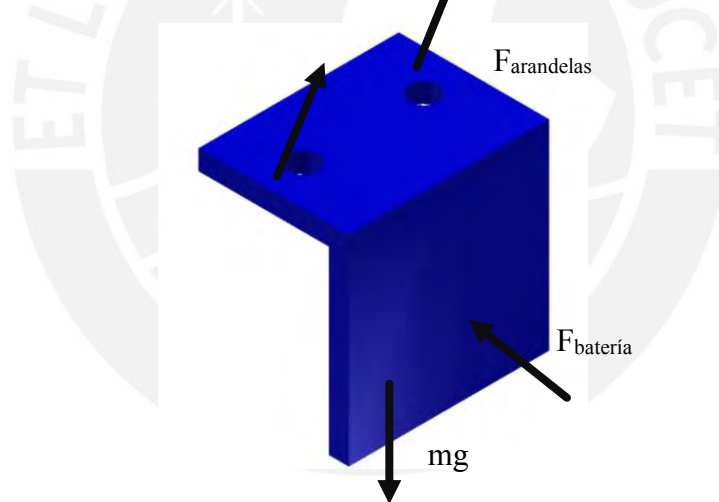


Fig. 6 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

La mayor fuerza que se ejercerá sobre el elemento será cuando el sistema acelere a 10m/s^2 , entonces la batería que pesa 2.449kg y según la ecuación 1.1 ejercerá una fuerza de 24.49N , entonces este elemento soportará 24.49N . Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

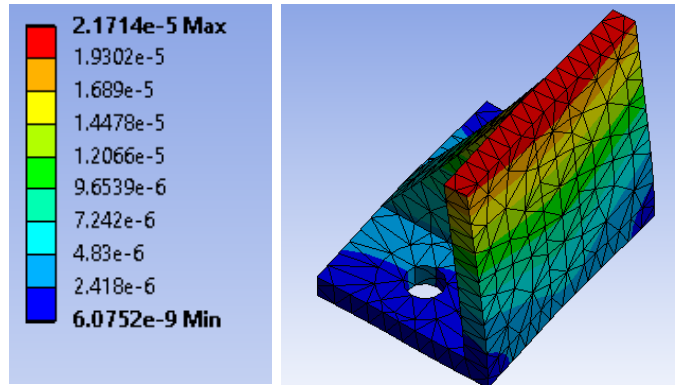


Fig. 7 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

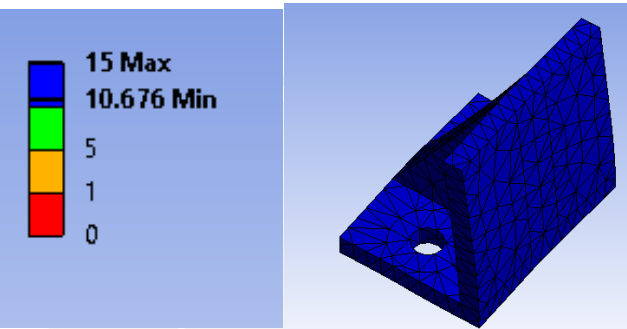


Fig. 8 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 7 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 8 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 10.676, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.3 Acople brazo cuerpo

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 9), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 10).

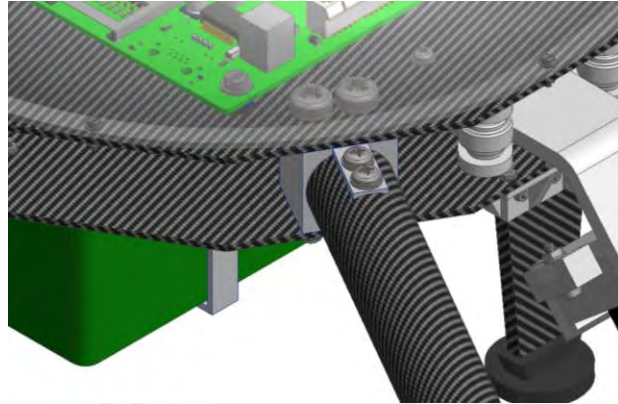


Fig. 9 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

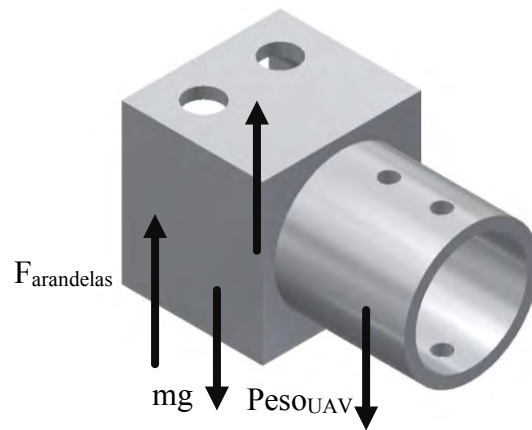


Fig. 10 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

Este elemento transmite la fuerza del brazo al cuerpo, como son 6 de estos elementos se divide la fuerza total entre 6. La mayor fuerza que se ejercerá sobre estos 6 elementos será cuando el sistema acelere a 10m/s^2 hacia arriba, que según la ecuación 1.1 será de 120N, entonces este elemento soportará 20N. Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

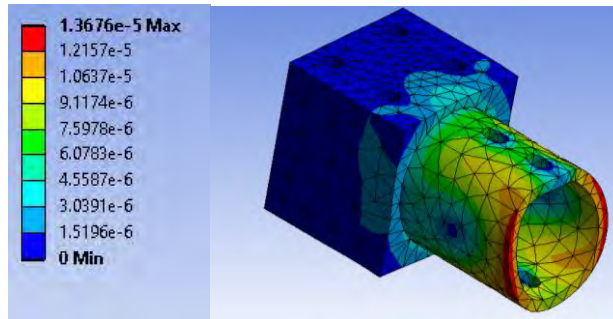


Fig. 11 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

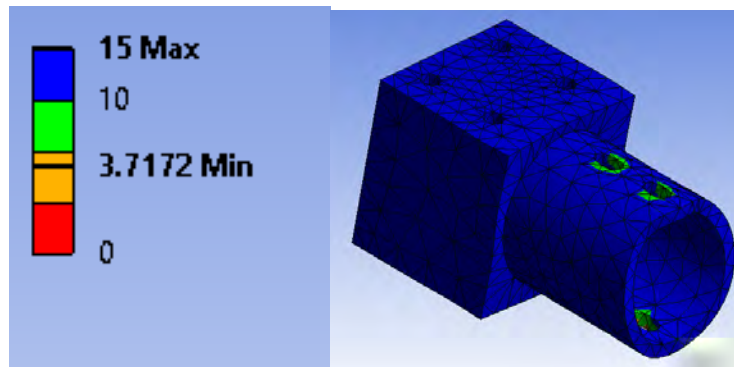


Fig. 12 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 11 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 12 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 3.7, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.4 Acople brazo motor

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 13), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 14).



Fig. 13 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

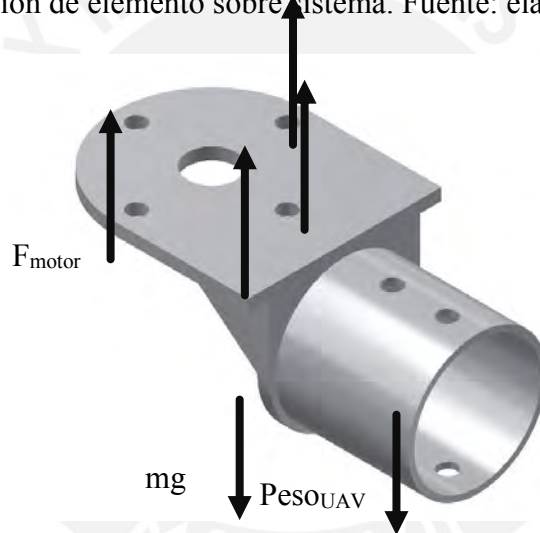


Fig. 14 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

Este elemento transmite la fuerza del motor al brazo, como son 6 de estos elementos se divide la fuerza total entre 6. La mayor fuerza que se ejercerá sobre estos 6 elementos será cuando el sistema acelere a $10m/s^2$ hacia arriba, que según la ecuación 1.1 será de 120N, entonces este elemento soportará 20N. Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

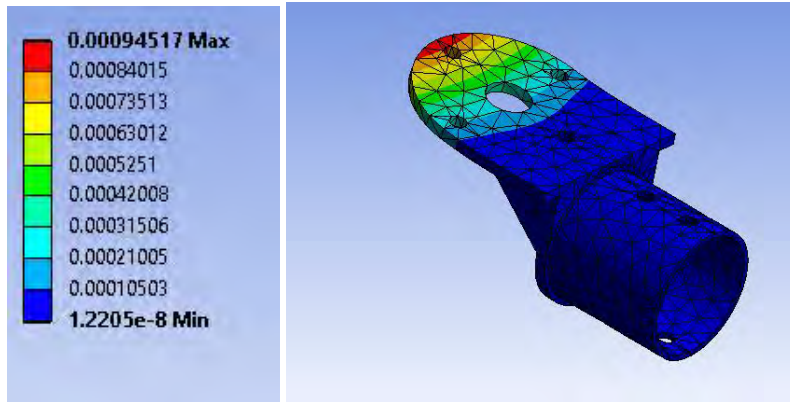


Fig. 15 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

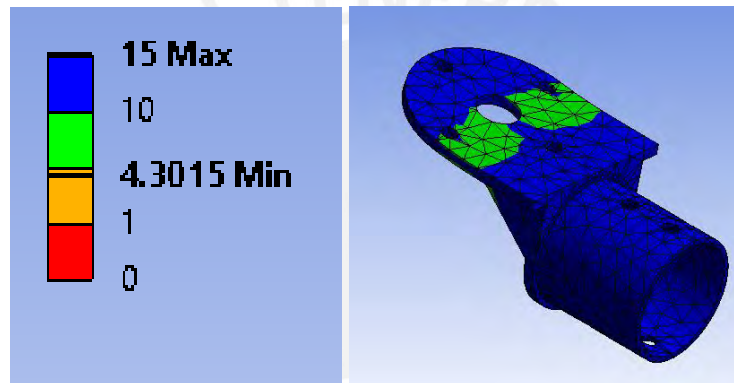


Fig. 16 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 15 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 16 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 4.3015, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.5 Brazo

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 17), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 18).



Fig. 17 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

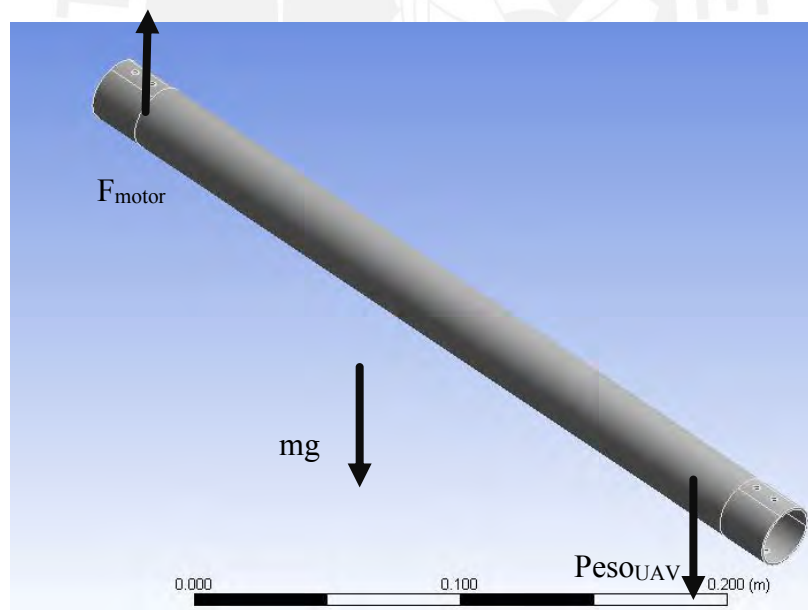
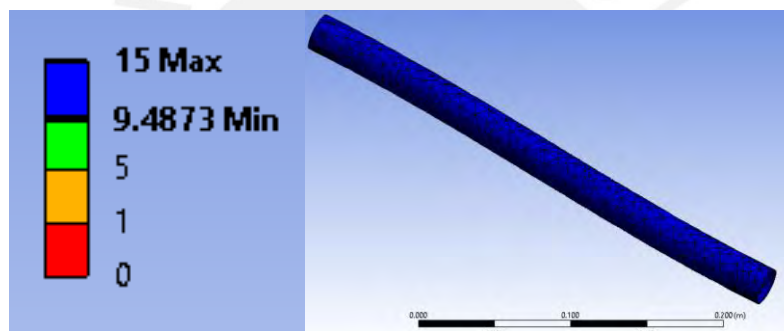
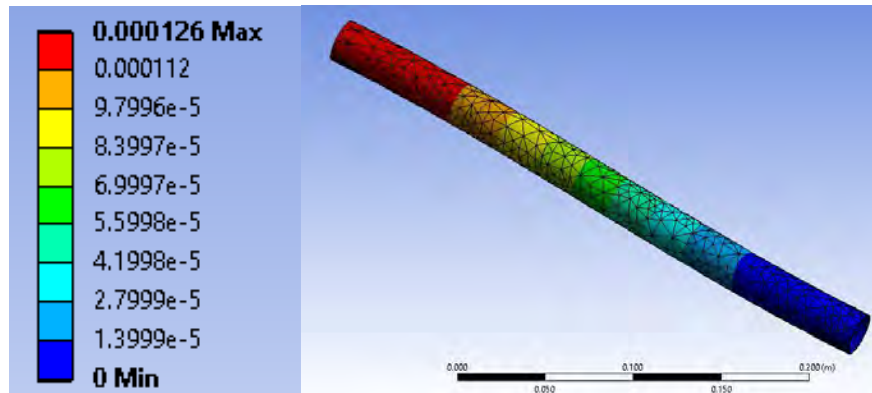


Fig. 18 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

Este elemento transmite la fuerza del motor al cuerpo, como son 6 de estos elementos se divide la fuerza total entre 6. La mayor fuerza que se ejercerá sobre estos 6 elementos será cuando el sistema acelere a 10m/s^2 hacia arriba, que según la ecuación 1.1 será de 120N ,

entonces este elemento soportará 20N. Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).



En la figura 19 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 20 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 9.48, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.6 Pierna

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 21), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 22).

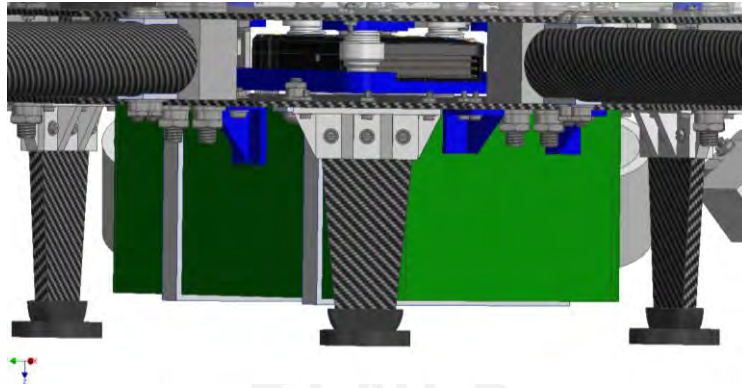


Fig. 21 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

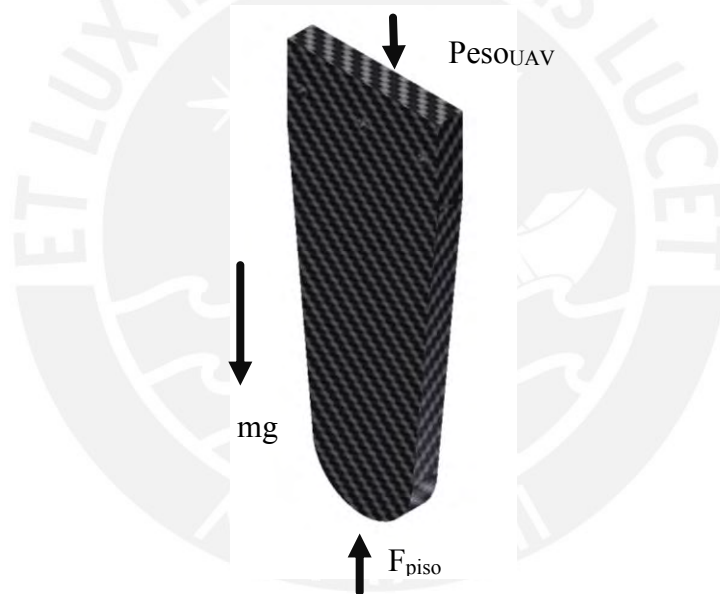


Fig. 22 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

Este elemento soporta el peso del hexacóptero, como son 3 de estos elementos se divide el peso total entre 3. Como el peso del hexacóptero es de 60N, la fuerza que soportan estos elementos es de 20N. Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

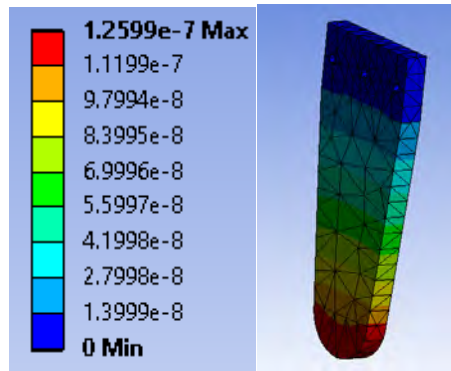


Fig. 23 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

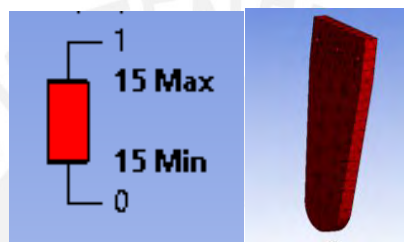


Fig. 24 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 19 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 20 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 15, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

1.7 Soporte batería

A continuación se muestra la posición del elemento a analizar en el sistema (figura 25), las fuerzas que se ejercen sobre éste (figura 26).

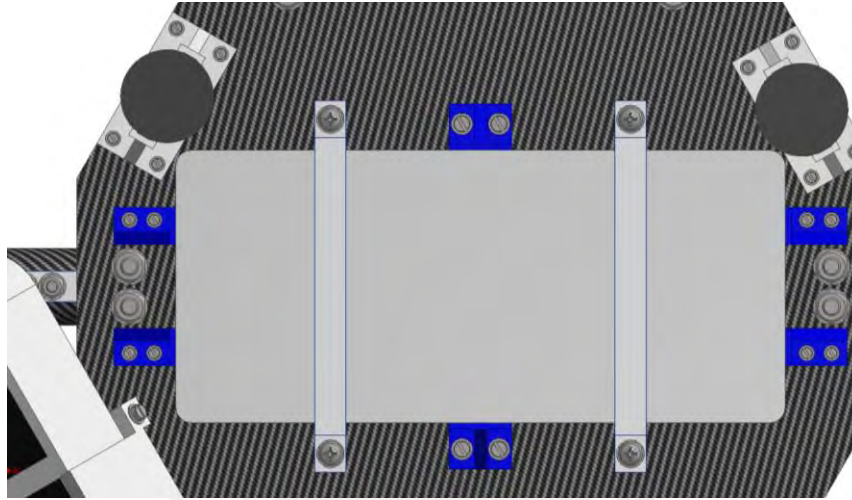


Fig. 25 Posición de elemento sobre sistema. Fuente: elaboración propia.

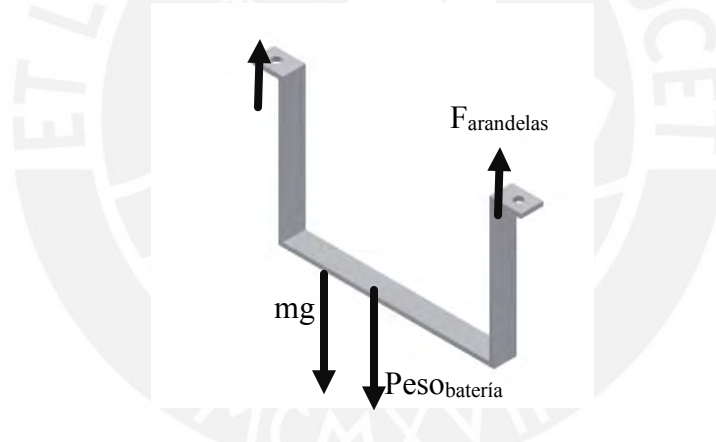


Fig. 26 Diagrama de fuerzas sobre elemento. Fuente: elaboración propia.

Este elemento soporta el peso de la batería, como son 2 de estos elementos se divide el peso total entre 3. La mayor fuerza que se ejercerá sobre el elemento será cuando el sistema acelere a 10m/s^2 , entonces la batería que pesa 2.449kg y según la ecuación 1.1 ejercerá una fuerza de 48.98N , y cada una de estos elementos soportará 24.49N . Se muestra la simulación de este elemento (el peso de este elemento es calculado por el mismo programa de simulación Ansys).

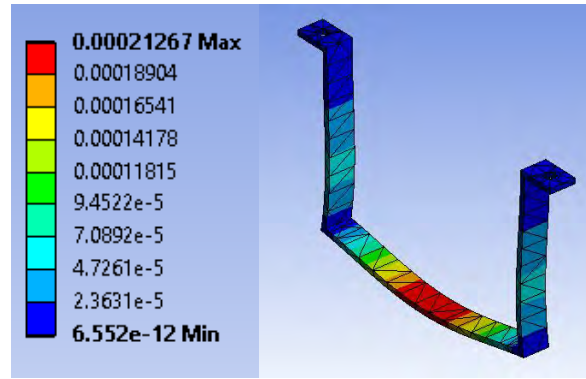


Fig. 27 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: Deformación total. Fuente: elaboración propia.

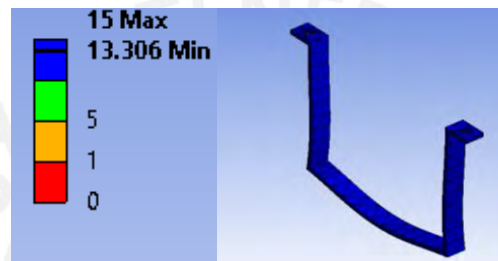


Fig. 28 Simulación de fuerzas sobre cuerpo: factor de seguridad según teoría de máximo esfuerzo equivalente. Fuente: elaboración propia.

En la figura 27 se observa cómo se deforma el elemento ante las fuerzas que se le ejercen, esto nos ayuda a mejorar el diseño cuando en algún lugar del elemento se detecta una concentración de esfuerzos, a su vez se observa en la figura 28 el mínimo factor de seguridad calculado por el software, que es de 13.306, por lo que se podría decir que el elemento cumple con los requerimientos.

ANEXO 4

1 Campo electromagnético

Para este trabajo se había pensado que el campo magnético iba a ser una restricción en la distancia que se puede acercar el hexacóptero, sin embargo se ha concluido que no lo es ya que el campo magnético que producen las líneas es relativamente bajo, incluso para líneas de 400 kilovoltios, en la que el campo es de aproximadamente 6 microteslas (μT) justo en medio de las fases tal como se muestra en la figura 1.

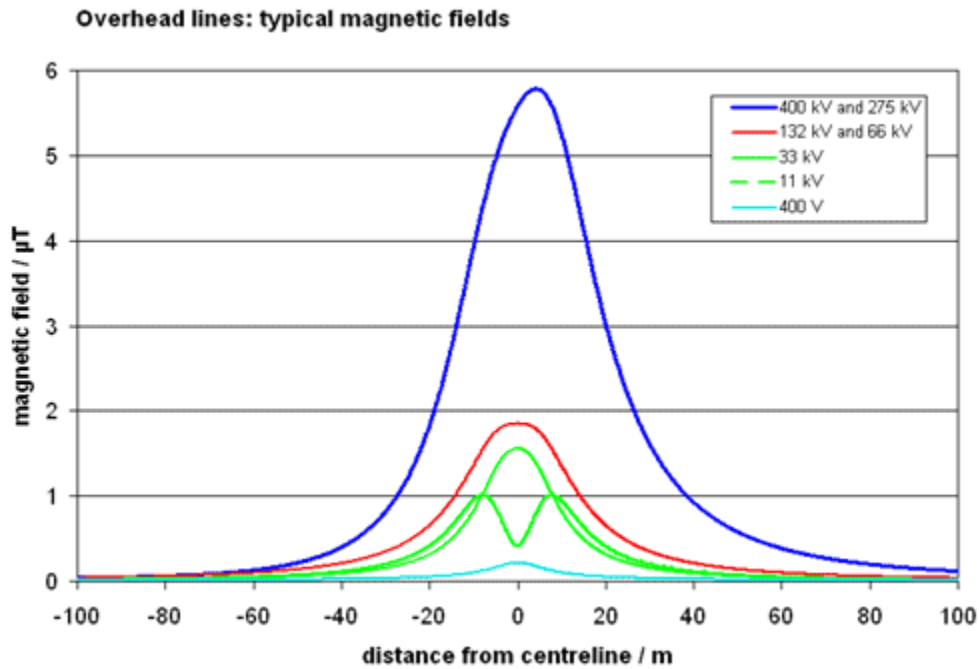


Fig. 1 Variación del campo magnético de la línea en función de la distancia a esta. [6]

ANEXO 5

1 Cálculo de lente para cámara

Para este cálculo se va a establecer que el sistema inspeccionará líneas de hasta 500kV, para estas líneas la distancia entre fases es 3.6 metros [7]. Como se observa en el diagrama de la figura 1 el mínimo ángulo que el lente debe tener 32° , se escogerá un lente con el mínimo ángulo pues a menor ángulo mayor distancia focal, de esta manera el objeto que se está observando tendrá un mejor enfoque tal como se observa en la figura 2. Por lo tanto se escoge el lente de 19mm y $f/1.25$ [8] que ofrece el fabricante de la cámara termográfica.

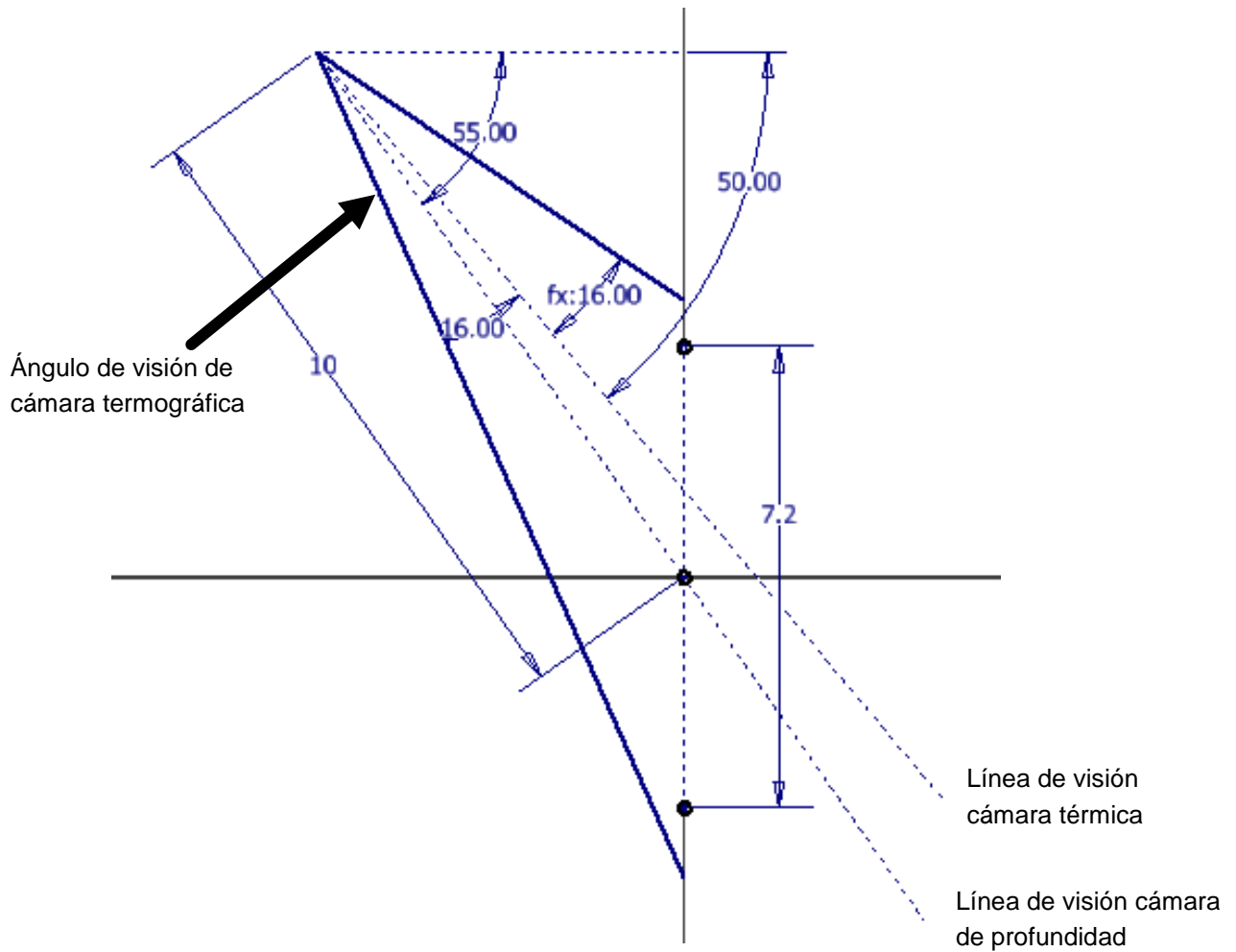


Fig. 1 Diagrama de visión vertical de cámara termográfica. Fuente: Elaboración propia

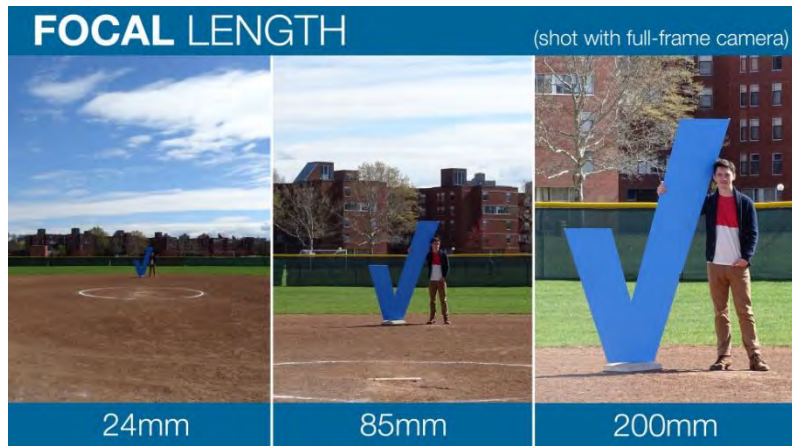


Fig. 2 Diagrama de visión de cámara termográfica [9].

2 Cálculo de efecto blur

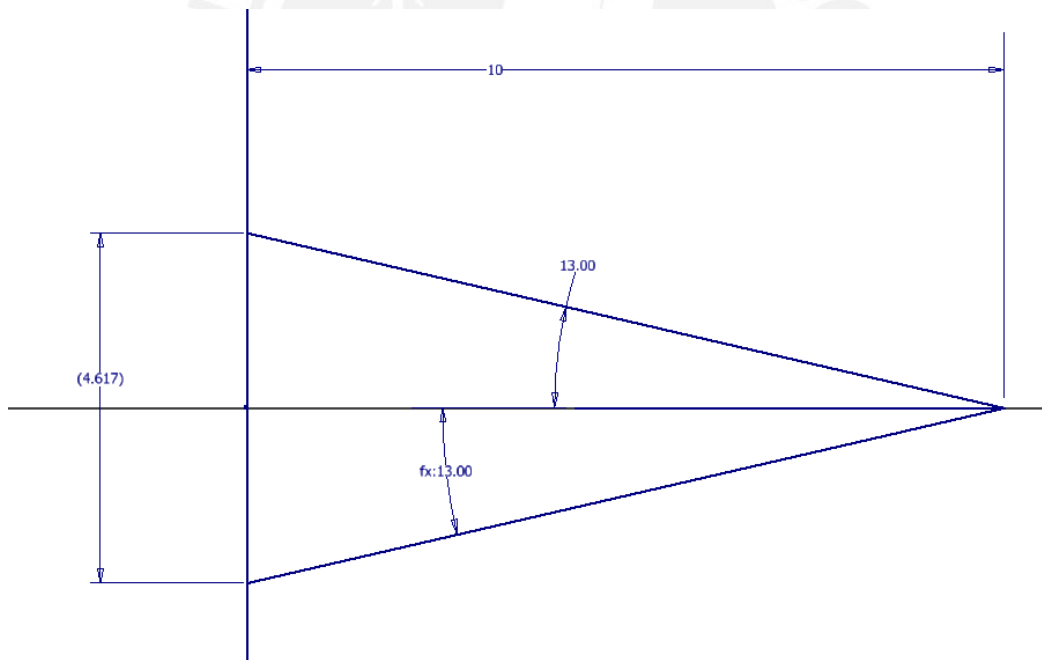


Fig. 3 Diagrama de visión horizontal de cámara termográfica. Fuente: Elaboración propia.

De la figura 3 se puede observar que la distancia horizontal que la cámara observará será de 4.617 metros y la cantidad de píxeles horizontales es de 512, por tanto se tiene una relación de 110.9 píxeles/metro.

La velocidad del hexacóptero es de 10.333m/s y la velocidad de obturación es de 0.004 [10] segundos por lo tanto la distancia que se moverá el sistema durante el tiempo de obturación, según la ecuación 1 es de 0.124 metros. Multiplicando la relación que se halló por la cantidad de metros que se mueve el UAV se tiene que se mueven 4 píxeles, por lo que se puede concluir que se adquiere una imagen en el margen de lo aceptable.

$$e = vt$$

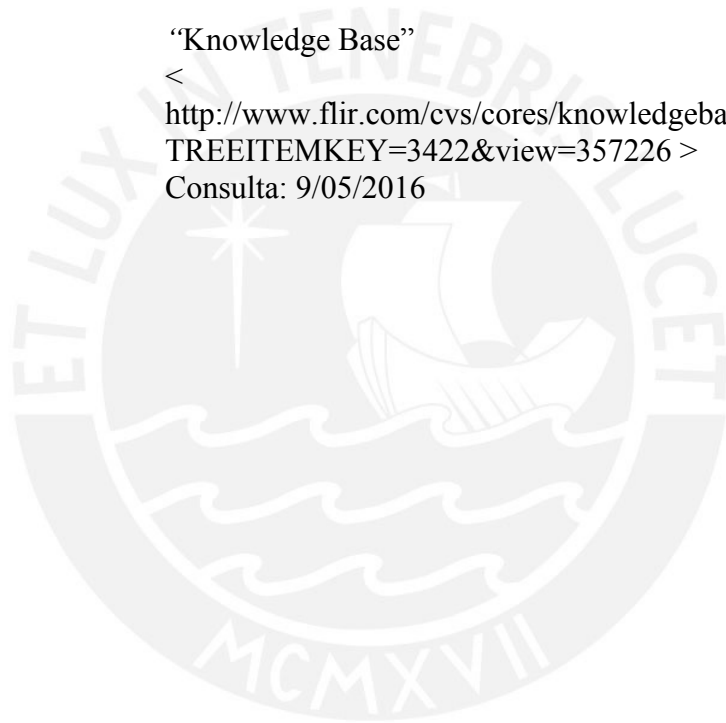
Ecuación 1



BIBLIOGRAFÍA

- [1] TIGUER MOTOR
2012 “Motor MN-5208”
< www.rctigermotor.com/html/2015/Navigator_0206/286.html >
Consulta: 9/03/2016
- [18] STEREO LABS
2014 “Zed”
< https://www.stereolabs.com/zed/docs/ZED_Datasheet_2016.pdf>
Consulta: 29/03/2016
- [3] SISTEMAS FLIR
2014 “FLIR QUARK 2”
< http://cvs.flir.com/l/6132/2015-01-19/ypvyw/6132/119382/Quark_2_Datasheet_Update_112114.pdf?_ga=1.266179791.1972061305.1457388636>
Consulta: 29/03/2016
- [4] DIY DRONES
2015 “Pixhawk (and APM) Power Consumption”
< <http://diydrones.com/profiles/blogs/pixhawk-and-apm-power-consumption>>
Consulta: 29/03/2016
- [5] NVIDIA
2015 “Kit de desarrollo NVIDIA Jetson TX1”
< <http://www.nvidia.es/object/jetson-tx1-dev-kit-es.html> >
Consulta: 21/06/2016
- [6] ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS AND HEALTH
2016 “Overhead power lines”
< <http://www.emfs.info/sources/overhead/> >
Consulta: 9/06/2016
- [7] INFORMACIÓN LEGISLATIVA
2004 “Superintendencia de Riesgos del Trabajo”
< <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/95000-99999/96327/norma.htm> >
Consulta: 9/03/2016

- [8] FLIR
2015
“Quark 2 Uncooled Cores”
< <http://www.flir.com/cores/display/?id=51266> >
Consulta: 9/05/2016
- [9] REVIEWED
2015
“Quark 2 Uncooled Cores”
< <http://lenses.reviewed.com/buying-guides/camera-lens-buying-guide-reviews-ratings> >
Consulta: 9/05/2016
- [10] FLIR
2015
“Knowledge Base”
<
http://www.flir.com/cvs/cores/knowledgebase/index.cfm?CF_TREEITEMKEY=3422&view=357226 >
Consulta: 9/05/2016



ANEXO 6

1 Bocina

SPECIFICATION FOR APPROVAL

承 認 書

Description : Piezo Audio Indicator
Kingstate Part No. : KPEG260
Customer's Model No. : _____
Specification No. : PKD-7329
Number Of The Edition : 1.1

CUSTOMER'S APPROVED SIGNATURE		

志豐電子股份有限公司 KINGSTATE ELECTRONICS CORP.



Address : 10F, No. 69-11, Sec. 2, Chung Cheng E. Rd., Tainshui County, Taipei Hsien, Taiwan, R.O.C.
International sales dept : TEL : 886-2-2809-5651 FAX : 886-2-2809-7151
Domestic sales dept : TEL : 886-2-2809-0668 FAX : 886-2-28096748
http : //www.kingstate.com.tw

Approved by	Checked by	Issued by
Evans 6/03/05'	By Ag 6/0/05'	Fei 6/03/05'

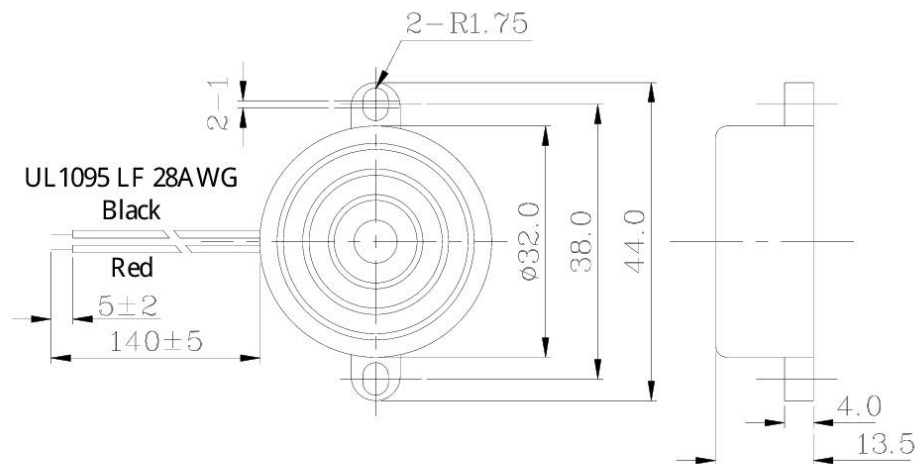
A.SCOPE 範疇

This specification applies piezo audio transducer, **KPEG260**
 此規格書適用於壓電式蜂鳴器 **KPEG260**

B. SPECIFICATION 規格

No.	Item	Unit	Specification	Condition
1	Operating Frequency 操作頻率	KHz	3.5 ± 0.5	
2	Operating Volt. range 操作電壓範圍	VDC	3 ~ 28	
3	Operating Current 操作電流	mA	MAX 4	at 12VDC
4	Sound pressure level 輸出音壓	dB	MIN 85	at 30 cm/12VDC
5	Rated Voltage 額定電壓	VDC	12	
6	Tone 聲音		Continuous 直音	at 12VDC
7	Operating temp. 操作溫度	°C	-30 ~ + 85	
8	Storage temp. 儲存溫度	°C	-40 ~ + 95	
9	Dimension 尺寸	mm	ψ 32.0XH13.5	See appearance drawing 請參照外觀尺寸圖
10	Weight (MAX) 重量	gram	8.0	
11	Material 材質		ABS UL-94 1/16" HB HIGH HEAT (BLACK)	
12	Terminal 端子		Wire type	See appearance drawing 請參照外觀尺寸圖
13	Environmental Protection Regulation 環保法規		RoHS	

C. APPEARANCE DRAWING 外觀尺寸圖

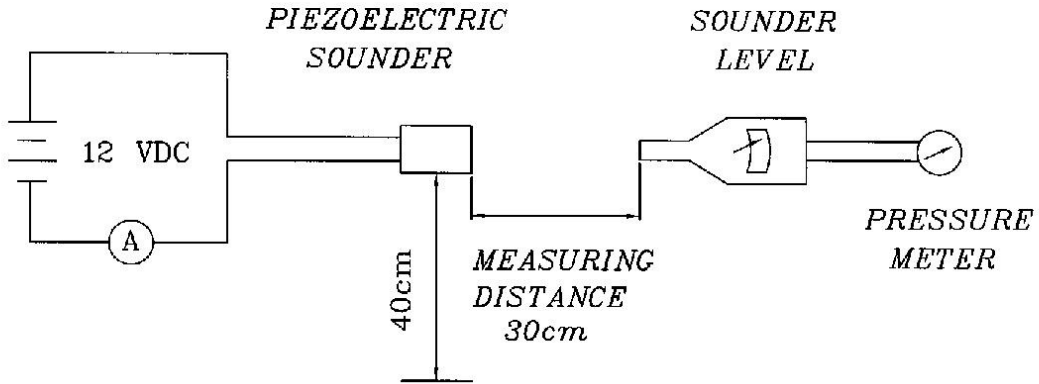


Tol : ± 0.5
 Unit : mm

志豐電子股份有限公司 KINGSTATE ELECTRONICS CORP 2/5 KPEG260

D. MEASURING METHOD 測量方法

S.P.L. Measuring Circuit 音壓測試接線圖



Mic : RION S.P.L meter UC30 or equivalent

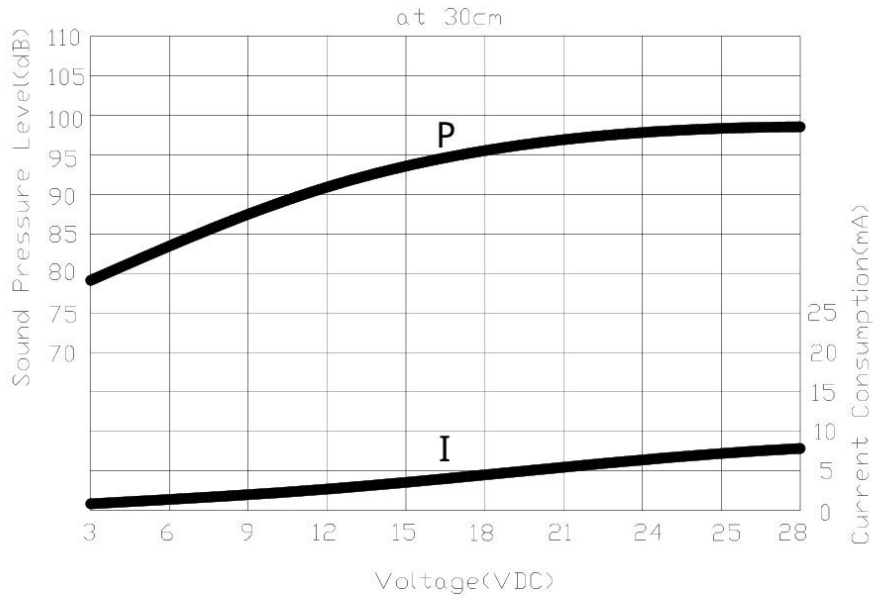
Mic : RION 噪音計 UC30 或同等品

S.G : Hewlett Packard 33120A Function Generator or equivalent

S.G : Hewlett Packard 33120A 函數信號產生器 或同等品

E. VOLTAGE: SOUND PRESSURE LEVEL / VOLTAGE: CURRENT CONSUMPTION

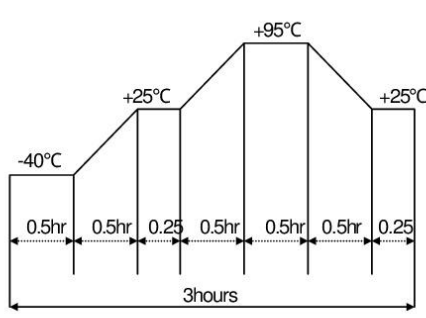
CHARACTERISTICS 電壓與音壓/電壓與耗電流之特性



F. MECHANICAL CHARACTERISTICS 機械特性

No.	Item	Test Condition	Evaluation standard
1	Solderability 焊錫附著性 (Connector excepted) (端子類不適用此項)	Stripped wires of lead wires are immersed in rosin for 5 seconds and then immersed in solder bath of +270±5°C for 3±0.5 seconds. 裸線部份浸入松香溶液 5 秒後,再浸入+270±5°C溶錫浴 3±0.5 秒。	90% min. stripped wires shall be wet with solder.(Except the edge of terminal) 浸入裸線部份附著焊錫 90% 以上。(末端斷面不算)
2	Lead Wire Pull Strength 線材拉力	The pull force shall be applied to double lead wire : Horizontal 3.0N(0.306kg) for 30 seconds. Vertical 2.0N(0.204kg) for 30 seconds. 雙線材水平方向施以 3.0N(0.306kg)的力量, 垂直方向施以 2.0N(0.204kg)的力量,各 30 秒。	No damage and cutting off. 線材不鬆動,不脫落。
3	Vibration 振動試驗	Buzzer shall be measured after being applied vibration of amplitude of 1.5mm with 10 to 55hz band of vibration frequency to each of 3 per-pendicular directions for 2 hours. 振動加壓波數 10 ~ 55HZ、全振幅 1.5mm 於 X.Y.Z 3 個方向,各 2 小時。	The value of oscillation frequency/ current consumption should be in ±10% compared with initial ones. The SPL should be in ±10dB compared with initial one.
4	Drop test 落下測試	The part only shall be dropped from a height of 75cm onto a 40mm thick wooden board 3 times in 3 axes (X.Y.Z). (a total of 9 times). 單體從 75 公分高處, X.Y.Z 3 個方向,各 3 回,落於 40mm 厚木板上。	The SPL should be in ±10dB compared with initial one. 諧振頻率與消耗電流變化量須在±10%內。輸出音壓變化量須在±10dB 內。

G. ENVIRONMENT TEST 環境測試

No	Item	Test Condition	Evaluation standard
1	High temp. test 高溫測試	After being placed in a chamber at +95°C for 240 hours 置於+95°C環境中 240 小時	Being placed for 4 hours at +25°C, buzzer shall be measured. The value of oscillation frequency/ current consumption should be in±10% compared with initial ones. The SPL should be in±10dB compared with initial one. 經測試後, 靜置於+25°C (室溫) 環境中 4 小時後,諧振頻率與消耗電流變化量須在±10%內。輸出音壓變化量須在±10dB 內。
2	Low temp. test 低溫測試	After being placed in a chamber with -40°C for 240 hours 置於-40°C 環境中 240 小時	
3	Humidity test 相對濕度測試	After being placed in a chamber at +40°C and 90±5% relative humidity for 240 hours 置於+40°C, 相對濕度 90±5% 環境中 240 小時	
4	Temp. cycle test 溫度循環測試	The part shall be subjected to 5 cycles. One cycle shall be consist of : : 單體承受溫度循環測試 5 次,其循環內容如圖示: 	

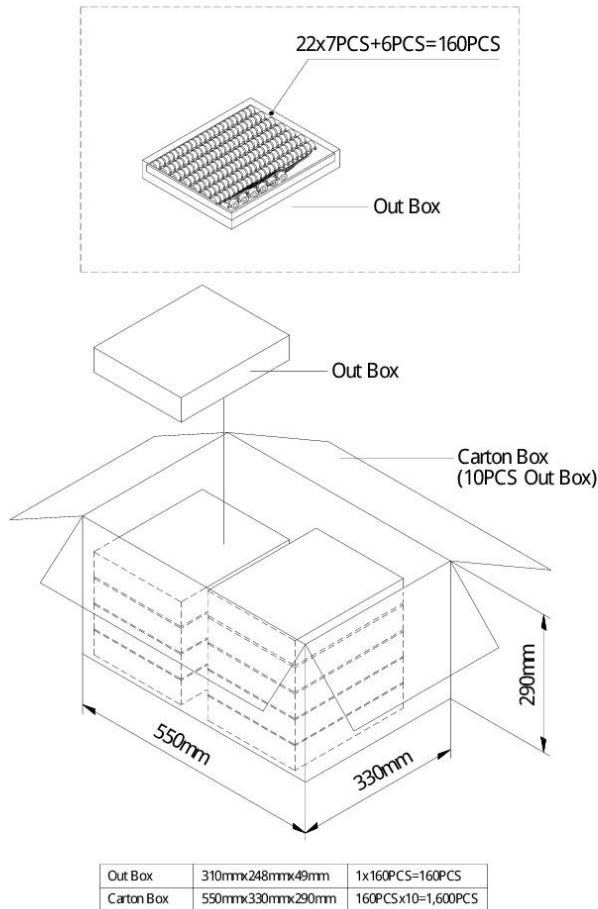
H. RELIABILITY TEST 信賴性測試

No.	Item	Test condition	Evaluation standard
1	Operating life test 壽命測試	1. Continuous life test 高溫壽命測試(連續) 48 hours continuous operation at +70°C with rated voltage applied. 在+70°C境下,以額定電壓連續操作 48 小時。 2. Intermittent life test 室溫壽命測試(間歇) A duty cycle of 1 minute on, 1 minutes off, a minimum of 5000 times at room temp. (+25±2°C) and rated voltage applied 在室溫下(+25±2°C), 以額定電壓操作, 通電 1 分鐘/斷電 1 分鐘, 測試 5000 次循環。	Being placed for 4 hours at +25°C, buzzer shall be measured. The value of oscillation frequency/ current consumption should be in±10% compared with initial ones. The SPL should be in±10dB compared with initial one. 經測試後, 靜置於+25°C (室溫) 環境中 4 小時後, 諧振頻率與消耗電流變化量須在±10%內。輸出音壓變化量須在±10dB 內。

TEST CONDITION.

Standard Test Condition 一般測試條件	:	a) Temperature : +5 ~ +35°C	b) Humidity : 45-85%	c) Pressure : 860-1060mpa
Judgement Test Condition 爭議時測試條件	:	a) 溫度 : +5 ~ +35°C	b) 濕度 : 45-85%	c) 氣壓 : 860-1060mpa
	:	a) Temperature : +25 ± 2°C	b) Humidity : 60-70%	c) Pressure : 860-1060mpa.
	:	a) 溫度 : +25 ± 2°C	b) 濕度 : 60-70%	c) 氣壓 : 860-1060mpa

I. PACKING STANDARD 包裝規格



志豐電子股份有限公司 KINGSTATE ELECTRONICS CORP 5/5 KPEG260

LEA-6 series

u-blox 6 GPS, QZSS, GLONASS and Galileo modules

GPS

locate, communicate, accelerate

Highlights

- Multi-constellation variants:
 - GPS (LEA-6A/S)
 - GPS, Galileo ready (LEA-6H)
 - GPS/QZSS, GLONASS (LEA-6N)
- Optimized mode for low power and maximum sensitivity
- UART, USB and DDC (I²C compliant) interfaces
- Integrated antenna supervisor



LEA-6
17.0 x 22.4 x 2.4 mm

Features

- u-blox 6 position engine:
 - Navigate down to -162 dBm and -148 dBm coldstart
 - Faster acquisition with AssistNow Autonomous
 - Configurable power management
 - Hybrid GPS/SBAS engine (WAAS, EGNOS, MSAS)
 - Anti-jamming technology
- Simple integration with u-blox wireless modules
- A-GPS: AssistNow Online and AssistNow Offline services, OMA-SUPL compliant
- Backward compatible (hardware and firmware), easy migration from LEA-5 or LEA-4 families
- LCC package for reliable and cost effective manufacturing
- Compatible with u-blox GPS Solution for Android
- Based on GNSS chips qualified according to AEC-Q100
- Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites
- Qualified according to ISO 16750

Product description

LEA-6 modules bring the high performance u-blox 6 position engine to the industry standard LEA form factor. u-blox 6 has been designed for low power consumption and low costs, independent of which satellite constellation is used (e.g. GLONASS, Galileo). Intelligent power management is a breakthrough for low-power applications. The versatile, standalone LEA-6 receivers combine an extensive array of features with flexible connectivity options. Their ease of integration results in fast time-to-market for a wide range of automotive and industrial applications.

LEA-6 modules work with all available satellite positioning systems: LEA-6H is ready to support the European Galileo system via a simple firmware upgrade; LEA-6N combines full feature GPS performance with the QZSS regional satellite system. LEA-6N also targets the Russian market, featuring the lowest power GLONASS functionality in the industry and is designed for ERA-GLONASS.

All LEA-6 modules are manufactured in ISO/TS 16949 certified sites. Each module is tested and inspected during production. The modules are qualified according to ISO 16750 - Environmental conditions and electrical testing for electrical and electronic equipment for road vehicles.

Product selector

Model	Type	Supply	Interfaces	Features
	Standalone GPS Standalone GLONASS Standalone Galileo QZSS Timing & Raw Data Dead Reckoning	1.75 V - 2.0 V 2.7 V - 3.6 V	UART USB SPI DDC (I ² C compliant)	Programmable (Flash) FW update Oscillator RTC crystal Antenna supply and supervisor Configuration pins Timepulse External interrupt / Wakeup
LEA-6N	• • R •	•	• • •	• T O • 1 •
LEA-6H	• R R	•	• • •	• T O • 1 •
LEA-6S	•	•	• • •	T O • 1 1 •
LEA-6A	•	•	• • •	C O • 1 1 •

R = HW ready, firmware upgrade required.
O = Onboard RTC crystal for faster warm and hot starts.

C = Crystal / T = TCXO



Receiver performance data

Receiver type	50-channel u-blox 6 engine GPS/QZSS L1 C/A code GLONASS L1 FDMA Galileo L1 open service (with upgrade) SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS		
Navigation update rate	up to 5 Hz (ROM version), 2 Hz (Flash)		
Accuracy ¹	GPS	GLONASS	
Position	LEA-6H/6S/6N/6A	LEA-6A	LEA-6N
SBAS	2.5 m CEP	4 m CEP	n.a.
Acquisition ¹	LEA-6H/6S/6N	LEA-6A	LEA-6N
Cold starts:	26 s	27 s	38 s
Aided starts ² :	1 s	3 s	n.a.
Hot starts ³ :	1 s	1 s	3 s
Sensitivity ³	LEA-6H/6S/6N	LEA-6A	LEA-6N
Tracking:	-162 dBm	-162 dBm	-158 dBm
Cold starts:	-148 dBm	-147 dBm	-138 dBm
Hot starts:	-157 dBm	-156 dBm	-153 dBm

¹ All SV @ -130 dBm
² Demonstrated with a good active antenna
³ Dependent on aiding data connection speed and latency

Electrical data

Power supply	2.7 V – 3.6 V		
Power consumption	GPS	GLONASS	
Continuous ¹	LEA-6H/6S/6N	LEA-6A	LEA-6N
Power Save Mode ^{2,3}	121 mW	114 mW	121 mW
Backup power	1.4 V – 3.6 V, 22 µA	36 mW	33 mW
Antenna power	External or internal VCC_RF		
Supported antennas	Active and passive		
Antenna supervision	Integrated short-circuit detection and antenna shutdown, open circuit detection with minimal external circuitry		

¹ @ 3.0 V
² PSM @ 1 Hz

Interfaces

Serial interfaces	1 UART 1 USB V2.0 full speed 12 Mbit/s 1 DDC (PC compliant)
Digital I/O	Configurable timepulse 1 EXTINT input for Wakeup 1 reset
Serial and I/O	Voltages: 2.7 V – 3.6 V
Timepulse	Configurable: 0.25 Hz to 1 kHz
Protocols	NMEA, UBX binary, RTCM

Legal Notice

u-blox reserves all rights to this document and the information contained herein. Products, names, logos and designs described herein may in whole or in part be subject to intellectual property rights. Reproduction, use, modification or disclosure to third parties of this document or any part thereof without the express permission of u-blox is strictly prohibited.

The information contained herein is provided "as is". No warranty of any kind, either express or implied, is made in relation to the accuracy, reliability, fitness for a particular purpose or content of this document. This document may be revised by u-blox at any time. For most recent documents, please visit www.u-blox.com.

Copyright © 2012, u-blox AG

¹ Specification applies to FW 7 and GLONASS FW 1.00
 LEA-6N values: Objective Specification

Package

28 pin LFC (Leadless Chip Carrier); 17.0 x 22.4 x 2.4 mm, 2.1 g

Pinout



Environmental data, quality & reliability

Operating temp. -40° C to 85° C

Storage temp. -40° C to 85° C

RoHS compliant (lead-free)

Qualification according to ISO 16750

Manufactured in ISO/TS 16949 certified production sites

Support products

u-blox 6 Evaluation Kits:

EVK-6N:	u-blox 6 Evaluation Kit GPS/GLONASS/QZSS with TCXO, suitable for LEA-6N
EVK-6H:	u-blox 6 Evaluation Kit with TCXO, suitable for LEA-6H, LEA-6S
EVK-6P:	u-blox 6 Evaluation Kit with Crystal, suitable for LEA-6A

Ordering information

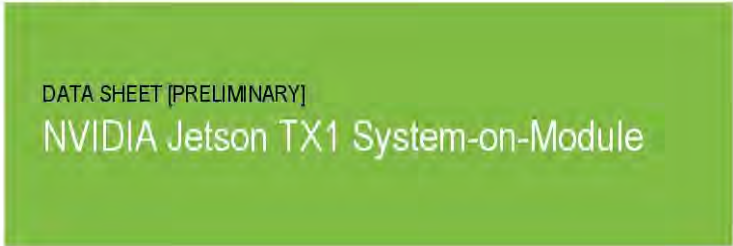
LEA-6N-0	u-blox 6 GPS/GLONASS/QZSS Module, TCXO, Flash, 17 x 22mm, 250 pcs/reel
LEA-6H-0	u-blox 6 GPS Module, TCXO, Flash, 17 x 22mm, 250 pcs/reel
LEA-6S-0	u-blox 6 GPS Module, TCXO, 17x22mm, 250 pcs/reel
LEA-6A-0	u-blox 6 GPS Module, 17x22mm, 250 pcs/reel

Available as samples and tape on reel (250 pieces)

Contact us

HQ Switzerland +41 44 722 7444 info@u-blox.com	China +86 10 68 133 545 info_cn@u-blox.com
EMEA +41 44 722 7444 info@u-blox.com	Japan +81 3 5775 3850 info_jp@u-blox.com
Americas +1 703 483 3180 info_us@u-blox.com	Korea +82 2 542 0861 info_kr@u-blox.com
APAC – Singapore +65 6734 3811 info_ap@u-blox.com	Taiwan +886 2 2657 1090 info_tw@u-blox.com

3 Kit de desarrollo de software



Description

The NVIDIA® Jetson TX1 is a system-on-module (SoM) solution for visual computing applications. It combines the latest NVIDIA Maxwell GPU architecture with an ARM® Cortex® -A57 MPCore (Quad-Core) CPU cluster to deliver the performance and power efficiency required by industry-leading visual computing applications for next generation products.

Designed for use in power-limited environments, the Jetson TX1 SoM integrates:

- Advanced 3D graphics, video and image processing.
- Parallel computing, computer vision and machine learning capabilities.
- 32-bit and 64-bit operating capability.

The combination of exceptional performance and power efficiency, integrated capabilities, rich I/O, and small-size enable new classes of products while reducing complexity in system integration. The Jetson TX1 is ideal for many applications, including:

- Intelligent Video Analytics (IVA)
- Drones
- Robotics
- Gaming Devices
- Virtual Reality (VR)
- Augmented Reality (AR)
- Portable Medical Devices

Ordering Information

Part Number	Description
900-82180-0001-000	Jetson TX1 System-on-Module



Description		Jetson TX1 System-on-Module
Maxwell GPU		
256-core GPU End-to-end lossless compression Tile Caching OpenGL [®] 4.5 OpenGL ES 3.1 Vulkan [™] 1.0 CUDA [®] 7.0 GPGPU Android [™] Extension Pack (AEP)		
OpenGL ES Shader Performance (up to)	GFLOPS (fp16)	1024 ⁶
CPU Subsystem		
ARM [®] Cortex [®] -A57 MPCore (Quad-Core) Processor with NEON Technology, Operating Frequency per Core (up to)		1.73GHz [‡]
L1 Cache: 48KB L1 instruction cache (I-cache) per core; 32KB L1 data cache (D-cache) per core L2 Unified Cache: 2MB		
HD Video & JPEG		
Decode		
H.265: Main10		2160p 60fps 1080p 240fps
H.265: Main		2160p 60fps 1080p 240fps
H.264: Baseline, Main, High, Stereo SEI (half-res)		2160p 60fps 1080p 240fps
H.264: MVC Stereo (per view)		2160p 30fps 1080p 120fps
WEBM VP9		2160p 60fps 1080p 240fps
WEBM VP8		2160p 60fps 1080p 240fps
VC-1: Simple, Main, Advanced		1080p 120fps 1080p 240fps
MPEG-2: Main		2160p 60fps 1080p 240fps 1080p 240fps
Encode		
H.265 (I and P frames)		2160p 30fps 1080p 120fps
H.264: Baseline, Main, High		2160p 30fps 1080p 120fps
H.264: MVC Stereo (per view)		1440p 30fps 1080p 60fps
WEBM VP8		2160p 30fps 1080p 120fps
JPEG (Decode & Encode)		600 MP/sec
Audio Subsystem		
Dedicated programmable audio processor ARM Cortex A9 with NEON operating at up to 844MHz Digital Audio Mixer: 10-in/5-out (up to 8 channels per stream) 3 x I2S, Stereo I/O PDM Receiver: 3 x (Stereo) or 6 x (Mono)		
Display Controller Subsystem		
Two independent display controllers with support for DSI with VESA link compression (VESA DSC), HDMI, and eDP		
Captive Panel		
MIPI-DSI (1.5Gbps/lane)	Uncompressed: 24bpp	Support for Single x4 or Dual x4 links
	VESA DSC Compression: 12bpp	
eDP 1.4 (HBR2 5.4Gbps)	24bpp	Single link (1x4) 4096x2160 at 60Hz
External Display		
HDMI 2.0 (6Gbps)	24bpp	4096x2160 at 60Hz
Imaging System		
Dedicated RAW to YUV processing engines process up to 1200Mpixels supports up to 128MP sensor		
MIPI CSI 2.0 up to 1.5Gbps (per lane)		Support for x4 and x2 configurations (up to 3 x4-lane or 6 x2-lane cameras)
Clocks		
System clock: 38.4 MHz Sleep clock: 32.768 KHz Dynamic clock scaling and clock source selection		
Boot Sources		
eMMC and USB (recovery mode)		



Description		Jetson TX1 System-on-Module
Security		
Secure memory with video protection region for protection of intermediate results Configurable secure DRAM regions for code and data protection Hardware acceleration for AES 128/192/256 encryption and decryption to be used for secure boot and multimedia Digital Rights Management (DRM) Hardware acceleration for AES CMAC, SHA-1 and SHA-256 algorithms 2048-bit RSA HW for PKC boot HW Random number generator (RNG) SP800-90 TrustZone technology support for DRAM, peripherals Dedicated HDCP HW		
Memory		
Dual Channel Secure External Memory Access Using TrustZone Technology System MMU		
Memory Type		4ch x 16-bit LPDDR4
Maximum Memory Bus Frequency (up to)**		1600MHz
Memory Capacity		4GB
Storage		
eMMC 5.1 Flash Storage		
Bus Width		8-bit
Maximum Bus Frequency		200 MHz (HS400)
Storage Capacity		16 GB
Connectivity		
WiFi		
Radio type		IEEE 802.11ac 2x2
Maximum transfer rate		800 Mbps
Bluetooth		
Version level		4.0
Maximum transfer rate		24Mbps
LAN		
10/100/1000 BASE-T Ethernet		
Peripheral Interfaces*		
XHCI host controller with integrated PHY: 2 x USB 3.0, 3 x USB 2.0 USB 3.0 device controller with integrated PHY EHCI controller with embedded hub for USB 2.0 5-lane PCIe: one x1 and one x4 controllers SATA (1 port) 2 x SD/MMC controllers (supporting eMMC 5.1, SD 4.0, SDHOST 4.0 and SDIO 3.0) 3 x UART 3 x SPI 4 x I ² C 4 x I2S: support FS, PjM, LJM, PCM, TDM (multi-slot mode) GPIOs		
Temperature Specification^A		
Storage Temperature Range		-25C – 80C
Operation:		
SoC Junction Temperature Range		-25C – 105C
Thermal Transfer Plate Surface Range		-25C – 80C**
Power Requirements		
Maximum Total Module Power		6.5 – 15W**
Applications		
Embedded (Intelligent Video Analytics, Drones, Robotics, etc.), Automotive Research, Camshells, Gaming, Internet TV, and more		

^Q See Table 2 for Guaranteed GPU operation across supported temperature range.

[±] See Table 3 for Guaranteed CPU operating frequency across supported temperature range.

^{††} Dependent on board layout. Refer to Interface Design Guide for layout guidelines.

^{*} Refer to the Interface Design Guide and Technical Reference Manual to determine which peripheral interface options can be simultaneously exposed.

^Δ Preliminary pending characterization.

^{**} Refer to the Product Design Guide and Thermal Design Guide for evaluating product power and thermal solution requirements.



NVIDIA

Revision History

Version	Date	Description
v0.9	AUG. 2015	Initial Release
v0.9.1	FEB. 2016	Updated CPU operating frequency, Added Use Case Models, Updated Package Drawing and Dimensions: updated weight to include TTP base and top plate weight, changed MAX TTP height from 6.0 ± 0.25 to 6.25, corrected connector pin dimensions.



NVIDIA

Table of Contents

1.0 Module Overview	7
1.1 Tegra X1 SoC	8
1.2 Memory	10
1.3 Storage	10
1.4 Connectivity	10
1.5 Networking	10
1.6 Power	10
1.7 Thermal Transfer Plate	10
1.8 Board-to-board Connector	11
1.9 WiFi/BT Antenna Connector	11
2.0 Power and System Management	12
2.1 Use Case Models	12
2.2 Power Rails	13
2.2.1 VDD_IN	13
2.2.2 VDD_RTC	13
2.2.3 IO Rail Voltages	13
2.3 Power Sequencing	13
2.3.1 Power Up	13
2.3.2 Power Down	14
2.4 Power States	14
2.4.1 ON State	15
2.4.2 OFF State	15
2.4.3 SLEEP State	15
2.5 Thermal Management	16
2.6 Clocks	16
2.7 WiFi Power States	17
2.7.1 STA Mode	17
2.7.2 P2P Group-owner Powersave States	17
2.8 Bluetooth Power States	18
2.9 Ethernet	18
3.0 Interface and Signal Descriptions	19
3.1 SD/eMMC Controller	19
3.2 Serial ATA (SATA) Controller	20
3.3 Display Interfaces	20
3.3.1 MIPI Display Serial Interface (DSI)	20
3.3.2 High-Definition Multimedia Interface (HDMI) and DisplayPort (DP) Interfaces	21
3.3.3 Embedded DisplayPort (eDP) Interface	23
3.4 Audio Interfaces	23
3.5 USB Interfaces	24
3.6 PCI Express (PCIe) Interface	25
3.7 Serial Peripheral Interface	26
3.8 Inter-Chip Communication (I2C) Controller	28
3.9 UART Controller	28
3.10 Video Input Interfaces	29
3.10.1 MIPI Camera Serial Interface (CSI)	29
3.10.2 Camera / VI (Video Input)	30
3.11 Miscellaneous Interfaces	31
3.11.1 Debug	31
3.11.2 Pulse Width/Frequency Modulation (PWFm)	31



NVIDIA

4.0 Pin Definitions	32
4.1 Power-on Reset Behavior.....	33
4.2 Deep Sleep Behavior.....	33
4.3 GPIO Controller.....	34
4.4 Pin Assignments.....	35
4.5 Pin Descriptions.....	36
5.0 Electrical Specification	43
5.1 Absolute Maximum Ratings.....	43
5.2 Recommended Operating Conditions.....	44
5.3 Digital Logic Characteristics.....	45
6.0 Package and Thermal Specification	46
6.1 Thermal Characteristics.....	46
6.2 Package Drawing and Dimensions.....	46



NVIDIA

1.0 Module Overview

The Jetson TX1 System-on-Module (SoM) incorporates the following components and interfaces:

- NVIDIA Tegra X1 SoC
 - NVIDIA Maxwell GPU
 - Quad-core ARM Cortex-A57 CPU
- LPDDR4 memory
- eMMC 5.1 storage
- 802.11ac 2x2 WiFi
- Gigabit Ethernet
- PMIC
- Thermal Transfer Plate (TTP) (primary thermal interface)
- 400-pin board-to-board connector (exposes both high-speed and low-speed industry standard I/O)
- WiFi/BT antenna connectors

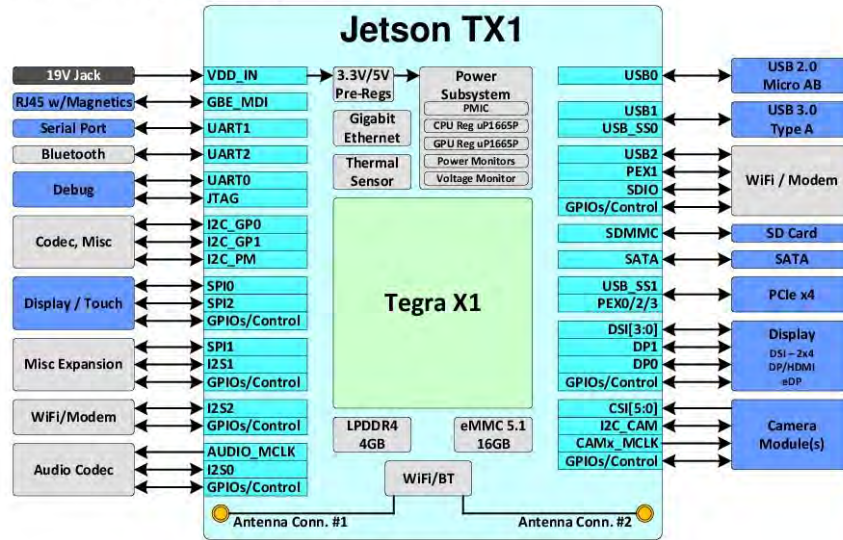
Table 1 Manufacturers and Part Numbers for 3rd Party Components Integrated on the Jetson TX1 Module

Component	Manufacturer	Part Number
WiFi 802.11ac Client/BT	Broadcom Corp.	BCM4354
Ethernet Controller 10/100/1000 Mbps	Realtek Semiconductor Corp.	RTL8153
Power Management IC (PMIC)	Maxim Integrated	MAX77620
400 pin Board-to-board connector	Samtec	REF-186137-03 [◊]

[◊] Mating connector for OEM carrier board is REF-186138-01.

Refer to the manufacturer's documentation for specific component details and specifications. All features supported by a 3rd party component may not be enabled on the Jetson TX1 module.

Figure 1 Jetson TX1 Block Diagram – General Application



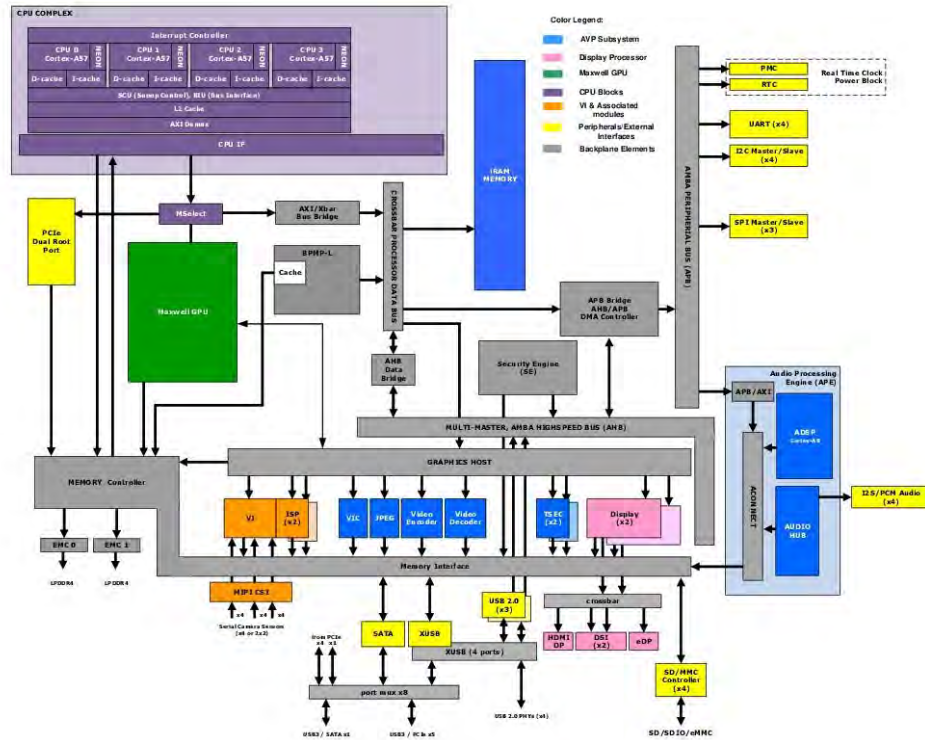
1.1 Tegra X1 SoC

The NVIDIA Tegra[®] X1 series SoC couples the latest NVIDIA Maxwell[™] GPU architecture with an ARM[®]v8 CPU cluster to deliver high performance and power efficiency. The Maxwell GPU implements a number of architectural enhancements designed to extract maximum performance per watt consumed. Designed for use in power-limited environments, Tegra X1 processors enable industry-leading visual computing capabilities, 32-bit and 64-bit operating capability, and integrate advanced multi-function audio, video and image processing pipelines that exceed performance targets for next generation SFF devices.

Refer to the [Tegra X1 \(SoC\) Data Sheet](#) for details and specifications.



Figure 2 Tegra X1 SoC Block Diagram



4 Autopilot

pixhawk

AUTOPILOT



QUICK START GUIDE



PARTS



- 1 Pixhawk
- 2 Buzzer
- 3 Safety switch
- 4 Micro-SD card and adapter
- 5 Micro-USB cable
- 6 Six-wire cable x2

- 7 Power module
- 8 I2C splitter module
- 9 Four-position I2C splitter cable
- 10 Three-wire servo cable
- 11 Mounting foam

GETTING STARTED

With the help of APM firmware, Pixhawk turns any RC plane, copter, or rover into a full-featured personal drone. Once you have a fully-assembled frame, follow this guide to install Pixhawk.

- 1 Mount
- 2 Connect
- 3 Load firmware
- 4 Calibrate

1 MOUNT

Use the provided foam to mount Pixhawk as close as possible to your vehicle's center of gravity. Make sure to orient the board with the arrow pointing forward.



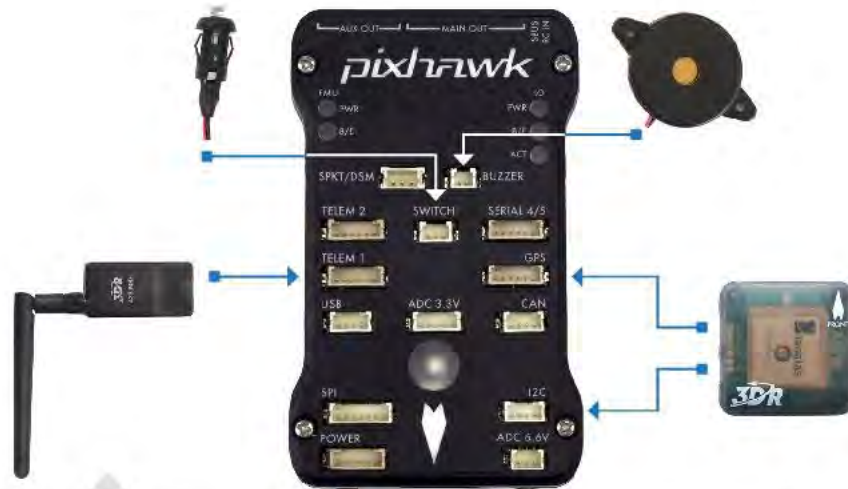
Attach the foam squares to the corners of the board.



Vehicle front

2 CONNECT

(Required) Connect the buzzer and safety switch.



(Optional) Connect a 3DR Radio to Pixhawk's Telem port using the 6-wire cable provided with your 3DR Radio Kit to receive data and communicate with the autopilot in flight.

(GPS or GPS+Compass required)
Connect a 3DR GPS+Compass to provide the autopilot with positioning data during flight. This kit includes a 6-wire cable to connect the GPS ports. Connect the MAG to the I²C port using the 4-wire cable provided with the 3DR GPS+Compass.

(Required) Connect the 3DR Power Module to the Power port using the 6-wire cable to direct power from your lithium polymer (LiPo) battery to the autopilot.

(Optional) The I²C splitter expands the PC port to allow up to four additional peripherals to connect to Pixhawk. Use the 4-wire cable to connect the I²C splitter and add a compass module, external LED, digital airspeed sensor, or other peripherals to your vehicle.

LOAD SD CARD INTO PIXHAWK

If the SD card is not preloaded into Pixhawk, insert the micro-SD card into the slot at the bottom end of the board.



CONNECT RADIO CONTROL

FOR PPM RC RECEIVERS AND FUTABA S.BUS RECEIVERS



Connect the ground (-), power (+), and signal (S) wires to the RC pins using the provided 3-wire servo cable.

FOR SPEKTRUM SATELLITE RECEIVERS



For a Spektrum DSM, DSM2, or DSM-X Satellite RC receiver, connect to the SPKT/DSM port.

For a complete list of RC systems compatible with Pixhawk, [visit the APM wiki page here.](#)

FOR PWM RECEIVERS

Purchase a PPM Encoder module to connect a PWM RC receiver to Pixhawk at [store.3dr.com](#).

CONNECT OUTPUTS



FOR COPTERS

Connect each signal wire from the PDB to the main output signal (S) pins by motor number. Connect one wire for each motor to the corresponding pin.

- | | |
|-----------------|-----------------|
| Pin 1 = Motor 1 | Pin 5 = Motor 5 |
| Pin 2 = Motor 2 | Pin 6 = Motor 6 |
| Pin 3 = Motor 3 | Pin 7 = Motor 7 |
| Pin 4 = Motor 4 | Pin 8 = Motor 8 |

FOR PLANES

For planes, connect the control channel wires to the main output signal pins.

- Pin 1 = Aileron
- Pin 2 = Elevator
- Pin 3 = Throttle
- Pin 4 = Rudder

FOR ROVERS

For rovers, connect the throttle and steering wires to the main output signal pins.

- Pin 3 = Throttle
- Pin 4 = Steering

③ LOAD FIRMWARE

APM firmware is the brains of your autopilot operation and must be installed before using Pixhawk.

To load firmware onto Pixhawk, install a mission planner application on your ground station computer. Choose either Mission Planner (Windows) or APM Planner for (Windows, OS X, and Linux).

Both applications are available for free download from ardupilot.com.





Download Mission Planner (Windows)

Ardupilot.com → Downloads → Mission Planner

Mission Planner

« Downloads

Sort by: Title | Hits | **Date**

- **MissionPlanner - Installer**

Select the installer package to download.



Download APM Planner (Windows, OS X, and Linux)

Ardupilot.com → Downloads → APM Planner 2.0

APM Planner 2.0

« Downloads

Sort by: Title | Hits | **Date**

- APM Planner 2.0 Mac
- APM Planner 2.0 Windows
- APM Planner 2.0 Linux

Select your platform to download.

INSTALL PLANNER

After selecting the correct file, read the safety information and select Download.

Open the file to run the setup wizard. Proceed through any security warnings, and install all suggested drivers. When the installation is complete, open the application, and connect Pixhawk to your computer using the micro-USB cable.

Your computer will automatically install the correct drivers. Do not select Connect at this time; Pixhawk can only load firmware while unconnected to Mavlink.



Select Initial Setup, Install Firmware, and select your vehicle.



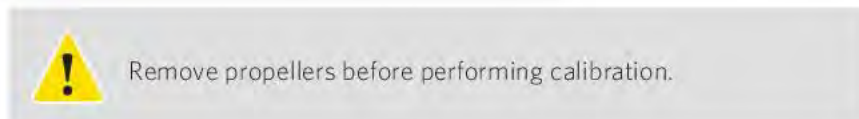
When prompted, follow the directions to load the firmware. Once the status bar shows that the download is complete, power cycle the board by disconnecting and reconnecting the USB.

If you hear a musical tone, your firmware installation is complete. If you hear a series of tones followed by three beeps, disconnect the USB and reconnect while holding down the safety button. Upon restart, listen for a series of tones followed by two beeps indicating that your firmware has loaded successfully.



4 CALIBRATE

With Pixhawk connected to your computer, select the communication option from the drop-down menu for PX4 FMU, set the rate to 115200, and select the Connect icon. Select Initial Setup and Mandatory Hardware to access the calibration wizards.



SELECT FRAME TYPE (COPTERS ONLY)



For copter, select your frame orientation.

CALIBRATE COMPASS



Select the options to enable the compass; to allow automatic declination calculation; and to specify Pixhawk. Select Live Calibration to launch the wizard, and follow the prompts.

Show Me
videos demonstrating live calibration techniques at 3dr.com/learn.

CALIBRATE ACCELEROMETER



Select **Accel Calibration**, check the box for **AC 3.0+**, select **Calibrate**, and follow the prompts to calibrate Pixhawk's accelerometer. Make sure to wait a couple of seconds before and after changing the positions of the vehicle.

RC CALIBRATION



Select **Radio Calibration** to teach Pixhawk to work with your RC transmitter. Turn on your transmitter, select **Calibrate Radio**, and move all sticks and switches to their extreme positions. Select **Click when Done** once the red bars are set for all available channels.

SELECT FLIGHT MODES



Move each switch on your transmitter to its available positions. The mission planner will indicate the currently selected position with green highlighting. Select a mode for each switch position, and select **Save Modes** to assign.

LED MEANINGS



Flashing red and blue: initializing. Please wait.



Double flashing yellow: error. System refuses to arm.



Flashing blue: disarmed, searching for GPS. Autonomous, loiter, and return-to-launch modes require GPS lock.



Flashing green: disarmed, GPS lock acquired. Ready to arm. Quick double tone when disarming from the armed state.



Solid green plus single long tone: armed and ready to fly!



Flashing yellow: RC failsafe activated.



Flashing yellow plus quick repeating tone: battery failsafe activated.



Flashing yellow and blue plus high-high-high-low tone: GPS glitch or GPS failsafe activated.

SAFETY SWITCH MEANINGS



Quick, constant blinking: performing system check. Please wait.



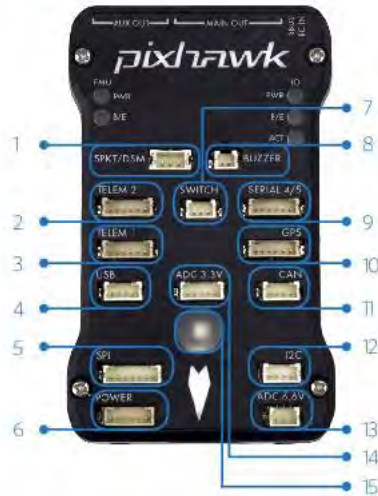
Intermittent blinking: system ready. Press the safety button to activate.



Solid: ready to arm. Proceed to the arming procedure.

Learn more
about LED meanings and buzzer tones at 3dr.com/learn.

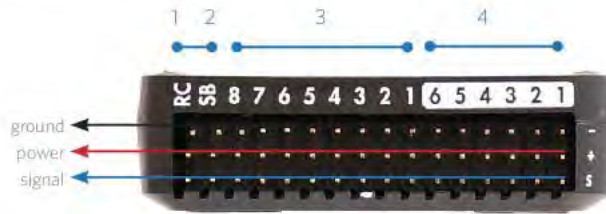
PORTS



- 1 Spektrum DSM receiver
- 2 Telemetry (radio telemetry)
- 3 Telemetry (on-screen display)
- 4 USB
- 5 SPI (serial peripheral interface) bus
- 6 Power module
- 7 Safety switch button
- 8 Buzzer
- 9 Serial
- 10 GPS module
- 11 CAN (controller area network) bus
- 12 I2C
- 13 Analog to digital converter 6.6 V
- 14 Analog to digital converter 3.3 V
- 15 LED indicator



- 1 Input/output reset button
- 2 SD card
- 3 Flight management reset button
- 4 Micro-USB port



- 1 Radio control receiver input
- 2 S.Bus output
- 3 Main outputs
- 4 Auxiliary outputs

IMPORTANT NOTE

Please note that these instructions describe basic setup for Pixhawk and do not represent the complete set of configuration procedures required to build a copter, plane, or rover.

For more information on ESC calibration, battery monitoring, failsafes, mode descriptions, and more, visit ardupilot.com. Do not operate your vehicle without a complete understanding of the online instructions.

SPECIFICATIONS

Processor

32-bit ARM Cortex M4 core with FPU
168 Mhz/256 KB RAM/2 MB Flash
32-bit failsafe co-processor

Sensors

ST Micro 16-bit gyroscope
ST Micro 14-bit accelerometer/magnetometer
MEAS barometer
MPU6000 accelerometer/magnetometer

Power

Ideal diode controller with automatic failover
Servo rail high-power (7 V) and high-current ready
All peripheral outputs over-current protected, all inputs ESC protected

Interfaces

5x UART serial ports, 1 high-power capable, 2x with HW flow control
Spektrum DSM/DSM2/DSM-X Satellite input
Futaba S.BUS input and output
PPM sum signal
RSSI (PWM or voltage) input
I²C, SPI, 2x CAN, USB
3.3 and 6.6 ADC inputs

Dimensions

Weight 38 g (1.3 oz)
Width 50 mm (2.0")
Height 15.5 mm (.6")
Length 81.5 mm (3.2")

SUPPORT

For more information about Pixhawk and other documentation, visit 3dr.com/learn. For more instruction on using APM firmware and planner software, visit ardupilot.com.

For customer support, contact us at help@3dr.com or call our support line at +1 (858) 225-1414 Monday through Friday, 8 am to 5 pm, PST.

SAFETY

Operating a powered vehicle of any kind can be a lot of fun, but it carries certain inherent risks. Regulations governing the use of powered vehicles, including aircraft, vary from locale to locale, even within the same country or district. It is your responsibility to ensure that you understand and comply with all local laws and regulations:

Safety basics:

- Never operate the vehicle or software in a way that could be dangerous to you, other people, or property.
- Always keep propeller arcs free of objects and body parts while the vehicle is live.
- Keep in mind that software and hardware failures happen. Although we design our products to minimize such issues, you should always operate with the understanding that a failure could occur at any time and without warning. Accordingly, you should take the appropriate precautions to minimize danger in case of product failure.
- Never use the software or hardware for manned vehicles.
- Always operate within local laws and regulations.
- Do not operate the aircraft if you are under the age of 18.

Additional safety information:

- Be sure to maintain safe distances between people and your aircraft.
- Never operate your aircraft if your ability to do so with the utmost attention to safety is impaired in any way. Do not operate your aircraft while tired, under the influence of drugs or alcohol, or otherwise unable to operate it with the highest attention to safety.
- Environment conditions can change rapidly and can make operation difficult. If this occurs, land your aircraft and discontinue use immediately. Do not operate your aircraft if operating conditions are not ideal. This includes, but is not limited to, rain, snow or excessive wind.
- Always ensure the battery cable is disconnected from the aircraft until you are ready to fly, and ensure that your batteries are fully charged prior to use.
- Always turn on the transmitter and ensure the throttle stick is all the way down before connecting the battery.
- After landing, disarm your vehicle immediately and disconnect the battery cable.
- Do not turn off the transmitter until after you have disconnected the battery.
- Always remove the propellers while testing the motors.
- When the battery is connected, always assume the vehicle is live and the motors are armed.
- Do not attempt to fly longer than the battery's safe capacity.
- Do not operate the vehicle with excess weight attached.
- Ensure that all vehicle components are well maintained before each flight. Ensure that components are firmly attached and operating properly.
- Replace any worn or damaged components before each flight. Never operate with any damaged or worn components.
- SAFETY IS THE FIRST PRIORITY. Take all precautions necessary to ensure your own safety as well as the safety of other people and property.

5 Cámara termográfica



FLIR QUARK 2

Longwave Infrared Thermal Camera

Quark 2 provides leading-edge imaging performance and reliability in an affordable, compact, and lightweight package that offers the best in "SWaP-C" value. Quark 2 is available in resolutions of 336 and 640, both with 17-micron pixels. With high shock and vibration tolerance, Quark 2 is designed for years of maintenance-free operation. And now Quark 2 offers a host of new features, including support options for 60Hz frame rates, accurate radiometric capabilities, and powerful image processing modes that can be set manually.

IMPROVED IMAGE PROCESSING

For clearer imagery, edge sharpening, and contrast

- Second generation Digital Detail Enhancement™ (DDE)
- Active Contrast Enhancement™ (ACE)
- Smart Scene Optimization™ (SSO)
- Information Based HEQ™ (IBHEQ) automatically adjusts AGC
- Silent Shutterless NUC™ for continuous image improvement.

ACCURATE TEMPERATURE MEASUREMENT

Supports radiometry, analytics and telemetry

- TLinear output places temperature data in each pixel
- Adjustable isotherm thresholds colorize temperatures of interest
- Rugged and reliable in all terrain

COMMON FEATURES ACROSS MODELS

Fosters improved OEM integration

- 22mm x 22mm x 12mm (w/o lens)
- 640 and 336 resolutions
- Weight: 18.3g - 23.0g (depending on lens)
- Multiple lens and FOV options
- 9Hz, 30Hz and 60Hz frame rates available
- Mechanical / electrical compatibility across all models
- Rugged and Reliable



New Isotherm capabilities



Edge sharpening with 2nd Gen. DDE

www.flir.com/Quark2



The World's Sixth Sense™

Imaging Specifications

System Overview	
System Type	Uncooled LWIR Thermal Imager
Quark 640:	640 x 512 VOx Microbolometer
Quark 336:	336 x 256 VOx Microbolometer
Pixel Size	17 µm
Spectral Band	7.5 - 13.5 µm
Performance	<50 mK @ f/1.0
Outputs	
Analog Video	Field-switchable between NTSC and PAL
Quark 640:	30 Hz (NTSC); 25 Hz (PAL); <9Hz option for export
Quark 336:	30/60 Hz (NTSC); 25/50 Hz (PAL) ; <9Hz export option
Digital Video	8- or 14-bit serial LVDS; 8- or 14-bit parallel CMOS; 8-bit BT.656
Operation & Control	
Image Control	Invert, revert, 2x & 4x digital zoom, polarity, false color or monochrome, AGC, digital detail enhancement (DDE)
Camera Control	Autonomous; Manual via GUI or serial command
Signal Interface	60-pin SAMTEC connector: power, comm., video, digital data, external sync, discrete commands
Accessories	Video, Power & Communication (VPC) expansion board
Physical Attributes	
Size / Weight	22 x 22 x 12 mm (less lens) / 8 g (camera body only)
Mounting Interface	4 M1.6 x 0.35 on rear of camera frame
Power	
Input Voltage	3.3 +/- 0.1 VDC
Power Dissipation	<1.0 W (Quark 336); <1.2 W (Quark 640)
Time to Image	<4 seconds (Quark 336); <5 seconds (Quark 640)
Environmental	
Operating Temperature Range	-40° C to +80° C external temp
Storage Temperature Range	-55° C to +105° C external temp
Scene Temp Range	To 150° C standard
Shock / Temperature Shock	500 g; 0.8 msec shock pulse (all axes)/5/min
Vibration	4.3 g 3 axes, 8 hours each
Humidity	5 - 95% non-condensing
Operational Altitude	+40,000 feet
ROHS, REACH, and WEEE	Compliant

Applications:

Unmanned Vehicles
Handheld Imagers
Security Cameras
Maritime Cameras
Military-grade Goggles

SANTA BARBARA

FLIR Systems, Inc.
 70 Castilian Drive
 Goleta, CA 93117
 USA
 PH: +1 805.690.5097

PORTLAND

Corporate Headquarters
 FLIR Systems, Inc.
 27700 SW Parkway Ave.
 Wilsonville, OR 97070
 USA
 PH: +1 866.477.3887

EUROPE

FLIR Systems
 Luxemburgstraat 2
 2321 Meer
 Belgium
 PH : +32 (0) 3665 5100

CHINA-SHANGHAI

FLIR Systems Co., Ltd.
 K301-302, No 26 Lane
 168, Daduhe Road,
 Putuo District, Shanghai
 200062, P.R.China
 PH: +86-21-5168 7628

www.flir.com
 NASDAQ: FLIR

Equipment described herein may require US Government authorization for export purposes. Diversion contrary to US law is prohibited. Imagery for illustration purposes only. Specifications are subject to change without notice. ©2014 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. (Updated 11/29/14)

www.flir.com/Quark2



The World's *Sixth Sense*™

6 Sensor de voltaje



www.AttoPilotInternational.com

Compact DC Voltage and Current Sense PCB with Analog Output

Features

- **New!** Three Ideals ranges for small robotics applications:
 - **New 50 V / 180 Amps**
 - 50 V / 90 Amps¹
 - **New 13.6 V / 45 Amps**
- Low zero current offset and high sensitivity
- Analog output scaled for 3.3V ADC
- Self powered
- Compact thin design (4 x 15 x 19mm)
- Analog Voltage Outputs for Sensed Parameters:
 - 50V/180A = 63.69mV / Volt 18.30mV / Amp
 - 50V/90A = 63.69mV / Volt 36.60mV / Amp
 - 13.6V/45A = 242.3mV / Volt 73.20mV / Amp
- **New!** Re-designed to accept direct solder connection with Deans Ultra™ connectors



Assembly

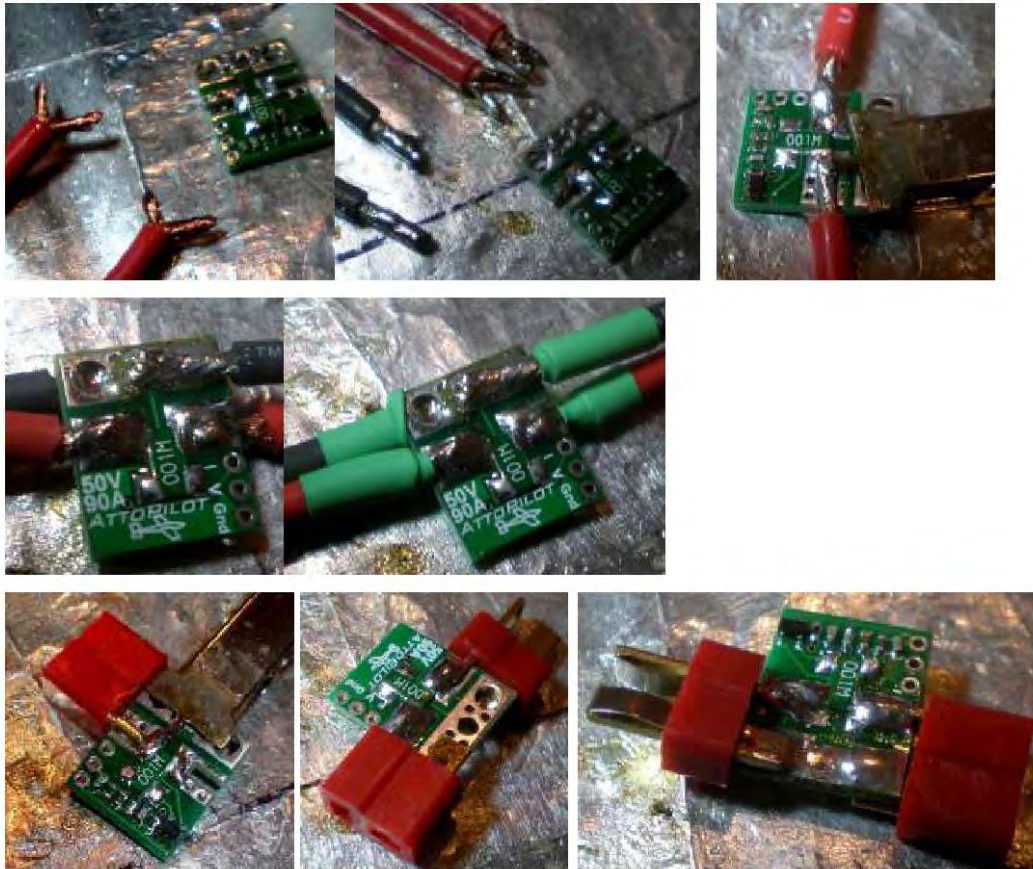
The PCB is supplied without leads or connectors. Care must be exercised in soldering, though the pad sizes are large enough to accommodate 12 gauge heavy duty leads (see photograph below). Smaller gauge leads may be easier to solder without creating shorts. The sensed current path is from "In+" to "Out+". It is important to completely flood this connection path through shunt resistors with solder, *on both sides* of the PCB. As-supplied, the PCB has some solder flooding in this area, but it is up to you to ensure this is maintained after attachment of leads. The shunt resistors each have four terminals in a Kelvin configuration. Two terminals carry the shunt current load, and the other two terminals are used for the voltage drop monitor INA-169.

It is important that both shunt resistors carry equal current load for sensor accuracy. To ensure equal current load, the solder pads have a large via holes through which the leads must pass through then be flooded with solder. Pass the "In+" and "Out+" leads through the large via holes and solder flooded on top and bottom of the PCB. The "GND" pads also have a large via hole however large current does not flow through the PCB from the GND leads; the PCB "GND" pad is merely a small current common GND connection. The large current flow in GND is from one lead to the other through the pad and solder-flooded via hole itself.

Description

A small voltage and current sense PCB. DC current is determined by measuring voltage drop across a shunt resistors then converted to analog voltage output by the Texas Instruments INA-169. Voltage sense is accomplished by scaling to 3.3V ADC range by a precision resistor divider.

The current limit coincides with maximum power rating of the shunt resistors.



180 Amp Sensor – Recommended Lead Arrangement

For the 180 Amp sensor, it is recommended to use doubled pairs of 12 gauge wire, as shown above.

Figure 1 Schematic

Connection to ADC and Use

There are three 0.1" spaced plated through holes labeled "GND", "V" and "I". V is the analog output for voltage sensing, and I is analog output for current sensing. V and I are both relative to GND. You may use this sensor directly with a 5V ADC, however some resolution will be lost relative to a 3.3V 12 bit ADC unless a higher bit ADC is used. For scaling factors refer to "Features" table at the top of page 1 of this document.

The I analog output contains a 0.1uF bypass capacitor, but no series resistor. To complete an RC filter into the ADC inputs, you may place a low value resistor between the ADC inputs and I output. The V output has a resistance of 14.7kΩ between the sensed drain and analog output with 0.1 uF bypass capacitor for an approximate bandwidth of 108 Hz, via the equation $1/(2\pi RC)$

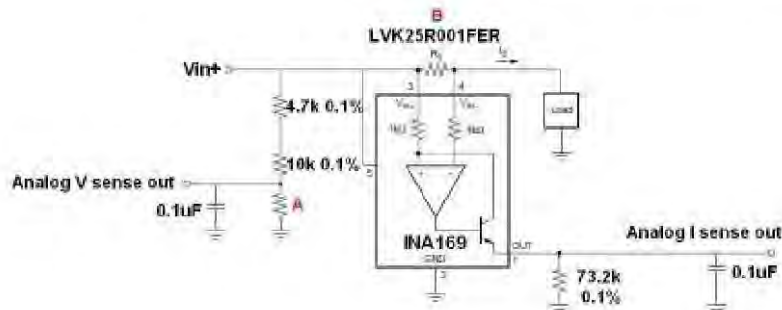
The shunt resistors typically need no cooling airflow as the copper leads provide a facile pathway for heat loss. Power dissipation by the shunt resistors is:

$$\text{Dissipated Power} = I^2 \times R$$

For the "90A" device $R = 5 \times 10^{-4}$ Ohms, power in Watts, and current in Amperes. The upper power limit of each shunt is 2 Watts for a total of 4 Watts in their parallel configuration. The upper current limit is computed by solving the equation above for I with $R = 0.0005$ Ohms and Power = 4 Watts. $I = (4 \text{ Watts} / 0.0005 \text{ Ohms})^{0.5} = 89.44$ Amps. Max amps for "45A" "180A" parts below.

Absolute Maximum Ratings

Operating Temperature.....-55 to +125 Centigrade
 Voltage with 3.3V ADC.....-0.3V to 51.8V (upper limit set to not exceed 3.3V output)
 Voltage with 5V ADC.....-0.3V to 60V (upper limit set to not exceed INA169 limit)
 Current.....44.7 / 89.4 / 178.8 Amps (upper limit set by shunt resistor)



Sensor	V ratio	A	B
180A/50V	1 : 15.7	1k	0.25 mOhm
90A/50V	1 : 15.7	1k	0.50 mOhm
45A/13V6	1 : 4.13	4.7k	1.0 mOhm

Voltage and Current Sense
 180A/50V
 90A/50V
 45A/13V6

By: Dean Goedde
 AttoPilot LLC 2011