



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

GUÍA PRÁCTICA PARA LA SELECCIÓN DE MULTICOPTERS Y
TECNOLOGÍAS DE FUNCIONAMIENTO ASOCIADAS

AUTOR

ERICK BYRON VILLAFUERTE DUQUE

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

GUÍA PRÁCTICA PARA LA SELECCIÓN DE MULTICOPTERS Y
TECNOLOGÍAS DE FUNCIONAMIENTO ASOCIADAS

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Electrónica y Redes de
Información

Profesor Guía
MSc. David Fernando Pozo Espín

Autor
Erick Byron Villafuerte Duque

Año
2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Guía Práctica para la Selección de Multicopters y Tecnologías de Funcionamiento Asociadas, a través de reuniones periódicas con el estudiante Erick Byron Villafuerte Duque, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

David Fernando Pozo Espín
Master Universitario en Automática y Robótica
C.I.: 171734014-3

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Guía Práctica para la Selección de Multicopters y Tecnologías de Funcionamiento Asociadas, de Erick Byron Villafuerte Duque, en el semestre 2018-1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Héctor Fernando Chinchero Villacís

Master en Domótica

C.I.: 171545133-0

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Erick Byron Villafuerte Duque

C.I.: 080239956-8

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, regente de todo lo creado y que me permitió vivir y llegar a este instante y seguro me seguirá permitiendo vivir para devolver a mis semejantes lo aprendido.

A la Universidad, sus autoridades y profesores que volcaron sin egoísmo y desinteresadamente sus conocimientos y así formarme profesionalmente capacitado para beneficio propio, de mi país y la familia.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada madre Adita, gestora y artífice de mi vida que cual faro diáfano alumbró mis días para enseñarme los más excelsos valores para contribuir a mi formación integral.

A mi padre Byron, apoyo incondicional y soporte dedicado y decidido en las enseñanzas que un hogar debe profesar y practicar.

A mis queridas hermanas Geanine y Denisse, que gracias a la convivencia diaria desarrollaron la sana competencia, la lealtad entre seres humanos y la solidaridad para estar presto a brindarla al más necesitado y fue y constituye norma y vocación de servicio en nuestras vidas.

RESUMEN

En el presente trabajo se busca tener toda la información importante acerca de los multicopters tal como: movimientos que realizan, características principales, componentes, la cual se encontrará detallada para que su comprensión sea clara. También se muestra referencias de aplicaciones que pueden llegar a tener. Se presenta la normativa que rige en el país y se hace una comparativa con la normativa de España para establecer las principales diferencias. Se incluye también un manual paso a paso para la selección adecuada de un multicopter que se ajuste a las necesidades del usuario final, dependiendo en esencia de la aplicación a la que se lo vaya a destinar.

ABSTRACT

This project has all the information about multicopters such as: movements, main features, components, which is going to be developed for your best understanding. Also, it shows references of different applications of multicopters. It is written the Ecuadorian regulations for the future use and they are compared with the Spanish regulations. This, also, includes a step by step manual for choosing the proper multicopter that fits the necessities of the final user, depending of the application of its use.

ÍNDICE

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1. Introducción.....	1
1.1.1. Antecedentes	3
1.1.2. Alcance	5
1.1.3. Justificación.....	5
1.1.4. Objetivo general	6
1.1.5. Objetivos específicos	6
1.1.6. Metodología a utilizar	7
1.2. Marco teórico	7
1.2.1. Definición de Dron/UAV	7
1.2.2. Definición de multicopter	9
1.2.3. Movimientos de un multicopter.....	11
1.2.4. Características de un multicopter	18
1.2.4.1. Dimensiones	15
1.2.4.2. Autonomía	16
1.2.4.3. Sistema de control	17
1.2.4.4. Métodos de vuelo	19
1.2.4.5. Soporte técnico y repuestos	23
1.2.4.6. Otras características.....	20
1.2.4.7. Capacidad de carga.....	22
1.2.4.8. Robustez.....	22
1.2.4.9. Confiabilidad	24
1.2.4.10. Precio.....	24
1.2.5. Clasificación de un multicopter de acuerdo al número de rotores..	25
1.2.5.1. Tricopter.....	26
1.2.5.2. Quadcopter	27
1.2.5.3. Hexacopter	29
1.2.5.4. Octocopter	31
1.2.5.5. Variantes.....	32
1.2.6. Estructura de los multicopters	34
2. APLICACIONES Y NORMATIVAS.....	36
2.1. Aplicaciones	36

2.1.1.	Agricultura	36
2.1.2.	Militar.....	37
2.1.3.	Entretención personal	38
2.1.4.	Ingeniería civil	40
2.2.	Normativa en Ecuador	42
2.3.	Comparación con normativa española.....	45
3.	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS/MECÁNICOS	48
3.1.	Motores	48
3.2.	Hélices	50
3.3.	ESC	50
3.4.	BEC	53
3.5.	FPV	55
3.6.	Controlador de vuelo	55
3.7.	Radio transmisor/receptor.....	56
3.8.	Batería.....	58
3.9.	Marcos	61
3.10.	Brújula y GPS.....	61
3.11.	Estabilizador para cámara	62
3.12.	PDB.....	63
3.13.	Telemetría	67
3.14.	CGS	68
4.	GUÍA PRÁCTICA Y EJEMPLO DE APLICACIÓN	68
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1.	Conclusiones.....	101
5.2.	Recomendaciones.....	103
	REFERENCIAS.....	105
	ANEXOS	109

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Introducción

La tecnología es uno de los desarrollos más avanzados que ha tenido la sociedad actualmente y con el cual se ha desplegado una gran cantidad de posibilidades, convirtiéndose en un pilar muy importante en la vida de muchos individuos ya que han llegado a cubrir diversas necesidades en sus vidas. El avance más destacado de los últimos tiempos fue el internet que como muchos saben su origen se produjo por un proyecto militar pero que solo sirvió de puente para lo que ahora permite la comunicación en todo el mundo. Los drones es otro buen ejemplo de cómo se puede aprovechar ciertos proyectos (en este caso igual fue militar) para darles otros usos que puedan potenciar el desarrollo de la civilización.

De acuerdo a lo expuesto por Violeta Mesa y Lidia Izquierdo (2005), estos aparatos eran usados por pilotos de guerra para vigilar fronteras, lugares de continuo conflicto y realizar ejercicios de entrenamiento, inclusive servían de armas letales para enemigos, pero no solo se los limitó a esa área en particular puesto que en la actualidad pueden desempeñarse en casi cualquier área de interés como por ejemplo en comunicaciones, en donde los drones han cambiado la manera que se obtienen imágenes y video que sirven para reportajes o noticias. Todo cambiaría en el año 2010, ya que periodistas de ese entonces les darían dicho uso, pero existen limitantes en la parte legal y lo que respecta a la ética por lo que se desarrolló el *Drone Journalism* o Periodismo Dron que es un estilo totalmente nuevo en esta área debido a que los drones constituyen una parte primordial pues son los encargados de recopilar parte de la información mediante fotografías.

Desde los inicios de la ciencia robótica se busca sacar provecho de las capacidades con las que cuentan los robots, sobre todo que permitan ayudar a los seres humanos en tareas cotidianas o en casos más extremos sobrellevar

situaciones de alto riesgo para el individuo común. El ser humano desde tiempos remotos ha querido tener una vista desde el cielo para apreciar de mejor manera distintos paisajes y las bellezas que abarca llegando de tal manera a movilizarse a sitios muy altos para obtener una visión adecuada de un sitio en particular. Un avance que pudo sustentar esta idea fue cuando nacieron los globos aerostáticos que pueden movilizar a un individuo por el aire y con la evolución de la fotografía moderna se pudo tener las primeras imágenes aéreas de la historia.

En la actualidad se ha puesto interés en los aeromodelos o robot aéreos por su gran atractivo y prestaciones, lo cual ha facilitado la manera en que se obtienen las herramientas que permiten construirlos y siempre basándose en las exigencias que el usuario final pueda tener. El avance que han tenido estos aparatos ha traspasado toda frontera conocida ya que las aplicaciones que actualmente se les puede dar abarcan campos como lo civil, el medio ambiente, la agricultura, la seguridad, entre muchas otras; convirtiéndolos en dispositivos desarrollados para múltiples propósitos.

Según Luis Sevilla (2004) los VTOL¹ (*Vertical Take-Off and Landing*) son aparatos para despegue y aterrizaje verticales, estos cubren las diversas necesidades de aplicaciones como son el acceso a zonas de riesgo, vigilancia de instalaciones y captura de imágenes aéreas.

Los drones actuales vienen equipados con cámaras de última generación, sensores, GPS² (Sistema de Posicionamiento Global), entre otros elementos que permiten obtener información valiosa, así como también permiten capturas de alta calidad. A pesar de todas las ventajas que brindan para poder usarlos en un área específica, la ley que existe y regulariza el uso apropiado de éstos es muy estricta por lo que debe respetarse a cabalidad. En países como España existen reglamentos temporales para el uso drones con fines

¹ VTOL (Vertical Take-Off and Landing)

² GPS (Global Positioning System)

meramente civiles, por lo que ha ocasionado conflictos y se ha puesto en debate si deben ser permitidos ya que muchas personas se ven afectadas porque vulneran el derecho a la intimidad, pero otros están de acuerdo a que medios de comunicación los utilicen.

En estos últimos años, dentro del campo de los UAV³ (*Unmanned Aerial Vehicle*) se encuentran los multicopters, un ejemplo de éstos son los quadcopters o también conocidos como quadrotors, nombre que se lo da por sus cuatro motores incorporados los cuales están en la parte superior formando un cuadrado. Siendo los más populares en el mercado mundial se han convertido en objeto de investigación ya que poseen numerosas ventajas debido a sus numerosas características individuales y sus componentes como cámaras, motores, sensores, disponen de varios sistemas para el reconocimiento del medio como son los láseres, sonares, entre otros; siendo el más usado por todos el de una cámara.

Estos dispositivos son ideales para la docencia ya que contienen variedad de áreas para el conocimiento como es la mecánica del sólido rígido donde se involucran tensores de inercia, momentos, ángulos de Euler, matrices, matemática aplicada donde se ven los cuaterniones, electrónica de potencia por los controladores electrónicos de velocidad, automatización para ver el control del vehículo, entre otras.

1.1.1. Antecedentes

Con el pasar de los años y el transcurso del día a día de la sociedad actual, se ha tenido un crecimiento exponencial de la tecnología, hasta el punto de volverla un factor indispensable en varios ámbitos de la vida. Este trabajo de titulación se enfocará en uno de los avances tecnológicos más recientes como lo son los multicopters, comúnmente llamados drones. El uso de los drones no es algo nuevo, dado que han traspasado toda frontera convirtiéndose en

³ UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

aparatos polifacéticos que poseen un gran potencial y diversidad de aplicaciones. De acuerdo a lo expuesto por Violeta Mesa y Lidia Izquierdo (2015), la tecnología dron⁴ (aeronave que vuela sin tripulación) en el campo civil es todavía rudimentaria; para darle un uso mayor es necesario vencer aún algunos obstáculos, que abarcan la parte estrictamente técnica y lo puramente legal. Sin embargo, la variedad e importancia de las aplicaciones potenciales, ha creado un incremento en las inversiones y avances en estos últimos años, lo que hace percibir un rápido progreso. Por otro lado, en la parte de las comunicaciones, estos dispositivos tecnológicos han revolucionado en la manera de obtener y ofrecer una mayor información al usuario debido a la incorporación de cámaras de alta resolución que permiten al receptor tener una visión más amplia y detallada de ciertos lugares que muchas veces pueden ser inalcanzables ya sea por motivos físicos, geográficos o por seguridad para el ser humano.

Según Salomón Montesinos (2015), se realizó un estudio sobre el impacto económico que causará integrar un Sistema Aeroespacial No Tripulado en Estados Unidos. Dicho estudio contiene información sobre el uso de los SARP⁵ (Sistema Aéreo Remotamente Pilotado), sobre los mercados civiles más prometedores que son los de agricultura de precisión y seguridad pública. Juntos abarcan el 90% de los mercados potenciales más conocidos de los SARP.

“La agricultura de precisión es un concepto agronómico que consiste en el manejo diferenciado de los cultivos a partir del conocimiento de la variabilidad existente en una explotación agrícola.” (Montesinos, 2015)

Los SARP son vehículos aéreos no tripulados y remotamente pilotados, pueden tener forma de multicopters o aviones pequeños de ala fija.

⁴ Dron (Aeronave que vuela sin tripulación)

⁵ SARP (Sistema Aéreo Remotamente Pilotado)

Realizar un estudio sobre este tipo de tecnología, las funcionalidades y limitaciones que poseen ayudará a comprender de mejor manera algunas de las capacidades contenidas por estos aparatos y el uso que se les puede brindar dependiendo las necesidades del usuario; por ende, toda la información que estará detallada en este documento ayudará a comprender de mejor manera el funcionamiento de los multicopters.

1.1.2. Alcance

El alcance de este proyecto se basa en realizar un estudio sobre los multicopters estableciendo una guía práctica para su selección según la aplicación deseada. Al momento de definir qué tipo o modelo de multicopter se requiere, en primer lugar, se debe realizar un estudio del entorno, ya que el tipo a elegir difiere drásticamente según la situación a la que se lo exponga, por este motivo además de realizar una guía paso a paso para hacer una correcta selección, también se detallará un ejemplo en particular.

Se hará un detalle específico sobre varios parámetros como: sus características técnicas, el dimensionamiento de los elementos electrónicos/mecánicos que los componen, las limitaciones que puedan tener, los principales tipos o modelos existentes, las diferencias que poseen y las distintas aplicaciones que se pueden dar tales como: agricultura, militar, entretenimiento personal, ingeniería civil; también se brindará información sobre la normativa que rige actualmente en el Ecuador.

1.1.3. Justificación

De acuerdo a lo expuesto por Barrientos et al. (2007), desde hace algunas décadas las aeronaves no tripuladas han incrementado de manera notable su accionar en la parte militar, y es que no ha sido hasta los avances de los últimos años que han migrado de ser simples sistemas experimentales a convertirse en equipos aptos para uso profesional. La capacidad actual para

desarrollar misiones reales ha captado la atención no solo de fabricantes, investigadores o usuarios que sienten afinidad por esta tecnología, sino que también del público en general ya comienza a percatarse de su existencia y utilidades.

La tendencia tecnológica apunta al uso de los multicopters tanto para el ocio o para actividades específicas como la agricultura, el ámbito militar, el medio ambiente, la seguridad, o incluso para comunicación de las masas, entre varias aplicaciones que se están desarrollando en la actualidad.

En la actualidad, se ha visto el uso de drones en varios ámbitos de la vida cotidiana, sin embargo, la información que se posee está demasiado dispersa. Debido a que muchas personas no cuentan con la adecuada información, se ha previsto realizar este proyecto en donde se incluirá información detallada y útil sobre los multicopters y sus tecnologías asociadas. En los últimos años, tanto universidades, empresas como gente particular han invertido tiempo y dinero en conseguir uno de estos aparatos para poder darles distintos usos, pero muchos de los usuarios cuentan con poca información, de tal manera que mediante este trabajo de titulación se buscará establecer ciertos parámetros para una correcta comprensión que ayudará a la selección de un multicopter adecuado para la aplicación que se tenga en mente.

1.1.4. Objetivo general

Realizar una guía práctica para la selección de un multicopter, conociendo previamente sus características técnicas, tipos y aplicaciones.

1.1.5. Objetivos específicos

- Estudio de las características técnicas y dimensionamiento de los elementos electrónicos/mecánicos de multicopters.
- Revisar las aplicaciones con multicopters y principales tendencias

tecnológicas.

- Analizar la normativa en Ecuador para uso de multicopters.
- Realizar una guía detallada con un ejemplo práctico para mejor comprensión del documento.

1.1.6. Metodología a utilizar

Siendo el objetivo principal de la tesis el estudio de los tipos de multicopters y sus tecnologías asociadas, el proceso investigativo comprenderá el conocimiento de lo que son, los recursos y funcionalidades que ofrecen, las aplicaciones que se les puede dar, la normativa que se maneja dentro del país para el correcto uso de estos dispositivos y los componentes tanto electrónicos como mecánicos que posean.

Planteado lo anterior, la metodología a utilizarse será la exploratoria descriptiva, la cual ayudará a encontrar, analizar y abstraer todos los detalles y funcionalidades de los tipos de multicopters, basados en fenómenos y situaciones reales.

1.2. Marco teórico

1.2.1. Definición de Dron/UAV

Hoy en día se cuenta con un gran catálogo de aeronaves que poseen la capacidad suficiente para realizar misiones con un alto grado de autonomía. Existen diferentes términos que son usados cuando se refieren a este tipo de aeronaves. Según Barrientos et al. (2007) en el pasado eran llamados UA⁶ (*Unmanned Aircraft/Uninhabited Aircraft*) o RPA⁷ (*Remotely Piloted Aircraft*). El término más común que es utilizado en la actualidad para denominar estos

⁶ UA (*Unmanned Aircraft ó Uninhabited Aircraft*)

⁷ RPA (*Remotely Piloted Aircraft*)

dispositivos es UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) o VANT⁸ (Vehículo Aéreo No Tripulado) por sus siglas en español, recientemente también se usa el término UAS⁹ (*Unmanned Aircraft System*) o UAVS¹⁰ (*Unmanned Aircraft Vehicle System*). Cualquiera sea la denominación hace una clara referencia a la ausencia de un piloto dentro del vehículo, lo que hace mención a la autonomía.

En realidad, los drones junto a UAV tienen un significado similar, denominados como aeronaves no tripuladas por ninguna clase de piloto. Barrientos et al. (2007) propone que un UAV es una aeronave con la capacidad de realizar una misión sin poseer necesariamente una tripulación a bordo. No obstante, es una total verdad de que se usan diversas denominaciones para estos aparatos dependiendo de la utilidad que se le piensa dar o de las características que posee. En el mundo actual de los VANT se han llegado a utilizar diferentes siglas y palabras, por lo que en su mayoría son mal utilizados por la confusión causada.

Los UAV, que son conocidos también como drones, son pequeños aviones controlados desde tierra por un piloto o también pueden controlarse de manera autónoma siguiendo una misión pre programada.

Los drones en su mayoría son equipados con cámaras, las cuales proporcionan tomas aéreas y grabaciones en video de eventos particulares, muy comúnmente usados para eventos deportivos.

Los UAV de tipo avión tienen grandes ventajas como lo es la autonomía que es más prolongada que en vehículos de menor tamaño, pues el desgaste energético es menor, también pueden alcanzar mayores altitudes por lo que realizar mapeos de áreas muy extensas no es problema. Entre las desventajas es que necesitan una gran pista para su despegue y deben trabajar bajo condiciones climatológicas bastante favorables.

⁸ VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado)

⁹ UAS (*Unmanned Aircraft System*)

¹⁰ UAVS (*Unmanned Aircraft Vehicle System*)

1.2.2. Definición de multicopter

Obtienen este nombre por poseer varios rotores o motores (tal como se muestra en la figura 1). En el mercado se encuentran de cuatro, seis y también ocho rotores, suelen ser usados con fines profesionales como el reconocimiento de áreas, para vigilar un incendio, inclusive también se lo utiliza en el mundo del cine.



Figura 1. Hexacopter Typhoon H de Yuneec
Tomada de (YUNEEC, 2017)

De acuerdo a lo especificado por ArduPilot Dev Team (2016) un multicopter es un vehículo aéreo mecánicamente simple cuyo movimiento es controlado por la aceleración o retardo de múltiples motores/hélices. Son aerodinámicamente inestables y requieren de un computador a bordo (conocido como controlador de vuelo) para poder realizar un vuelo estable. Se indica que son sistemas Fly by Wire (Vuelo por Cable) por lo que, si el computador no está funcionando, no estarán volando. El controlador de vuelo combina datos de pequeños giroscopios MEMS¹¹ (*Microelectromechanical Systems*) o Sistemas

¹¹ MEMS (*Microelectromechanical Systems*)

Microelectromecánicos (SMEM¹²) a bordo y acelerómetros (iguales a los que encontramos en los celulares actuales) para mantener una estimación precisa de la orientación y posición.

En la actualidad existen tipos de drones variados, cada uno con cualidades que los hacen más idóneos para algún tipo de trabajo en específico. Si se comparara un dron de ala fija con un multicopter, pues se tendrá una diferencia obvia como lo es el diseño.

En su mayoría los drones son operados por radio control, pero también pueden ser controlados y programados mediante un teléfono inteligente o tablet. La principal diferencia con un vehículo a radiocontrol (aviones, coches teledirigidos, aeronaves teledirigidas, entre otros) es que no se requiere una entrada constante de datos por parte de quien lo está operando y pueden llegar a tener la capacidad de volar por sí mismos.

Los multicopters son relacionados por utilizar un sistema de propulsión como lo hacen los helicópteros (aunque en este caso para elevarse usan más de un rotor y hélice), tal y como se muestra en la sección (a) de la figura 2. Por otra parte, se tienen también drones de ala fija que son más aerodinámicos y se parece más a un avión, se puede observar esto en la sección (b) de la figura 2. A pesar de las notables diferencias en cuanto a estructura, dependiendo del modelo de UAV se tendrá características técnicas propias que darán más provecho en algún tipo de trabajo en especial.

¹² SMEM (Sistemas Microelectromecánicos)

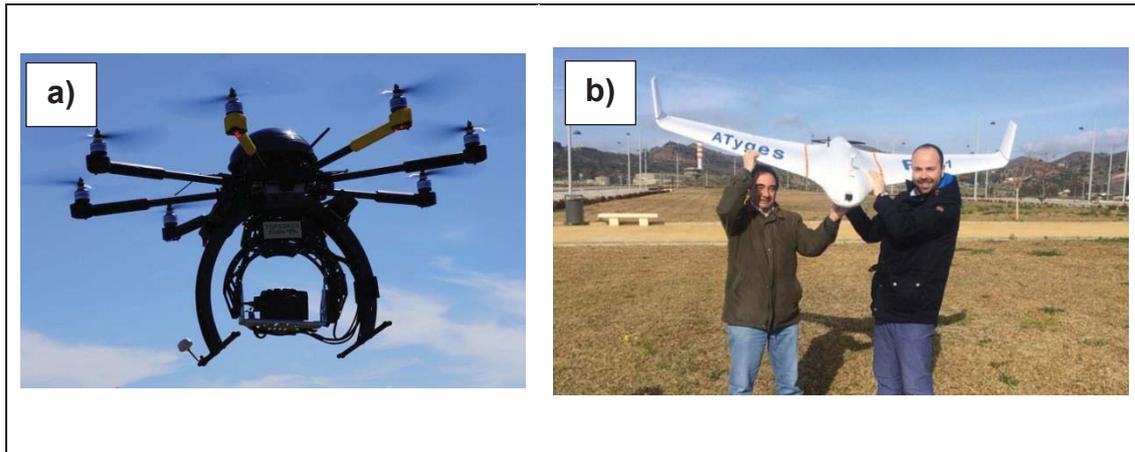


Figura 2. Multicopter vs Dron de Ala Fija

- a) Uno de los drones multirrotor (octocóptero)
- b) Miembros del equipo sosteniendo un dron de ala fija FV1-Multisensor

Los multicopters usan un sistema de propulsión que les brinda la particularidad de realizar vuelos estáticos, al contrario de los dispositivos de ala fija, ya que las características que tienen los hacen que se encuentren en constante movimiento.

Un multicopter se convierte en un Dron o UAV cuando es capaz de realizar un vuelo autónomo. Normalmente esto significa tomar la información del acelerómetro y del giro compás combinándola con datos del barómetro y del GPS, así el controlador de vuelo entiende no sólo su orientación sino también su posición.

1.2.3. MOVIMIENTOS DE UN MULTICOPTER

Se tienen una serie de movimientos denominados principales porque son los que ayudarán al seguimiento en el plano X, Y, Z (o espacio 3D). En la siguiente figura se establece el plano con los 3 movimientos.

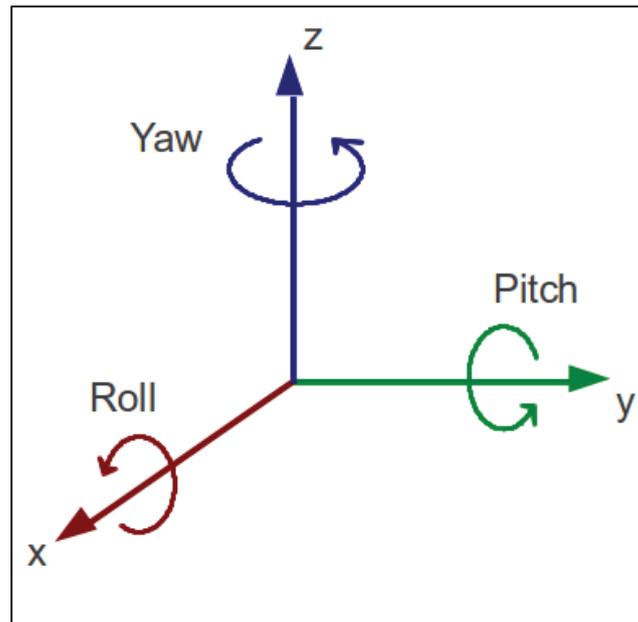


Figura 3. Movimientos principales de un multicoptero
Tomada de (Lawrence, 2017)

Para referenciar mejor todo se tienen los términos a continuación:

❖ THROTTLE

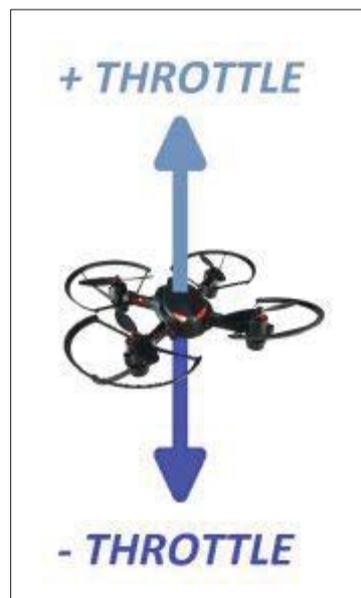


Figura 4. Throttle
Tomada de (Chang, 2016)

Según su traducción como “acelerador”, estará encargado de controlar todo movimiento vertical de manera ascendente y descendente del multicopter. Al tener un acelerador negativo permitirá que el dispositivo vuele a menor altura, mientras que uno positivo hará que vuele a una altura mayor.

❖ Yaw



Figura 5. Yaw

Tomada de (Chang, 2016)

También conocida como “guiñada” o “vuelco”, en sí es la rotación de derecha a izquierda del multicopter. Con una orientación negativa se podrá hacer girar hacia la izquierda, por ende, una positiva permitirá lo contrario.

❖ Pitch

Mejor conocido como “inclinación” o “alabeo” y tal como su nombre lo indica esto es lo que realiza, en otras palabras, un multicopter podrá inclinarse hacia atrás y retroceda o hacia adelante y avance dependiendo de si el pitch es negativo o positivo, respectivamente. En la sección (a) y (b) de la figura 6 se puede observar cómo se realiza el movimiento.

❖ Roll

Denominado como “cabeceo” o “balanceo”. Aquí se puede tener movimientos de lado a lado, pero todo esto se nota de mejor manera cuando se trata de un

balanceo positivo o negativo, si es el primero su dirección será para la derecha y cuando es el otro es para la izquierda. Véase la figura 6 para más detalles.

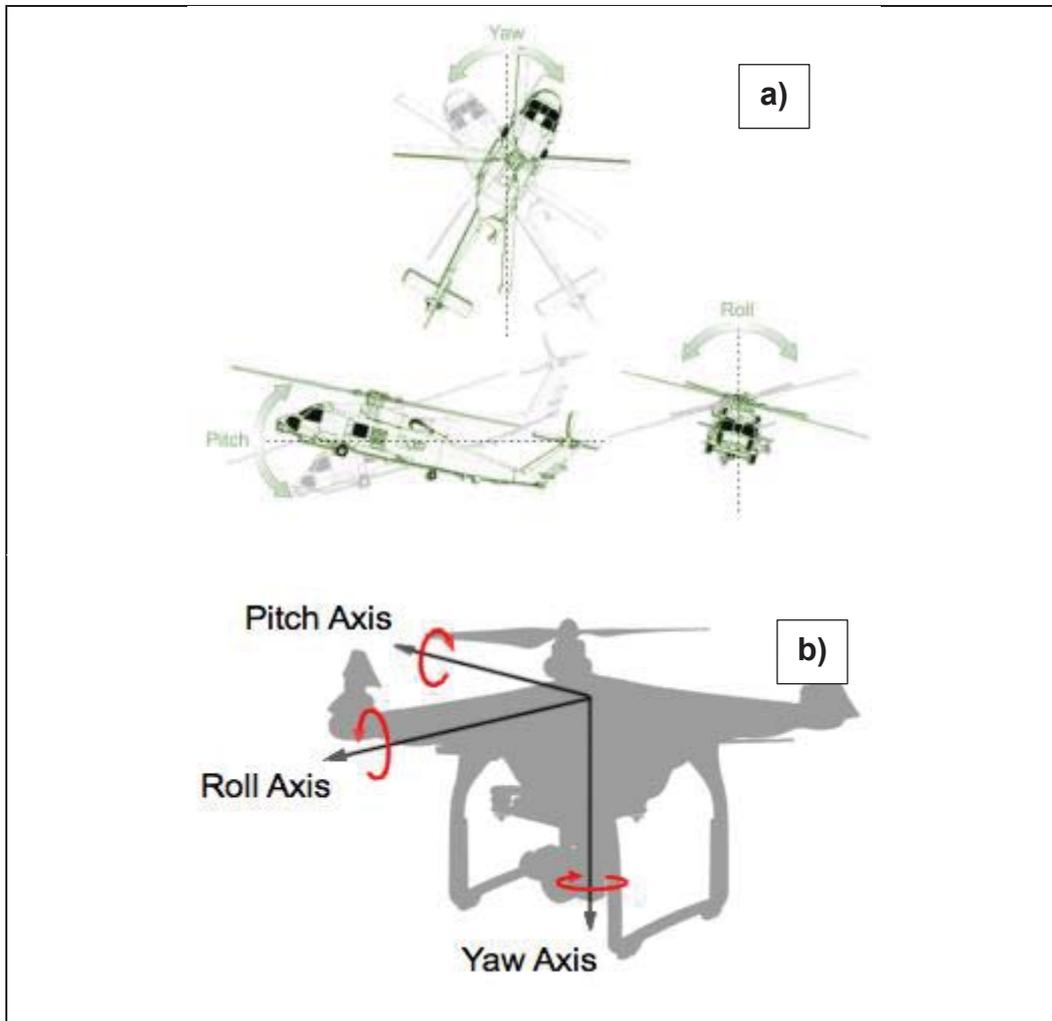


Figura 6. Movimientos *Roll*, *Pitch* y *Yaw*

a) Vista superior, lateral y frontal

b) Vista de eje x, y, z

1.2.4. Características de un multicopter

Se cuenta con una amplia variedad de características, formas y tamaños de estos dispositivos tecnológicos de acuerdo a la funcionalidad a la que serán expuestos. La autonomía y tamaño de un dron es muy variable, ya que se pueden encontrar drones del tamaño de un insecto, así como de mayor tamaño como un avión de carga.

Tomando en cuenta el uso de drones civiles, se sabe que en su mayoría no son muy grandes y pueden llegar a ser bastante ligeros facilitando en gran parte su transporte, a tal punto que en su desmontaje caben en una maleta de mano. Dependiendo de cuanto combustible dispongan, su autonomía podría variar, así en modelos muy pequeños, sus baterías tendrían una duración entre 30 y 60 minutos.

Vienen equipados con sistemas IMU¹³ (*Inertial Measurement Unit*) o Unidad de Medición Inercial (UMI¹⁴) y estabilizadores que cuentan en su mayoría con sistemas de respaldo por si existen problemas o fallos. Un piloto puede controlar la aeronave por rutas que definan las trayectorias o por medio de coordenadas establecidas (existe el caso de que todo sea controlado mediante un radiocontrol). Cabe recalcar que distintas aplicaciones de estos dispositivos seguirán apareciendo con el pasar de los días. Hoy en día se puede tener imágenes en tiempo real de un dron a través de un smartphone y a su vez poder controlarlo.

Antes de escoger un dron se vienen muchas preguntas a la cabeza como por ejemplo el ambiente en que se lo usará, la distancia que recorrerá o si cuenta con una buena cámara (caso contrario será necesario instalarle una), incógnitas que serán determinantes para poder elegir el más adecuado que se ajuste a nuestras exigencias. Son varios factores los que influirán ante la decisión final y se deberá tener muy claro aspectos como la autonomía de la batería, tamaño, soporte técnico y montaje.

1.2.4.1. Dimensiones

¹³ IMU (*Inertial Measurement Unit*)

¹⁴ UMI (Unidad de Medición Inercial)

Se encuentran dispositivos de diferentes dimensiones, por lo que es un factor imprescindible a tomar en cuenta ya que por dicha diversidad unos son más útiles que otros dependiendo el caso.

Con frecuencia el uso de un dron pequeño se dificulta más al pilotarlo ya que son muy sensibles al viento, por lo que cualquier corriente de aire lo puede lanzar muy lejos o hacer caer; en cambio, uno más grande puede llegar a dificultarse su uso.

Algunas aeronaves cuentan con maletines y partes desmontables por lo que transportarlos es mucho más fácil. Para elegir un dron correcto debería antes visualizarse el área donde se lo usará.

1.2.4.2. Autonomía

La autonomía de vuelo es el tiempo en el que un UAV permanece en el aire sin necesidad de volver a tierra por alimentación eléctrica o falta de combustible. Este factor tiene un estrecho lazo con la capacidad de carga útil por lo que el aumentar combustible supondrá una disminución en la carga útil. Indiferentemente de los distintos parámetros como aerodinámica, carga a levantar o tipo de motor.

Barrientos et al. (2007) explica que el consumo de combustible de un helicóptero de categoría mini o micro UAV estará entre los 5 litros por hora de vuelo, de tal manera que puede volar aproximadamente unas 5 horas sin parar para poner gasolina. La limitante real en la autonomía se encuentra estipulada por la duración de las baterías eléctricas que a pesar de que se pueden recargar es raro que alcancen una duración mayor a los 60 minutos.

Dado este inconveniente con los UAV se debe escoger apropiadamente uno que permita realizar una determinada actividad sea que involucre una distancia

muy grande o si es para realizar grabaciones por largas horas se deberá planificar el tiempo de mejor manera para evitar problemas.

Los tricopters solo cuentan con tres motores y propulsores respectivamente y un servo pequeño, dependiendo la configuración correcta pueden mejorar la eficiencia y en muchos casos que la batería pueda prolongar su duración a tal punto de compararse con un quadcopter.

1.2.4.3. Sistema de control

Un sistema dinámico puede definirse conceptualmente como un ente que recibe unas acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

El desarrollo que tienen los controles de los UAV y sobre todo los algoritmos que se destinan para eso conlleva tener una instrumentación adecuada ya que las diferencias serán notables de acuerdo al tipo de aeronave a utilizar. Es por eso que los multicopters son considerados como uno de los vehículos más versátiles que se tiene para aplicaciones civiles. Barrientos et al. (2007) señala que bajo el concepto de UAV se entiende que su funcionamiento está basado en todo un sistema y no como se cree que solo es la aeronave que viene instrumentada. Dicha instrumentación o mejor conocida como segmento aire será bien complementada por una estación base (segmento tierra), para lo cual hay que tener en cuenta las características y funcionalidades de ambos segmentos.

Un sistema completamente autónomo contará con un puesto de mando que se encontrará en tierra, por lo menos para que supervise la misión a realizar por el UAV. Por lo tanto, el sistema de control quedará compartido entre el segmento aire y el segmento tierra que se comunicarán entre si dependiendo del sistema que se tenga.

Se debe señalar que existen determinadas funcionalidades que son propias del control las cuales serán ejecutadas obligatoriamente en uno de los dos segmentos, aunque también se cuenta con otras funciones que son realizadas independientemente por alguno de éstos. Aquí se debe considerar los inconvenientes, así como las ventajas que tenga en concreto una distribución de este estilo, por esta razón Barrientos et al. (2007) afirma que una gran parte de sensores permiten conocer la posición y altitud del vehículo por lo cual conseguir información que se encuentre asociada a la misión estará ligada a la instrumentación que se encuentra en el segmento aire, mientras que las funciones tales como supervisar el desarrollo de una misión y definir la misma deberán ser ejecutadas de manera obligatoria por el segmento tierra. En la siguiente figura se muestra lo que sería un segmento tierra:



Figura 7. Estación base o Segmento tierra.

Tomada de (Barrientos et al., 2007)

No obstante, existen otras funcionalidades que se deben detallar como los lazos de control, que permiten la regularización del vuelo o la planificación de una maniobra en particular, por lo que podrían realizarse en el segmento aire como en el de tierra, siempre y cuando la comunicación entre ambos lo permita.

Por esta razón, siempre se tendrá variantes de las funciones que puedan efectuar cada segmento, dependerá también de la autonomía que posea la aeronave para una misión en concreto.

1.2.4.4. Métodos de vuelo

Los medios para el control de vuelo de estos aparatos pueden ser:

- Radio control: se usa un mando con palancas o joysticks para un mejor manejo desde tierra.
- Control por smartphone o tablet: algunos dispositivos fueron diseñados para que puedan ser manipulados mediante una tableta o un teléfono inteligente aumentando las posibilidades de control, en ciertas ocasiones se puede hasta programar una ruta preestablecida usando puntos intermedios en el camino o mejor conocidos como waypoints por donde pasará el dron.

1.2.4.5. Soporte técnico y repuestos

Antes de comprar un dron se debe tener toda la información necesaria al respecto mediante las páginas oficiales de los fabricantes en donde muchas veces se incluyen manuales detallados para evitar inconvenientes.

Buscar una comunidad con usuarios que compartan experiencias sobre el producto que se adquirió y de esta manera resolver dudas o problemas sería otra buena práctica que debe tomarse muy en cuenta. Existen equipos en donde el costo es muy alto y más vale prevenir que lamentar, por eso vale asesorarse en todos los aspectos posibles para que a futuro no se tengan problemas comunes como algún fallo con el dron.

Los repuestos para accesorios de protección y hélices (Figura 8) son muy importantes, sobre todo si es que la experiencia que se tiene sobre pilotaje es

casi nula, la tendencia a tener un incidente o golpear por accidente el equipo es alta.

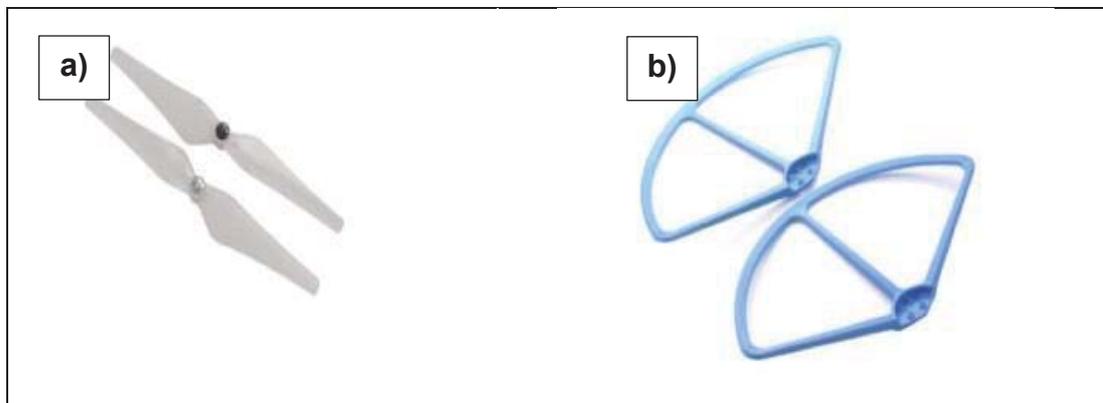


Figura 8. Accesorios de un dron

- a) Hélices DJI Phantom 2
- b) Protector para hélices DJI Phantom Vision 2

Siempre es necesario que cualquiera que sea la marca a elegir, ésta ofrezca la información precisa y adecuada, además que cuente con garantía.

1.2.4.6. Otras características

- GPS¹⁵ (*Global Positioning System*): o Sistema de Posicionamiento Global, con este sistema se puede localizar de manera exacta el dron en cualquier instante.
- Altímetro: esto nos mostrará la altitud exacta sobre el nivel del mar en la que se encuentra.
- Gimbal: se lo conoce al estabilizador de imagen que también es conocido como cardán. Esta característica permitirá que el dron mientras esté volando obtenga los mejores resultados de sus grabaciones. La siguiente figura muestra lo dicho:

¹⁵ GPS (*Global Positioning System*)



Figura 9. Cardán para GoPro

- Fácil uso: ya que en gran parte los drones muestran una gran dificultad para su manejo, con un poco de empeño y práctica el usuario puede acostumbrarse al final lo que le permitirá usarlo sin problemas en el futuro (aunque si existe mucha dificultad incluso existen escuelas que dictan cursos donde se puede aprender a pilotar estos aparatos). Sin embargo, existen ciertos equipos que resultan ser más difíciles de poder controlar, por lo que se recomienda que antes de realizar la compra se haga un estudio previo para conocer las capacidades del equipo y si uno será capaz de poder manejarlo.
- Accesorios: la mayoría de los drones que cuentan con cámaras incorporadas que permiten tomar fotografías o grabar videos enviando toda la información al piloto que se encuentra en tierra firme, son comúnmente conocidos como RPV ¹⁶(Remote-Person View) que en español sería Vista Remota de Personas (VRP¹⁷), FPV¹⁸ (*First Person View*) a lo que traducido sería Vista en Primera Persona (VPP)¹⁹ o simplemente pilotaje por video. Existen otros equipos que tienen el espacio para montar una cámara externa como por ejemplo una GoPro. Si se es un profesional o un simple aficionado con la fotografía, hay que

¹⁶ RPV (*Remote-Person View*)

¹⁷ VRP (Vista Remota de Personas)

¹⁸ FPV (*First Person View*)

¹⁹ VPP (Vista en primera persona)

tener muy claro la óptica del dron a elegir si lo que se desea es sacar instantáneas de gran calidad.

1.2.4.7. Capacidad de carga

De acuerdo a Barrientos et al. (2007) toda carga que un mini-helicóptero autónomo puede llevar está repartida entre el sistema de control (500 gramos a 3 kilogramos) y la carga neta que es la usada de modo determinado para el desarrollo de la misión. Todo dependerá de lo que va a realizar el UAV, por lo que el peso de la carga estará oscilando entre los dos y treinta kilogramos. En la tabla que se detalla a continuación se puede observar como varía el peso de acuerdo a la aplicación establecida:

Tabla 1. *Estimación del peso de carga de pago según aplicación.*

Aplicación	Peso de la carga
Filmografía	5 - 10 Kg
Búsqueda de recursos naturales	15 - 30 Kg
Fumigación	30 - 50 Kg

Tomada de (Barrientos et al., 2007)

Otro factor influyente tiene que ver con la envergadura de las palas del rotor principal y el motor que las accione, por lo que si se desea llevar una carga más pesada se necesitará modificar estos elementos.

1.2.4.8. Robustez

A diferencia de un dirigible que se mantiene flotando en el cielo ilimitadamente o un aeroplano el cual puede permanecer volando por un corto lapso de tiempo inclusive sin un control, perder el control de un multicopter (sea cualquiera el tamaño) genera consecuencias que son irreparables a futuro, por lo que tratar de recuperar el control del vuelo y estabilizarlo es algo imposible. Se debe tomar muy en cuenta que todos estos inconvenientes ya sea por daño del equipo o pérdida aumenta el costo por lo que, si un UAV llegase a caer en una

zona poblada, las consecuencias podrían ser fatales. Por tal motivo, el sistema de control debe garantizar una disponibilidad totalmente permanente sin que existan problemas como interrupción parcial o total de las funciones del aparato.

De acuerdo a Barrientos et al. (2007) lo que se conoce como disponibilidad permanente está basado en varios factores que estarán sujetos al sistema del control, entre los que se encuentran el perfecto funcionamiento del CPU o Procesador de Control, así como de los periféricos, también de instrumentos específicos que ayudan a la estabilidad del UAV como lo es el IMU e incluso está el caso de la alimentación eléctrica. En cuanto a cómo se alimenta el sistema de control se basa principalmente en baterías que cuentan con una autonomía variable oscilando entre decenas de minutos hasta un par de horas. Dependiendo sea el caso, Barrientos et al. (2007) indica que se puede utilizar un generador eléctrico que puede estar conectado directamente al motor para que se pueda recargar o sirva de soporte para las baterías. Sea cualquiera el caso es imprescindible monitorizar de manera constante el nivel con el que cuentan las baterías notificando periódicamente de ser posible al segmento a tierra o actuar mediante algún proceso ya establecido, como hacer que el dispositivo retorne y aterrice en un punto en específico.

Respecto al CPU lo ideal sería realizar una revisión periódica ya que es propenso a sufrir daños y llegar a tener un mal funcionamiento, también es recomendable aplicar ciertas medidas para que de esta manera se pueda disminuir los fallos e incluso tratar de evitarlos. Entre las distintas averías que puede tener el sistema de control se detallan a continuación las más comunes:

- Por consecuencia del giro del rotor el multicopter puede verse comprometido por las vibraciones que éste causa.
- El sistema de ignición del motor de combustión, en este caso las bujías pueden provocar descargas eléctricas.

- El motor de combustión provoca altas temperaturas de calor por lo que se debe ubicar el sistema de control en un área estratégica para que no se vea afectado después.

En el caso de UAVs con un precio más alto y de mayor tamaño se usa sistemas redundantes para el IMU y los procesadores de control, también existen modelos que incorporan en su GPS esta redundancia.

1.2.4.9. Confiabilidad

Los hexacopters y octocopters tienen mayores posibilidades de que puedan realizar un aterrizaje seguro así tengan un motor menos, pero dependerá de la tarjeta de control ya que las de gama alta tienen esta funcionalidad. Si pasa el mismo caso en un tricóptero no podrá aterrizar de manera segura, al igual que con un quadcopter. Esto se encuentra en constante discusión pues la tarjeta de control debe tener la función de aterrizaje seguro sino se tendrá que conseguir una con dicha opción.

1.2.4.10. Precio

Es Otro de los factores importantes que no se puede dejar de lado, y es que muchas personas piensan que estos aparatos tienen un alto costo en el mercado y por esta razón no todos los pueden tener. Se tienen precios variados, los cuales dependerán de las características y necesidades específicas del dron que se busca.

Como método de ayuda para tomar una correcta decisión sobre la aeronave que se adapte de mejor manera a las necesidades de cada usuario, se muestra una tabla con ejemplos de drones y parámetros de importancia, la cual se la muestra a continuación:

Tabla 2. Clasificación de multicopters de acuerdo a la gama

Nombre	Gama	Autonomía	Velocidad máxima	Extra	Precio estimado
XK X251	Baja	12 minutos*	75 km/h	Giroscopio de 6 ejes	USD 160**
Parrot Bebop 2 Explorer	Media	23 minutos*	60 km/h	Cámara (1080p)	USD 410**
DJI Mavic Pro	Alta	25 minutos*	65 km/h	Grabación de vídeo a 4K	USD 900**
DJI Inspire 2	Profesional	27 minutos*	94 km/h	Batería dual redundante	USD 2920**

* El tiempo de vuelo puede variar de acuerdo al uso de cada usuario y la configuración que tenga.

** El precio es estimado y puede variar. Todos los precios fueron sacados de la página: www.amazon.com

1.2.5. Clasificación de un multicopter de acuerdo al número de rotores

Los multicopters o también conocidos como multirrotores varían su diseño de acuerdo al número de hélices o motores que dispongan obteniendo la propulsión adecuada para desplazarse y puedan permanecer en el aire, estos pueden tener entre tres (tricopter), cuatro (quadcopter), seis (hexacopter) u ocho (octocopter) rotores.

Un quadcopter posee una mecánica simple con sus cuatro motores que están conectados de manera directa con el bastidor y las hélices. Existen muchos marcos para elegir según las diferentes necesidades del usuario, para ello solo bastará con elegir el tamaño correcto y el tipo de material.

Un tricopter por otro lado dispone de una mecánica más compleja por lo que usa un motor para la guiñada (*yaw*) y un servo que sirve para girar sobre su mismo eje y así ajustar el ángulo del motor trasero, en cambio en un quadcopter el *yaw* es controlado al cambiar la velocidad de las hélices.

Si se hace la pregunta de ¿cuál es el mejor entre todos? Pues no hay una respuesta concreta para esta pregunta ya que todo dependerá del gusto del usuario y también de las razones para lo que se lo usará.

Si lo que se busca es solo volar por un tiempo considerable un tricóptero sería una buena opción, pero esto va a depender de la habilidad que el piloto tenga para su manejo, agregando también que el control de guiñada es más rápido. Por otro lado, el quadcopter es una opción más popular y la más conocida actualmente por lo que la disponibilidad de accesorios como marcos y motores son mayormente variados.

1.2.5.1. Tricóptero



Figura 10. YI ERIDA

Tomada de (YI, 2017)

Es un avión parecido a un helicóptero, excepto que éste posee tres rotores o propulsores con hélices los que brindarán el impulso. Tres giroscopios del helicóptero harán al tricóptero bastante estable mientras que si se desea girarlo un servo inclinará el motor trasero.

Ventajas:

- Buenos para un vuelo muy tranquilo
- Respuesta mucho más rápida al control yaw (guiñeada).
- Menos pesado.
- Mayor duración de la batería.
- Menor precio.

Desventajas:

- No se los puede dimensionar en tamaños muy grandes
- Diseño anticuado.
- Rendimiento inferior al de un quadcopter.

1.2.5.2. Quadcopter

Figura 11. DJI Phantom 2

En estos últimos años se ha producido una enorme inclinación en el área de la robótica lo que ha hecho fácil que se obtengan herramientas para la construcción de robots sobre todo aéreos, entre los cuales se encuentra una clasificación llamada quadcopter o también conocidos como quadrotr. Los quadcopters, son capaces de realizar un despegue vertical y volar hasta con viento de más de 80k/h. Estos poseen la ventaja de no solo ser más accesibles para el bolsillo por su bajo costo, sino que sus capacidades de maniobrabilidad son muy superiores.

En el mercado actual se cuenta con una gama alta de modelos de quadcopters, cada uno de éstos poseen un control y patrón de vuelo similar. Este tipo de UAV no goza de aspas de cola para el control de su rotación, el vuelo lo consigue por sus cuatro motores (cada uno con hélices), que en su mayoría están puestos en forma de cruz. En este caso dos motores van a rotar en sentido anti-horario mientras que sus motores restantes lo harán en sentido horario, todo esto con el propósito de que el aparato en cuestión pueda compensar la rotación y de esta manera permanecer estable en el aire. Para una mayor comprensión ver la siguiente figura:

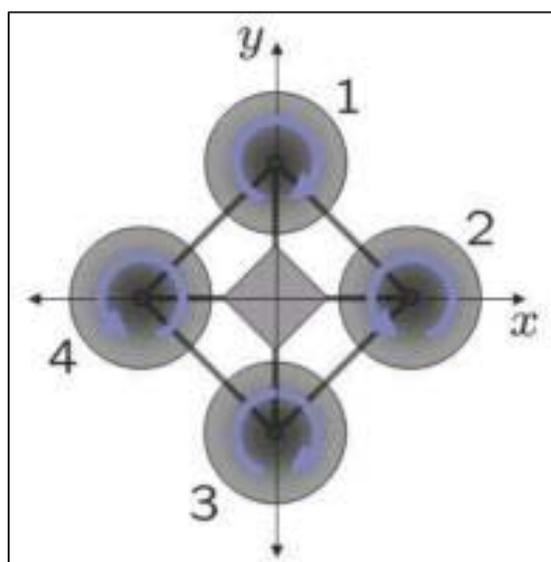


Figura 12. Rotación de los motores en un quadcopter

Los quadcopter son usados para gran cantidad de aplicaciones, desde el uso militar en el sector de vigilancia, hasta el uso civil para realizar grabaciones en lugares de difícil acceso. El coste bajo de este tipo de UAV permite que su implantación se extienda con facilidad en el mundo científico y actualmente este abriéndose camino entre usuarios que disfrutan del aeromodelismo.

Sus cuatro rotores además de trabajar de manera simultánea para levantar el peso del quadcopter le brindará mayor potencia de elevación e incluso el poder transportar cargas más pesadas sin ningún ajuste en la ingeniería dando como

resultado una mayor capacidad haciéndolo un vehículo más rentable. Este tipo de tecnología ha sido aplicado a aviones militares y de uso comercial.

Ventajas:

- Tipo estándar
- Su instalación es fácil
- Los marcos para elegir son variados
- No requieren usar servos
- Son mucho más baratos que los demás
- La maniobrabilidad es muy buena lo que les permite volar fácilmente en cualquier dirección

Desventajas:

- Menor potencia que un hexacopter y octocopter, lo que quiere decir que no pueden alcanzar alturas muy elevadas como los mencionados (aunque es debatible)
- No son tan potentes como la competencia
- La vida de su batería es relativamente baja
- Con tan solo un fallo en un motor provocará el choque del mismo

1.2.5.3. Hexacopter



Figura 13. Quantum Aperture

Tomada de (Gunn, 2016)

Es un tipo de dispositivo de vuelo controlado a distancia que posee seis propulsores, los cuales están arreglados en forma circular por encima del cuerpo principal. Las seis hélices dan a este aparato más maniobrabilidad y poder de vuelo que un quadcopter, haciéndolo volar de manera constante y de alcanzar altitudes mayores gracias al mayor poder de elevación.

Si algún usuario usa una cámara muy cara para la captura de imágenes, puede estar tranquilo y sentirse seguro de poder volar sin tener problemas de estabilidad.

Ventajas:

- La principal ventaja es que podrá seguir volando incluso si una de las aspas de las hélices falla. Los motores que alimentan las hélices son colocados a 120 grados de distancia por lo que si uno falla los cinco restantes pueden mantener el dispositivo en el aire, además de que el aterrizaje será seguro llegando a proteger una cámara si es que estuviera conectada.
- Tiene bastante potencia para poder elevarse comparado a los anteriores
- El control de la guiñada es ligeramente mejor
- Alcanza buena elevación
- Pueden transportar cargas ligeramente más grandes

Desventajas:

- Si se llega a dañar un rotor reemplazarlo o tratar de repararlo saldría muy caro.
- Son un poco más costoso que un quadcopter
- Tienen un tamaño mayor al normal
- Son difíciles de volar en espacios reducidos
- Los rotores suelen ser un poco costosos
- No son compactos

1.2.5.4. Octocopter



Figura 14. DJI Spreading Wings S1000

Tomada de (DJI, 2017)

Posee ocho hélices totalmente funcionales que son accionadas por un mismo número de motores. Como resultado, este dispositivo es muy estable a medida que vuela ya que combina factores como velocidad de vuelo, maniobrabilidad y poder de elevación, lo que los hace tener una mayor capacidad de vuelo que un quadcopter o hexacopter. Sus ocho rotores lo ayudan a permanecer estable y alcanzar una gran altura para tener tomas de cualquier cosa como paisajes, eventos e incluso la vida silvestre. Son los favoritos entre camarógrafos profesionales y exploradores.

Ventajas:

- Son ágiles y rápidos gracias a sus ocho hélices

- Debido a su sistema de propulsión alcanza una gran elevación y aceleración
- Son extremadamente poderosos
- Perfectos para equipamiento de cámaras pesadas
- Redundancia proporcionada a través de los brazos adicionales

Desventajas:

- Es necesario que sea transportado con mucho cuidado dado que es muy costoso construirlo por lo que si algo llega a romperse como por ejemplo un rotor saldrá caro reemplazarlo.
- Su precio puede ser un poco más elevado, en comparación al resto
- Su tamaño es más grande en comparación al resto
- Consume demasiada energía y por esta razón su autonomía de vuelo es baja.
- Para cargarlos toma mucho tiempo
- Los modelos de la primera generación tenían una baja capacidad en la batería

1.2.5.5. Variantes

Conocidos como multicopters coaxiales, ya que usan dos motores en un brazo, por ende, el peso del aparato será menor, aunque la eficiencia aerodinámica también se verá disminuida. Se debe tener en cuenta que mientras más brazos tenga la aeronave será más seguro y estable, mientras que al tener más motores el consumo de energía incrementa, pero se gana en propulsión. (Jaime, 2017)



Figura 15. YI Y6-520

Tomada de (Ciobanu, 2016)

Ventajas:

- Alcanza una mayor altura que un quadcopter
- Es más seguro que un hexacopter
- Proporciona mejor estabilidad que un hexacopter

Desventajas:

- No puede levantar mucho peso como un hexacopter
- Tiene menos tiempo de autonomía que un hexacopter



Figura 16. AiD-MC8

Tomada de (AiDrones, 2016)

Ventajas:

- Es más compacto si se lo compara con un octocopter
- Muy seguro
- Más estable en cuestión de ambientes con mucho viento en comparación a un octocopter

Desventajas:

- Tiene menor tiempo de autonomía debido al número de hélices
- Posee menos potencia para levantar objetos comparado a un octocopter
- Mucho menos estable en aéreas que no hay viento comparado al octocopter

1.2.6. Estructura de los multicopters

Existen distintos tipos de estructuras para el chasis de un multicopter, se tiene en forma de cruz o signo más (+), en X (equis), en Y (i griega) o en H. En la figura 20 se puede observar los modelos Y, cruz y X. Los más utilizados son los con forma en + o X, pues la forma en la que se encuentran los brazos es similar

y el control estará situado en el centro de gravedad de toda la estructura. Para la modalidad en X lo más usado es que tenga cuatro, seis u ocho brazos.

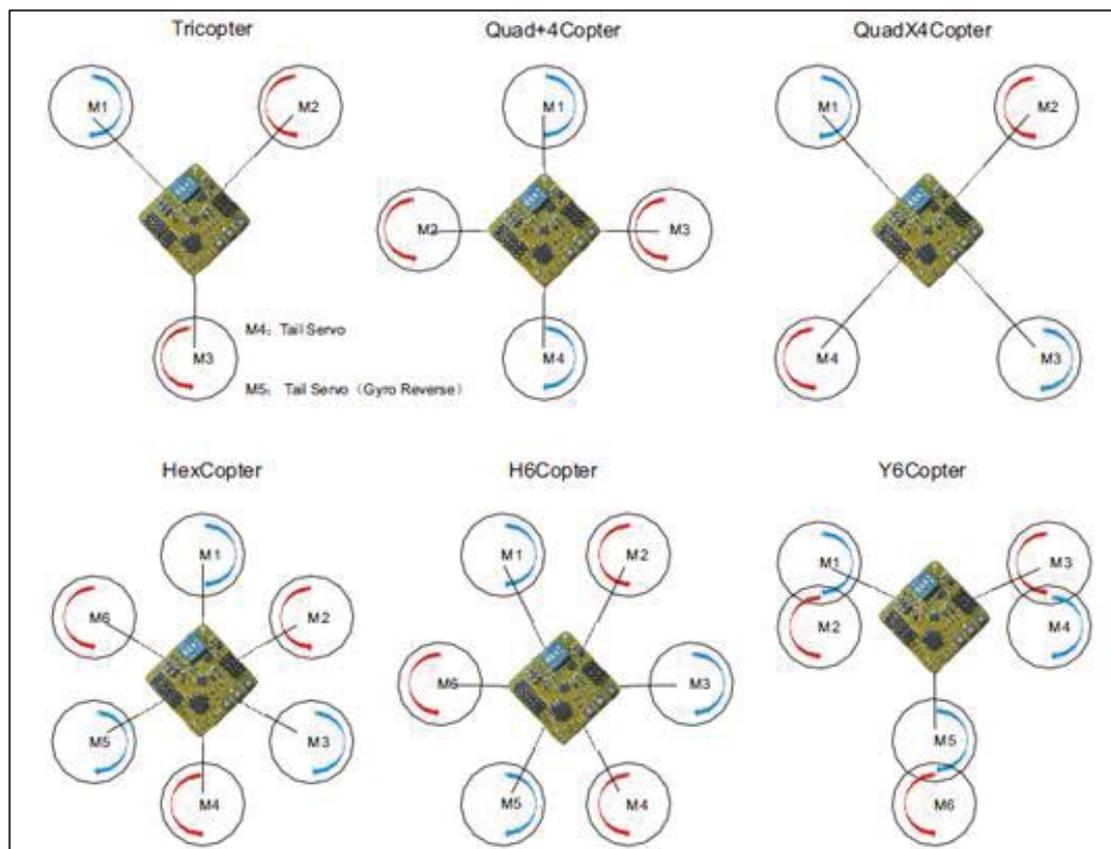


Figura 17. Diferentes formas de estructuras de multicopters

La forma en cruz (+) es la más fácil de manejar pues para realizar un desplazamiento es ideal usar solo dos motores que se encuentren en la misma línea, dejando los del eje perpendicular fijos, en cambio para el modelo en X realizar dichos movimientos dificultará su control. En la siguiente figura se puede apreciar más formas que se referencian incluso de acuerdo a la clasificación de un multicopter, aquí se puede observar la forma H.

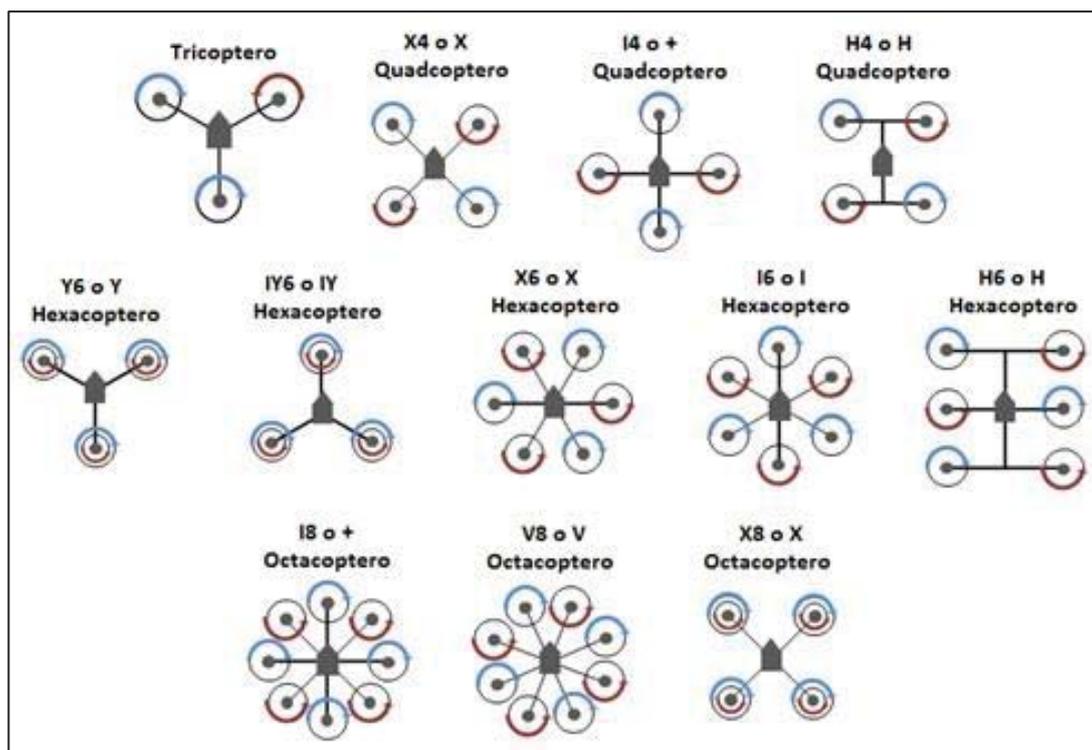


Figura 18. Estructuras de acuerdo a las clasificaciones de un multicopter

2. APLICACIONES Y NORMATIVAS

2.1. Aplicaciones

Se tomó tres aplicaciones que son importantes por la utilidad que los multicopters pueden tener en estas áreas.

2.1.1. Agricultura

Dentro del sector de la agricultura se realiza el proceso conocido como cartografía, que “es una técnica que interpreta, analiza y representa gráficamente parte o todo de la superficie de un astro.” (Saez, D. y Beltrán, A., 2015). Para este sector se centra básicamente en obtener los mapas de plantaciones para así tener información del estado en que se encuentran. Incluso los multicopters son usados para controlar el volumen de tierra que se encuentran en nivelación de parcelas.

Barrientos et al. (2007) dice que, en la parte de agricultura, más específicamente cuando se trata de fumigación, es la aplicación que más se utilizaba en Japón ya que contaba con 1565 (año 2001) sistemas que se encontraban en funcionamiento. Ayudaban en el riego de pesticidas para evitar las distintas plagas que afectaban a las plantaciones.

2.1.2. Militar

Como se conoce el sector militar fue donde aparecieron por primera vez y gracias a esto se han ido desarrollando parte de los UAV en otros sectores como lo es el civil por lo que se ha tomado más interés para investigarlos y aplicar el desarrollo para estos y otros sistemas.

La gran mayoría de UAV que existen tienen aplicaciones en el ámbito militar teniendo modelos del tipo aeroplano respondiendo a las categorías como Mini en adelante. Según Eduardo Parada (2012) cada UAV será distinto dependiendo la situación a la que se lo exponga, por lo que entre estos se encuentran los de tipo avión, los cuales se clasifican por sus distintos tamaños que pueden ser: grandes, medianos y pequeños. Entre los grandes y tal como se muestra en la figura 19 sección (a), Estados Unidos cuentan con el RQ-4 Global Hawk, el cual con una envergadura de 116 pies está calificado para realizar vuelos por un largo período de tiempo (hasta 36 horas); esto le proporciona la capacidad de despegar desde su base en EEUU, ir a realizar la misión que se le ha designado y regresar a su lugar de origen sin ningún problema. Si se trata de vigilancia, posee un SAR (Synthetic Aperture Radar) o RAS (Radar de Apertura Sintética) lo que le ayudará a mapear diferentes áreas de terrenos y poder observar todo a través de tormentas de arena o nubes, incluso tiene un lente óptico de infrarrojos. Esta aeronave puede volar a 19.182 metros de altura y proporciona información del terreno (alrededor de 103.600 km²) por día, pero el mayor problema es el costo que está entre los 218 millones USD. Para los de tamaño mediano, el más relevante que posee el

ejército de los EEUU está el RQ-1 Predator (sección (b)). Son usados principalmente para misiones de reconocimiento, cuentan con una autonomía de vuelo de 16 horas y un rango de cobertura de 450 millas, también son capaces de grabar videos en alta definición incluso tiene cámaras infrarrojas y SAR. El valor de este UAV es de 40 millones USD. En último lugar se encuentran los de menor tamaño, aquí es donde se debe hacer una comparación entre un tipo hélice o avión y es que a la hora de elegir uno de los pequeños se debe estar claro. En la sección (c) está el RQ-11 Raven que es un tipo de UAV con una autonomía de 110 minutos, alcanza unos 10 kilómetros y su altura máxima es de unos 500 pies.

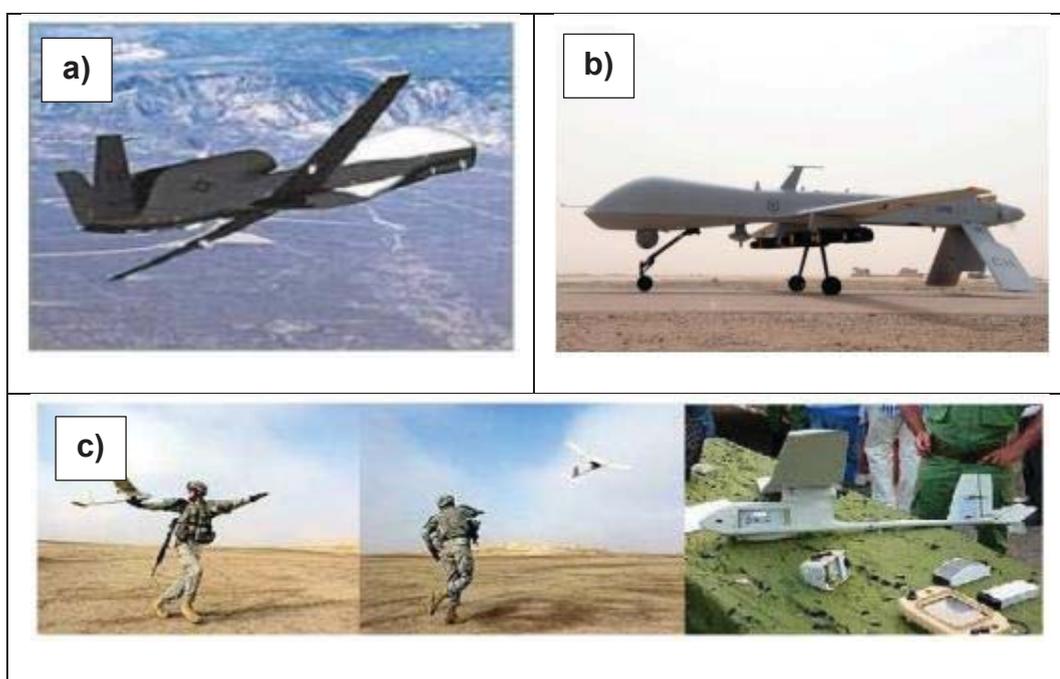


Figura 19. UAV Tipo Avión

- a) RQ-4 Global Hawk
- b) RQ-1 Predator
- c) RQ-11 Raven

2.1.3. Entretenimiento personal

Los vehículos aéreos que tal como su nombre lo afirma fueron diseñados para movilizarse por aire, vienen equipados comúnmente con giroscopios para

otorgar estabilidad y de rotores para el movimiento, incluso pueden ser telecontrolados (aunque también se los puede controlar mediante un mando a distancia de tipo joystick) para así evitar inconvenientes como los antes mencionados.

En su mayoría se los utiliza para la fotografía y video ya que se está en la capacidad de capturar desde ángulos increíbles cualquier tipo de escena como tomar una panorámica desde una montaña muy alta, una foto desde un plano poco accesible de las vacaciones en la playa o grabar a tus amistades surfear una gran ola. Estos modelos por lo general cuentan con una cámara instalada (véase figura 20), pero otros cuenta con un espacio para adaptar algún equipo de grabación o cinematográfico.



Figura 20. Dron Parrot Bebop 2 Power Xtreme Adventurer
Tomada de (Parrot, 2017)

Dependiendo el nivel de manejo del piloto también sirven como dispositivos de recreación con fines de entretenimiento, pues éstos dispositivos podrán realizar todo tipo de acrobacias ya que pueden dar giros, saltos, vueltas y tantas piruetas increíbles.

Actualmente existen las denominadas carreras de drones y Raúl Álvarez (2016) redactó un artículo donde se pueden tener más detalles al respecto, pero en sí se trata de una competencia donde varios pilotos con sus aeronaves se batan entre sí para denominar quién es el mejor y cuál es la más rápida, respectivamente. Todo se basa en creaciones propias de cada usuario para volver a su dron más aerodinámico y así poder alcanzar altas velocidades, incluso la carrera es tan personalizada que los pilotos deben instalar un sistema de transmisión que tiene que estar conectado a unas gafas y una cámara, por ende, tendrán una vista en primera persona para simular que están a bordo del mismo.



Figura 21. Walkera Runner 250 PRO

Tomada de (Walkera, 2017)

2.1.4. Ingeniería civil

Un proceso como la ejecución de cualquier obra requiere de un constante seguimiento el cuál debe permitir la supervisión geométrica, el impacto visual que tendrá al igual el impacto al medioambiente y no menos importante el control de la economía del mismo.

Los multicopters pueden ser usados para levantar contenido geoespacial mediante la captura de información de los terrenos con el objetivo de poder elaborar un análisis técnico y un modelo digital del terreno visualizado. Algunas de las ventajas al usar estos aparatos es la reducción de costos ya que al usarlos no se necesitaría de personal presente en la obra, se ahorraría tiempos ya que reducen el tiempo de levantamiento del terreno, incluso los resultados son mejores por el contenido técnico que se obtiene y también prometen versatilidad al poder llegar a lugares más difíciles que un humano no podría.

Para uso civil dado a su mayor capacidad de vuelo y maniobrabilidad se han convertido en las aeronaves que se ven con más frecuencia, y es que si bien el sector militar fue dónde se originaron y desarrollaron los UAV, con el paso de los años han sobresalido distintas aplicaciones civiles. La tabla 3 muestra un listado pequeño sobre estas aplicaciones y ejemplos en los que pueden ser utilizados, en algunas varía mucho la distancia entre vehículo y estación base.

Tabla 3. *Lista no exhaustiva de aplicaciones civiles y ejemplos que pueden tener los UAV.*

Aplicación	Ejemplo
Vigilancia de fronteras	Contrabando, inmigración ilegal
Patrulla marítima	Contrabando, inmigración ilegal
Filmografía	Reportaje fotográfico, cine
Levantamiento de mapas	Topografía
Inspección de infraestructuras	Oleoductos, gaseoductos y líneas eléctricas
Inspección de obra civil	Presas, viaductos y puentes
Climatología	Monitorización de contaminación atmosférica
Localización de recursos naturales	Minería, pesca
Búsqueda y rescate	Accidentes en montaña o zonas de difícil acceso, naufragios
Agricultura	Aplicación de fumigantes

Adaptada de (Barrientos et al., 2007)

A pesar de la variedad de aplicaciones que existen en la actualidad hay que tener en cuenta que la mayoría de misiones pueden ser ejecutadas usando

vehículos de RC (Radio Control) en lugar de un UAV por lo que se podrían tener dificultades como:

- Los obstáculos y distancia pueden ocasionar que se pierda comunicación entre el vehículo y el control del piloto causando que con el pasar de los minutos el tiempo que pueda permanecer en el aire disminuya haciendo posible que suceda un accidente.
- El contacto visual entre el piloto y la aeronave es limitado debido a los factores mencionados antes.
- Controlar de manera manual estos dispositivos precisará de pilotos con experiencia pues el vehículo puede presentar cierta dificultad o inestabilidad.
- El piloto debe estar totalmente concentrado en el vuelo de la aeronave lo que le dificultará poner atención a detalles del entorno llegando a perjudicar la misión que se haya puesto a cabo.

Existen variedad de aplicaciones Se cuenta con una gran variedad de drones en el mercado actual, así que si se busca uno en particular no será nada difícil o por el contrario se puede armar uno al gusto del usuario, por ende, cualquier expectativa que se tenga en mente estará cubierta.

2.2. Normativa en Ecuador

La DGAC²⁰ (Dirección General de Aviación Civil) emitió la resolución No. 251 el día 17 de septiembre de 2015 (puede verse en el anexo 1), la cual ayudará a preservar de mejor manera la seguridad operacional en cualquier actividad aérea, a los usuarios de transportes aéreos y al público en general, todo esto gracias a que existe un aumento significativo y constante en cuanto al uso de drones. Por esta razón se decidió normar la operación de RPAS²¹ (*Remotely*

²⁰ DGAC (Dirección General de Aviación Civil)

²¹ RPAS (Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia)

Piloted Aircraft System) o Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (SAPD²²), mejor conocidos como Sistema Aéreo No Tripulado (SANT²³) o UAS.

Dicho reglamento que se encuentra en el Anexo 1 decreta que un dron no podrá ser operado en distancias iguales o mayores a los 9 kilómetros sobre espacios aéreos controlados como una base aérea militar o aeródromo (aeropuerto), lugares de aterrizaje o donde despeguen aviones. También se regula factores como horas de operación, altura máxima de vuelo, se establecen limitaciones, seguros por daños, entre otros.

Estas aeronaves tendrán una altura máxima de vuelo que será de unos 122 metros (400 pies) sobre el terreno y la cual no podrán exceder. Así mismo, solo podrán sobrevolar en un horario permitido el cual se encuentra entre la salida y puesta del sol, y bajo condiciones meteorológicas apropiadas.

Por otro lado, se señala cuáles son las condiciones de responsabilidad por la operación de estos aparatos, y es que todo operador o persona a cargo del control del dron se hará responsable durante todo el tiempo de vuelo sea o no el dueño directo. Estos deben encontrarse en aptas condiciones fisiológicas ya que no pueden estar bajo efectos de sustancias psicotrópicas (drogas) o bebidas alcohólicas.

Tampoco se puede usar el sistema de piloto automático del dispositivo ya que la persona lo debe estar operando en todo momento. El documento también especifica que cada dueño debe contratar un seguro para su dron, para así no tener problemas por cualquier daño causado a un tercero debido a la actividad de vuelo realizada. El monto dependerá del MTOW²⁴ (*Maximum Take-Off Weight*) por sus siglas en inglés o en español: masa máxima de despegue.

❖ **Propuesta de Desarrollo o Enmienda:**

²² SAPD (Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia)

²³ SANT (Sistema Aéreo No Tripulado)

²⁴ MTOW (*Maximum Take-Off Weight*)

La DGAC realizó una actualización de su antigua normativa en donde el Comité de Normas tuvo reunión el 24 de abril de 2017 y resolvió la propuesta de Regulación Técnica RDAC “Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA)”, todo esto puede ser verificado en el anexo 2 si se desea tener más detalles al respecto.

En primera instancia se agregan definiciones y abreviaturas de varios términos para que se pueda tener una idea de lo que se hablará en la Regulación y de esta manera no se creen confusiones más adelante. Cabe señalar que también se agregan algunas abreviaturas que de igual manera son aplicables para el reglamento en cuestión.

Se incluye información sobre dónde pueden ser operadas las RPA, el peso para esto tiene que ser igual o mayor al de 250 gramos sobre la tasa máxima de despegue dentro del territorio nacional. Toda aeronave con peso que sea menor a los 25 kilogramos y sean usadas en actividades recreativas pueden operarlas menores de edad, siempre que sean supervisados por un adulto.

La operación de los controles de estas aeronaves debe ser realizado de tal manera que no se atente en contra de la seguridad de las personas que se encuentren en la superficie terrestre ni sus bienes materiales, de una operación aérea y mucho menos a la fauna silvestre. Las RPA podrán ser operadas a una distancia mayor o similar a las 5 millas náuticas (9 kilómetros) próximos a algún aeródromo que se encuentre abierto para el uso público.

Toda persona que se encuentre a cargo de los controles no podrá hacerlo si es que está fatigado o ésta misma considera que puede sufrir efectos de fatiga durante la operación. La persona a cargo de controlar un RPA deberá cumplir a cabalidad con los reglamentos, leyes y normativas que estén relacionadas con seguridad pública, seguridad nacional, propiedad intelectual, protección de la privacidad e intimidad personal, entre otras. Se tiene que mantener un contacto

directo durante todo el tiempo de vuelo ya sea de manera visual o por medio de un dispositivo de monitoreo incluso se debe conocer la posición exacta en todo momento. Ningún usuario puede usar más de una aeronave de forma simultánea.

En caso de que una RPA sea operada dentro del espacio aéreo nacional y sea considerada como un peligro para la seguridad externa o interna, las FF.AA. tendrán derecho de derribarla o inhibirla. Cabe destacar que este reglamento no es aplicable para operaciones realizadas para aeromodelismo, por la Aduana, las Fuerzas Armadas y la Policía Nacional. Los RPAs de estas entidades estarán regidas por los reglamentos, regulaciones internas y políticas que las FF.AA. (Fuerzas Armadas del Ecuador) proporcione para dichas tareas.

Ninguna aeronave podrá transportar material corrosivo, explosivo o que represente algún peligro biológico ni ningún tipo de mercancía que pueda desprenderse o que pueda tener alguna filtración de modo que represente un riesgo para las personas o bienes que se encuentren en la superficie. También no pueden emitir luces laser brillantes. No se podrán volar ninguna aeronave sobre una zona que sea visitada o esté siendo recorrida por el señor Presidente o Vice-Presidente por lo que se puede infringir con las restricciones impuestas por la AAC (Autoridad de Aviación Civil).

Existe una solicitud especial de autorización para las operaciones no recreativas con las RPA que debe emitirse con 10 días de anticipación que sean hábiles y que previamente se cumplan con los requisitos establecidos por la Autoridad de Aviación Civil (véase el formulario en el anexo 2).

2.3. Comparación con normativa española

El uso de aeromodelos está creciendo de manera exponencial en estos últimos años, y es por esta razón que se creó una normativa que regulara el uso de estos aparatos tecnológicos y se la adaptó a la realidad que se vive hoy en día.

El organismo que está encargado de regular el uso de drones en España es la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA).²⁵

De acuerdo a dicho organismo el país español se refiere a un dron para hablar de toda aeronave con un fin profesional o comercial, y no están autorizados de utilizarlos para aplicaciones que abarquen esos campos. Los dispositivos usados como deporte son denominados aeromodelos y son los que están regulados por la RFAE ²⁶(Real Federación Aeronáutica Española) que también lo hace para cada municipio o comunidad. De acuerdo a lo que dice el reglamento los drones deben operarse hasta los 100 metros de altura y no está permitido el vuelo sobre áreas urbanas o pobladas.

El 4 de julio de 2014 se aprobó un nuevo marco regulador temporal para el uso de aeronaves que son pilotadas mediante un control remoto en donde se establece toda condición para realizar un trabajo específico. Se especifica las diferencias que se deben tener en cuenta para poder usar un dron con un peso mayor y menor a 25 kilogramos. Para uso civil y comercial una aeronave controlada por radio control su peso no debe superar los 150 kilogramos.

Por causa de esta normativa algunas empresas españolas no son capaces de ofrecer sus servicios, por ende, están siendo obligadas a mantenerse a la espera de que se desarrolle un marco legal beneficioso para todos el cual les otorgue la oportunidad de volver a funcionar con normalidad.

En dicho documento se detalla los trabajos científicos y técnicos que pueden realizarse como fotografía y grabación aérea, estudio de fotogrametría, reportajes aéreos, revisión de infraestructuras, vigilancia y monitoreo, entre otros. Esta nueva ley temporal se basa en cuatro puntos que son claves para toda empresa y que deberán tomar en cuenta cuando deseen operar con drones, se detallan a continuación:

²⁵ AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea)

²⁶ RFAE (Real Federación Aeronáutica Española)

- Tipo de dron
- Seguridad
- Espacio aéreo
- Carnet de piloto del dron

Para el tipo de dron se divide en dos categorías que contemplan drones con un peso inferior a los 2 kilogramos y drones con un peso entre 2 y 25 kilogramos, para ambos casos es necesario contar con un carnet de piloto para drones e incluir de manera obligatoria una placa distintiva que contenga el nombre del fabricante y los datos de la empresa que lo está operando. En el caso de los drones con un peso menor a 2 kilogramos, no será importante estar inscrito en el registro de aeronaves ni disponer del certificado de aeronavegabilidad.

La seguridad es uno de los factores más importantes en los que se basó esta normativa, por lo que cada empresa involucrada deberá tener un manual de operaciones que cumpla con el estándar que proporciona el Ministerio, también debe incluir un estudio de la seguridad de cada operación a realizar por los drones. Esto quiere decir que si una persona tiene en mente volar un dispositivo manteniéndose al margen de la ley ya sea usando un dron entre los pesos establecidos la sanción podrá ir desde 3000 a 60000 euros.

El espacio aéreo pertenece a la AESA, por lo que para realizar algún tipo de actividad civil o comercial se deberá tener un permiso oficial con cinco días de anterioridad al realizar la operación. Este nuevo decreto aún mantiene prohibido volar sobre sitios urbanos y espacios donde existe mucha población.

Cada empresa deberá operar de manera legal por lo que tienen que disponer de un carnet de piloto de drones oficial, cabe recalcar que si un piloto de avión ya sea ultraligero o algún otro en particular cuenta con el título no será necesario que obtengan el carnet, si no es así deben realizar pruebas oficiales para obtenerlo. Actualmente no se poseen muchas academias oficiales que estén regularizadas por el gobierno español y no muchas imparten los cursos

oficiales por lo que es obligatorio demostrar de manera teórica y tener algún documento que avale al piloto para manejar el dron. Para más información puede revisarse el anexo 3.

Si se hace una comparación con la normativa que rige al Ecuador en cuanto al uso de drones se puede notar que el punto más relevante en España es la necesidad de portar un carnet de piloto para que así el usuario pueda hacer uso de la aeronave sin problemas, claro está que debe igual respetar las demás normas como no sobrepasar el espacio aéreo permitido o la altura máxima a la cual puede llegar su dron, en cambio en Ecuador lo que existe es una solicitud de autorización para poder utilizarlo si es que la finalidad es no recreativa. También las multas son otro punto a destacar puesto que en Ecuador para el usuario promedio sería un costo bastante alto a pagar si es que comete alguna infracción que vaya en contra del reglamento pero que comparado a lo que rige en España saldría como un ojo de la cara por los elevados valores que imponen allá. Se puede decir que existen más limitantes en el país de España que en Ecuador por lo que se recomienda leer primero y con detenimiento cada normativa (dependiendo el país en que se encuentre) para evitar algún inconveniente con la ley.

3. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS/MECÁNICOS

Entre los componentes que conforman un multicopter se podrá notar que cada uno cumple una tarea específica, por lo que algunos le darán estabilidad, otros ayudarán en la seguridad y también se tienen los que ofrecerán una mayor utilidad para el equipo. Se detallan a continuación:

3.1. Motores



Figura 22. Motores y Hélices

Son los componentes esenciales para que un multicoptero permanezca en el aire. Entre los más habituales se encuentran los de tipo eléctrico: Brushless (es decir que no utilizan escobillas para efectuar el cambio en la polaridad del rotor). Existen algunos motores que son más destacables por su relación potencia/peso, aunque se debe señalar que esto puede llegar a no ser tan importante porque todo dependerá de la necesidad del usuario final.

Existe lo denominado KV (que no debe ser confundido con kV que significa kilovoltio) que se refiere a la constante de revoluciones que tiene un motor, en otras palabras, es el número de revoluciones por minuto (rpm) que puede ofrecer cuando se aplique voltaje. Mediante una fórmula que se muestra a continuación puede calcularse cuántas revoluciones por minuto generará un motor (el voltaje usado para la multiplicación depende de la batería):

$$rpm = KV \times V \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Las rpm pueden disminuir por la resistencia del aire. Los motores vienen con una numeración (4 dígitos) lo cual indicará el tamaño del mismo, siendo los primeros dos números lo que sería el ancho y los números restantes (dos) indicarían el alto del motor en cuestión. Cabe recalcar que las cifras corresponderán a los milímetros. Mientras más alto sea implicará más revoluciones por minuto (rpm). Por otra parte, si es más ancho quiere decir que

producirá un torque mayor y menos rpm. El tamaño también influye en el peso por lo que usar motores muy pesados causará problemas al intentar cambiar la velocidad angular del dron, lo que quiere decir que se vuelve más lento.

3.2. Hélices



Figura 23. Hélices

Pueden venir fabricadas en variedad de materiales y tamaños, entre los que destacan la fibra de carbono o el nylon, entre otros. Son las que estarán a cargo de proporcionar el empuje necesario por cada par de motores que se encontrarán girando cada uno en sentido contrario. Cada una de estas hélices viene registrada con una numeración compuesta por dos cifras, algo así como 40/20 en donde el primer valor representará su longitud mientras que el segundo valor representa al pitch (paso de hélice). Cuando mayor sea la longitud de la hélice, mayor será su empuje y por ende mayor será el consumo de corriente, por lo cual y como recomendación se debe utilizar unas que vengán acordes al modelo de motor escogido.

3.3. ESC

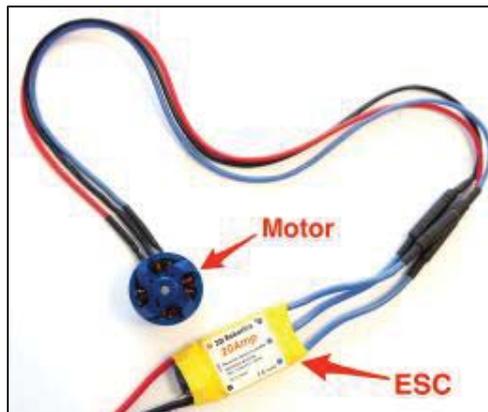


Figura 24. ESC

Electronic Speed Control por sus siglas en inglés o traducido al español como Control de Velocidad Electrónica (CVE), también es conocido como regulador de velocidad y tal como lo indica su nombre es el componente que regula la potencia eléctrica para que el motor pueda dar sus giros con eficiencia. Es posible controlar las rotaciones que realice por lo que someterlo a altas velocidades generará la sustentación para que se eleve en el aire y pueda mantenerse ahí. Convierte la señal PWM (por sus siglas en inglés Pulse-Width Modulation o mejor conocida como MAP o Modulación por Ancho de Pulsos) del controlador de vuelo accionando el motor proporcionándole el nivel apropiado de energía eléctrica. En otras palabras, es el encargado de suministrar electrónicamente y en un momento determinado las revoluciones que son necesarias para cada hélice o motor de una forma individual para que de esta manera puedan realizar distintos movimientos como los de rotación, elevación, traslación, acrobacias, entre otros.

Existen dos puntos clave al momento de elegir un ESC para los motores y estos son:

1. Amperaje (intensidad eléctrica) soportado.
2. Consumo de los motores (depende cuál sea el caso) en su potencia máxima.

Para el primer punto los variadores cuentan con una indicación de cuánto amperaje soportan. Esto indicará cuánta intensidad de corriente eléctrica soportarán los componentes electrónicos. Se trata básicamente de no formar cuellos de botella en referencia al paso de corriente lo que quiere decir que si se usa un variador que soporta poco amperaje con un motor que consume más amperios de lo que soporta el variador se crearía un cuello de botella que en la parte electrónica se traduce como exceso de calor dando como resultado que se queme el variador y sea inservible después.

Para el segundo punto los motores al alcanzar su máxima aceleración generarán una potencia eléctrica que será absorbida por el elemento en cuestión (en este caso el motor). La mayor parte de fabricantes de motores incluyen datos relevantes sobre las características técnicas (véase la siguiente tabla).

Tabla 4. *Ficha técnica de un motor brushless*

Voltaje	Sin carga		Con carga				Tipo de carga			
	Corriente	Velocidad	Corriente	Empuje	Energía (Potencia)	Porcentaje de eficiencia	Batería/Propulsor			
V	A	rpm	A	g	W	%				
11.1	0.9	25530	2.1	100	23.3	4.3	LiPo×3/4045			
			4.3	200	47.7	4.2				
			5.9	290	65.5	4.4				
			11.1	0.9	25530	2.4	150	26.6	5.6	LiPo×3/5045
						5.3	300	58.8	5.1	
						10.1	470	112.1	4.2	LiPo×3/6045
						3.3	200	36.6	5.5	
						8.4	400	93.2	4.3	
						17.2	680	190.9	3.6	
14.8	1.0	34040	1.8	100	26.6	3.8	LiPo×3/4045			
			3.7	200	54.8	3.7				
			5.5	310	81.4	3.8				
			14.8	1.0	34040	2.9	200	42.9	4.7	LiPo×3/5045
						7.4	400	109.5	3.7	
						16.8	740	248.6	3.0	LiPo×3/6045
						4.8	300	71.0	4.2	
						11.8	600	174.6	3.4	
									24.1	980

3.4. BEC

Por sus siglas en inglés Battery Elimination Circuit, a lo que en español sería Circuito de Eliminación de Baterías (CEB), es solo un nombre elegante para este regulador de voltajes, siendo su función principal la de reducir el voltaje principal del paquete de baterías LiPo a un voltaje más bajo. Por lo general viene integrado en los sistemas ESC, por lo que tal como lo indica su nombre elimina esa necesidad de tener de poseer una batería extra para alimentar los dispositivos electrónicos de 5V. La mayoría de los BEC incorporados en ESC son del tipo lineal. Se pueden clasificar en dos tipos siendo lineal y de conmutación que básicamente son los dos tipos existentes de reguladores de voltaje. Se explicarán a continuación:

❖ LBEC

La primera letra es por Linear, lo que hace este tipo de BEC es reducir el exceso de voltaje de las LiPo principales para que se normalicen en 5V, aunque puede no ser la forma más eficiente de convertir el voltaje. A medida que el voltaje o el consumo de corriente aumenta en la entrada la energía se desperdicia y se convierte en calor. Por esta razón es que este tipo de regulador no es el ideal para una diferencia tan alta en voltaje de entrada/salida o alguna aplicación que implique mucha corriente. Este tipo de BEC al sobrecalentarse entrará de inmediato en un apagado térmico lo que causará que pierda energía el receptor de radio al igual que el controlador de vuelo y después proceda a bloquearse. Cuando se tiene un paquete de baterías bastante bajo la potencia que se desperdicia es relativamente baja porque no existe mucha diferencia de voltaje, por esta razón es mejor la eficiencia.

❖ SBEC

Se refiere a los Switching BEC, se encargan de reducir el voltaje en la salida desconectando y conectando el suministro de energía miles de veces por segundo. No tienen tanto sobrecalentamiento como los Linear BEC y a modo general manejan de mejor manera los altos voltajes de entrada y si es una corriente alta lo hacen mejor. Su eficacia es bastante uniforme dentro de un alto rango de voltajes de entrada/salida, encontrándose alrededor del 85%. La gran desventaja de los reguladores de conmutación es el ruido producido por la regulación del voltaje, por esta razón no son usados junto a los ESC. Existen personas que colocan un filtro LC en la salida con el fin de evitar la disipación de la energía.

❖ UBEC

Significa Universal BEC o en muchos casos se los reconoce como Ultimate BEC, son usados cuando el ESC no posee un BEC incorporado o si se requiere de un sistema de alimentación que sea independiente. Generalmente, son muy

confiables, bastante eficientes y proporcionan de mejor manera la energía comparado con el BEC normal que tiende a sobrecalentarse con un diferencial de voltaje en entrada/salida o por una gran carga. La razón de todo esto se debe a la forma en que el voltaje es regulado, por lo que los UBEC son del tipo conmutación mientras que la mayoría de BEC son del tipo lineal. Al igual que un ESC se encuentra conectado a la batería principal del multicoptero.

3.5. FPV



Figura 25. Vista en primera persona

Por sus siglas en inglés First Person View o en español Vista en Primera Persona (VPP)²⁷ es un sistema para recepción y transmisión en tiempo real de los videos que son capturados, gracias a esto el piloto en tierra puede observar todo el panorama que el multicoptero ofrece desde el cielo. Es de gran utilidad cuando se tiene pensado realizar vuelos de gran altitud de manera segura, así se podrá capturar los mejores momentos, se logra cuando se conecta una cámara a un transmisor de video que está montado en el multicoptero y el receptor que cuenta con una pantalla pequeña la tendrá el usuario para que pueda observar todo mientras usa el control remoto. Esta es una de las características más comentadas al momento de elegir un dron por lo que se debería poner bastante atención a este apartado.

3.6. Controlador de vuelo

²⁷ VPP (Vista en Primera Persona)



Figura 26. Controlador de vuelo

Este componente también conocido como receptor de radio es el cerebro de la máquina siendo la parte más importante del multicopter. Todos los componentes estarán conectados a éste y su función principal se verá enfocada a encargarse de controlar y verificar todo lo que pasa en el dispositivo. Existen algunos tipos de controladores, unos ofrecerán más opciones de configuración, pero puede que complique la manera en que se lo pueda configurar mientras que otros son más básicos en cuanto a opciones, pero su configuración es más fácil. A continuación, se habla de un tipo:

❖ Naze32 FULL y ACRO

Viene en dos versiones por lo que su principal diferencia es que la versión full cuenta con barómetro y compás. Estas características adicionales facilitan sensiblemente el vuelo de la aeronave, aunque no son del todo indispensables. Se recomienda usar la versión Acro para drones de carreras ya que se simplifica la configuración así la ausencia del compás no será notoria cuando se pilotee el dron.

3.7. Radio transmisor/receptor



Figura 27. Radio transmisor y receptor

Es conocida también como Emisora RC y será el control remoto de la aeronave, el cual se encargará de establecer la comunicación entre el dron y el piloto de manera bidireccional. El multicopter brindará información sobre su posición o estado de batería que será relevante para el piloto mientras que él dará instrucciones de vuelo al mismo. Al recibir la señal de radio que es enviada por el radio control, éste interpretará toda maniobra impuesta por el operador y realizará la adecuada transformación en formato de onda radial. Dicha señal será receptada por el radio receptor del multicopter para luego ser transformada en información que se enviará al controlador de vuelo para que éste efectúe la instrucción. Si se tratase de una instrucción para un movimiento se debe realizar ciertos cambios en la velocidad de los motores.

Se cuentan con varios tipos de comunicación de forma inalámbrica como lo es por ondas de radio FM y AM en la banda de 2,4 GHz. Esta frecuencia es utilizada con mayor frecuencia para fines de aeromodelismo porque aquí se acaban los problemas que se tienen con las interferencias. Por otro lado, se cuenta con comunicación del tipo Wifi o también por Bluetooth, las cuales son usadas por aquellos drones con la capacidad de ser manejados mediante un smartphone o tablet.

Cada canal gestionará una función específica al multicopter usando servos electrónicos por lo que pueden existir canales de diferentes tipos como: los de elevación, potencia, entre otros.

Se tienen modelos de emisoras de radio control con pantalla incorporada y aquí se mostrará varios datos informativos que serán de suma importancia para el piloto, entre los que se puede mencionar: el consumo de la batería, la calidad y el estado de la señal, coordenadas de la posición de la aeronave, el FPV, entre otros.

3.8. Batería

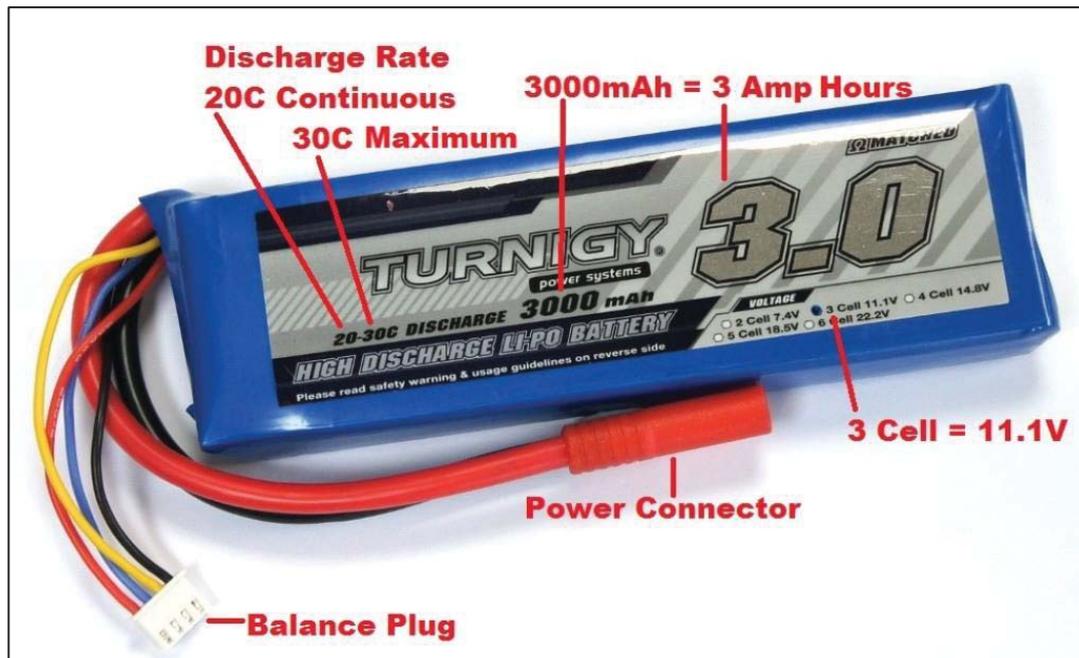


Figura 28. Batería LiPo Turnigy
Tomada de (Damien, 2015)

Se le puede catalogar como un componente muy importante porque es el que ayudará a que el dispositivo realice todas las misiones propuestas desde el principio. Brindará la energía requerida para que se pueda desempeñar de manera eficiente, pero el peso que tienen es considerable por ende la relación peso – capacidad debe ser muy buena para que la autonomía durante el vuelo sea mayor. Las más usadas en la actualidad son las de Polímero de Litio (Li-Po) pues cuentan con una mayor densidad de energía, la tasa de descarga ayuda a efectuar maniobras de mejor manera y lo mejor es que no son muy pesadas.

Las baterías LiPo son fabricadas por celdas por lo que se puede encontrar diferentes tipos con la letra S (por lo que son conectadas en serie). El voltaje nominal de cada celda ronda los 3.7 voltios. Puede tenerse una mejor idea con la siguiente tabla:

Tabla 5. *Número de celdas y sus voltajes*

	Número de celdas	Voltaje
1S	1	3.7
2S	2	7.4
3S	3	11.1
4S	4	14.8
5S	5	18.5
6S	6	22.2

El voltaje puede afectar de manera directa a las rpm del motor por lo que a mayor voltaje quiere decir que el motor puede girar más rápido. Cada celda se encuentra diseñada para trabajar en un rango de voltaje (3V a 4.2V). Realizar una descarga de una celda por debajo de los 3V puede generar daños irreparables para la batería mientras que sobrecargarla (más de 4.2V) puede causar una explosión debido a los materiales que la componen. Lo recomendable es descargar cuando la batería haya alcanzado los 3.5V para así poder mantener la vida útil de la misma.

❖ **Tasa de descarga**

Dependiendo la capacidad de la batería se puede conocer el tiempo de duración hasta su descarga, es decir que si se tiene una batería de unos 5000 mAh (miliamperios-hora) y un dispositivo que consume unos 2000 mA el tiempo será de 2,5 horas. Para esto se puede usar la siguiente fórmula:

$$\text{tiempo de descarga} = \frac{\text{carga eléctrica de la batería}}{\text{consumo eléctrico del dispositivo}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Si se desea tener más tiempo de vuelo se opta por aumentar la capacidad de la batería, pero esto indicará aumento en el tamaño y peso (no solo de la misma sino también del multicopter). Aunque muchos usuarios creen que mientras más grande sea la batería se ganará en autonomía, esto no es del todo cierto pues entre aumenta el tamaño el tiempo de vuelo disminuye, tal como se muestra en la figura 30. Lo recomendable es que la relación capacidad/peso sea la adecuada.

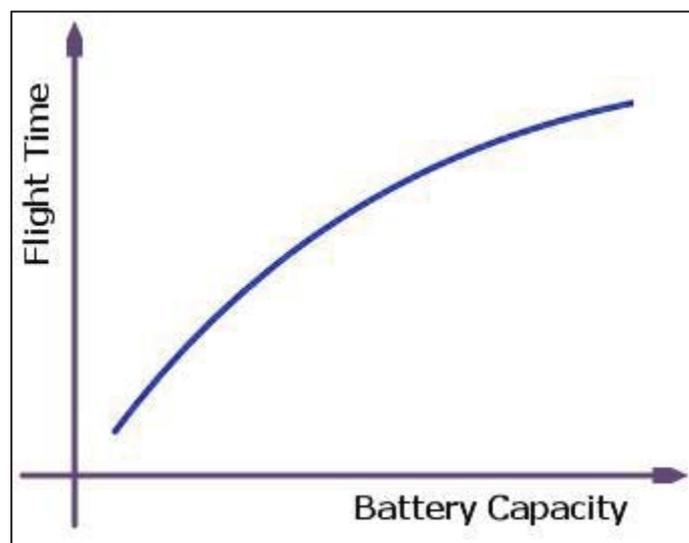


Figura 29. Relación Capacidad/Tiempo de vuelo

Tomada de (Liang, 2013)

Existen baterías que marcan unos números (pueden ser dos separados por un guión) acompañados de la letra C, lo que quiere decir que el primer valor se refiere a la descarga continua y el segundo se refiere a la descarga máxima (para un ejemplo gráfico ver la figura 29). Si se tiene una tasa de descarga baja, el tiempo que se tomará para liberar la corriente subirá por lo que los motores deben esperar esta acción. Se puede causar daño a la batería si es excedida la corriente de descarga máxima.

❖ Corriente máxima

Esto se puede calcular mediante la tasa de descarga por la capacidad que tenga la batería, ver la siguiente fórmula:

$$\text{Corriente máxima} = \text{Capacidad de la batería} \times \text{valores de descarga}(C) \quad (\text{Ecuación 3})$$

A modo de ejemplo, si se tiene una batería LiPo 4S de 3000 mAh a 20C, la corriente máxima será de 60000 mA o 60A.

3.9. Marcos



Figura 30. Marcos

También es conocido como chasis o frames, conforma la estructura que le dará forma al multicopter o mejor conocido como el esqueleto del mismo, aquí se montan y aseguran todos los componentes anteriormente mencionados. Existen variedad de diseños, así como de materiales, aunque los que son usados para su construcción dependerán de la aplicación a la que vaya a estar destinado el multicopter en este caso pueden ser de fibra de carbono, aluminio, fibra de vidrio, kevlar, entre otros. Cabe mencionar que cualquiera sea el material a utilizar para el cuerpo de la aeronave puede variar en cuanto a precio se refiere, también se debe tener claro de que influirá en el peso final.

3.10. Brújula y GPS



Figura 31. Brújula y GPS.

Se encuentran conectados directamente con el controlador de vuelo y la función que realizan es la de conocer factores tales como ubicación, altitud exacta y la velocidad a la que opera el multicoptero. Todo esto dependerá mucho del programa que se cargue en el controlador para que así pueda ser controlada la manera en que se comporta el dispositivo, puede ser volando hacia un punto en específico o permaneciendo de modo estático en un solo punto.

3.11. Estabilizador de cámara



Figura 32. Estabilizador para cámara

Los multicopters poseen una estructura en la cual se puede colocar una cámara para realizar tomas durante el vuelo y así disfrutar de mejor manera la experiencia. Existen drones que pueden tener incorporada una cámara, en muchos de los casos son pequeñas del tamaño de una GoPro por lo que se evita el problema de comprar una aparte a menos que el usuario tenga un propósito mejor para la aeronave. Dependerá básicamente el tamaño para que

la cámara a acoplarse sea desde una liviana hasta una pesada tipo profesional. Por lo general las cámaras serán instaladas en el estabilizador mejor conocido como Gimbal, el cual permitirá como su nombre lo indica tener una correcta estabilización para que no se afecten las capturas que se hagan por los movimientos propios del multicopter al volar. Este estabilizador absorberá la vibración impuesta por los motores y corregirán de inmediato la inclinación de la cámara para que esté todo el tiempo en el ángulo inicial referente al suelo. Existen ciertos gimbal que pueden ser conectados al controlador de vuelo y ser manejados mediante control remoto a distancia para que así el usuario que se encuentra en tierra pueda realizar un cambio en el ángulo de inclinación de la cámara.

3.12. PDB

Por sus siglas en inglés Power Distribution Board o en español Tablero de Distribución de Energía (TBE), muchas veces llamada PCB (Printed Circuit Board) o Placa de Circuito Impreso (PCI) es aquella característica que evitará que se tengan los molestos cableados en un dron. Puede variar en cuanto al formato como tamaño y esto dependerá de la necesidad del usuario. Son placas que no solo son usadas para esta tecnología, sino que se las utilizan generalmente en electrónica.

Sin embargo, dentro de este mundo existen distintos modelos que estarán disponibles en el mercado y es que al parecer cada día pueden aparecer nuevos fabricantes que han solventado esa necesidad que todo usuario tiene de poder ahorrarse el cableado dentro de un multicopter. Suelen ser placas con un tamaño pequeño siendo el más común de unos 35mm y la finalidad es evitar esas malas conexiones que pueden ser posibles entre los diferentes elementos que se tienen en la electrónica.

Se tienen las siguientes clasificaciones:

❖ PDB



Figura 33. PDB básica
Tomada de (DDC, 2016)

Es una de las placas de distribución más básicas que fácilmente se encuentran en el mercado, aparte de tener un bajo costo ayuda a repartir la corriente que es entregada por la batería. No posee ningún regulador ni mucho menos un tipo de filtro de señal.

❖ PDB con BEC



Figura 34. PDB con BEC incluido
Tomada de (DDC, 2016)

Son placas que vienen integradas con un BEC el cual regula las salidas de 5 y 12 voltios, todo esto sirve para que se alimenten el FPV y la controladora.

❖ **PDB con doble salida BEC**



Figura 35. PDB con doble salida BEC

Tomada de (FpvMax, 2016)

Soporta hasta 26 voltios por lo que incorporan dos BECs con capacidades de 5V y 12V, también resisten un alto amperaje. Como dato adicional contienen unos leds que indican el voltaje.

❖ **PDB con BEC y XT60**

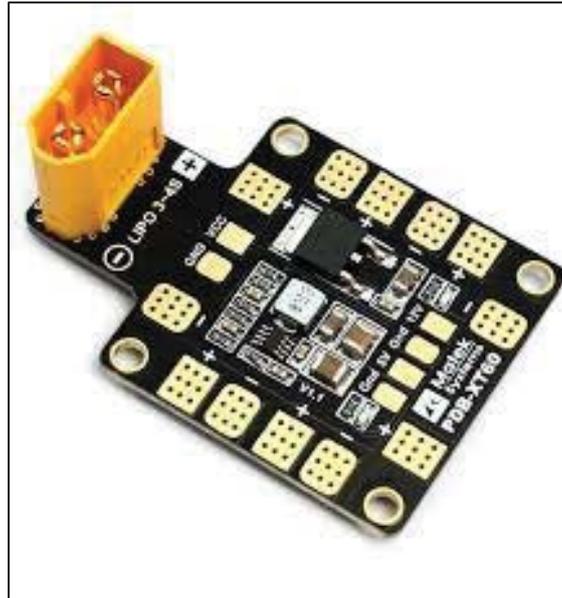


Figura 36. PDB con BEC y XT60

Tomada de (FpvMax, 2016)

Tiene un par de BECs que cuentan con salidas de 12V y 5V. También cuenta con un conector XT60 incluido en la PDB. Dependerá mucho del chasis, aunque son más usados en multicopters pequeños.

❖ PDB con BEC y filtro LC

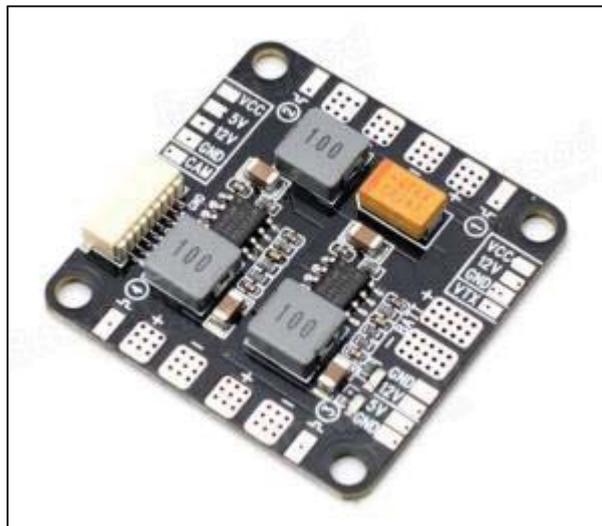


Figura 37. PDB con BEC y filtro LC

Tomada de (FpvMax, 2016)

Es la PDB más moderna que se tiene en el mercado. Contiene los BECs pero también posee un filtro especial que mejora la señal del video. Tiene incorporado un filtro LC que ayudará en la estabilización de la corriente que se suministra al FPV para de esta manera prevenir cualquier ruido de las imágenes.

3.13. Telemetría



Figura 38. Módulo de telemetría

También conocido como módulo de telemetría, es aquel componente que logra generar comunicación entre el dron y el CGS usando el protocolo llamado MAVLink. Gracias a este apartado se podrá visualizar en tiempo real información sobre posición, velocidad a la que se encuentra el dispositivo; incluso se podrá cambiar la misión preestablecida que tenga el multicopter. Agregar esta característica será de bastante utilidad ya que facilita el envío y recepción de los datos entre la estación terrestre y el multicopter, a pesar de que no es obligatorio.

Muchos aparatos a radio control (RC) y ciertos UAV (básicos) suelen operar en el siguiente rango de frecuencia:

1. 72 MHz (RC más viejos y análogos)

2. 35 MHz (RC más viejos y análogos)
3. 433 MHz (RC y telemetría)
4. 900-915 MHz (video y telemetría)
5. 1.3 GHz (video)
6. 2.4 GHz (RC digitales, video y telemetría)
7. 5.8 GHz (video)

Si se piensa tener transmisores y receptores en la misma frecuencia es mala idea hacerlo por lo que se recomienda que se elija adecuadamente el equipo a utilizar.

3.14. CGS

Por sus siglas en inglés se conoce como Control Ground Station, y es el que permite la configuración y calibración de los sensores, así como del emisor del dispositivo, algo muy importante antes de emprender un vuelo. Por otro lado, hace más fácil la creación de una misión para el multicopter; en otras palabras, la ruta que puede seguir e incluso determinar la carga a soportar del mismo para poder efectuarla. Tal como se indicó en el módulo de telemetría se podrá obtener datos sobre nivel de batería, altitud, velocidad, y permitirá tener un control sobre esto. El CGS puede ser utilizado tanto en un smartphone como un ordenador, claro si se tiene el software adecuado para ello. Existen programas que brindan las funcionalidades de CGS y son para ordenador, estos pueden ser Mission Planner o APM Planner, aunque este último trabaja solo en Mac y Linux.

4. GUÍA PRÁCTICA Y EJEMPLO DE APLICACIÓN

No existe un modelo preciso para escoger un multicopter, muchos autores difieren en sus diseños por lo que la creación de esta guía está basada en las exigencias de un usuario promedio, por lo cual se trata de cubrir todas las inquietudes que se creen importantes. El modelo propuesto es el siguiente:



Figura 39. Modelo para selección de un multicoptero

Cabe recalcar que si se siguió una norma ISO como lo es la 9001:2015, la cual está basada en un Sistema de Gestión de Calidad (SGC²⁸). La ISO 9001 es una norma internacional propuesta por la ISO²⁹ (Organización Internacional de Normalización) que consiste en tomar las actividades de una organización, sin importar el sector o la actividad que desarrollen. Su principal foco está concentrado en satisfacer al cliente por ende debe contar con la capacidad de poder proveer los productos y servicios que cumplan con las exigencias externas e internas que tenga la organización. Como dato adicional se puede decir que es una de las normas más utilizadas alrededor del mundo.

La norma ISO 9001:2015 es una actualización realizada el 23 de septiembre de 2015 que pasó bajo una minuciosa revisión de lo que fue la antigua ISO 9001:2008. Básicamente se enfoca en todos los elementos con los que una empresa tiene que poseer para así obtener un sistema que sea efectivo y que le permita mejorar y administrar la calidad de sus servicios o productos. Al ser una norma internacional cuenta con una estructura de alto nivel que incluye:

²⁸ SGC (Sistema de Gestión de Calidad)

²⁹ ISO (*International Organization for Standardization*)

1. Alcance
2. Referencias Normativas
3. Términos y Definiciones
4. Contexto de la Organización
5. Liderazgo
6. Planificación
7. Soporte
8. Operación
9. Evaluación del Desempeño
10. Mejora

Esto logrará que toda organización que opte por implementar distintas normas ISO lo hagan, pero bajo un mismo sistema que sea coherente. El objetivo principal de esta ISO es ofrecer soluciones que cumplan con todas las exigencias tanto comerciales como sociales y que pueda satisfacer a los clientes y usuarios. La siguiente figura muestra un esquema de cualquier proceso y cómo interactúan sus elementos (los puntos de control para el seguimiento y medición, los cuales son ideales para el control, son específicos de cada proceso por lo que pueden variar depende el riesgo al que se lo relacione).

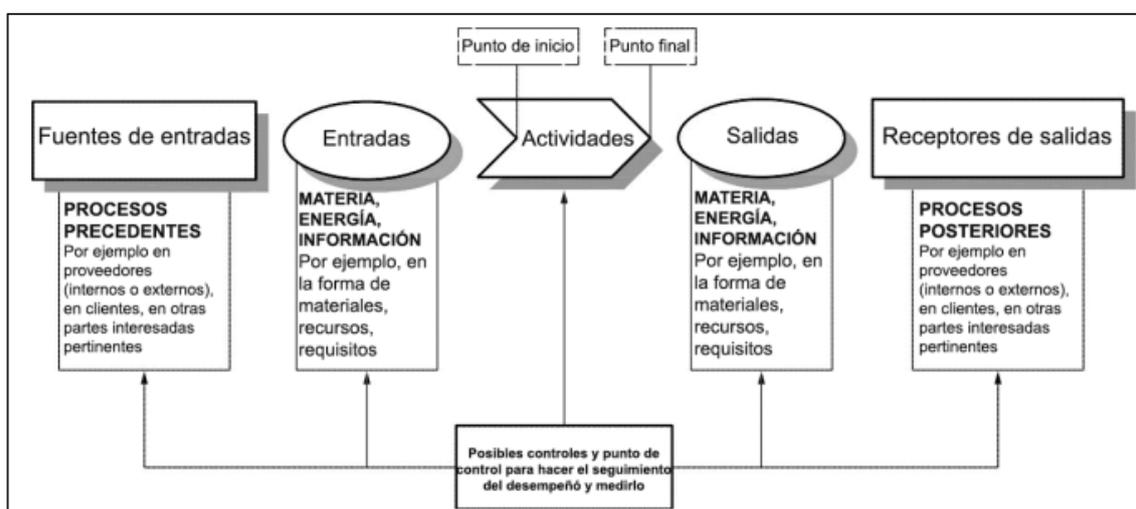


Figura 40. Esquema de los elementos implícitos en un proceso

Para una mayor información y detalle de esta normativa puede revisarse el anexo 4 que se encuentra adjunto al final.

De acuerdo al modelo propuesto existen detalles importantes que se deben señalar, incluso especificar por ende y para una mejor comprensión se los pondrá en la siguiente tabla de resumen que sigue la secuencia mostrada en la figura 39:

Tabla 6. Detalle de los pasos para escoger un multicopter

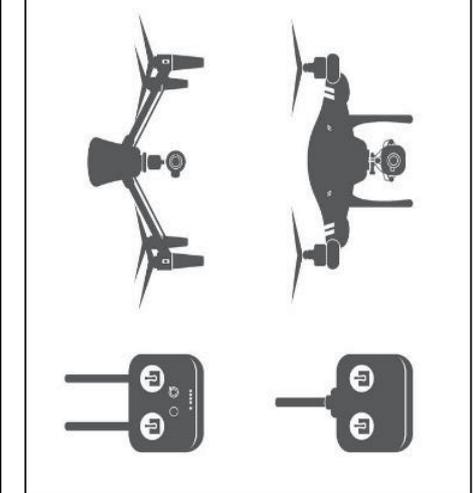
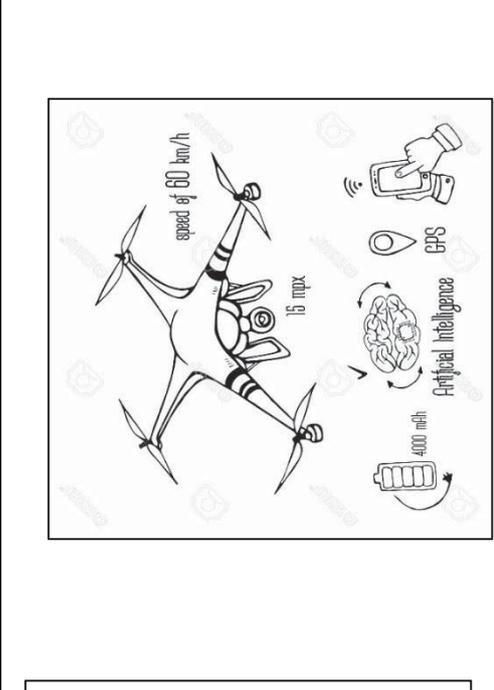
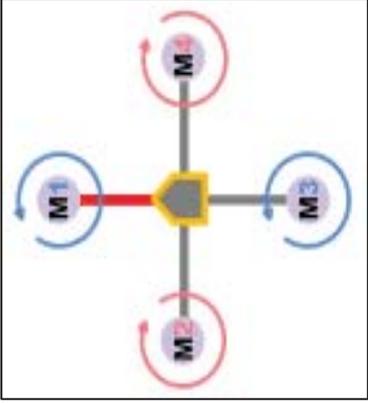
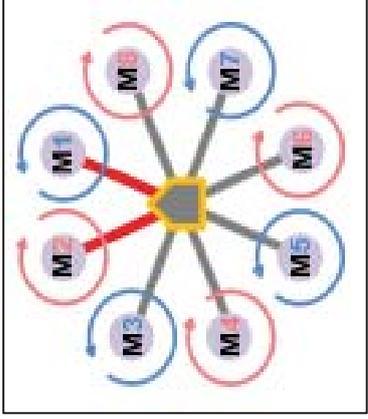
Pasos	Detalles	Gráficos de referencia	
<p>1 Elegir aplicación</p>	<p>En este paso se debe conocer la finalidad que tendrá el multicopter. La aplicación elegida será el puente para poder dar el siguiente paso.</p>		
<p>2 Escoger sistemas de comunicación y monitoreo</p>	<p>Se debe seleccionar un sistema de GPS (si lo amerita). El módulo de telemetría (si se lo incorpora) ayudará a la transmisión de datos entre la estación terrestre y el multicopter. Para el manejo se puede usar un control con mandos o en algunos casos un celular (tablet también).</p>		

Figura 42. Búsqueda y rescate

Figura 41. Servicio de paquetería

Figura 44. Componentes de un multicopter

Figura 43. Variantes de controles para multicopters

<p>3</p> <p>Seleccionar el tipo de multicopter</p>	<p>Las opciones varían de acuerdo al número de motores por eso se tiene: tricopter, quadcopter, hexacopter y octocopter. Cada uno de los mencionados cuenta con ciertas ventajas y desventajas (revisar el capítulo 1).</p>	 <p>Figura 45. Estructura de un quadcopter</p>	 <p>Figura 46. Estructura de un octocopter</p>
<p>4</p> <p>Estimar el peso</p>	<p>Se necesita realizar una estimación del peso total del multicopter seleccionado (incluyendo materiales previamente seleccionados).</p>	 <p>Figura 47. Miniquadcopter</p>	 <p>Figura 48. Quadcopter ensamblado con distintas piezas</p>

<p>5 Escoger un frame</p>	<p>Existen variedad de marcos, así como de materiales con los que son fabricados. Por motivo de transporte se recomienda elegir los de fibra de carbono.</p>	 <p><i>Figura 49. Marco para tricopter</i></p>	 <p><i>Figura 50. Marco para hexacopter</i></p>
<p>6 Selección de motores</p>	<p>Se debe elegir un buen motor que cumpla las necesidades de la aplicación.</p>	 <p><i>Figura 51. Motor de 920 KV</i></p>	

7
Selección de
hélices

Se recomienda elegir las hélices que recomienda el fabricante del motor para evitar problemas más adelante.



Figura 52. Hélices de tres palas para multicopter

El controlador de vuelo es el que realizará todas las tareas de vuelo y adicionales (aunque se requiere de configuración). Una PDB puede evitar el molesto exceso de cableado.

8

Elegir el controlador de vuelo

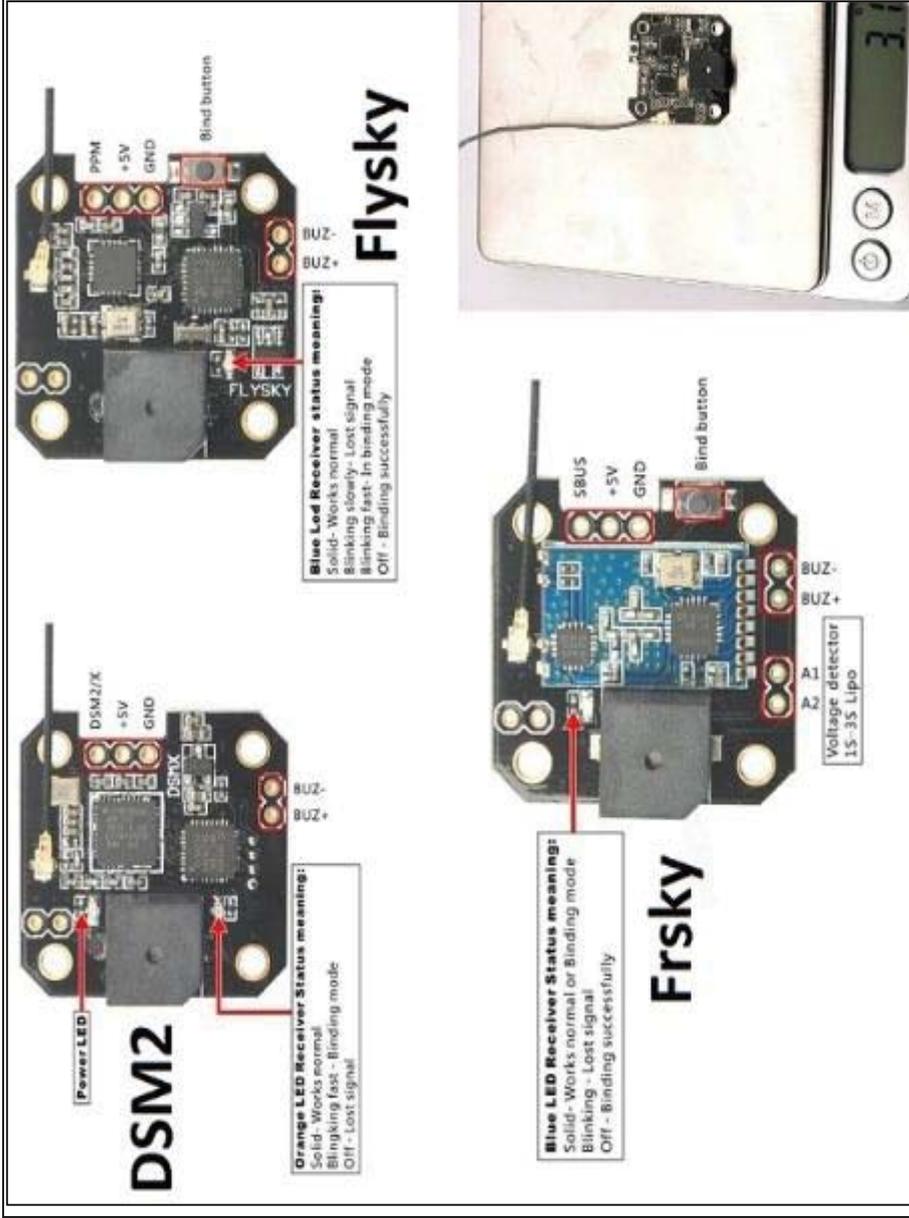


Figura 53. Controladora de vuelo Flysky

<p>9 Seleccionar un ESC</p>	<p>Para seleccionar un ESC se debe tener en cuenta que trabaje con la batería escogida y que la frecuencia de refresco sea igual a la del controlador.</p>	 <p>ESC size i.e. the amount of amps provided to your motor</p> <p>Extra info such as BEC and what battery the ESC can support</p>
--	--	--

Figura 54. ESC BLHeli

<p>10 Escoger una batería</p>	<p>Para la batería se debe tener en cuenta el número de celdas por lo que el voltaje que dará dependerá de esto, además que alimentará a todos los elementos implicados en el diseño.</p>	 <p><i>Figura 55. Baterías para multicopters</i></p>
<p>11 Comprobar todo el diseño</p>	<p>Se debe realizar una comprobación final del diseño con todos los materiales escogidos para no tener problemas en desempeño y funcionamiento. Se debe cubrir el peso que se estimó en un principio.</p>	 <p><i>Figura 56. Multicopter armado con todos sus accesorios para su funcionamiento</i></p>

Se agrega igual un manual que explicará con más detalle y a profundidad cada paso para poder seleccionar un multicopter.

❖ **Guía paso a paso para selección:**

1. Conocer el uso que se le va a dar al multicopter. Aquí se debe tener una idea clara de cuál será la finalidad que tendrá el dron, por lo que dependiendo de la aplicación que se tenga en mente se podrá seleccionar adecuadamente el que sería ideal para el trabajo sin tener problemas en un futuro cercano. Otros factores que se detallarán a continuación pueden ser clave para la selección, entre los que tenemos:
 - a. El precio, será un factor que se debe tomar en cuenta debido a que dependiendo la aplicación este puede cambiar, pero también se conoce que existen varios modelos de multicopters (dependiendo la gama el precio puede variar) por lo que de encontrar el más conveniente para la aplicación que se tenga en mente se podrá tener variedades en cuanto al tamaño (que puede verse alterado de acuerdo al tipo). Por esto es importante conocer todos esos detalles ya que de invertir en un dron que no se desea puede ser perjudicial para la economía del individuo, incluso se recomienda el extremo cuidado por lo que existen modelos que son más delicados que otros y de existir algún daño la reparación o cambio de piezas implicaría un costo mayor al inicial.
 - b. Otro punto clave es la autonomía o duración de la batería, aquí se debe preguntar cuanto será el tiempo de uso que se le dará al dispositivo por lo que se deberá encontrar una batería adecuada para ese fin, tarea que puede ser tediosa y un poco molesta, pero que ayudará a que se prolongue el tiempo que dedicaremos a utilizarlo.

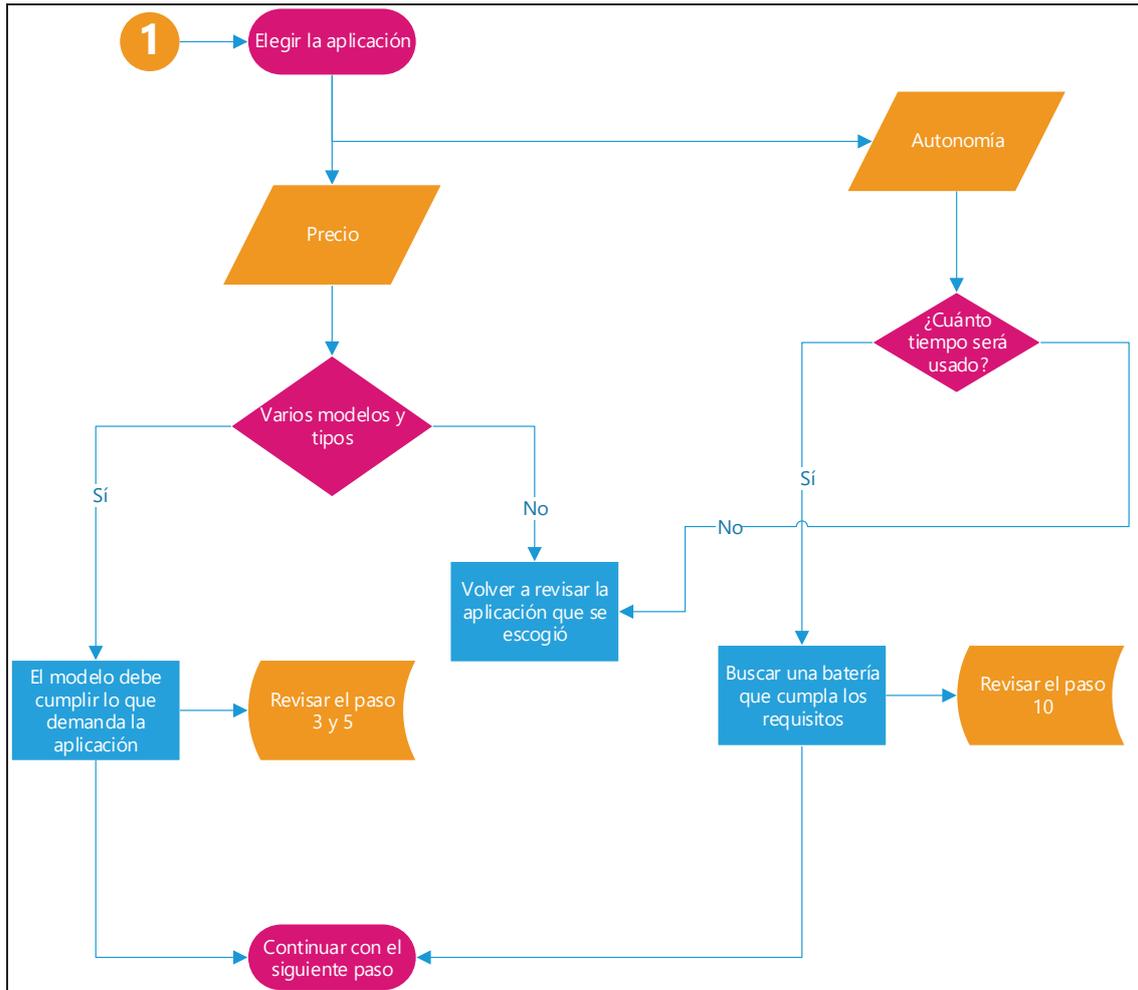


Figura 57. Diagrama de flujo Paso 1

2. Selección del sistema de posicionamiento, monitoreo, comunicaciones, y telemetría. Seleccionar un buen GPS debe ser importante si se quiere tener una buena referencia de la posición del multicoptero, aunque no es tan demandante este requisito ya que al final puede eso ser influyente por la aplicación elegida. La comunicación es otro punto destacable pues se deberá elegir un buen sistema de transmisión y recepción que servirá para poder tener un control adecuado de las acciones del multicoptero y que realice todas las tareas que se le impongan. El módulo de telemetría no es un factor tan importante, aunque si la aplicación requiere que se envíe y reciba datos entre la aeronave y la estación terrestre pues se deberá elegir uno que cumpla dicha necesidad. El sistema de

estabilización podrá influir si se tomó como aplicación una que incluya toma de fotografías o vídeo.

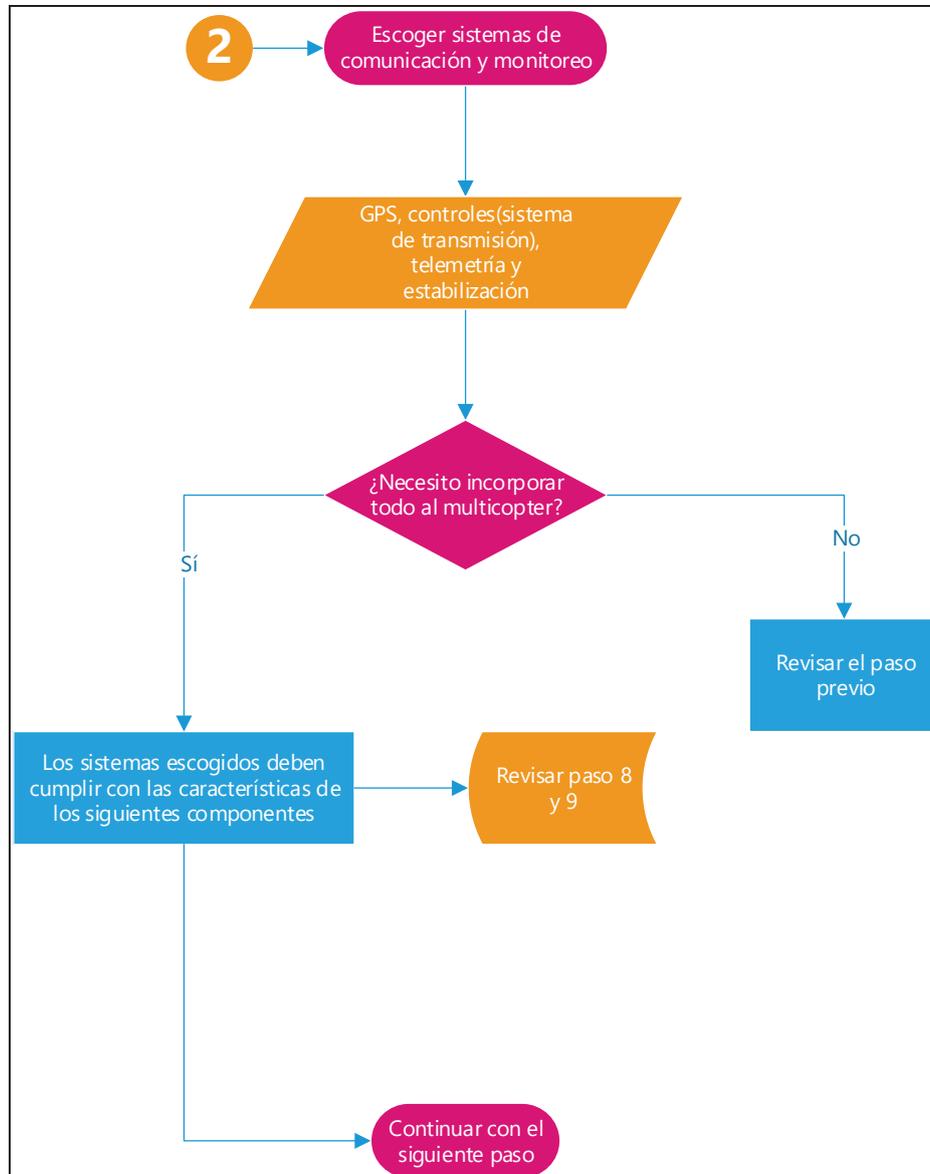


Figura 58. Diagrama de flujo Paso 2

3. El tipo de multicopter se lo podrá elegir de acuerdo a la aplicación que se la va a dar, el precio, la autonomía, los sistemas de posicionamiento, es decir aquí se podrá elegir alguno de acuerdo al número de rotores (sea un tri, quad, hexa u octo). A pesar de que en la mayoría de los casos un quadcopter es la opción más popular debido a sus prestaciones para distintas aplicaciones es gracias a esta guía que se puede conocer todos

los detalles sobre cada tipo por lo que al final del día la última palabra la tendrá el usuario por lo que dependerá de su conveniencia o la aplicación que se haya definido al principio.

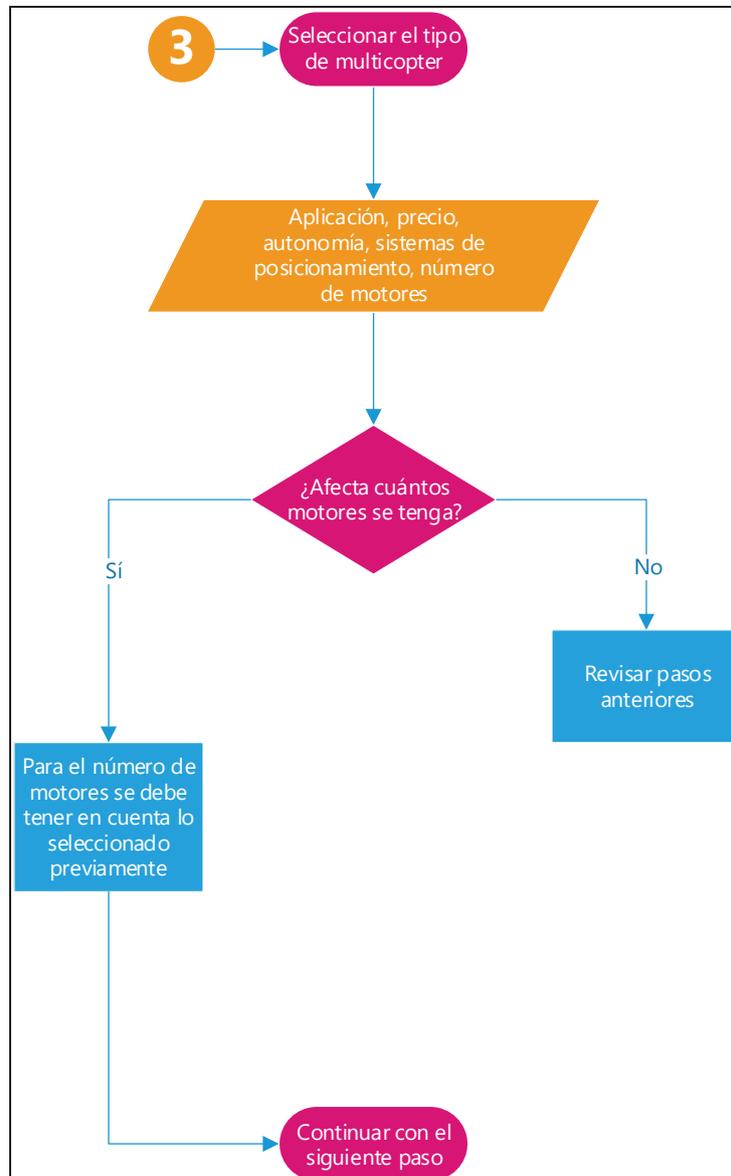


Figura 59. Diagrama de flujo Paso 3

4. Peso que soportará el multicopter de acuerdo a la aplicación para lo que se lo dispondrá o el uso que se le dará. Con todos los detalles anteriormente vistos se debe evaluar un peso estimado para el dispositivo en donde se incluyan todos los elementos y de esta manera

cubrir las necesidades que se tengan para que se pueda desempeñar en la aplicación que se eligió en un principio.

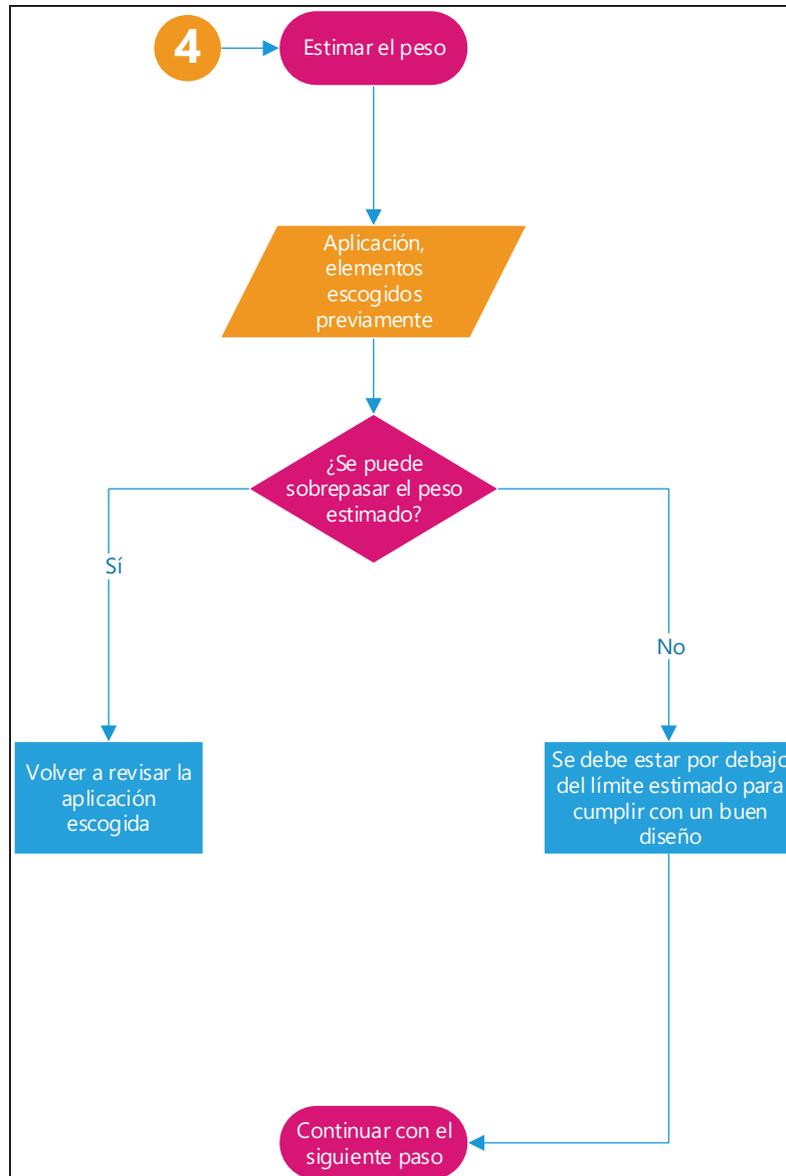


Figura 60. Diagrama de flujo Paso 4

5. El tamaño va a depender del peso que pueda soportar con todo lo anteriormente mencionado. Aquí se puede seleccionar entre los distintos frames o marcos que se encuentran en el mercado, cabe recalcar que el material que se utilice puede ser influyente en el peso final del multicoptero, así que se recomienda tener claro la finalidad y

funcionalidad que tendrá. Un marco resistente y liviano como los de fibra de carbono ofrecen durabilidad y resistencia ante diferentes condiciones.

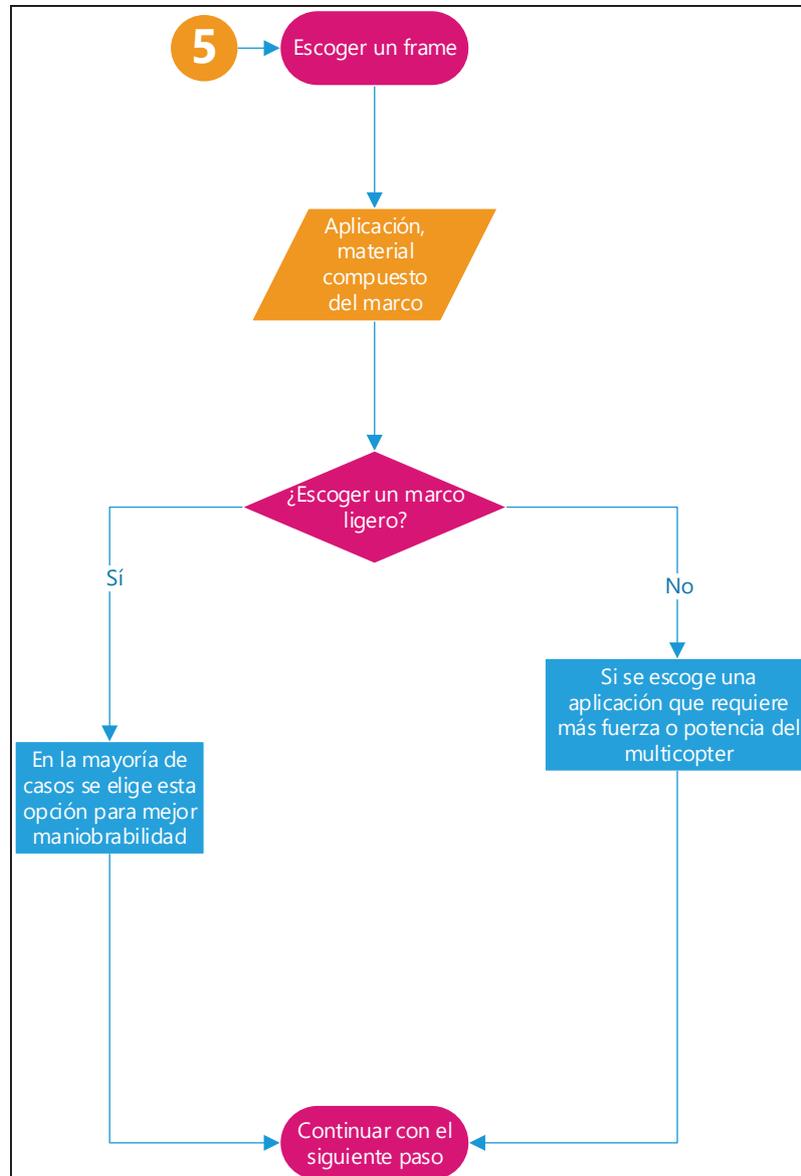


Figura 61. Diagrama de flujo Paso 5

- Selección de los motores adecuados a utilizar para alcanzar la altitud deseada, así como la velocidad que se tenga pensado ya que las rpm pueden jugar un papel importante en esta parte. Aquí se debe tener en cuenta que el motor que se elija debe ser capaz de generar tanto empuje para que pueda llegar a una altura favorable para la aplicación previamente seleccionada, aunque se debe señalar que a mayor empuje

ocasionará un consumo extra de corriente y también se tendrá más peso para el multicopter por lo que tener motores que son demasiado pesados pueden impedir que se cambie la velocidad angular y por ende el torque requerido será mayor.

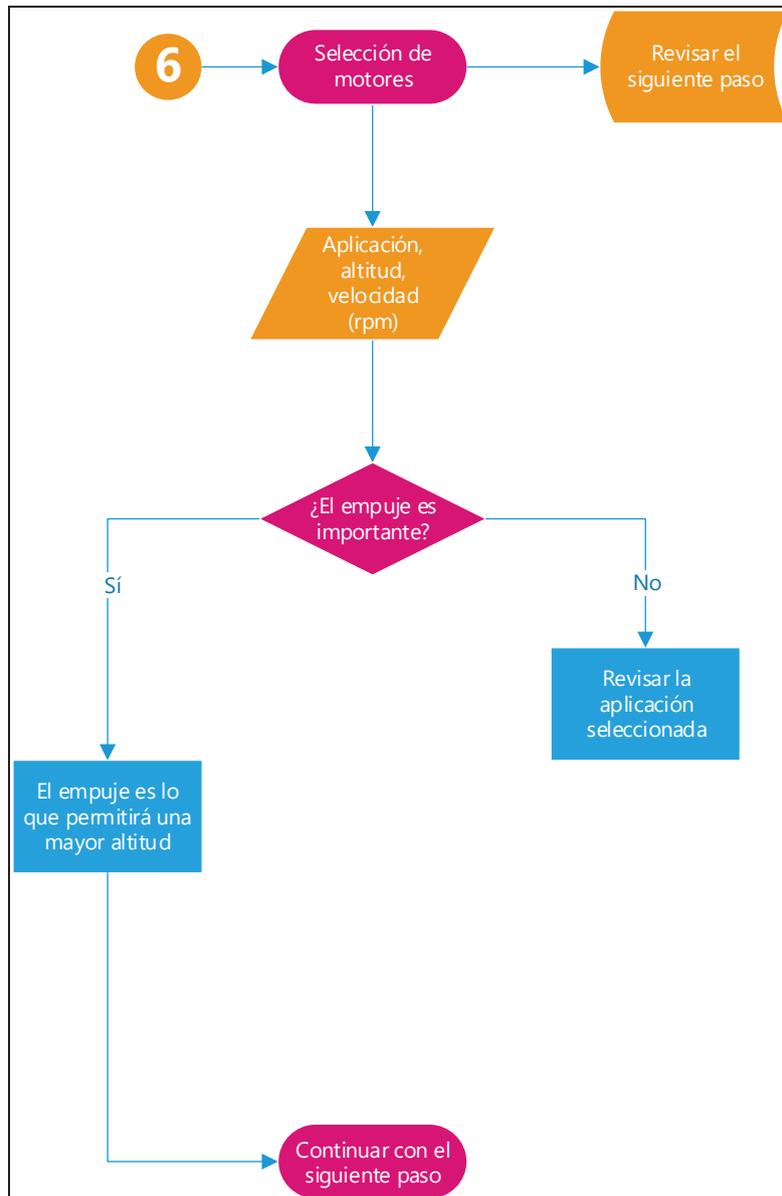


Figura 62. Diagrama de flujo Paso 6

7. Selección de las hélices. Se debe optar por unas de buena calidad para que así el motor tenga un mejor rendimiento y no se tenga ningún inconveniente. Elegir una hélice que sea adecuada es algo

indispensable para cualquier usuario por lo que se recomienda tomar una que el mismo fabricante del motor recomiende, que sería lo ideal, en cualquier caso. En cuanto al material unas de fibra de carbono ofrecen resistencia y ligereza a pesar de que son un poco más costosas que unas de plástico.

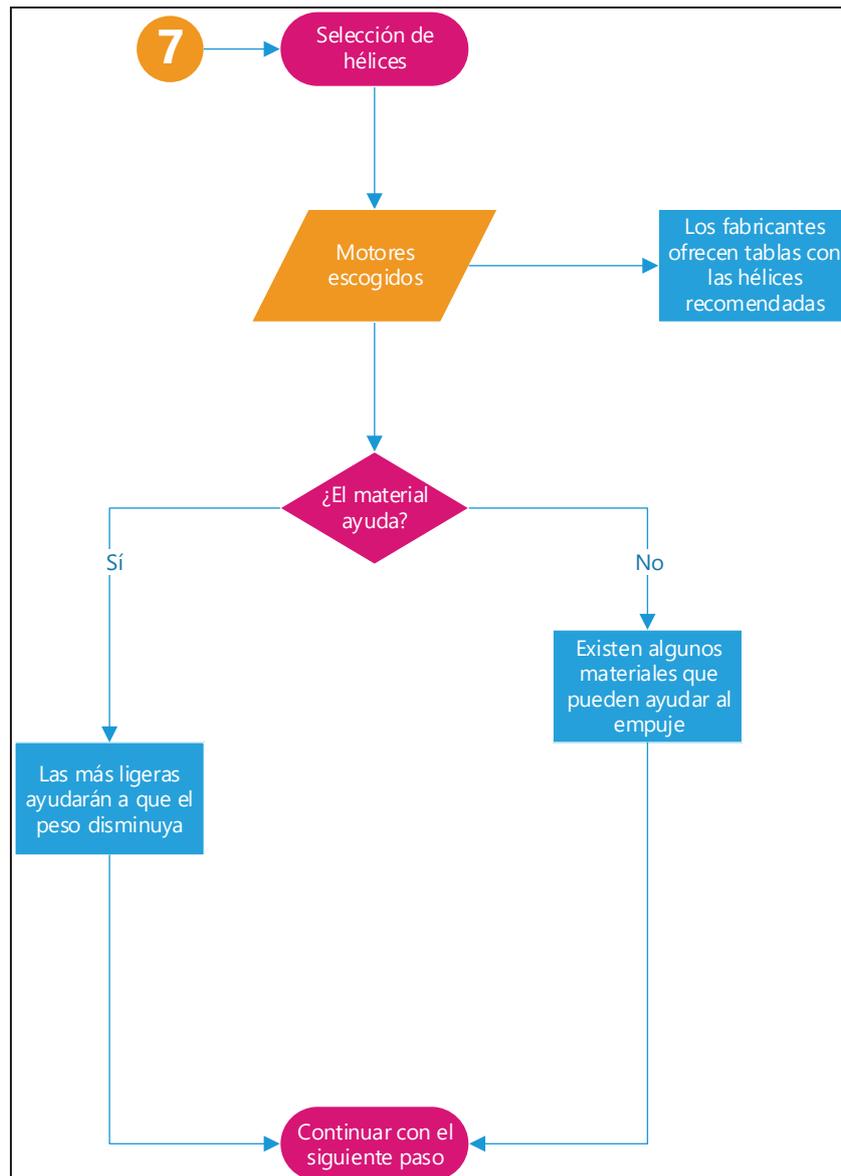


Figura 63. Diagrama de flujo Paso 7

8. Selección del cerebro (parte más importante), el que facilita la configuración de todas las tareas específicas que debe cumplir el dispositivo elegido por lo que se recomienda optar por modelos que sean

de fácil configuración para no complicarse. La PDB es otra parte (aunque puede no ser tan esencial) ya que ésta es la que ayuda a que todo el cableado se encuentre distribuido de manera adecuada ayudando a que la energía sea repartida correctamente por lo que incluso dependiendo el modelo podría ayudar a que la autonomía se vea incrementada ligeramente.

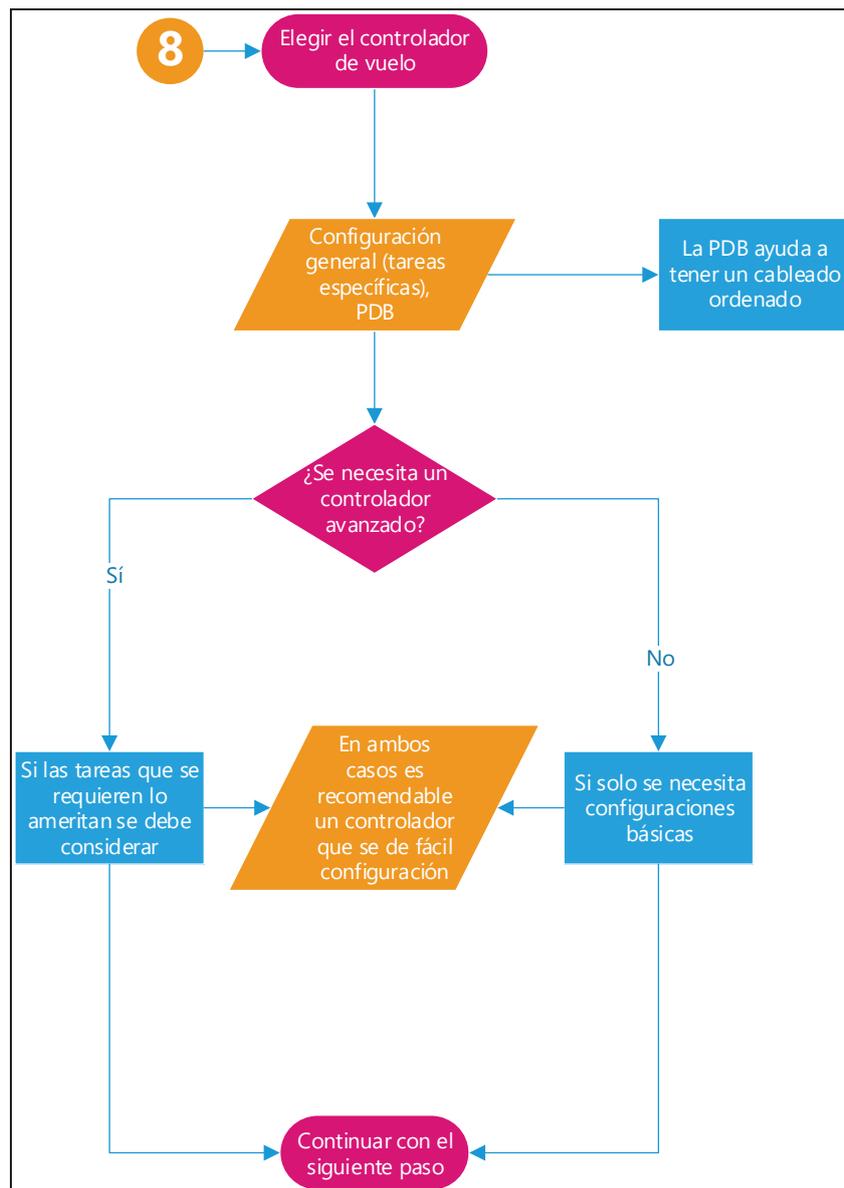


Figura 64. Diagrama de flujo Paso 8

9. Selección de ESC. Aquí se escoge un regulador que pueda satisfacer los giros de los motores previamente seleccionados. Es aconsejable seleccionar un ESC que admita más amperaje del que los motores puedan usar en su máxima potencia.

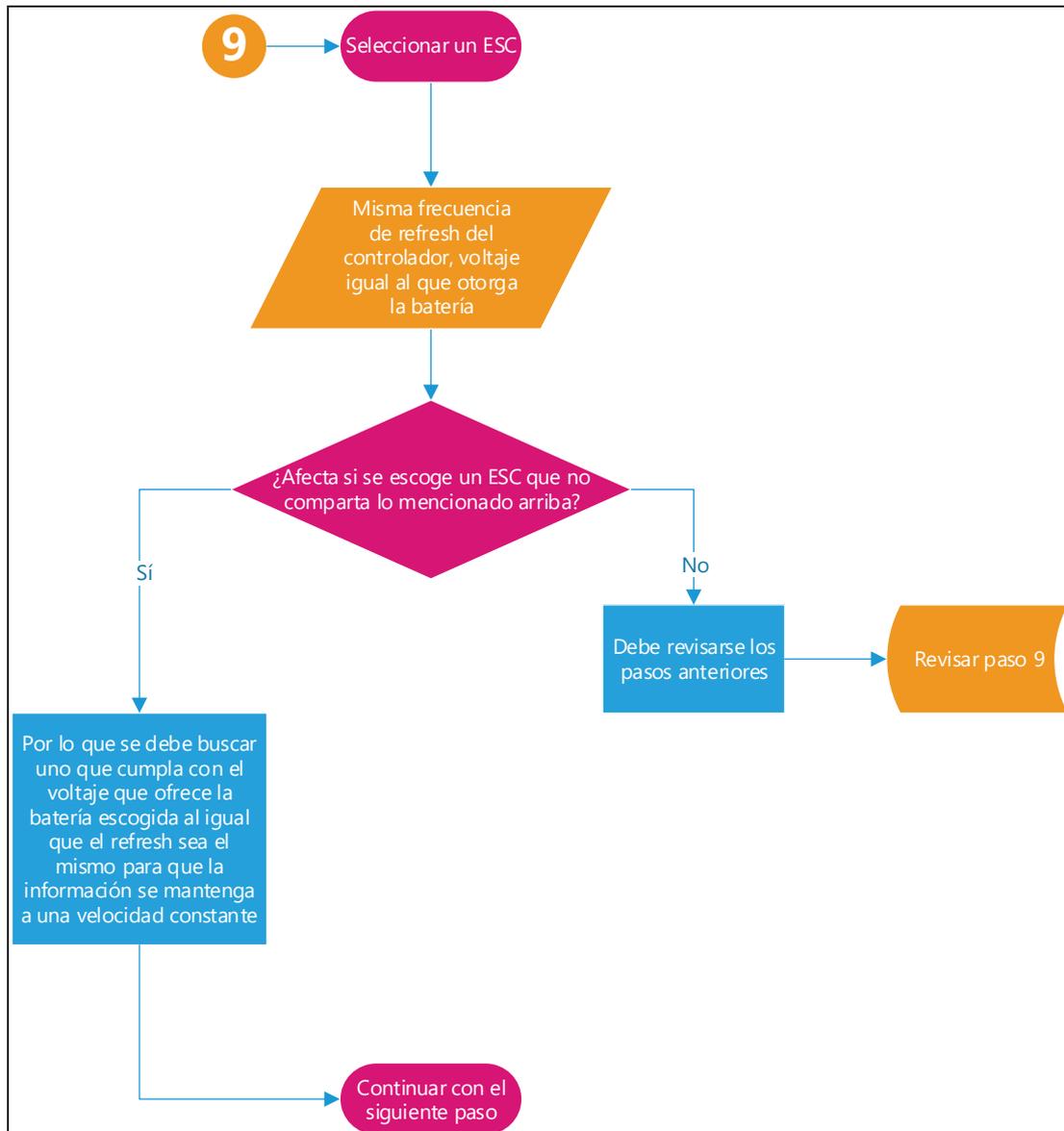


Figura 65. Diagrama de flujo Paso 9

10. La batería. Aquí se debe tomar en cuenta que tener una buena autonomía permite al multicopter tener más horas de vuelo independientemente cual sea la aplicación. Se recomienda una batería de Li-Po porque no generan mayor peso además de que su tasa de

descarga es bastante alta lo que ayuda a ejecutar más tareas e incluso maniobras.

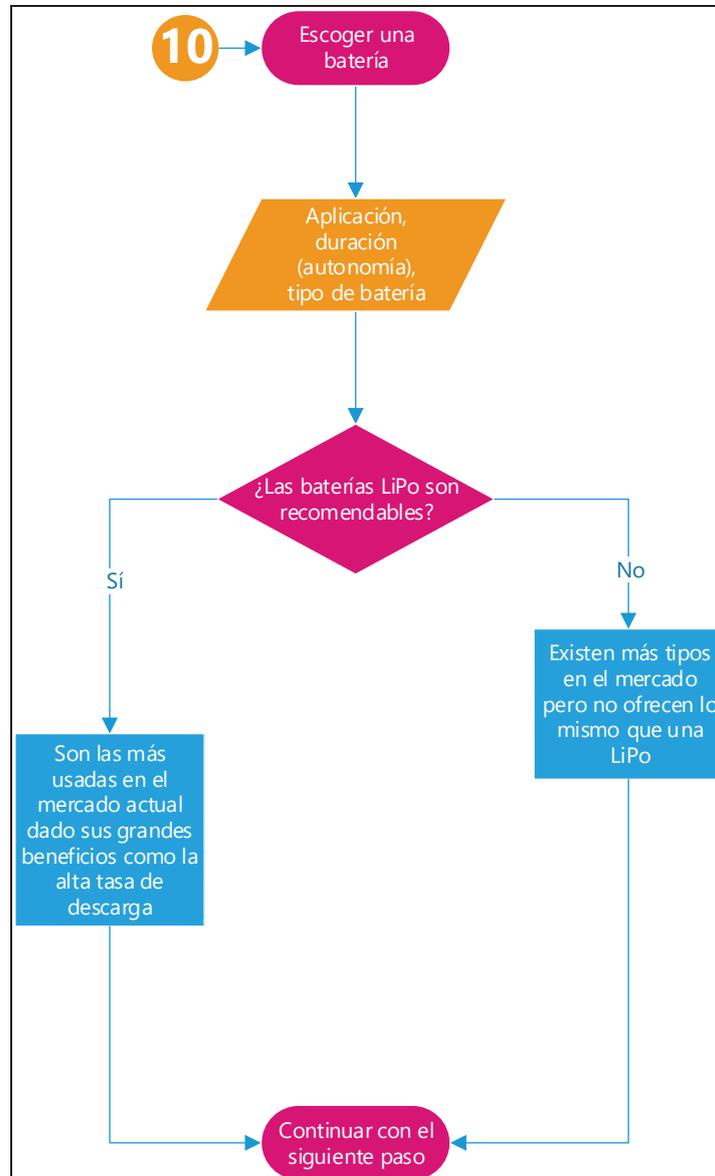


Figura 66. Diagrama de flujo Paso 10

11. Comprobación final de diseño. En esta etapa final se debe cubrir todo lo que en un principio se estableció por lo que se debe tener claro la aplicación que tendrá y el peso estimado que se propuso para soportar todos los componentes que tendrá el multicoptero. Lo más recomendable es no sobrepasar el límite establecido para que sea satisfactorio el

estudio que se hizo, lo que garantizará una mayor autonomía y por ende un mejor desempeño.

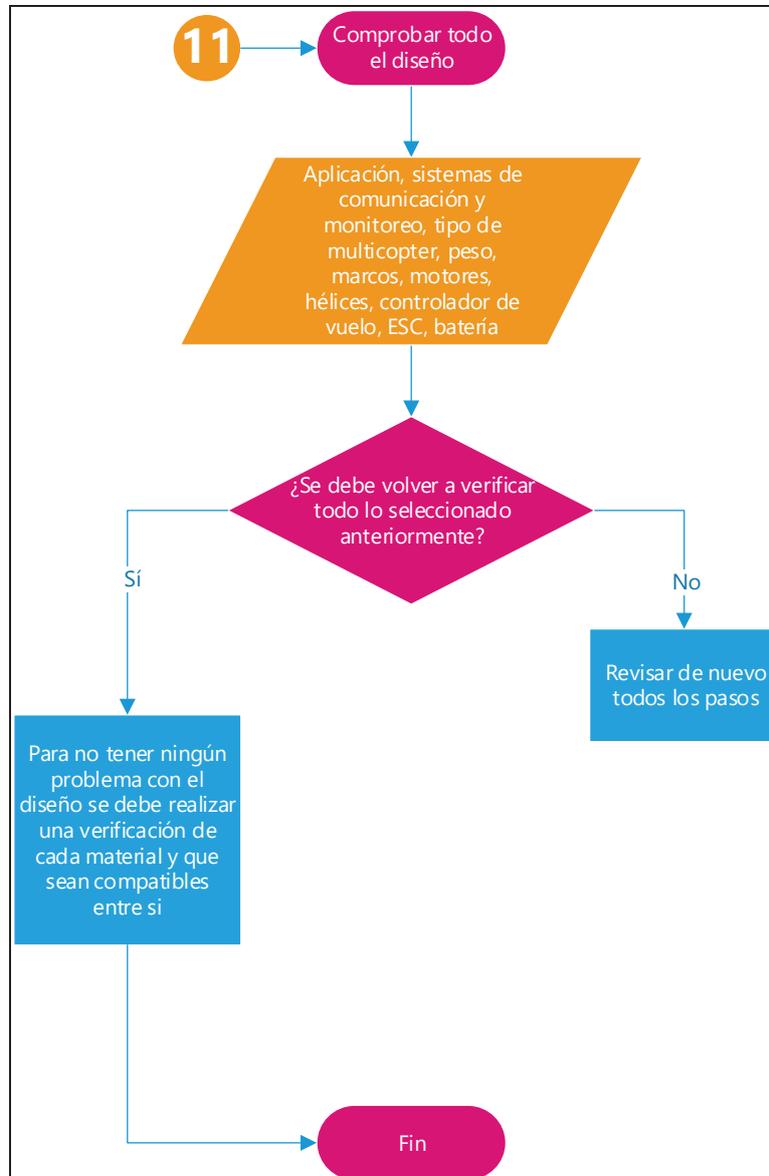


Figura 67. Diagrama de flujo Paso 11

❖ Ejemplo:

1. Se toma como ejemplo un dron para uso de entretenimiento o también llamado como hobby, lo cual implica opciones de toma de fotografías y video. Se tiene pensado usarlo unos 15 minutos (quizás menos) ya que el único propósito es realizar buenas tomas desde el cielo y grabar

videos de un evento en específico (si el caso lo amerita), por esta razón se decide usar una cámara que solventa estas necesidades:

- a. *GoPro HERO5 Session*. Es la elegida por su pequeño tamaño y grandes funciones.



Figura 68. Cámara GoPro Hero 5 Session

Tomada de (GoPro, 2017)

2. Este paso se encuentra unificado con la parte del GPS y telemetría en un punto más adelante (leer paso 8). Se selecciona el control *Eztronics Corp FS-TH9X 2.4G 9CH Radio Control Transmitter & Receiver*. Para la estabilización se elige el *Qanum FY Mini 3D PROS 3 Axis Gimbal*.



Figura 69. Eztronics Corp FS-TH9X
Tomada de (Amazon, 2017)



Figura 70. Cardán de 3 ejes Quantum FY Mini
Tomada de (Hobbyking, 2017)

3. El tipo de multicopter elegido y el que más se ajusta (sin causar problemas a futuro) a la aplicación seleccionada sería un hexacopter. Se escoge este tipo porque tiene mejor estabilidad que un quadcopter, aunque puede elegirse este tipo también (revisar conclusiones y recomendaciones). No se opta por un octocopter porque en el caso de la aplicación elegida no se necesita montar una cámara profesional o una que sea muy pesada, tampoco un tricopter sería el adecuado debido a su inestabilidad en el aire.
4. El peso total estimado que se tiene en mente debe cubrir los 4 kilogramos.
5. *Tarot FY680PRO Foldable 6 axis Hexacopter Carbon Fiber Frame TL68P00*. Cumple con lo que se especifica en el paso 3.



Figura 71. Marco Tarot FY680PRO modelo TL68P00

6. *Tarot 4006 / 620KV Multiaxial Brushless Motor TL68P02*.



Figura 72. Motor Tarot 4006/620KV modelo TL68P02

7. Tarot 1 Pair High Quality Carbon Fiber 1355 1355R Prop Propeller CW / CCW TL2829.



Figura 73. Hélices Tarot TL2829

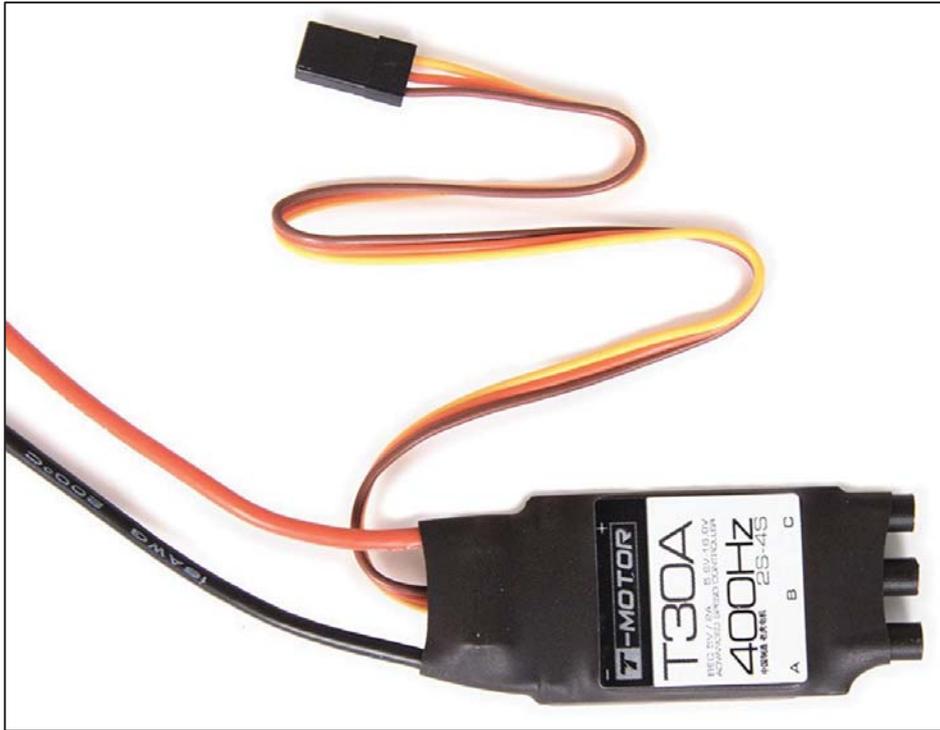


Figura 75. ESC T-MOTOR de 2-4S con 30A

10. Multistar High Capacity 4S 10000mAh Multi-Rotor Lipo Pack by HobbyKing.



Figura 76. Batería Multistar 4S 10000 mAh

11. De acuerdo a lo previamente establecido (en el paso 4) se realiza la suma de todos los pesos de cada material dando un total de 2,95 kilogramos por lo que se cumple perfectamente la meta que se puso (al ser un valor menor quiere decir que se gana en un poco más de autonomía).

De acuerdo a todos los materiales especificados anteriormente se presenta una tabla de resumen en donde se agrega datos que son relevantes y aportan información que ayuda a conocer cuánta corriente consume en total y el voltaje que será transmitido por cada elemento.

Tabla 7. Elementos usados para el modelo con precio, peso y consumo de corriente

Elemento	Precio (USD)	Peso (g)	Consumo de corriente máxima (A)	Voltaje máximo (V)
GoPro Hero5 Session	199,00	127	2,00	5,00
Gimbal Quanam FY Mini 3D PROS 3 ejes	143,57	167	No aplica	No aplica
Tarot FY680PRO TL68P00	105,99	998	No aplica	No aplica
<i>Tarot 4006/620KV TL68P02</i>	<i>32,99</i>	<i>85</i>	<i>14,00</i>	<i>14,80</i>
<i>Tarot 1355R CW/CCW TL2829</i>	<i>16,99</i>	<i>14</i>	No aplica	No aplica
<i>DJI Naza-M V2</i>	<i>159,00</i>	<i>95</i>	<i>0,30</i>	<i>5,00</i>
<i>T-MOTOR T30A 2S-4S 400Hz ESC (BEC integrado)</i>	<i>24,99</i>	<i>25</i>	<i>40,00</i>	<i>14,80</i>
Multistar 4S 10000 mAh	82,74	803	No aplica	No aplica
Flysky FS-R9B 2.4G receptor	84,56	18	No aplica	6,55
Total	1.225	2.952	326	194

* Los precios son sacados de la página: www.amazon.com por lo que puedan variar en el medio local o en alguna otra tienda online. (Los precios pueden estar sujetos a cambios por ende no son fijos ya que pueden variar en un futuro ya sea disminuyendo o aumentando su valor.)

En la tabla anterior no se incluye al *FlySky FS-TH9X* (transmisor) puesto que se lo considera un elemento aparte que no está involucrado en las conexiones ni armado. Lo que si aporta es en poder controlar el vuelo del multicopter.

Nota: El apartado de la batería no tiene valores en corriente ni en voltaje porque es la que aporta la energía a todos los elementos, por ende, el cálculo

se efectúa de acuerdo a los elementos que si aportan consumo. Los elementos que se encuentran en cursivas al igual que sus valores correspondientes se debe a que debe efectuarse la multiplicación por 6 (ya que son seis los elementos en total). En el total ya está aplicado mediante fórmula dichos valores.

❖ **Análisis de resultados:**

Se agrega una tabla a continuación en base a los resultados obtenidos donde se analiza cada material escogido (para tener un mayor detalle realizar una revisión en las páginas oficiales de cada componente así se pueden conocer las especificaciones técnicas y mayores detalles en cuanto a uso y configuraciones), se agrega información sobre las características principales y su aporte al diseño propuesto, de tal modo que cumplan con lo que se especifica al inicio de la selección.

Tabla 8. Detalle del análisis de resultados

Componente	Aporte al diseño	Características principales	Aplica al diseño
GoPro Hero5 Session	Con esta pequeña pero potente cámara se puede capturar fotos impresionantes a 10 megapíxeles y grabar videos en 4K.	Fotografías: 10 MP / Vídeo: 4K	✓
Gimbal Quantum FY Mini 3D PROS 3 ejes	Este gimbal es de calidad profesional con funcionalidad completa en sus 3 ejes y posee una auto estabilización de cardán para la cámara.	Ángulo de panorámicas: 360 grados. Ángulo de inclinación: -90 grados (abajo), +45 grados (arriba)	✓
Tarot FY680PRO TL68P00	Este marco cubre con el tipo escogido (hexacopter), además de ser más liviano por el material que está fabricado. Es de calidad profesional.	Material: Fibra de carbono. Número de brazos: 6	✓
Tarot 4006/620KV TL68P02	Los motores escogidos encajan perfectamente en los brazos del marco anterior. El empuje máximo generado de acuerdo a las hélices seleccionadas es de 1580 gramos con una corriente de 17.4 amperios.	Velocidad por voltios: 620 RPM/V. Corriente sin carga: 0.8 A.	✓
Tarot 1355R CW/CCW TL2829	Este tipo de hélice es seleccionada porque es lo que recomienda el fabricante del motor.	Tamaño: 13 pulgadas Material: Fibra de carbono	✓
DJI Naza-M V2	Es elegido por su facilidad de configuración. También que cuenta con configuración del gimbal para la cámara.	Soporta 9 tipos de configuraciones para multicopters. Frecuencia de Refresh: 400 Hz. Baterías recomendadas: 2S - 6S LiPo.	✓
T-MOTOR T30A 2S-4S 400Hz ESC (BEC integrado)	Se opta por esta opción debido a que acepta baterías de 2 a 4 celdas y por precaución también se vio que el amperaje fuera mayor para evitar problemas con los elementos conectados. La frecuencia de refresh o refresco es compatible con el controlador seleccionado (ambos trabajan a 400Hz).	Frecuencia de refresh: 400 Hz. Corriente de Salida Continua: 30 A, de Ráfaga: 40 A hasta 10 segundos. Baterías recomendadas: 2S – 4S.	✓
Multistar 4S 10000 mAh	La batería seleccionada cuenta con la capacidad necesaria para satisfacer el tiempo que se estimó. Cuenta con un peso considerable que no afectará al diseño final.	Número de celdas: 4. Descarga constante: 10 C. Descarga máxima: 20 C.	✓
Flysky FS- R9B 2.4G receptor	Este receptor viene con el transmisor por lo que su compatibilidad es del 100%. Cuenta con modulación GFSK.	Rango de frecuencias: 2.4-2.48 Ghz. Sistema FM digital. 8 canales.	✓

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

Es una tecnología que debido a su rápido proceso de maduración se la está usando en varios sectores industriales como la minería, que hasta hace unos años era un área de alto riesgo por lo que un multicopter es de gran ayuda en esta área.

En los últimos años grandes empresas como Google, Facebook o Amazon han incorporado estos dispositivos para sus proyectos a futuro. Tomando la última como ejemplo más notable al ver que un paquete podía ser entregado por un dron lo cual tomó por sorpresa a muchos espectadores. Facebook por otra parte se encuentra desarrollando un proyecto que incluye una flota de drones para esparcir internet en el mundo. Por su parte el laboratorio de ideas de Google tiene en mente un programa para realizar entregas usando estos aparatos.

Es un desarrollo tecnológico con mucho futuro ya que posee alcances muy prometedores por lo cual la mayoría de empresas están a la expectativa de que exista un cambio en la normativa actual para que puedan ver la luz proyectos innovadores que se tienen en mente.

El valor del peso para el motor, hélice y ESC que se señala en la tabla 6 de la guía se refiere al valor por unidad de cada uno, así que para evitar confusiones dicho valor debe multiplicarse por 6 (que son el total de motores, hélices y ESCs usados puesto que es un hexacopter) es decir $85 \times 6 = 510$ gramos, $14 \times 6 = 84$ gramos y $25 \times 6 = 150$ gramos. Estos valores se los que se debe agregar a la sumatoria final para que el cálculo sea el correcto.

Para los valores de la corriente se debe aplicar el mismo principio de la conclusión anterior dando como resultado 84 amperios (6 motores) y 240 A (6

ESC). Las hélices no ofrecen ningún amperaje porque no se encuentran en movimiento, por esta razón el cálculo no se puede efectuar.

La descarga de corriente máxima que tendrá nuestra batería será de 100000 mA es decir 100 A de manera continua. Este resultado se obtiene aplicando la ecuación 3 al multiplicar la capacidad de la batería por la tasa de descarga (C) es decir 10000×10 .

Para un cálculo del empuje al 100% de throttle (aceleración) se multiplica el peso total por 2 y se lo divide para el número de motores dando como resultado $(2952 \times 2) \div 6 = 984$ gramos, mientras que al 50% solo se divide el peso total para el número de motores lanzando 492 gramos. Estos resultados reflejan cuánto empuje (elevación vertical) genera cada motor es decir que al 100% podrá levantar aproximadamente unos 6 kilos (5.904 gramos siendo exactos) mientras que al 50% será de unos 3 kilos (2.952 gramos).

El peso total obtenido (frame más elementos montados) es de 2952 gramos, es decir aproximadamente unos 3 kilogramos por lo que se cumple con el requisito propuesto en un inicio de no sobrepasar los 4 kilogramos. Se puede mencionar que con el ahorro de 1 kilogramo se ganará en autonomía.

Para calcular cuántas revoluciones por minuto (rpm) ofrecerá el motor escogido se multiplica los KV por el voltaje del motor (véase la ecuación 1), es decir $620 \times 14.8 = 9176$. Este valor corresponde al número de vueltas que dará el motor, en otras palabras, lo veloz que puede ser el multicopter.

El tiempo de 15 minutos propuesto en el ejemplo es un valor referencial al uso que se tiene pensado darle al multicopter, nada tiene que ver con el tiempo de vuelo que ofrece puesto que para obtener esto se requiere de un cálculo complejo.

5.2. Recomendaciones:

En el ejemplo se decide usar el controlador Naza porque es fácil de configurar, solo basta conectar y está listo para trabajar, el mejor conocido Plug&Play. Existen más modelos de controladores en el mercado como los Pixhawk que llegan a ofrecer un catálogo más amplio de características, pero son complejos de configurar ya que su interfaz es bajo comandos (de consola) por ende se requiere conocimientos avanzados de programación. Dicho esto, lo más recomendable es que se elija un controlador que sea fácil de configurar como el escogido en la guía ya que cuenta con una interfaz gráfica, la cual es amigable para el usuario (no es necesario conocimientos avanzados) y evitar así contratiempos.

Un controlador de vuelo es conectado a un ESC y éste a su vez a un motor y la batería por lo que es ideal conocer las especificaciones de cada producto escogido para no tener problemas que perjudiquen el desempeño o incluso que eviten que se pueda utilizar al multicopter. Se recomienda que el controlador de vuelo tenga la misma frecuencia de refresqueo (*refresh*) que el ESC y éste a su vez tenga el mismo consumo de voltaje que la batería.

El precio puede ser un poco elevado en consideración del usuario promedio, por lo que se recomienda leer la guía y después del primer paso buscar un multicopter de acuerdo a un fabricante en específico como DJI o Yuneec (solo por nombrar algunos dado que existen más en el mercado actual), aunque no es lo adecuado ya que el elegido al final puede resultar no cumplir con todas las expectativas en mente.

En el caso del ejemplo de esta guía se propuso usar un hexacopter para uso de entretenimiento (específicamente para fotografía) por lo que en este caso y dado que la aplicación destinada es la más usada por la mayoría de usuarios que se adentran en este mundo, se puede optar eligiendo un modelo de un fabricante como puede ser un DJI Spark. Esta recomendación se la hace en vista de que construir un multicopter puede salir costoso, por lo cual el producto que se indica que a pesar de ser un quadcopter cubrirá con las necesidades del

usuario costando alrededor de 388,95 USD, ahorrándose mucho dinero y solo por enumerar algunas de sus características se tiene el tiempo de vuelo llegando a 16 minutos o la cámara incorporada de 12 megapíxeles para excelentes tomas (información que ofrece la página oficial del producto).

Dependerá mucho de la aplicación por lo que efectuar la recomendación anterior no aplica siempre. Se debería realizar un estudio previo de todas las características ofrecidas por los fabricantes de multicopters, inclusive lectura de manuales y pruebas ya realizadas por estos dispositivos para que se pueda adquirir uno y que se desempeñe en las tareas a la que se encontrará sometido.

Se recomienda que si se requiere generar más rpm se debería seleccionar motores con una cifra más alta en KV. Esto aplica generalmente para drones que son usados en carreras puesto que a mayor KV serán capaces de ser más veloces y realizar acrobacias que en este tipo de aplicación lo necesitan.

REFERENCIAS

- AiDrones. (2016). *AiD-MC8 – Electrical Coaxial Octocopter Drone*. Recuperado el 21 de septiembre de 2017 de: <https://www.aidrones.de/english/drone-systems/octocopter-mc8/>
- Álvarez, R. (2016). *Carreras de drones: así está naciendo un nuevo y espectacular deporte tecnológico*. Recuperado el 9 de octubre de 2017 de: <https://www.xataka.com/drones/carreras-de-drones-asi-esta-naciendo-un-nuevo-y-espectacular-deporte-tecnologico>
- Amazon. (2017). *Eztronics Corp FS-TH9X 2.4G 9CH Radio Control Transmitter & Receiver for RC Helicopter Airplane*. Recuperado de: https://www.amazon.com/Eztronics-Transmitter-Receiver-Helicopter-Airplane/dp/B01H85T9S8/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1515298691&sr=8-1&keywords=Eztronics+Corp+FS-TH9X+2.4G+9CH+Radio+Control+Transmitter+%26+Receiver
- ArduPilot Dev Team. (2016). *What is a MultiCopter and How Does it Work?*. Recuperado el 15 de diciembre de 2017 de: <http://ardupilot.org/copter/docs/what-is-a-multicopter-and-how-does-it-work.html>
- Barrientos A., del Cerro, J., Gutiérrez, P., San Martín R., Martínez A. y Rossi C. (2007). *Vehículos Aéreos no Tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones*. Univesidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 20 de octubre de 2017 de: <http://webdiis.unizar.es/~neira/docs/ABarrientos-CEDI2007.pdf>
- Chang, J. (2016). *LESSON 4: THROTTLE, YAW, PITCH AND ROLL*. Recuperado el 23 de octubre de 2017 de: <http://www.robolink.com/lesson-b04-flight-part-ii/>
- Ciobanu, E. (2016). *JiYi Robotics Showcases Turnkey Solutions at CES 2016*. Recuperado el 27 de octubre de 2017 de: <https://www.droneblog.com/2016/01/15/jiyi-robotics-showcases-turnkey-solutions-at-ces-2016/>

- Corporación Universitaria Americana. (2015). *NORMA INTERNACIONAL ISO 9001 Traducción oficial*. Recuperado el 3 de noviembre de 2017 de: <http://www.americana.edu.co/barranquilla/archivos/calidad/Norma-ISO-9001-2015.pdf>
- Cuerno, C., Ramírez, J. M., Oñate M., Ezcurra A. y Díaz, L., Saez, D. y Beltrán, A., López, C. y Martín, D., Ramos, H. y Montesinos, J., ... Cuesta, J. y Ruiz, D. (2015). *Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil*. Recuperado el 6 de octubre de 2017 de: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Los-Drones-y-sus-aplicaciones-a-la-ingenieria-civil-fenercom-2015.pdf>
- Damien. (2015). *10 WAYS TO EXTEND DRONE BATTERY LIFE*. Recuperado el 29 de diciembre de 2017 de: <http://beginnerflyer.com/10-ways-to-extend-drone-battery-life/>
- DDC. (2016). PDB *¿Qué es? ¿Cuál monto?* Recuperado el 13 de octubre de 2017 de: <http://dronesdecarreras.com/pdb-drone-que-es-cual-monto/>
- Dirección General de Aviación Civil. (2015). *RESOLUCIÓN No. 251/2015*. Recuperado el 29 de septiembre de 2017 de: <http://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/Resol.-251-2015-Normas-Operacion-Drones.pdf>
- DJI. (2017). *NAZA-M V2*. Recuperado de: <https://www.dji.com/es/naza-m-v2/feature>
- DJI. (2017). *Spreading Wings S1000*. Recuperado de: <https://www.dji.com/es/spreading-wings-s1000/feature>
- Ecestaticos. (s.f.). *EL USO DE LOS DRONES EN ESPAÑA*. Recuperado el 13 de octubre de 2017 de: <https://www.ecestaticos.com/file/fb4b6837afde026acdf41a1be1fd7f16/1397052934.pdf>
- Etxeberria, J. y Goicochea J. (2015). *Implementación de un dron cuadricóptero con Arduino*. Recuperado el 10 de noviembre de 2017 de:

e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/19208/TFG%20Jose%20Etxeberria.pdf?sequence=1

- Fernando (2014). *Qué necesitas saber de los drones antes de comprar uno*. Recuperado el 21 de noviembre de 2017 de: <http://www.zekidar.com/los-drones/>
- FpvMax. (2016). *¿Qué es una PDB? Placa de distribución para Drones*. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de: <http://fpvmax.com/2017/01/09/una-pdb-placa-distribucion-drones/>
- GoPro. (2017). *GoPro HERO5 Session*. Recuperado de: <https://es.shop.gopro.com/International/cameras/hero5-session/CHDHS-502-master.html>
- Gunn Matt. (2016). *Quantum Aperture Hexacopter*. Recuperado de: <https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?2770601-Quantum-Aperture-Hexacopter>
- Hobbyking. (2017). *Quantum FY Mini 3D PROS 3 ejes cardán – GoPro Sesión Hero4 Compatible*. Recuperado de: https://hobbyking.com/es_es/quantum-fy-mini-3d-pros-gimbal.html
- Jaime. (2017). *Tipos de drones aéreos*. Recuperado el 1 de diciembre de 2017 de: <http://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>
- Lawrence, L. (2017). *Yaw and Pitch Calculations*. Recuperado el 27 de noviembre de 2017 de: <https://github.com/team401/Vision-Tutorials/wiki/Yaw-and-Pitch>
- Liang, O. (2013). *HOW TO CHOOSE BATTERY CAPACITY FOR LONGER FLIGHT TIME*. Recuperado el 5 de enero de 2018 de: <https://oscarliang.com/how-to-choose-battery-for-quadcopter-multicopter/>
- Mesa, V. e Izquierdo, L. (2015). *Los Drones. Su aplicación en el mundo de la comunicación*. Recuperado el 20 de diciembre de 2017 de: <http://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1020/Los%20Drones.%20Su%20Aplicacion%20en%20el%20mundo%20de%20la%20comunicacion.%20.pdf?sequence=1>

- Montero, J. (2016). *¿Qué diferencias hay entre un cuadricóptero y un dron de ala fija?*. ToDrone. Recuperado el 8 de enero de 2018 de: <http://www.todrone.com/cuadricoptero-dron-ala-fija/>
- Parada, E. (2012). *Quadcopter: Construcción, control de vuelo y navegación GPS*. Recuperado el 11 de octubre de 2017 de: <https://es.scribd.com/document/186814794/Memoria-Master-Eduardo-Parada>
- Parrot. (2017). *Parrot Bebop 2 Power Xtreme Adventurer*. Recuperado de: <https://www.parrot.com/es/drones/parrot-bebop-2-power-xtreme-adventurer#parrot-bebop-2-xtrem-adventurer>
- Pinto, R. *DRONES: LA TECNOLOGÍA, VENTAJAS Y SUS POSIBLES APLICACIONES*. Recuperado el 21 de septiembre de 2017 de: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/03/09.-Drones-La-tecnologia-ventajas-y-sus-posibles-aplicaciones.pdf>
- Sevilla, L. (2014). *MODELADO Y CONTROL DE UN CUADRICÓPTERO*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018 de: <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/538ddc6870df6.pdf>
- Walkera. (2017). *Runner 250 PRO*. Recuperado de: <http://www.walkera.com/index.php/Goods/info/id/43.html>
- YI. (2017). *YI ERIDA*. Recuperado de: <https://www.yitechnology.com/yierida>
- YUNEEC EUROPE GMBH. (2017). *Typhoon H*. Recuperado de: https://www.yuneec.com/es_ES/drones-con-camara/typhoon-h/vista-general.html

ANEXOS

Anexo 1: Normativa de Ecuador propuesta por la DAC



DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL

RESOLUCIÓN No 251 / 2015

El Director General de Aviación Civil

Considerando:

Que, la Dirección General de Aviación Civil no dispone de una reglamentación que establezca requisitos para la Operación de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) o conocidas como DRONES o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS);

Que, con la finalidad de precautelar la seguridad operacional en las actividades aéreas, usuarios del transporte aéreo y público en general, debido al incremento significativo de operaciones con Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) o conocidas como DRONES o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS), es necesario establecer disposiciones generales para la operación de las Aeronaves antes citadas;

Que, de acuerdo con el Art. 6, numeral 3, literal a) de la Ley de Aviación Civil, publicada en el Registro Oficial No. S-435 del 11 de enero del 2007, se determina las atribuciones y obligaciones del Director General de Aviación Civil: "Dictar, reformar, derogar regulaciones técnicas, órdenes, reglamentos internos y disposiciones complementarias de la Aviación Civil, de conformidad con la presente Ley, el Código Aeronáutico, el Convenio sobre Aviación Civil Internacional y las que sean necesarias para la seguridad de vuelo, y la protección de la seguridad del transporte aéreo"; y,

En uso de las atribuciones legales,

RESUELVE:

Artículo Primero.- Aprobar el establecimiento de disposiciones complementarias que normen la Operación de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) o conocidas como DRONES o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS), las mismas que se detalla a continuación:

Art. 1 Operaciones en las cercanías de un aeródromo

Se prohíbe la operación de las RPAS/UAS en espacios aéreos controlados.

La operación de las RPAS/UAS se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros (5 NM) de las proximidades de cualquier aeródromo o base aérea militar.



Resolución No. /2015

251 Página 2

Art. 2 Altura máxima de vuelo

La operación de las RPAS/UAS no excederá en ningún momento una altura de vuelo de 400 pies (122 metros) sobre el terreno (AGL).

Art. 3 Horas de operación

Las RPAS/UAS serán operadas solamente en las horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol; y en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC), libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con la RPAS/UAS.

Art. 4 Responsabilidad por la operación

- (a) La persona que opera los controles de las RPAS/UAS será responsable por la operación general de la misma durante todo el vuelo, en forma solidaria con el explotador o propietario de la aeronave.

Art. 5 Integridad fisiológica del operador de una RPA

Ninguna persona operará los controles de una RPAS/UAS si:

- (a) Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga durante la operación;
- (b) Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura.

Art. 6 Funciones de automatización

Si las RPAS/UAS tienen la capacidad de realizar vuelo automático, esta función podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento para tomar el control inmediato de la aeronave.

Art. 7 Limitaciones

La persona que opera los controles de una RPAS/UAS es responsable por asegurarse que la misma sea operada de acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante.

Art. 8 Seguros

El propietario o explotador de las RPAS/UAS están en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos en la tabla que consta a continuación:

De 02 a 25 Kg. de masa máxima de despegue (MTOW)	USD 3.000,00
De más de 25Kg. masa máxima de despegue (MTOW)	USD 5.000,00

Resolución No. /2015

251 Página 3

Art. 9 Cumplimiento con las leyes y reglamentos locales

El cumplimiento de estas disposiciones, no exime al operador de las RPAS/UAS de cumplir con las leyes y reglamentos locales aplicables.

Art. 10 Consideración final

Cualquier aspecto no considerado en la presente resolución, será analizado y resuelto por la Autoridad Aeronáutica Civil.

Artículo Segundo.- La presente Resolución, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, entrará en vigencia a partir de su aprobación.

Artículo Tercero.- Encárguese a la Subdirección General de Aviación Civil la ejecución, control y aplicación de la presente Resolución.

Comuníquese y publíquese.- Dada en la Dirección General de Aviación Civil en Quito, Distrito Metropolitano, el 17 SET. 2015



Cmdte. Roberto Yerovi De la Calle
Director General de Aviación Civil

CERTIFICO que expidió y firmó la resolución que antecede el Cmdte. Roberto Yerovi De la Calle, Director General de Aviación Civil, en la ciudad de Quito, 17 SET. 2015



Dra. Rita Huilca-Cobos

Directora de Secretaría General DGAC

Mgs. Byron Carrión,
Sr. Fidel Guitarra
Ing. Edgar Gallo
2015-09-17

Tomado de: (Dirección General de Aviación Civil, 2015)

Anexo 2. Normativa de Ecuador actualizada



“Propuesta de Desarrollo o Enmienda (PDE)”

RDAC: Regulación Técnica “Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA)”
EXPEDIENTE #: 191
TEMA: Regulación Técnica
AGENCIA: Dirección General de Aviación Civil.

Resumen:

La Autoridad Aeronáutica Civil, considerando el gran desarrollo de los RPAs o DRONES que el Ecuador ha experimentado en los últimos años, y con la finalidad de precautelar la seguridad operacional del Transporte Aéreo, ha visto la necesidad de elaborar y presentar el proyecto de Regulación Técnica que establece requisitos para la Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA).

Fechas: Los comentarios pueden ser recibidos antes del 09 de junio de 2017.

Direcciones: Subdirector General de Aviación Civil,
 Presidente del Comité de Normas
 Buenos Aires, OE1 53 Y Avenida 10 de agosto.
 Casilla 17-01-2077, teléfono 5932222-831
 Fax. 59322238-352
 e-mail: subdirector@aviacioncivil.gob.ec

Normas de Vuelo

e-mail: secretaria_normasvue@aviacioncivil.gob.ec

Información suplementaria:

La DGAC invita a las personas interesadas a participar en el proceso de legislación mediante la presentación de comentarios escritos, estudios o puntos de vista. Además se recibirá criterios relacionados con los impactos económicos y ambientales que puedan resultar de la adopción de la presente regulación. Los comentarios más útiles que se refieren específicamente a un punto de la propuesta y que explican las razones para tal criterio deberán incluir los datos de apoyo para sustentar el criterio expuesto.

Antecedentes

El Comité de Normas en reunión efectuada el 24 de abril de 2017, tomó conocimiento de la propuesta de Regulación Técnica RDAC “Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA)” y resolvió, autorizar el inicio del proceso de aprobación, con la apertura del expediente y la publicación en la página web de la institución.



**DIRECCIÓN GENERAL DE
AVIACIÓN CIVIL**

RDAC PARTE XXX

**Operación de Aeronaves
Pilotadas a Distancia (RPA)**

Operación de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA)

Capítulo A: Generalidades

XX.001 Definiciones y abreviaturas

(a) Los términos y expresiones utilizados en la presente Regulación, sea que consten en singular o en plural, tendrán el siguiente significado:

- (1) Aeródromo.- Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves.
- (2) Aeródromo controlado.- Aeródromo en el que se facilita servicio de control de tránsito aéreo para el tránsito del aeródromo.
- (3) Aeronave.- Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- (4) Aeronave pilotada a distancia (RPA).- Aeronave no tripulada que es pilotada desde una estación de pilotaje a distancia.
- (5) Altura.- Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto y una referencia especificada.
- (6) Áreas Sensibles.- Espacio terrestre que contiene objetivos estratégicos que inciden en gran magnitud en el desarrollo económico, social y militar del país; como por ejemplo refinerías, hidroeléctricas, termoeléctricas, áreas industriales, bases militares, puentes importantes, entre otros.
- (7) Certificado de Aeronavegabilidad.- Documento que certifica la condición técnica y legal de la aeronave.
- (8) Estación de pilotaje a distancia.- El componente del sistema de aeronave pilotada a distancia que contiene el equipo que se utiliza para pilotar una aeronave a distancia.
- (9) Explotador.- Persona, organización o empresa que se dedica, o propone dedicarse, a la explotación de aeronaves.
Nota 1.- En el contexto del Anexo 6, Parte II, el explotador no se dedica al transporte de pasajeros, carga o correo por remuneración o arrendamiento.
Nota 2.- En el contexto de las aeronaves pilotadas a distancia, la explotación de una aeronave incluye el sistema de aeronave pilotada a distancia.
- (10) Helipuerto.- Aeródromo o área definida sobre una estructura artificial destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento de superficie de los helicópteros.
- (11) Mercancías peligrosas.- Todo objeto o sustancia que pueda constituir un riesgo para la salud, la seguridad, la propiedad o el medio ambiente y que figura en la lista de mercancías peligrosas de las Instrucciones Técnicas o esté clasificado conforme a dichas instrucciones.
- (12) NOTAM.- Aviso distribuido por medios de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo.

- (13) Operación.- Actividad o grupo de actividades que están sujetas a peligros iguales o similares y que requieren un conjunto de equipo que se habrá de especificar; o, el logro o mantenimiento de un conjunto de competencias de piloto, para eliminar o mitigar el riesgo de que se produzcan esos peligros.
- (14) Operador del RPA.- Es la persona al mando de una aeronave pilotada a distancia
- (15) Operación con visibilidad directa visual (VLOS).- Operación en la cual el piloto a distancia u observador RPA mantiene contacto visual directo sin ayudas con la aeronave pilotada a distancia.
- (16) Sistema de aeronave pilotada a distancia (RPAS).- Aeronave pilotada a distancia, su estación o sus estaciones conexas de pilotaje a distancia, los enlaces requeridos de mando y control, y cualquier otro componente según lo especificado en el diseño de tipo.
- (17) Visibilidad.- En sentido aeronáutico se entiende por visibilidad el valor más elevado entre los siguientes:
- (i) La distancia máxima a la que pueda verse y reconocerse un objeto de color negro de dimensiones convenientes, situado cerca del suelo, al ser observado ante un fondo brillante;
 - (ii) La distancia máxima a la que puedan verse e identificarse las luces de aproximadamente mil candelas ante un fondo no iluminado.
- Nota.- La definición se aplica a las observaciones de visibilidad en los informes locales ordinarios y especiales, a las observaciones de la visibilidad reinante y mínima notificadas en los informes METAR y SPECI y a las observaciones de la visibilidad en tierra.*
- (18) Zona de control.- Espacio aéreo controlado que se extiende hacia arriba desde la superficie terrestre hasta un límite superior especificado.
- (19) Zona prohibida.- Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de un Estado, dentro del cual está prohibido el vuelo de las aeronaves.
- (20) Zona restringida.- Espacio aéreo de dimensiones definidas sobre el territorio o las aguas jurisdiccionales de un Estado, dentro del cual está restringido el vuelo de las aeronaves, de acuerdo con determinadas condiciones especificadas.
- (21) Zona Intangible.- Espacios protegidos de excepcional importancia cultural y biológica en los cuales no puede realizarse ningún tipo de actividad extractiva debido al valor que tienen para las generaciones presentes y futuras.

(b) Las siguientes abreviaturas son de aplicación para este reglamento:

AAC	Autoridad de aviación civil (Dirección General de Aviación Civil)
AGL	Sobre el nivel del terreno.
ATZ	Zona de Tránsito de Aeródromo
AWY	Aerovía
COAD	Comando de Operaciones Aéreas y Defensa
FPV	Dispositivos de visión en primera persona
MTOW	Peso máximo de despegue
NM	Millas náuticas.
RPAS	Aeronaves pilotadas a distancia (Remote Piloted Aircraft)
RPAS	Sistema de aeronave pilotada a distancia (Remote Piloted Aircraft System)

VFR	Reglas de vuelo visual
VLOS	Operación con visibilidad directa visual.
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual.

XX.005 Aplicación

(a) *Los requisitos de esta Parte se aplican a:*

- (1) *Las operaciones de aeronaves pilotadas a distancia (RPA) cuyo peso sea igual o superior a 250 gramos de masa máxima de despegue (MTOW) dentro del territorio nacional; y,*
- (2) *Las personas que operan los controles de las aeronaves pilotadas a distancia;*

(b) *Este reglamento no se aplica a:*

- (1) *Operación de RPA de las Fuerzas Armadas, Aduanas y Policía Nacional; y,*
- (2) *Aeromodelismo.*

(c) *Las RPAS de las Fuerzas Armadas, Aduanas y Policía Nacional se registrarán a las políticas reglamentos y regulaciones internas que las FFAA (FAE-COAD) expida para el efecto.*

XX.010 Operaciones recreativas

Todas las operaciones de RPA con fines exclusivamente recreativas se ajustarán a las reglas de operación del Capítulo B.

XX.015 Operaciones No recreativas

Las operaciones No recreativas, además de cumplir con las reglas de operación del Capítulo B deberán obtener para cada vuelo o series de vuelos, una autorización especial de la AAC, según el Capítulo C.

Capítulo B: Reglas de vuelo

XX.105 Aplicación

Este capítulo se aplica a la operación de aeronaves pilotadas a distancia según la Sección XX.005

XX.110 Cumplimiento de las reglas de vuelo

Salvo que la AAC autorice expresamente de otra forma, la operación de las RPAs se ajustará en todo momento a las reglas de vuelo del presente capítulo.

XX.115 Operación negligente o temeraria de aeronaves

- (a) *La operación de las RPA deberá realizarse de tal forma que no ponga en peligro la seguridad de las operaciones aéreas, de las personas en la superficie y de sus bienes, así como la fauna silvestre.*
- (b) *La persona que opera los controles de una RPA cesará inmediatamente el vuelo, en cualquier momento en que la seguridad de las operaciones aéreas, de las personas o de los bienes esté en peligro como resultado de esta operación, o cuando no pueda cumplir con todos los requisitos del presente capítulo.*
- (c) *Las operaciones interrumpidas según el Inciso (b) no se reanudarán en tanto las condiciones que generan el peligro estén presentes.*

XX.120 Responsabilidad por la operación

- (a) *La persona que opera los controles de las RPA será responsable por la operación general de la misma durante todo el vuelo, en forma solidaria con el explotador o propietario de la aeronave.*
- (b) *Las RPA de peso menor a 25 Kg utilizados en actividades recreativas podrán ser operadas por personas menores de edad, siempre y cuando se encuentren bajo la supervisión directa de un adulto. La responsabilidad absoluta de la operación recaerá sobre el explotador o propietario de la aeronave y de manera solidaria, sobre la persona que ejerza la patria potestad del menor.*

XX.125 Operaciones en las cercanías de un aeródromo controlado

La operación de las RPA se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros (5 NM) de las proximidades de cualquier aeródromo abierto al uso público.

XX.130 Integridad fisiológica del operador de una RPA

Ninguna persona operará los controles de una RPA si:

- (a) Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga durante la operación;
- (b) Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura.

XX.135 Cumplimiento con las leyes y reglamentos locales

La persona que opera los controles de las RPA cumplirá todas las leyes, reglamentos y cualquiera normativa relacionada con seguridad nacional, seguridad pública, protección de la

privacidad y la intimidad personal, propiedad intelectual, entre otras.

XX.140 Operación con visibilidad directa visual o cualquier otro tipo de dispositivos de monitoreo

La persona que opera los controles de la RPA mantendrá contacto directo con la aeronave durante todo el vuelo, sea en forma directa visual o mediante cualquier otro tipo de dispositivos de monitoreo y será consciente de su posición en todo momento.

XX.145 Prohibición de operación simultánea

Ninguna persona controlará más de una RPA en vuelo simultáneamente.

XX.150 Horas de operación

Las RPA serán operadas en las horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol; y en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC), libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con la RPA o que pueda afectar al dispositivo de monitoreo.

XX.155 Altura máxima de vuelo

La operación de las RPAs no excederá en ningún momento una altura de vuelo de 400 pies (122 metros) sobre el terreno (AGL).

XX.160 Derecho de Intervención

En el caso de que la operación de un RPA en el espacio aéreo nacional sea considerada una amenaza para la seguridad interna o externa, las FF.AA. tienen el derecho de inhibición o derribo.

En el área dentro de un aeródromo controlado o en sus proximidades hasta 9 kilómetros (5 NM) a la redonda, la AAC tendrá la facultad de aplicar tecnología anti-dron o tomar acciones para salvaguardar la seguridad de las operaciones.

XX.165 Zonas prohibidas, zonas restringidas, zonas intangibles y áreas sensibles

Las RPA no serán operadas:

- (a) *En una zona prohibida, restringida, intangibles o áreas sensibles declaradas así por el Estado.*
- (b) *Dentro un radio de 9 kilómetros (5 NM) de una zona de incendio forestal.*
- (c) *A una distancia menor a 500 metros de una demostración aérea o de cualquier reunión de personas al aire libre como conciertos, festivales, eventos deportivos, etc.*
- (d) *Cerca de personas o propiedades cuya operación involucre vulneración de su privacidad personal y familiar.*
- (e) *sobre zonas densamente pobladas como ciudades, urbanizaciones, etc.;*
- (f) *a una distancia horizontal menor a 150 metros (500 ft) de los centros carcelarios o cualquier edificación, estructura, vehículo, embarcación, o persona, salvo que esta persona esté relacionada directamente con la operación de la RPA*

(g)

XX.170 Actividades previas al vuelo

La persona que opera los controles de una RPA se asegurará, antes de iniciar cada vuelo, lo siguiente:

- (a) *el área seleccionada para el vuelo ha sido inspeccionada y permite la ejecución segura de la misma dentro los límites establecidos en el presente capítulo*
- (b) *la RPA ha sido inspeccionada para identificar posibles daños y se encuentra en condiciones aptas para una operación segura, incluyendo la disponibilidad de combustible o carga de la batería acordes al vuelo planificado;*
- (c) *se han cumplido todas las tareas de mantenimiento establecidas por el fabricante;*
- (d) *no hay evidencia de interferencia de otras señales de radio que pudieran afectar el control de la RPA, y,*
- (e) *haber recibido la capacitación y entrenamiento adecuado para la operación de la RPA conforme lo establecido en el manual del fabricante.*

XX.175 Funciones de automatización

Si la RPA tiene la capacidad de realizar vuelo automático, esta función podrá ser utilizada solamente si le permite al operador de los controles intervenir en cualquier momento para tomar el control inmediato de la aeronave.

XX.180 Limitaciones

La persona que opera los controles de una RPA es responsable por asegurarse que la misma sea operada de acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante.

XX.185 Operaciones en condiciones de formación de hielo

- (a) Ninguna persona operará una RPA en condiciones de formación de hielo conocida o pronosticada.
- (b) Ninguna persona hará despegar o lanzará una RPA mientras tenga hielo, nieve o cualquier otra forma de contaminación adherida a sus superficies

XX.190 Lanzamiento y rociado

No se realizará ningún lanzamiento o rociado desde una RPA, salvo autorización expresa emitida por la AAC según el Capítulo C.

XX.195 Transporte de mercancías peligrosas

- (a) Las RPAs no transportarán material explosivo, corrosivo, material que represente peligro biológico o cualquier otro tipo de mercancía que, en caso de desprendimiento o filtraciones representen un riesgo para las personas o bienes en la superficie.
- (b) Las RPAs no emitirán luces laser brillantes.

XX.200 Operación desde vehículos en movimiento

Ninguna persona operará los controles de una RPA desde un vehículo en movimiento, a menos

que el vehículo se esté moviendo sobre el agua y esto sea indispensable para su adecuada operación.

XX.205 Procedimientos de emergencia

- (a) La persona que opera los controles de una RPA seguirá los procedimientos establecidos por el fabricante en caso de pérdida del enlace de comunicaciones con la RPA.
- (b) Cuando la persona que opera los controles de una RPA ha perdido el control de la misma en las inmediaciones de un aeródromo o en el espacio aéreo dedicado al tránsito de aeronaves, deberá notificar tal hecho a la autoridad de tránsito aéreo, para que se tomen las medidas correspondientes.

XX.210 Restricciones de vuelo en las proximidades donde se encuentra el Presidente de la República y Vice-Presidente

Ninguna aeronave operará sobre o en la vecindad de cualquier zona a ser visitada o recorrida por el Presidente y Vice-Presidente infringiendo las restricciones establecidas por la AAC o inobservando los requisitos y procedimientos que establezca la Presidencia de la República en la normativa que expida para el efecto.

XX.215 Seguros

El propietario o explotador de las RPA están en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos en la tabla que consta a continuación:

De 02 a 25 Kg. de masa máxima de despegue (MTOW)	USD 3.000,00
De más de 25Kg. masa máxima de despegue (MTOW)	USD 5.000,00

XX.220 Registro

A partir del(fecha)....., todo propietario o explotador de un RPA, cuyo peso sea igual o superior 250 gramos de masa máxima de despegue (MTOW), deberá registrarlo en la Dirección General de Aviación Civil a través de la página institucional www.aviacioncivil.gob.ec, de conformidad con el procedimiento que se expida para el efecto.

XX.225 Requisitos de Aeronavegabilidad

Todo propietario o explotador de un RPA cuyo peso sea mayor a 25kg de MTOW debe obtener el certificado de aeronavegabilidad previo el cumplimiento de los requisitos establecidos para el efecto.

XX.230 Autoridad de inspección

- (a) *Todo propietario o explotador que opere un RPA bajo este Reglamento debe permitir a la DGAC, en cualquier momento y lugar, realizar las inspecciones y chequeos necesarios para determinar el cumplimiento con la Legislación Aeronáutica vigente.*
- (b) *Sin perjuicio de la acción legal que corresponda, el negarse a la inspección o el incumplimiento de cualquiera de los requerimientos o limitaciones establecidos en esta*

Parte constituirá motivo suficiente para que la Dirección General de Aviación Civil, prohíba la operación del RPA por constituir un peligro para la Seguridad operacional. De ser necesario, las autoridades públicas nacionales y locales podrán ser alertadas del particular, a fin de evitar que la actividad de vuelo pretendida constituya una amenaza para la seguridad operacional o se ponga en riesgo a personas y/o propiedades.

XX.235 Intercambio de información

Para el cabal cumplimiento del presente Reglamento, la Dirección General de Aviación Civil, las Fuerzas Armadas y la Policía, definirán las acciones de coordinación para el intercambio institucional de información e interconexión de las bases de datos del registro de las RPAs, buscando la simplificación de procesos y el debido control del acceso a las mismas.

XX.240 Consideración final

Cualquier aspecto no considerado en el presente reglamento, será analizado y resuelto por la Autoridad de Aviación Civil.

Capítulo C: Autorización especial de vuelo**XX.301 Aplicación**

Este capítulo se aplica a la solicitud de autorizaciones especiales de vuelo para operaciones No recreativas con RPA.

XX.305 Solicitud de autorización

- (a) La solicitud de autorización especial para la realización operaciones No recreativas con RPA, deberá remitirse con 10 días hábiles de anticipación y previo el cumplimiento de los requisitos establecidos por la AAC., utilizando para ello el formulario de solicitud, véase Apéndice A.

APENDICE A

SOLICITUD DE AUTORIZACION ESPECIAL DE VUELO RPA			
			Fecha de la solicitud:
Información general del solicitante			
PERSONA NATURAL		PERSONA JURÍDICA	
Nombre completo:		Denominación o razón social:	
Cédula de Identidad:		RUC:	
Dirección domiciliaria:		Domicilio principal:	
E-mail:	Teléfono(s):	E-mail:	Teléfono(s):
Datos de la RPA			
Marca:	Modelo:	Serie:	Peso(MTOW):
Datos de la operación			
Fecha(s) o período de operación:			
Descripción de los equipos o carga a transportar:			
Tipo de actividad que va a desarrollar:			
Coordenadas (área/sector) de la operación:			
Nombres completos de la persona que operará la RPA:			
Otra información adicional:			
*Nota: Es obligatorio adjuntar los Certificados de: Registro, Seguros y Aeronavegabilidad y otras			

autorizaciones de entidades gubernamentales, según corresponda.	
PARA USO DE LA AAC	
SOLICITUD ACEPTADA	SOLICITUD RECHAZADA
<p>*La persona que opera los controles de la RPA debe llevar consigo la presente autorización durante la operación.</p> <p>*La presente autorización es válida solamente para las operaciones y fechas especificadas en los datos del presente formulario.</p> <p>*La autorización emitida por la AAC no exime del cumplimiento de requisitos exigidos por otras entidades gubernamentales.</p> <p>* La presente autorización estará sujeta al estricto cumplimiento de Capítulo B de la RDAC XX..., cualquier incumplimiento será motivo para su revocatoria.</p>	Motivo del rechazo:
FIRMA AUTORIZADA	
FECHA DE AUTORIZACIÓN:	FECHA DE VIGENCIA:

Anexo 3. Normativa de España propuesta por la AESA



EL USO DE LOS DRONES EN ESPAÑA

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESAE) es la entidad responsable de controlar que el uso de aeronaves tripuladas por control remoto en España se realiza en el ámbito de la ley y la seguridad.

El uso de este tipo de aparatos es reciente y por ello, con el objetivo de evitar mal entendidos y posibles incidentes, AESAE quiere aclarar en qué circunstancias y condiciones se pueden usar los drones y en cuales no, y qué consecuencias tiene hacerlo en este último caso.

¿Qué es un dron?

Un dron es una aeronave pilotada por control remoto. Así se llamaba tradicionalmente a algunas de estas aeronaves de uso militar y en la actualidad se ha extendido este nombre a todas las aeronaves pilotadas por control remoto, tanto militares como civiles.

Sin embargo, una aeronave pilotada por control remoto técnicamente se considera dron cuando tienen un uso comercial o profesional. Cuando el uso de estas aeronaves tiene **exclusivamente** un fin deportivo o de recreo, son consideradas Aeromodelos, y se rigen bajo la normativa de éstos.

Hay que subrayar pues que los drones SON AERONAVES. Como tales, están sujetas a la legislación aeronáutica general vigente en España, así como al resto de la normativa aeronáutica.

¿Se pueden usar drones en España?

En España no está permitido el uso de drones para aplicaciones civiles (para uso militar existe una normativa que permite su operación exclusivamente en espacio aéreo segregado).

Es decir, **no está permitido, y nunca lo ha estado, el uso de aeronaves pilotadas por control remoto con fines comerciales o profesionales**, para realizar actividades consideradas trabajos aéreos, como la fotogrametría, agricultura inteligente (detectar en una finca aquellas plantas específicas que necesitarían de una intervención, como riego, fumigación, para optimizar el cultivo), reportajes gráficos de todo tipo, inspección de líneas de alta tensión, ferroviarias,



vigilancia de fronteras, detección de incendios forestales, reconocimiento de los lugares afectados por catástrofes naturales para dirigir las ayudas adecuadamente, etc.

El uso de drones/aeromodelos por particulares para fines deportivos o de recreo

La actividad del Aeromodelismo la regula la Real Federación Aeronáutica de España y además, cada Comunidad Autónoma y cada Municipio puede tener su regulación sobre esta práctica deportiva o lúdica, aunque siempre deben respetar la legislación aeronáutica general.

Los aeromodelos vuelan por debajo de los 100 metros de altura y no pueden volar sobre núcleos urbanos ni sobre grupos de población (playas, conciertos, las calles de cualquier ciudad, etc...). Deben volar en zonas habilitadas para ello. Lo contrario, puede suponer sanciones y se debe denunciar.

Por tanto los particulares que adquieran en una tienda generalista un equipo ligero y de fácil uso con sistema de radiocontrol (R/C) y GPS, con o sin cámara incorporada, o compren un kit para montar un multirroto con autopiloto, con una mini-cámara, o construyan ellos mismos un avión para FPV (vuelo con "visión en primera persona"), con cámara de visión frontal, piloto automático, transmisión de video, sólo podrán usarlo en las zonas habilitadas para ello conforme a la normativa que regula las actividades de aeromodelismo. Deben consultar la normativa de su municipio o comunidad autónoma, además se recomienda que se pongan en contacto con algún club de aeromodelismo de su localidad para poder volar los aeromodelos con seguridad. En ningún caso podrán utilizarlos para una actividad profesional o con carácter comercial.

El uso profesional de los drones/ trabajos aéreos

Como se ha indicado más arriba, en España **no está permitido, y nunca lo ha estado, el uso de aeronaves pilotadas por control remoto con fines comerciales o profesionales**, para realizar actividades consideradas trabajos aéreos, como la fotogrametría, agricultura inteligente (detectar en una finca aquellas plantas específicas que necesitarían de una intervención, como riego, fumigación, para optimizar el cultivo), reportajes gráficos de todo tipo, inspección de



líneas de alta tensión, ferroviarias, vigilancia de fronteras, detección de incendios forestales, reconocimiento de los lugares afectados por catástrofes naturales para dirigir las ayudas adecuadamente, etc.

La realización de trabajos especializados (también llamados trabajos aéreos), como son las filmaciones aéreas, los de vigilancia, de detección y / o extinción de incendios, de cartografía, de inspección, etc., tal como indican los artículos 150 y 151 de la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea, requiere autorización por parte de AESA, y hasta que no esté aprobada la nueva normativa específica que regule el uso de este tipo de aparatos, AESA no puede emitir dichas autorizaciones porque carece de base legal para ello. Por tanto, utilizar drones para la realización de este tipo de trabajos con fines profesionales o comerciales sin autorización es ilegal y está sujeto a la imposición de las correspondientes sanciones.

Lo anterior incluye tanto la realización de ese tipo de trabajos por cuenta de terceros como por cuenta propia con carácter privado.

La legislación aeronáutica general vigente contiene una serie de disposiciones que no hacen posible el vuelo de los drones en la mayor parte de los casos. La regulación específica de estas aeronaves, en la que AESA está trabajando en colaboración con la industria, contendrá disposiciones particulares para ellas, que sustituyan o complementen a las generales y hagan posible su vuelo con determinadas condiciones y limitaciones.

La nueva normativa establecerá una clasificación de estas aeronaves, especificando qué categorías quedarán exentas de disponer de matrícula y certificado de aeronavegabilidad y estableciendo los requisitos para la certificación de las que lo requieran, así como para su fabricación, mantenimiento y operación, y para su acceso al espacio aéreo, determinando en particular en qué lugares y bajo qué condiciones podrán volar, y las medidas de seguridad específicas que puedan requerirse en cada uno de esos lugares.



Mientras no se publique, no se pueden utilizar ese tipo de aeronaves para realizar trabajos aéreos. La Agencia puede dar únicamente autorizaciones puntuales para vuelos de desarrollo o de demostración, así como para los vuelos requeridos para la certificación de estas aeronaves.

La denominada “capa de libre circulación”

Existe la creencia, errónea, de que en la capa de espacio aéreo que se extiende desde el suelo hasta 400 pies se puede volar con estos aparatos sin restricciones. Esta creencia puede tener su origen en que las aeronaves tripuladas deben permanecer normalmente por encima de los 500 pies sobre el terreno, salvo para el despegue y el aterrizaje. Sin embargo, la competencia de AESA sobre la seguridad del espacio aéreo se extiende hasta el suelo.

Vuelo de drones en recintos cerrados

Los recintos completamente cerrados (un pabellón industrial o deportivo, un centro de convenciones, un domicilio particular, etc.) no están sujetos a la jurisdicción de AESA, al no formar parte del espacio aéreo. Los titulares de esos recintos pueden decidir si autorizan el vuelo de drones en su interior y en qué condiciones.

Un estadio de fútbol no tiene la consideración de recinto cerrado, a menos que su cubierta cubra la totalidad de su superficie, sin abertura ninguna.

Las sanciones



La Ley de Seguridad Aérea no incluye una regulación específica para el uso de drones (RPAs), sin embargo, como se ha explicado más arriba, los drones son aeronaves, y su uso se puede sancionar, por la violación de diferentes preceptos, como puede ser:

- En lo que afecta al uso del espacio aéreo controlado, como la intromisión en la zona de un aeropuerto (como ocurre si infringen estas zonas un ala delta o un parapente)
- Se puede sancionar también por realizar sobrevuelos a ciudades o núcleos urbanos y por volar sin un certificado de aeronavegabilidad o por no estar inscritos en el Registro de Matrículas de aeronaves.

Las cuantías de las sanciones propuestas serían proporcionales a los riesgos en que se hubiera incurrido.

Además, en caso de que causen daños a terceros existe la posibilidad de sancionar por la vía penal o civil, como ocurre con cualquier otra actividad.

Madrid, 7 de Abril de 2014

Anexo 4. Norma ISO 9001:2015 traducida al español

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

**NORMA
INTERNACIONAL** **ISO
9001**
Traducción oficial
Official translation
Traduction officielle

Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos

Quality management systems — Requirements

Systèmes de management de la qualité — Exigences

Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza, como traducción oficial en español avalada por el *Translation Management Group*, que ha certificado la conformidad en relación con las versiones inglesa y francesa.



Número de referencia
ISO 9001:2015
(traducción oficial)

© ISO 2015

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**PDF – Exoneración de responsabilidad**

El presente fichero PDF puede contener pólizas de caracteres integradas. Conforme a las condiciones de licencia de Adobe, este fichero podrá ser impreso o visualizado, pero no deberá ser modificado a menos que el ordenador empleado para tal fin disfrute de una licencia que autorice la utilización de estas pólizas y que éstas estén instaladas en el ordenador. Al descargar este fichero, las partes implicadas aceptan de hecho la responsabilidad de no infringir las condiciones de licencia de Adobe. La Secretaría Central de ISO rehusa toda responsabilidad sobre esta cuestión.

Adobe es una marca registrada de Adobe Systems Incorporated.

Los detalles relativos a los productos software utilizados para la creación del presente fichero PDF están disponibles en la sección General Info del fichero. Los parámetros de creación PDF han sido optimizados para la impresión. Se han adoptado todas las medidas pertinentes para garantizar la explotación de este fichero por los comités miembros de ISO. En la eventualidad poco probable de surgir un problema de utilización, sírvase comunicarlo a la Secretaría Central en la dirección indicada a continuación.

**DOCUMENTO PROTEGIDO POR COPYRIGHT**

© ISO 2015

Reservados los derechos de reproducción. Salvo prescripción diferente, no podrá reproducirse ni utilizarse ninguna parte de esta publicación bajo ninguna forma y por ningún medio, electrónico o mecánico, incluidos el fotocopiado y la microfilmación, sin la autorización por escrito recibida de ISO en la siguiente dirección o del organismo miembro de ISO en el país del solicitante.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org
Publicado en Suiza

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Índice	Página
Prólogo	5
0 Introducción	7
1 Objeto y campo de aplicación	12
2 Referencias normativas	12
3 Términos y definiciones	12
4 Contexto de la organización	12
4.1 Comprensión de la organización	12
4.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	13
4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad	13
4.4 Sistema de gestión de la calidad y sus procesos	13
5 Liderazgo	14
5.1 Liderazgo y compromiso	14
5.1.1 Generalidades	14
5.1.2 Enfoque al cliente	15
5.2 Política	15
5.2.1 Establecimiento de la política de la calidad	15
5.2.2 Comunicación de la política de la calidad	15
5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	15
6 Planificación	16
6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades	16
6.2 Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos	16
6.3 Planificación de los cambios	17
7 Apoyo	17
7.1 Recursos	17
7.1.1 Generalidades	17
7.1.2 Personas	18
7.1.3 Infraestructura	18
7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos	18
7.1.5 Recursos de seguimiento y medición	18
7.1.6 Conocimientos de la organización	19
7.2 Competencia	19
7.3 Toma de conciencia	20
7.4 Comunicación	20
7.5 Información documentada	20
7.5.1 Generalidades	20
7.5.2 Creación y actualización	20
7.5.3 Control de la información documentada	21
8 Operación	21
8.1 Planificación y control operacional	21
8.2 Requisitos para los productos y servicios	22
8.2.1 Comunicación con el cliente	22
8.2.2 Determinación de los requisitos para los productos y servicios	22
8.2.3 Revisión de los requisitos para los productos y servicios	23
8.2.4 Cambios en los requisitos para los productos y servicios	23
8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios	23
8.3.1 Generalidades	23
8.3.2 Planificación del diseño y desarrollo	23
8.3.3 Entradas para el diseño y desarrollo	24
8.3.4 Controles del diseño y desarrollo	24

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

8.3.5	Salidas del diseño y desarrollo	24
8.3.6	Cambios del diseño y desarrollo	25
8.4	Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente	25
8.4.1	Generalidades	25
8.4.2	Tipo y alcance del control	25
8.4.3	Información para los proveedores externos	26
8.5	Producción y provisión del servicio	26
8.5.1	Control de la producción y de la provisión del servicio	26
8.5.2	Identificación y trazabilidad	27
8.5.3	Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos	27
8.5.4	Preservación	27
8.5.5	Actividades posteriores a la entrega	28
8.5.6	Control de los cambios	28
8.6	Liberación de los productos y servicios	28
8.7	Control de las salidas no conformes	28
9	Evaluación del desempeño	29
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación	29
9.1.1	Generalidades	29
9.1.2	Satisfacción del cliente	29
9.1.3	Análisis y evaluación	30
9.2	Auditoría interna	30
9.3	Revisión por la dirección	31
9.3.1	Generalidades	31
9.3.2	Entradas de la revisión por la dirección	31
9.3.3	Salidas de la revisión por la dirección	31
10	Mejora	32
10.1	Generalidades	32
10.2	No conformidad y acción correctiva	32
10.3	Mejora continua	33
Anexo A (informativo) Aclaración de la nueva estructura, terminología y conceptos		34
Anexo B (informativo) Otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y sistemas de gestión de la calidad desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176		38
Bibliografía		42

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**Prólogo**

ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico; tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo. ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todas las materias de normalización electrotécnica.

En la parte 1 de las Directivas ISO/IEC se describen los procedimientos utilizados para desarrollar esta norma y para su mantenimiento posterior. En particular debería tomarse nota de los diferentes criterios de aprobación necesarios para los distintos tipos de documentos ISO. Esta norma se redactó de acuerdo con las reglas editoriales de la parte 2 de las Directivas ISO/IEC (véase www.iso.org/directives).

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento puedan estar sujetos a derechos de patente. ISO no asume la responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente. Los detalles sobre cualquier derecho de patente identificado durante el desarrollo de esta norma se indican en la introducción y/o en la lista ISO de declaraciones de patente recibidas (véase www.iso.org/patents).

Cualquier nombre comercial utilizado en esta norma es información que se proporciona para comodidad del usuario y no constituye una recomendación.

Para obtener una explicación sobre el significado de los términos específicos de ISO y expresiones relacionadas con la evaluación de la conformidad, así como información de la adhesión de ISO a los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC) respecto a los Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), véase la siguiente dirección: <http://www.iso.org/iso/fnrewnrd.htm>.

El comité responsable de esta norma es el ISO/TC 176, Gestión y aseguramiento de la calidad, Subcomité SC 2, Sistemas de la calidad.

Esta quinta edición anula y sustituye a la cuarta edición (Norma ISO 9001:2008), que ha sido revisada técnicamente, mediante la adopción de una secuencia de capítulos revisados y la adaptación de los principios de gestión de la calidad revisados y de nuevos conceptos. También anula y sustituye al Corrigendum Técnico ISO 9001:2008/Cor.1:2009.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**Prólogo de la versión en español**

Esta Norma Internacional ha sido traducida por el Grupo de Trabajo *Spanish Translation Task Force* (STTF) del Comité Técnico ISO/TC 176, *Gestión y aseguramiento de la calidad*, en el que participan representantes de los organismos nacionales de normalización y representantes del sector empresarial de los siguientes países:

Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Estados Unidos de América, México, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Igualmente, en el citado Grupo de Trabajo participan representantes de COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) y de INLAC (Instituto Latinoamericano de Aseguramiento de la Calidad).

Esta traducción es parte del resultado del trabajo que el Grupo ISO/TC 176 STTG viene desarrollando desde su creación en el año 1999 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión de la calidad.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**0 Introducción****0.1 Generalidades**

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible.

Los beneficios potenciales para una organización de implementar un sistema de gestión de la calidad basado en esta Norma Internacional son:

- a) la capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
- b) facilitar oportunidades de aumentar la satisfacción del cliente;
- c) abordar los riesgos y oportunidades asociadas con su contexto y objetivos;
- d) la capacidad de demostrar la conformidad con requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados;

Esta Norma Internacional puede ser utilizada por partes internas y externas.

No es la intención de esta Norma Internacional presuponer la necesidad de:

- uniformidad en la estructura de los distintos sistemas de gestión de la calidad;
- alineación de la documentación a la estructura de los capítulos de esta Norma Internacional;
- utilización de la terminología específica de esta Norma Internacional dentro de la organización.

Los requisitos del sistema de gestión de la calidad especificados en esta Norma Internacional son complementarios a los requisitos para los productos y servicios.

Esta Norma Internacional emplea el enfoque a procesos, que incorpora el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y el pensamiento basado en riesgos.

El enfoque a procesos permite a una organización planificar sus procesos y sus interacciones.

El ciclo PHVA permite a una organización asegurarse de que sus procesos cuenten con recursos y se gestionen adecuadamente, y que las oportunidades de mejora se determinen y se actúe en consecuencia.

El pensamiento basado en riesgos permite a una organización determinar los factores que podrían causar que sus procesos y su sistema de gestión de la calidad se desvíen de los resultados planificados, para poner en marcha controles preventivos para minimizar los efectos negativos y maximizar el uso de las oportunidades a medida que surjan (véase el [capítulo A.4](#)).

El cumplimiento permanente de los requisitos y la consideración constante de las necesidades y expectativas futuras, representa un desafío para las organizaciones en un entorno cada vez más dinámico y complejo. Para lograr estos objetivos, la organización podría considerar necesario adoptar diversas formas de mejora además de la corrección y la mejora continua, tales como el cambio abrupto, la innovación y la reorganización.

En esta Norma Internacional, se utiliza las siguientes formas verbales:

- "debe" indica un requisito;
- "debería" indica una recomendación
- "puede" indica un permiso, una posibilidad o una capacidad.

La información identificada como "NOTA" se presenta a modo de orientación para la comprensión o

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

clasificación del requisito correspondiente.

0.2 Principios de la gestión de la calidad

Esta Norma Internacional se basa en los principios de la gestión de la calidad descritos en la Norma ISO 9000. Las descripciones incluyen una declaración de cada principio, una base racional de por qué el principio es importante para la organización, algunos ejemplos de los beneficios asociados. Con el principio y ejemplos de acciones típicas para mejorar el desempeño de la organización cuando se aplique el principio.

Los principios de la gestión de la calidad son:

- Enfoque al cliente;
- liderazgo;
- compromiso de las personas;
- enfoque a procesos;
- mejora;
- toma de decisiones basada en la evidencia;
- gestión de las relaciones.

0.3 Enfoque basado en procesos

0.3.1 Generalidades

Esta Norma Internacional promueve la adopción de un enfoque a procesos al desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los requisitos del cliente. En el apartado 4.4 se incluyen requisitos específicos considerados esenciales para la adopción de un enfoque a procesos.

La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos. Este enfoque permite a la organización controlar las interrelaciones e interdependencias entre los procesos del sistema, de modo que se pueda mejorar el desempeño global de la organización.

El enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones, con el fin de alcanzar los resultados previstos de acuerdo con la política de la calidad y la dirección estratégica de la organización. La gestión de los procesos y el sistema en su conjunto puede alcanzarse utilizando el ciclo PHVA (véase 0.3.2) con un enfoque global de pensamiento basado en riesgos (véase 0.3.3) dirigido a aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados.

La aplicación del enfoque a procesos en un sistema de gestión de la calidad permite:

- a) la comprensión y el cumplimiento de los requisitos de manera coherente;
- b) la consideración de los procesos en términos de valor agregado;
- c) el logro de un desempeño del proceso eficaz;
- d) la mejora de los procesos con base en la evaluación de los datos y la información.

La [Figura 1](#) proporciona una representación esquemática de cualquier proceso y muestra la interacción de sus elementos. Los puntos de control del seguimiento y la medición, que son necesarios para el control, son específicos para cada proceso y variarán dependiendo de los riesgos relacionados.

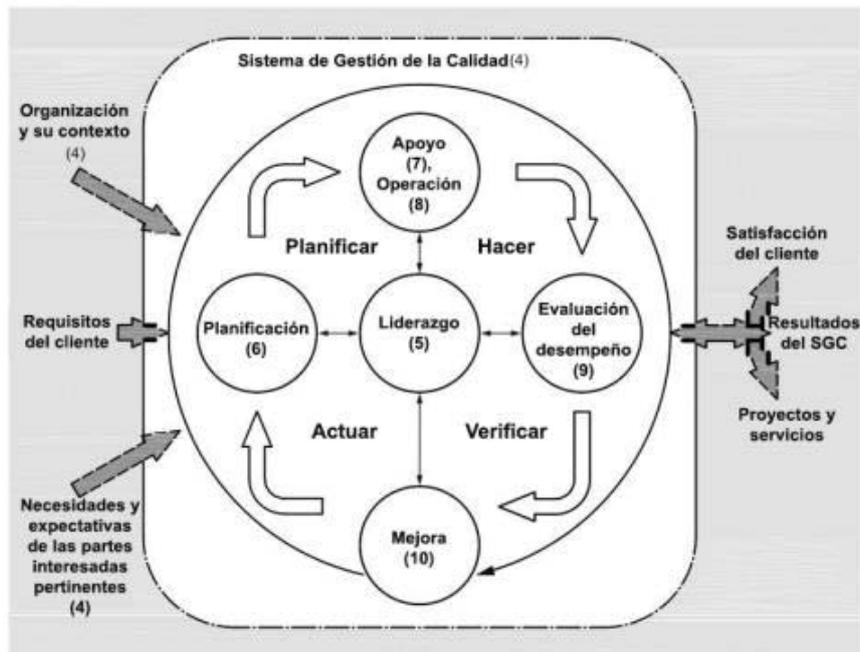
ISO 9001:2015 (traducción oficial)



Figura 1 — Representación esquemática de los elementos de un proceso

0.3.2 Ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar

El ciclo PHVA puede aplicarse a todos los procesos y al sistema de gestión de la calidad como un todo. La Figura 2 ilustra cómo los Capítulos 4 a 10 pueden agruparse en relación con el ciclo PHVA.



Nota Los números en paréntesis hacen referencia a los capítulos de esta Norma Internacional.

Figura 2 — Representación de la estructura de esta Norma Internacional con el ciclo PHVA

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

El ciclo PHVA puede describirse brevemente como sigue:

- **Planificar:** establecer los objetivos del sistema y sus procesos, y los recursos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización, e identificar y abordar los riesgos y las oportunidades;
- **Hacer:** implementar lo planificado;
- **Verificar:** realizar el seguimiento y (cuando sea aplicable) la medición de los procesos y los productos y servicios resultantes respecto a las políticas, los objetivos, los requisitos y las actividades planificadas, e informar sobre los resultados;
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar el desempeño, cuando sea necesario

0.3.3 Pensamiento basado en riesgos

El pensamiento basado en riesgos (véase el [Capítulo A.4](#)) es esencial para lograr un sistema de gestión de la calidad eficaz. El concepto de pensamiento basado en riesgos ha estado implícito en ediciones anteriores de esta Norma Internacional, incluyendo, por ejemplo, llevar a cabo acciones preventivas para eliminar no conformidades potenciales, analizar cualquier no conformidad que ocurra, y tomar acciones que sean apropiadas para los efectos de la no conformidad para prevenir su recurrencia.

Para ser conforme con los requisitos de esta Norma Internacional, una organización necesita planificar e implementar acciones para abordar los riesgos y las oportunidades. Abordar tanto los riesgos como las oportunidades establece una base para aumentar la eficacia del sistema de gestión de la calidad, alcanzar mejores resultados y prevenir los efectos negativos.

Las oportunidades pueden surgir como resultado de una situación favorable para lograr un resultado previsto, por ejemplo, un conjunto de circunstancias que permita a la organización atraer clientes, desarrollar nuevos productos y servicios, reducir los residuos o mejorar la productividad. Las acciones para abordar las oportunidades también pueden incluir la consideración de los riesgos asociados. El riesgo es el efecto de la incertidumbre y dicha incertidumbre puede tener efectos positivos o negativos. Una desviación positiva que surge de un riesgo puede proporcionar una oportunidad, pero no todos los efectos positivos del riesgo tienen como resultado oportunidades.

0.4 Relación con otras normas de sistemas de gestión

Esta Norma Internacional aplica el marco de referencia desarrollado por ISO para mejorar el alineamiento entre sus Normas Internacionales para sistemas de gestión (véase el [Capítulo A.1](#)).

Esta Norma Internacional permite a una organización utilizar el enfoque a procesos, en conjunto con el ciclo PHVA y el pensamiento basado en riesgos, para alinear o integrar su sistema de gestión de la calidad con los requisitos de otras normas de sistemas de gestión.

Esta Norma internacional se relaciona con la Norma ISO 9000 y la Norma ISO 9004 como sigue:

- ISO 9000 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario, proporciona una referencia esencial para la comprensión e implementación adecuadas de esta Norma Internacional.
- ISO 9004 Gestión para el éxito sostenido de una organización. — Enfoque de gestión de la calidad, proporciona orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de los requisitos de esta Norma Internacional.

El [Anexo B](#) proporciona detalles de otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y sistemas de gestión de la calidad que han sido desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

Esta Norma Internacional no incluye requisitos específicos de otros sistemas de gestión, tales como

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

aquellos para la gestión ambiental, la gestión de la salud y seguridad ocupacional o la gestión financiera.

Para varios sectores se han desarrollado normas del sistema de gestión de la calidad específicas del sector, basadas en los requisitos de esta Norma Internacional. Algunas de estas normas especifican requisitos adicionales del sistema de gestión de la calidad, mientras que otras se limitan a proporcionar orientación para la aplicación de esta Norma Internacional dentro del sector particular.

En la página web de acceso abierto del Comité Técnico ISO/TC 176/SC 2 en: www.iso.org/tc176/sc02/public, puede encontrarse una matriz que muestra la correlación entre los capítulos de esta Norma Internacional y la edición anterior (ISO 9001:2008).

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos

1 Objeto y campo de aplicación

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad cuando una organización:

- a) necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y
- b) aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño y el producto suministrado.

NOTA 1 En esta Norma Internacional, los términos «producto» o «servicio» se aplican únicamente a productos y servicios destinados a un cliente o solicitados por él.

NOTA 2 El concepto que en la versión en inglés se expresa como "statutory and regulatory requirements" en esta versión en español se ha traducido como requisitos legales y reglamentarios

2 Referencias normativas

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son normas para consulta indispensables para la aplicación de este documento. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 9000:2015, *Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*.

3 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma ISO 9000:2015.

4 Contexto de la organización

4.1 Conocimiento de la organización y de su contexto

La organización debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y su dirección estratégica y que afectan a su capacidad para lograr los resultados previstos de su sistema de gestión de la calidad.

La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas.

NOTA 1 Las cuestiones pueden incluir factores positivos y negativos o condiciones para su consideración.

NOTA 2 La comprensión del contexto externo puede verse facilitado al considerar cuestiones que surgen de los entornos legal, tecnológico, competitivo, de mercado, cultural, social y económico, ya sea internacional, nacional, regional o local.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

NOTA 3 La comprensión del contexto interno puede verse facilitada al considerar cuestiones relativas a los valores, la cultura, los conocimientos y el desempeño de la organización

4.2 Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas

Debido a su efecto o efecto potencial en la capacidad de la organización de proporcionar regularmente productos y servicios que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, la organización debe determinar:

- a) las partes interesadas que son pertinentes al sistema de gestión de la calidad;
- b) los requisitos pertinentes de estas partes interesadas para el sistema de gestión de la calidad.

La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas partes interesadas y sus requisitos pertinentes.

4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la calidad

La organización debe determinar los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión de la calidad para establecer su alcance.

Cuando se determina este alcance, la organización debe considerar:

- a) las cuestiones externas e internas referidas en el apartado 4.1;
- b) los requisitos de las partes interesadas pertinentes indicados en el apartado 4.2;
- c) los productos y servicios de la organización.

La organización debe aplicar todos los requisitos de esta Norma Internacional si son aplicables en el alcance determinado de su sistema de gestión de la calidad.

El alcance del sistema de gestión de la calidad de la organización debe estar disponible y mantenerse como información documentada. El alcance debe establecer los tipos de productos y servicios cubiertos, y proporcionar la justificación para cualquier requisito de esta Norma Internacional que la organización determine que no es aplicable para el alcance de su sistema de gestión de la calidad.

La conformidad con esta Norma Internacional sólo se puede declarar si los requisitos determinados como no aplicables no afectan a la capacidad o a la responsabilidad de la organización de asegurarse de la conformidad de sus productos y servicios y del aumento de la satisfacción del cliente.

4.4 Sistema de gestión de la calidad y sus procesos

4.4.1 La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión de la calidad, incluidos los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

La organización debe determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización, y debe:

- a) determinar las entradas requeridas y las salidas esperadas de estos procesos;
- b) determinar la secuencia e interacción de estos procesos;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- c) determinar y aplicar los criterios y los métodos (incluyendo el seguimiento, las mediciones y los indicadores del desempeño relacionados) necesarios para asegurarse de la operación eficaz y el control de estos procesos;
- d) determinar los recursos necesarios para estos procesos y asegurarse de su disponibilidad;
- e) asignar las responsabilidades y autoridades para estos procesos;
- f) abordar los riesgos y oportunidades determinados de acuerdo con los requisitos del apartado 6.1;
- g) evaluar estos procesos e implementar cualquier cambio necesario para asegurarse de que estos procesos logran los resultados previstos;
- h) mejorar los procesos y el sistema de gestión de la calidad.

4.4.2 En la medida en que sea necesario, la organización debe:

- a) mantener información documentada para apoyar la operación de sus procesos;
- b) conservar la información documentada para tener la confianza de que los procesos se realizan según lo planificado.

5 Liderazgo**5.1 Liderazgo y compromiso****5.1.1 Generalidades**

La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al sistema de gestión de la calidad:

- a) asumiendo la responsabilidad y obligación de rendir cuentas con relación a la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- b) asegurándose de que se establezcan la política de la calidad y los objetivos de la calidad para el sistema de gestión de la calidad, y que éstos sean compatibles con el contexto y la dirección estratégica de la organización;
- c) asegurándose de la integración de los requisitos del sistema de gestión de la calidad en los procesos de negocio de la organización;
- d) promoviendo el uso del enfoque a procesos y el pensamiento basado en riesgos;
- e) asegurándose de que los recursos necesarios para el sistema de gestión de la calidad estén disponibles;
- f) comunicando la importancia de una gestión de la calidad eficaz y conforme con los requisitos del sistema de gestión de la calidad;
- g) asegurándose de que el sistema de gestión de la calidad logre los resultados previstos;
- h) comprometiendo, dirigiendo y apoyando a las personas, para contribuir a la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- i) promoviendo la mejora;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- j) apoyando otros roles pertinentes de la dirección, para demostrar su liderazgo en la forma en la que aplique a sus áreas de responsabilidad.

NOTA. En ésta Norma Internacional se puede interpretar el término "negocio" en su sentido más amplio, es decir, Referido a aquellas actividades que son esenciales para la existencia de la organización; tanto si la organización es pública, privada, con o sin fines de lucro.

5.1.2 Enfoque al cliente

La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto al enfoque al cliente asegurándose de que:

- a) se determinan, se comprenden y se cumplen regularmente los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
- b) se determinan y se consideran los riesgos y oportunidades que pueden afectar a la conformidad de los productos y servicios y a la capacidad de aumentar la satisfacción del cliente;
- c) se mantiene el enfoque en el aumento de la satisfacción del cliente.

5.2 Política**5.2.1 Establecimiento de la política de la calidad**

La alta dirección debe establecer, implementar y mantener una política de la calidad que:

- a) sea apropiada al propósito y contexto de la organización y apoye su dirección estratégica;
- b) proporcione un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad;
- c) incluya un compromiso de cumplir los requisitos aplicables;
- d) incluya un compromiso de mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

5.2.2 Comunicación de la política de la calidad

La política de la calidad debe:

- a) estar disponible y mantenerse como información documentada;
- b) comunicarse, entenderse y aplicarse dentro de la organización;
- c) estar disponible para las partes interesadas pertinentes; según corresponda.

5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización

La alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen, se comuniquen y se entiendan en toda la organización.

La alta dirección debe asignar la responsabilidad y autoridad para:

- a) asegurarse de que el sistema de gestión de la calidad es conforme con los requisitos de esta Norma Internacional;
- b) asegurarse de que los procesos están generando y proporcionando las salidas previstas;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- c) informar, en particular, a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad y sobre las oportunidades de mejora (véase 10.1);
- d) asegurarse de que se promueve el enfoque al cliente en toda la organización;
- e) asegurarse de que la integridad del sistema de gestión de la calidad se mantiene cuando se planifican e implementan cambios en el sistema de gestión de la calidad.

6 Planificación**6.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades**

6.1.1 Al planificar el sistema de gestión de la calidad, la organización debe considerar las cuestiones referidas en el apartado 4.1 y los requisitos referidos en el apartado 4.2, y determinar los riesgos y oportunidades que es necesario abordar con el fin de:

- a) asegurar que el sistema de gestión de la calidad pueda lograr sus resultados previstos;
- b) aumentar los efectos deseables;
- c) prevenir o reducir efectos no deseados;
- d) lograr la mejora

6.1.2 La organización debe planificar:

- a) las acciones para abordar estos riesgos y oportunidades;
- b) la manera de:
 - 1) integrar e implementar las acciones en sus procesos del sistema de gestión de la calidad (véase 4.4.);
 - 2) evaluar la eficacia de estas acciones.

Las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades deben ser proporcionales al impacto potencial en la conformidad de los productos y los servicios.

NOTA 1 Las opciones para abordar los riesgos pueden incluir: evitar riesgos, asumir riesgos para perseguir una oportunidad, eliminar la fuente de riesgo, cambiar la probabilidad y las consecuencias, compartir el riesgo o mantener riesgos mediante decisiones informadas.

NOTA 2 Las oportunidades pueden conducir a la adopción, de nuevas prácticas, lanzamiento de nuevos productos, apertura de nuevos mercados, acercamiento a nuevos clientes, establecimiento de asociaciones, utilización de nuevas tecnologías y otras posibilidades deseables y viables para abordar las necesidades de la organización o las de sus clientes

6.2 Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos

6.2.1 La organización debe establecer objetivos de la calidad para las funciones y niveles pertinentes y los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad.

Los objetivos de la calidad deben:

- a) ser coherentes con la política de la calidad;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- b) ser medibles;
- c) tener en cuenta los requisitos aplicables;
- d) ser pertinentes para la conformidad de los productos y servicios y para el aumento de la satisfacción del cliente;
- e) ser objeto de seguimiento;
- f) comunicarse;
- g) actualizarse, Según corresponda

La organización debe mantener información documentada sobre los objetivos de la calidad.

6.2.2 Al planificar cómo lograr sus objetivos de la calidad, la organización debe determinar:

- a) qué se va a hacer;
- b) qué recursos se requerirán;
- c) quién será responsable;
- d) cuándo se finalizará;
- e) cómo se evaluarán los resultados

6.3 Planificación de los cambios

Cuando la organización determine la necesidad de cambios en el sistema de gestión de la calidad, estos cambios se deben llevar a cabo de manera planificada (véase 4.4).

La organización debe considerar:

- a) el propósito de los cambios y sus consecuencias potenciales;
- b) la integridad del sistema de gestión de la calidad;
- c) la disponibilidad de recursos;
- d) la asignación o reasignación de responsabilidades y autoridades.

7 Apoyo**7.1 Recursos****7.1.1 Generalidades**

La organización debe determinar y proporcionar los recursos-necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar:

- a) las capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- b) qué se necesita obtener de los proveedores externos.

7.1.2 Personas

La organización debe determinar y proporcionar las personas necesarias para la implementación eficaz de su sistema de gestión de la calidad y para la operación y control de sus procesos.

7.1.3 Infraestructura

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para la operación de sus procesos y lograr la conformidad de los productos y servicios.

NOTA La infraestructura puede incluir:

- a) edificios y servicios asociados;
- b) equipo, incluyendo hardware y software;
- c) recursos de transporte;
- d) tecnología de la información y la comunicación.

7.1.4 Ambiente para la operación de los procesos

La organización debe determinar, proporcionar y mantener el ambiente necesario para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.

NOTA Un ambiente adecuado puede ser una combinación de factores humanos y físicos, tales como:

- a) sociales (por ejemplo, no discriminatorio, ambiente tranquilo, libre de conflictos);
- b) psicológicos (por ejemplo, reducción del estrés, prevención del síndrome de agotamiento, cuidado de las emociones);
- c) físicos (por ejemplo, temperatura, calor, humedad, iluminación, circulación del aire, higiene, ruido). Estos factores pueden diferir sustancialmente dependiendo de los productos y servicios suministrados.

7.1.5 Recursos de seguimiento y medición**7.1.5.1 Generalidades**

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para asegurarse de la validez y fiabilidad de los resultados cuando se realice el seguimiento o la medición para verificar la conformidad de los productos y servicios con los requisitos.

La organización debe asegurarse de que los recursos proporcionados:

- a) son apropiados para el tipo específico de actividades de seguimiento y medición realizadas;
- b) se mantienen para asegurarse de la idoneidad continua para su propósito.

La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de que los recursos de seguimiento y medición son idóneos para su propósito.

7.1.5.2 Trazabilidad de las mediciones

Cuando la trazabilidad de las mediciones es un requisito, o es considerada por la organización como parte esencial para proporcionar confianza en la validez de los resultados de la medición, el equipo de medición debe:

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- a) calibrarse o verificarse, o ambas, a intervalos especificados, o antes de su utilización, contra patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales; cuando no existan tales patrones, debe conservarse como información documentada la base utilizada para la calibración o la verificación;
- b) identificarse para determinar su estado;
- c) protegerse contra ajustes, daño o deterioro que pudieran invalidar el estado de calibración y los posteriores resultados de la medición.

La organización debe determinar si la validez de los resultados de medición previos se ha visto afectada de manera adversa cuando el equipo de medición se considere no apto para su propósito previsto, y debe tomar las acciones adecuadas cuando sea necesario.

7.1.6 Conocimientos de la organización

La organización debe determinar los conocimientos necesarios para la operación de sus procesos y para lograr la conformidad de los productos y servicios.

Estos conocimientos deben mantenerse y ponerse a disposición en la medida en que sea necesario.

Cuando se abordan las necesidades y tendencias cambiantes, la organización debe considerar sus conocimientos Actuales y determinar cómo adquirir o acceder a los conocimientos adicionales necesarias y las actualizaciones requeridas.

NOTA 1 Los conocimientos de la organización son conocimientos específicos que la organización adquiere generalmente con la experiencia. Es información que se utiliza y se comparte para lograr los objetivos de la organización.

NOTA 2 Los conocimientos de la organización pueden basarse en:

- a) fuentes internas (por ejemplo, propiedad intelectual; conocimientos adquiridos con la experiencia; lecciones aprendidas de los fracasos y de proyectos de éxito; capturar y compartir conocimientos y experiencia no documentados; los resultados de las mejoras en los procesos, productos y servicios);
- b) fuentes externas (por ejemplo, normas; academia; conferencias; recopilación de conocimientos provenientes de clientes o proveedores externos).

7.2 Competencia

La organización debe:

- a) determinar la competencia necesaria de las personas que realizan, bajo su control, un trabajo que afecta al desempeño y eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- b) asegurarse de que estas personas sean competentes, basándose en la educación, formación o experiencia apropiadas;
- c) cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la eficacia de las acciones tomadas;
- d) conservar la información documentada apropiada como evidencia de la competencia.

NOTA Las acciones aplicables pueden incluir, por ejemplo, la formación, la tutoría o la reasignación de las personas empleadas actualmente; o la contratación o subcontratación de personas competentes.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**7.3 Toma de conciencia**

La organización debe asegurarse de que las personas que realizan el trabajo bajo el control de la organización tomen conciencia de:

- a) la política de la calidad;
- b) los objetivos de la calidad pertinentes;
- c) su contribución a la eficacia del sistema de gestión de la calidad, incluidos los beneficios de una mejora del desempeño;
- d) las implicaciones del incumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de la calidad.

7.4 Comunicación

La organización debe determinar las comunicaciones internas y externas pertinentes al sistema de gestión de la calidad, que incluyan:

- a) que comunicar;
- b) cuándo comunicar;
- c) a quién comunicar;
- d) cómo comunicar;
- e) quién comunica.

7.5 Información documentada**7.5.1 Generalidades**

El sistema de gestión de la calidad de la organización debe incluir:

- a) la información documentada requerida por esta Norma Internacional;
- b) la información documentada que la organización determina como necesaria para la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

NOTA La extensión de la información documentada para un sistema de gestión de la calidad puede variar de una organización a otra, debido a:

- el tamaño de la organización y a su tipo de actividades, procesos, productos y servicios;
- la complejidad de los procesos y sus interacciones;
- la competencia de las personas.

7.5.2 Creación y actualización

Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse de que lo siguiente sea apropiado:

- a) la identificación y descripción (por ejemplo, título, fecha, autor o número de referencia);
- b) el formato (por ejemplo, idioma, versión del software, gráficos) y los medios de soporte (por ejemplo, papel, electrónico);

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- c) la revisión y aprobación con respecto a la conveniencia y adecuación.

7.5.3 Control de la información documentada

7.5.3.1 La información documentada requerida por el sistema de gestión de la calidad y por esta Norma Internacional se debe controlar para asegurarse de que:

- a) esté disponible y sea idónea para su uso, donde y cuando se necesite;
- b) esté protegida adecuadamente (por ejemplo, contra pérdida de la confidencialidad, uso inadecuado o pérdida de integridad).

7.5.3.2 Para el control de la información documentada, la organización debe abordar las siguientes actividades, según corresponda:

- a) distribución, acceso, recuperación y uso;
- b) almacenamiento y preservación, incluida la preservación de la legibilidad;
- c) control de cambios (por ejemplo, control de versión);
- d) conservación y disposición.

La información documentada de origen externo, que la organización determina como necesaria para la planificación y operación del sistema de gestión de la calidad, se debe identificar, según sea apropiado, y controlar.

La información documentada conservada como evidencia de la conformidad debe protegerse contra modificaciones no intencionadas.

NOTA El acceso puede implicar una decisión en relación al permiso, solamente para consultar la información documentada, o al permiso y a la autoridad para consultar y modificar la información documentada.

8 Operación**8.1 Planificación y control operacional**

La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos (véase 4.4) necesarios para cumplir los requisitos para la provisión de productos y servicios, y para implementar las acciones determinadas en el [capítulo 6](#) mediante:

- a) la determinación de los requisitos para los productos y servicios;
- b) el establecimiento de criterios para:
 - 1) los procesos;
 - 2) la aceptación de los productos y servicios;
- c) la determinación de los recursos necesarios para lograr la conformidad con los requisitos de los productos y servicios;
- d) la implementación del control de los procesos de acuerdo con los criterios;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

e) la determinación, el mantenimiento y la conservación de la información documentada en la extensión necesaria para:

- 1) tener confianza en que los procesos se han llevado a cabo según lo planificado;
- 2) demostrar la conformidad de los productos y servicios con sus requisitos.

La salida de esta planificación debe ser adecuada para las operaciones de la organización.

La organización debe controlar los cambios planificados y revisar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para mitigar cualquier efecto adverso, según sea necesario.

La organización debe asegurarse de que los procesos contratados externamente estén controlados (véase 8.4).

8.2 Requisitos para los productos y servicios**8.2.1 Comunicación con el cliente**

La comunicación con los clientes debe incluir:

- a) proporcionar la información relativa a los productos y servicios;
- b) tratar las consultas, los contratos o los pedidos, incluyendo los cambios;
- c) obtener la retroalimentación de los clientes relativa a los productos y servicios incluyendo las quejas de los clientes;
- d) manipular o controlar la propiedad del cliente;
- e) establecer los requisitos específicos para las acciones de contingencia, cuando sea pertinente.

8.2.2 Determinación de los requisitos para los productos y servicios

Cuando se determinan los requisitos de los productos y servicios que se van a ofrecer a los clientes, la organización debe asegurarse de que:

- a) los requisitos para los productos y servicios se definen, incluyendo:
 - 1) cualquier requisito legal y reglamentario aplicable;
 - 2) aquellos considerados necesarios por la organización;
- b) la organización puede cumplir con las declaraciones acerca de los productos y servicios que ofrece.

8.2.3 Revisión de los requisitos para los productos y servicios

8.2.3.1 La organización debe asegurarse de que tiene la capacidad de cumplir los requisitos para los productos y servicios que se van a ofrecer a los clientes. La organización debe llevar a cabo una revisión antes de comprometerse a suministrar productos y servicios a un cliente, para incluir:

- a) los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las Actividades de entrega y las posteriores a la misma;
- b) los requisitos no establecidos por el cliente, pero necesarios para el uso especificado o previsto, cuando sea conocido;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- c) los requisitos especificados por la organización;
- d) los requisitos legales y reglamentarios aplicables a los productos y servicios;
- e) las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente.

La organización debe asegurarse de que se resuelven las diferencias existentes entre los requisitos del contrato o pedido y los expresados previamente.

La organización debe confirmar los requisitos del cliente antes de la aceptación, cuando el cliente no proporcione una declaración documentada de sus requisitos

NOTA En algunas ocasiones, como las ventas por internet, es irrealizable llevar a cabo una revisión formal para cada pedido. En su lugar la revisión puede cubrir la información del producto pertinente, como catálogos.

8.2.3.2 La organización debe conservar- la información documentada, cuando sea aplicable:

- a) sobre los resultados de la revisión;
- b) sobre cualquier requisito nuevo para los productos y servicios.

8.2.4 Cambios en los requisitos para los productos y servicios

La organización debe asegurarse de que, cuando se cambien los requisitos para los productos y servicios, la información; documentada pertinente sea modificada, y de que las personas pertinentes sean conscientes de los requisitos modificados.

8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios**8.3.1 Generalidades**

La organización debe establecer, implementar y mantener un proceso de diseño y desarrollo que sea adecuado para asegurarse de la posterior provisión de productos y servicios.

8.3.2 Planificación del diseño y desarrollo

Al determinar las etapas y controles para el diseño y desarrollo, la organización debe considerar:

- a) La naturaleza, duración y complejidad de las actividades de diseño y desarrollo;
- b) las etapas del proceso requeridas, incluyendo las revisiones del diseño y desarrollo aplicables;
- c) las actividades requeridas de verificación y validación del diseño y desarrollo;
- d) las responsabilidades y autoridades involucradas en el proceso de diseño y desarrollo;
- e) las necesidades de recursos internos y externos para el diseño y desarrollo de los productos y servicios;
- f) la necesidad de controlar las interfaces entre las personas que participan activamente en el proceso de diseño y desarrollo;
- g) la necesidad de la participación activa de los clientes y usuarios en el proceso de diseño y desarrollo;
- h) los requisitos para la posterior provisión de productos y servicios;
- i) el nivel de control del proceso de diseño y desarrollo esperado por los clientes y otras partes

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

interesadas pertinentes;

- j) la información documentada necesaria para demostrar que se han cumplido los requisitos del diseño y desarrollo.

8.3.3 Entradas para el diseño y desarrollo

La organización debe determinar los requisitos esenciales para los tipos específicos de productos y servicios a diseñar y desarrollar. La organización debe considerar:

- a) los requisitos funcionales y de desempeño;
- b) la información proveniente de actividades previas de diseño y desarrollo similares;
- c) los requisitos legales y reglamentarios;
- d) normas o códigos de prácticas que la organización se ha comprometido a implementar;
- e) las consecuencias potenciales de fallar debido a la naturaleza de los productos y servicios.

Las entradas deben ser adecuadas para los fines del diseño y desarrollo, estar completas y sin ambigüedades.

Las entradas del diseño y desarrollo contradictorias deben resolverse.

La organización debe conservar la información documentada sobre las entradas del diseño y desarrollo.

8.3.4 Controles del diseño y desarrollo

La organización debe aplicar controles al proceso de diseño y desarrollo para asegurarse de que:

- a) se definen los resultados a lograr;
- b) se realizan las revisiones para evaluar la capacidad de los resultados del diseño y desarrollo para cumplir los requisitos;
- c) se realizan actividades de verificación para asegurarse de que las salidas del diseño y desarrollo cumplen los requisitos de las entradas;
- d) se realizan actividades de validación para asegurarse de que los productos y servicios resultantes satisfacen los requisitos para su aplicación especificada o uso previsto;
- e) se toma cualquier acción necesaria sobre los problemas determinados durante las revisiones, o las actividades de verificación y validación;
- f) se conserva la información documentada de estas actividades.

NOTA Las revisiones, la verificación y la validación del diseño y desarrollo tienen propósitos distintos. Pueden realizarse de forma separada o en cualquier combinación, según sea idóneo para los productos y servicios de la organización.

8.3.5 Salidas del diseño y desarrollo

La organización debe asegurarse de que las salidas del diseño y desarrollo:

- a) cumplen los requisitos de las entradas;

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- b) son adecuadas para los procesos posteriores para la provisión de productos y servicios;
- c) incluyen o hacen referencia a los requisitos de seguimiento y medición, cuando sea apropiado, y a los criterios de aceptación;
- d) especifican las características de los productos y servicios que son esenciales para su propósito previsto y su provisión segura y correcta.

La organización debe conservar información documentada sobre las salidas del diseño y desarrollo.

8.3.6 Cambios del diseño y desarrollo

La organización debe identificar, revisar y controlar los cambios hechos durante el diseño y desarrollo de los productos y servicios, o posteriormente en la medida necesaria para asegurarse de que no haya un impacto adverso en la conformidad con los requisitos.

La organización debe conservar la información documentada sobre:

- a) los cambios del diseño y desarrollo;
- b) los resultados de las revisiones;
- c) la autorización de los cambios;
- d) las acciones tomadas para prevenir los impactos adversos.

8.4 Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente**8.4.1 Generalidades**

La organización debe asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente son conformes a los requisitos.

La organización debe determinar los controles a aplicar a los procesos, productos y servicios suministrados externamente cuando:

- a) los productos y servicios de proveedores externos están destinados a incorporarse dentro de los propios productos y servicios de la organización;
- b) los productos y servicio son proporcionados directamente a los clientes por proveedores externos en nombre de la organización;
- c) un proceso, o una parte de un proceso, es proporcionado por un proveedor externo como resultado de una decisión de la organización.

La organización debe determinar y aplicar criterios para la evaluación, la selección, el seguimiento del desempeño y la reevaluación de los proveedores externos, basándose en su capacidad para proporcionar procesos o productos y servicios de acuerdo con los requisitos. La organización debe conservar la información documentada de estas actividades y de cualquier acción necesaria que surja de las evaluaciones.

8.4.2 Tipo y alcance del control

La organización debe asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente no afectan de manera adversa a la capacidad de la organización de entregar productos y servicios

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

conformes de manera coherente a sus clientes.

La organización debe:

- a) asegurarse de que los procesos suministrados externamente permanecen dentro del control de su sistema de gestión de la calidad;
- b) definir los controles que pretende aplicar a un proveedor externo y los que pretende aplicar a las salidas resultantes;
- c) tener en consideración:
 - 1) el impacto potencial de los procesos, productos y servicios suministrados externamente en la capacidad de la organización de cumplir regularmente los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables;
 - 2) la eficacia de los controles aplicados por el proveedor externo;
- d) determinar la verificación, u otras actividades necesarias para asegurarse de que los procesos, productos y servicios suministrados externamente cumplen los requisitos.

8.4.3 Información para los proveedores externos

La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos antes de su comunicación al proveedor externo.

La organización debe comunicar a los proveedores externos sus requisitos para:

- a) los procesos, productos y servicios a proporcionar;
- b) la aprobación de:
 - 1) productos y servicios;
 - 2) métodos, procesos y equipos;
 - 3) la liberación de productos y servicios;
- c) la competencia, incluyendo cualquier calificación requerida de las personas;
- d) las interacciones del proveedor externo con la organización;
- e) el control y el seguimiento del desempeño del proveedor externo a aplicar por parte de la organización;
- f) las actividades de verificación o validación que la organización, o su cliente, pretende llevar a cabo en las instalaciones del proveedor externo.

8.5 Producción y provisión del servicio**8.5.1 Control de la producción y de la provisión del servicio**

La organización debe implementar la producción y provisión del servicio bajo condiciones controladas.

Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable:

- a) la disponibilidad de información documentada que defina:
 - 1) las características de los productos a producir, los servicios a prestar, o las actividades a

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- desempeñar;
- 2) los resultados a alcanzar;
- b) la disponibilidad y el uso de los recursos de seguimiento y medición adecuados;
 - c) la implementación de actividades de seguimiento y medición en las etapas apropiadas para verificar que se cumplen los criterios para el control de los procesos o sus salidas, y los criterios de aceptación para los productos y servicios;
 - d) el uso de la infraestructura y el entorno adecuados para la operación de los procesos;
 - e) la designación de personas competentes, incluyendo cualquier calificación requerida;
 - f) la validación y revalidación periódica de la capacidad para alcanzar los resultados planificados de los procesos de producción y de prestación del servicio, cuándo las salidas resultantes no puedan verificarse mediante actividades de seguimiento o medición posteriores;
 - g) la implementación de acciones para prevenir los errores humanos;
 - h) la implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

8.5.2 Identificación y trazabilidad

La organización debe utilizar los medios apropiados para identificar las salidas, cuando sea necesario, para asegurar la conformidad de los productos y servicios.

La organización debe identificar el estado de las salidas con respecto a los requisitos de seguimiento y medición a través de la producción y prestación del servicio.

La organización debe controlar la identificación única de las salidas cuando la trazabilidad sea un requisito, y debe conservar la información documentada necesaria para permitir la trazabilidad.

8.5.3 Propiedad perteneciente a los clientes o proveedores externos

La organización debe cuidar la propiedad perteneciente a los clientes o a proveedores externos mientras esté bajo el control de la organización o esté siendo utilizado por la misma.

La organización debe identificar, verificar, proteger y salvaguardar la propiedad de los clientes o de los proveedores externos suministrada para su utilización o incorporación dentro de los productos y servicios.

Cuando la propiedad de un cliente o de un proveedor externo se pierda, deteriore o de algún otro modo se considere inadecuada para su uso, la organización debe informar de esto al cliente o proveedor externo y conservar la información documentada sobre lo ocurrido.

NOTA La propiedad de un cliente o de un proveedor externo puede incluir materiales, componentes, herramientas y equipos, instalaciones, propiedad intelectual y datos personales.

8.5.4 Preservación

La organización debe preservar las salidas durante la producción y prestación del servicio, en la medida necesaria para asegurarse de la conformidad con los requisitos.

NOTA La preservación puede incluir la identificación, la manipulación, el control de la contaminación, el embalaje, el almacenamiento, la transmisión de la información o el transporte, y la protección.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**8.5.5 Actividades posteriores a la entrega**

La organización debe cumplir los requisitos para las actividades posteriores a la entrega asociadas con los productos y servicios.

Al determinar el alcance de las actividades posteriores a la entrega que se requieren, la organización debe considerar:

- a) los requisitos legales y reglamentarios;
- b) las consecuencias potenciales no deseadas asociadas a sus productos y servicios; ¡>
- c) la naturaleza, el uso y la vida útil prevista de sus productos y servicios;
- d) los requisitos del cliente;
- e) la retroalimentación del cliente.

NOTA Las actividades posteriores a la entrega pueden incluir acciones cubiertas por las condiciones de la garantía, obligaciones contractuales como servicios de mantenimiento, y servicios suplementarios como el reciclaje o la disposición final.

8.5.6 Control de los cambios

La organización debe revisar y controlar los cambios para la producción o la prestación del servicio, en la extensión necesaria para asegurarse de la continuidad en la conformidad con los requisitos.

La organización debe conservar información documentada que describa los resultados de la revisión de los cambios, las personas que autorizan el cambio y de cualquier acción necesaria que surja de la revisión.

8.6 Liberación de los productos y servicios

La organización debe implementar las disposiciones planificadas, en las etapas adecuadas, para verificar que se cumplen los requisitos de los productos y servicios.

La liberación de los productos y servicios al cliente no debe llevarse a cabo hasta que se hayan completado satisfactoriamente las disposiciones planificadas, a menos que sea aprobado de otra manera por una autoridad pertinente y cuando sea aplicable, por el cliente.

La organización debe conservar la información documentada sobre la liberación de los productos y servicios. La información documentada debe incluir:

- a) evidencia de la conformidad con los criterios de aceptación;
- b) trazabilidad a las personas que autorizan la liberación.

8.7 Control de las salidas no conformes

8.7.1 La organización debe asegurarse de que las salidas que no sean conformes con sus requisitos se identifican y se controlan para prevenir su uso o entrega no intencionada.

La organización debe tomar las acciones adecuadas basándose en la naturaleza de la no conformidad y en su efecto sobre la conformidad de los productos y servicios. Esto se debe aplicar también a los productos y servicios no conformes detectados después de la entrega de los productos, durante o después de la provisión de los servicios.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

La organización debe tratar las salidas no conformes de una o más de las siguientes maneras:

- a) corrección;
- b) separación, contención, devolución o suspensión de provisión de productos y servicios;
- c) información al cliente;
- d) obtención de autorización para su aceptación bajo concesión.

Debe verificarse la conformidad con los requisitos cuando se corrigen las salidas no conformes.

8.7.2 La organización debe conservar la información documentada que:

- a) describa la no conformidad;
- b) describa las acciones tomadas;
- c) describa todas las concesiones obtenidas;
- d) identifique la autoridad que decide la acción con respecto a la no conformidad.

9 Evaluación del desempeño**9.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación****9.1.1 Generalidades**

La organización debe determinar:

- a) qué necesita seguimiento y medición;
- b) los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos;
- c) cuándo se deben llevar a cabo el seguimiento y la medición;
- d) cuándo se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

La organización debe evaluar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe conservar la información documentada apropiada como evidencia de los resultados.

9.1.2 Satisfacción del cliente

La organización debe realizar el seguimiento de las percepciones de los clientes del grado en que se cumplen sus necesidades y expectativas. La organización debe determinar los métodos para obtener, realizar el seguimiento y revisar esta información.

NOTA Los ejemplos de seguimiento de las percepciones del cliente pueden incluir las encuestas al cliente, la retroalimentación del cliente sobre los productos y servicios entregados, las reuniones con los clientes, el análisis de las cuotas de mercado, las felicitaciones, las garantías utilizadas y los informes de agentes comerciales.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**9.1.3 Análisis y evaluación**

La organización debe analizar y evaluar los datos y la información apropiados que surgen por el seguimiento y la medición.

Los resultados del análisis deben utilizarse para evaluar:

- a) la conformidad de los productos y servicios;
- b) el grado de satisfacción del cliente;
- c) el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad;
- d) si lo planificado se ha implementado de forma eficaz;
- e) la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y oportunidades;
- f) el desempeño de los proveedores externos;
- g) la necesidad de mejoras en el sistema de gestión de la calidad.

NOTA Los métodos para analizar los datos pueden incluir técnicas estadísticas.

9.2 Auditoría interna

9.2.1 La organización debe llevar a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información acerca de si el sistema de gestión de la calidad:

- a) es conforme con:
 - 1) los requisitos propios de la organización para su sistema de gestión de la calidad;
 - 2) los requisitos de esta Norma internacional;
- b) se implementa y mantiene eficazmente.

9.2.2 La organización debe:

- a) planificar, establecer, implementar y mantener uno o varios programas de auditoría que incluyan la frecuencia, los métodos, las responsabilidades, los requisitos de planificación y la elaboración de informes, que deben tener en consideración la importancia de los procesos involucrados, los cambios que afecten a la organización y los resultados de las auditorías previas;
- b) definir los criterios de la auditoría y el alcance para cada auditoría;
- c) seleccionar los auditores y llevar a cabo auditorías para asegurarse de la objetividad y la
- d) imparcialidad del proceso de auditoría;
- e) asegurarse de que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente;
- f) realizar las correcciones y tomar las acciones correctivas adecuadas sin demora injustificada;
- g) conservar información documentada como evidencia de la implementación del programa de auditoría y de los resultados de las auditorías.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

NOTA Véase la Norma ISO 19011 a modo de orientación.

9.3 Revisión por la dirección**9.3.1 Generalidades**

La alta dirección debe revisar el sistema de gestión de la calidad de la organización a intervalos planificados, para asegurarse de su conveniencia, adecuación, eficacia y alineación continuas con la dirección estratégica de la organización.

9.3.2 Entradas de la revisión por la dirección

La revisión por la dirección debe planificarse y llevarse a cabo incluyendo consideraciones sobre:

- a) el estado de las acciones de las revisiones por la dirección previas;
- b) los cambios en las cuestiones externas e internas que sean pertinentes al sistema de gestión de la calidad;
- c) la información sobre el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad, incluidas las tendencias relativas a:
 - 1) la satisfacción del cliente y la retroalimentación de las partes interesadas pertinentes;
 - 2) el grado en que se han logrado los objetivos de la calidad;
 - 3) el desempeño de los procesos y conformidad de los productos y servicios;
 - 4) las no conformidades y acciones correctivas;
 - 5) los resultados de seguimiento y medición;
 - 6) los resultados de las auditorías;
 - 7) el desempeño de los proveedores externos;
- d) la adecuación de los recursos;
- e) la eficacia de las acciones tomadas para abordar los riesgos y las oportunidades (véase 6.1);
- f) las oportunidades de mejora.

9.3.3 Salidas de la revisión por la dirección

Las salidas de la revisión por la dirección deben incluir las decisiones y acciones relacionadas con:

- a) las oportunidades de mejora;
- b) cualquier necesidad de cambio en el sistema de gestión de la calidad;
- c) las necesidades de recursos.

La organización debe conservar información documentada como evidencia de los resultados de las revisiones por la dirección.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**10 Mejora****10.1 Generalidades**

La organización debe determinar y seleccionar las oportunidades de mejora e implementar cualquier acción necesaria para cumplir los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente.

Éstas deben incluir:

- a) mejorar los productos y servicios para cumplir los requisitos, así como considerar las necesidades y expectativas futuras;
- b) corregir, prevenir o reducir los efectos no deseados;
- c) mejorar el desempeño y la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

NOTA Los ejemplos de mejora pueden incluir corrección, acción correctiva, mejora continua, cambio abrupto, innovación y reorganización.

10.2 No conformidad y acción correctiva

10.2.1 Cuando ocurra una no conformidad, incluida cualquiera originada por quejas, la organización debe:

- a) reaccionar ante la no conformidad y, cuando sea aplicable:
 - 1) tomar acciones para controlarla y corregirla;
 - 2) hacer frente a las consecuencias;
- b) evaluar la necesidad de acciones para eliminar las causas de la no conformidad, con el fin de que no vuelva a ocurrir ni ocurra en otra parte, mediante:
 - 1) la revisión y el análisis de la no conformidad;
 - 2) la determinación de las causas de la no conformidad;
 - 3) la determinación de si existen no conformidades similares, o que potencialmente puedan ocurrir;
- c) implementar cualquier acción necesaria;
- d) revisar la eficacia de cualquier acción correctiva tomada;
- e) si fuera necesario, actualizar los riesgos y oportunidades determinados, durante la planificación; y
- f) si fuera necesario, hacer cambios al sistema de gestión de la calidad.,

Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.

10.2.2 La organización debe conservar información documentada como evidencia de:

- a) la naturaleza de las no conformidades y cualquier acción tomada posteriormente;
- b) los resultados de cualquier acción correctiva.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)**10.3 Mejora continua**

La organización debe mejorar continuamente la conveniencia, adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe considerar los resultados del análisis y la evaluación, y las salidas de la revisión por la dirección, para determinar si hay necesidades u oportunidades que deben considerarse como parte de la mejora continua.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Anexo A (informativo)

Aclaración de la nueva estructura, terminología y conceptos

A.1 Estructura y terminología

La estructura de los capítulos (es decir, la secuencia de capítulos) y parte de la terminología de la presente edición de esta Norma Internacional, en comparación con la edición anterior (Norma ISO 9001:2008), han cambiado para mejorar la alineación con otras normas de sistemas de gestión.

Esta Norma Internacional no establece requisitos en su estructura y terminología para aplicarse en la información documentada del sistema de gestión de la calidad de una organización.

La estructura de los capítulos pretende proporcionar una presentación coherente de los requisitos, más que un modelo para documentar las políticas, objetivos y procesos de una organización. A menudo la estructura y el contenido de la información documentada relacionada con un sistema de gestión de la calidad puede ser más pertinente para sus usuarios si relaciona tanto los procesos operados por la organización como la información mantenida para otros propósitos.

No hay ningún requisito para que los términos utilizados por una organización se reemplacen por los términos utilizados en esta Norma Internacional para especificar requisitos del sistema de gestión de la calidad. Las organizaciones pueden elegir utilizar términos que se adecúen a sus operaciones (por ejemplo: utilizar "registros", "documentación" o "protocolos" en lugar de "información documentada"; o "proveedor", "socio" o "vendedor" en lugar de "proveedor externo"). La Tabla A.1 muestra las principales diferencias en terminología entre esta edición de esta Norma Internacional y la edición anterior.

Tabla A.1 — Principales diferencias en terminología entre las Normas ISO 9001:2008 e ISO 9001:2015

ISO 9001:2008	ISO 9001:2015
Productos	Productos y servicios
Exclusiones	No se utiliza (Véase el Capítulo A.5. para aclarar su aplicabilidad)
Representante de la dirección	No se utiliza (Se asignan responsabilidades y autoridades similares pero ningún requisito para un único representante de la dirección)
Documentación, manual de la calidad, procedimientos documentados, registros	Información documentada
Ambiente de trabajo	Ambiente para la operación de los procesos
Equipo de seguimiento y medición	Recursos de seguimiento y medición
Productos comprados	Productos y servicios suministrados externamente
Proveedor	Proveedor externo

A.2 Productos y servicios

La Norma ISO 9001:2008 usaba el término "producto" para incluir todas las categorías de salidas. La presente edición de esta Norma Internacional utiliza "productos y servicios". Los "productos y servicios" incluyen todas las categorías de salidas (hardware, servicios, software y materiales procesados).

La inclusión específica de "servicios" pretende destacar las diferencias entre productos y servicios en la

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

aplicación de algunos requisitos. La característica de los servicios es que al menos parte de las salidas se realiza en la interfaz con el cliente. Esto significa, por ejemplo, que la conformidad con los requisitos no puede confirmarse necesariamente antes de la entrega del servicio.

En la mayoría de los casos, productos y servicios se usan juntos. La mayoría de las salidas que las organizaciones proporcionan a los clientes, o que les suministran los proveedores externos, incluyen tanto productos como servicios. Por ejemplo, un producto tangible o intangible puede tener algún servicio asociado o un servicio puede tener algún producto tangible o intangible asociado.

A.3 Contexto de la organización

El [apartado 4.2](#) especifica requisitos para que la organización determine las partes interesadas que son pertinentes para el sistema de gestión de la calidad y los requisitos de esas partes interesadas. Sin embargo, el [apartado 4.2](#) no implica la ampliación de los requisitos del sistema de gestión de la calidad más allá del objeto y campo de aplicación de esta Norma Internacional. Como se establece en el objeto y campo de aplicación, esta Norma Internacional es aplicable cuando una organización necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos y servicios que cumplen los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables, y que aspira a aumentarla satisfacción del cliente.

Esta Norma Internacional no establece requisitos para que la organización considere partes interesadas cuando ha decidido que esas partes no son pertinentes para su sistema de gestión de la calidad. La organización es la que decide si es pertinente para su sistema de gestión de la calidad un requisito particular de una parte interesada pertinente.

A.4 Enfoque basado en el riesgo

El concepto de pensamiento basado en riesgos ha estado implícito en ediciones previas de esta Norma Internacional, por ejemplo, mediante requisitos para la planificación, la revisión y la mejora. Esta Norma Internacional especifica requisitos para que la organización entienda su contexto (véase [4.1](#)) y determine los riesgos como base para la planificación (véase [6.1](#)). Esto representa la aplicación del pensamiento basado en riesgos a la planificación e implementación de los procesos del sistema de gestión de la calidad (véase [4.4](#)) y ayudará a determinar la extensión de la información documentada.

Uno de los propósitos fundamentales de un sistema de gestión de la calidad es actuar como una herramienta preventiva. Consecuentemente, esta Norma internacional no tiene un capítulo o apartado separado sobre acciones preventivas. El concepto de acción preventiva se expresa mediante el uso del pensamiento basado en riesgos al formular requisitos del sistema de gestión de la calidad.

El pensamiento basado en riesgos aplicado en esta Norma internacional ha permitido alguna reducción en los requisitos prescriptivos y su sustitución por requisitos basados en el desempeño. Existe una mayor flexibilidad que en la Norma ISO 9001:2008 en los requisitos para los procesos, la información documentada y las responsabilidades de la organización.

Aunque el [apartado 6.1](#) especifica que la organización debe planificar acciones para abordar los riesgos, no hay ningún requisito en cuanto a métodos formales para la gestión del riesgo ni un proceso documentado de la gestión del riesgo. Las organizaciones pueden decidir si desarrollar o no una metodología de la gestión del riesgo más amplia de lo que requiere esta Norma Internacional, por ejemplo mediante la aplicación de otra orientación u otras normas.

No todos los procesos de un sistema de gestión de la calidad representan el mismo nivel de riesgo en términos de la capacidad de la organización para cumplir sus objetivos, y los efectos de la incertidumbre no son los mismos para todas las organizaciones. Bajo los requisitos del [apartado 6.1](#) la organización es responsable de la aplicación del pensamiento basado en riesgos y de las acciones que toma para abordar los riesgos, incluyendo si conserva o no información documentada como evidencia de su determinación de riesgos.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

A.5 Aplicabilidad

Esta Norma Internacional no hace una referencia a las "exclusiones" en relación con la aplicabilidad de sus requisitos para el sistema de gestión de la calidad de la organización. Sin embargo, una organización puede revisar la aplicabilidad de los requisitos debido al tamaño o la complejidad de la Organización, el modelo de gestión que adopte, el rango de las actividades de la organización y la naturaleza de los riesgos y oportunidades que encuentre.

Los requisitos para la aplicabilidad se tratan en el apartado 4.3, que define las condiciones bajo las que una organización puede decidir que un requisito no se puede aplicar a ninguno de los procesos dentro del alcance de su sistema de gestión de la calidad. La organización sólo puede decidir que un requisito no es aplicable si su decisión no tuviera como resultado el fracaso a la hora de alcanzar la conformidad de los productos y servicios.

A.6 Información documentada

Como parte de la alineación con otras normas de sistemas de gestión, se ha adoptado un capítulo común sobre "información documentada" sin ningún cambio o adición significativa (véase 7.5). Cuando sea apropiado, el texto de esta Norma Internacional se ha alineado con sus requisitos. Consecuentemente, "información documentada" se utiliza para todos los requisitos de documentos.

Donde la Norma ISO 9001:2008 utilizaba una terminología específica como "documento" o "procedimientos documentados", "manual de la calidad" ó "plan de la calidad", la presente edición de esta Norma Internacional define requisitos para "mantener la información documentada".

Donde la Norma ISO 9001:2008 utilizaba el término "registros" para denotar los documentos necesarios para proporcionar evidencia de la conformidad con los requisitos, esto ahora se expresa como un requisito para "conservar la información documentada". La organización es responsable de determinar qué información documentada se necesita conservar, el periodo de tiempo por el que se va a conservar y qué medios se van a utilizar para su conservación.

Un requisito para "mantener" información documentada no excluye la posibilidad de que la organización también podría necesitar "conservar" la misma información documentada para un propósito particular, por ejemplo, para conservar versiones anteriores de ella.

Donde esta Norma Internacional hace referencia a "información" en lugar de "información documentada" (por ejemplo, en el apartado 4.1: "La organización debe realizar el seguimiento y la revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas"), no hay ningún requisito de que esa información se tenga que documentar. En tales situaciones, la organización puede decidir si es necesario o no, o si es apropiado mantener información documentada.

A.7 Conocimientos organizativos

En el [apartado 7.1.6](#) de esta Norma Internacional se considera la necesidad de determinar y gestionar los conocimientos mantenidos por la organización, para asegurarse de la operación de sus procesos y que puede lograr la conformidad de sus productos y servicios.

Los requisitos relativos a los conocimientos de la organización se introdujeron con el propósito de:

- a) salvaguardar a la organización de la pérdida de conocimientos, por ejemplo:
 - por causa de rotación de personal;
 - fracaso a la hora de capturar y compartir información.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

b) fomentar que la organización adquiera conocimientos, por ejemplo:

- aprendiendo de la experiencia;
- tutorías;
- estudios comparativos con las mejores prácticas

A.8 Control de los productos y servicios suministrados externamente

Todas las formas de provisión externa de procesos, productos y servicios se tratan en el apartado 8.4 por ejemplo, mediante:

- a) compra a un proveedor, o;
- b) un acuerdo con una compañía asociada, o;
- c) procesos contratados externamente aun proveedor externo.

La contratación externa siempre tiene la característica esencial de un servicio, ya que tendrá al menos una actividad desempeñada necesariamente en la interfaz entre el proveedor y la organización.

Los controles requeridos para la prestación externa pueden variar ampliamente dependiendo de la naturaleza de los procesos, productos y servicios. La organización puede aplicar el pensamiento basado en riesgos para determinar el tipo y la extensión de los controles apropiados para los proveedores externos particulares y para procesos, productos y servicios suministrados externamente.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Anexo B
(Informativo)
**Otras Normas Internacionales sobre gestión de la calidad y
sistemas de gestión de la calidad desarrolladas por el Comité
Técnico ISO/TC 176**

Las Normas Internacionales descritas en este anexo han sido desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176 para proporcionar información de apoyo para las organizaciones que apliquen esta Norma Internacional, y para proporcionar orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de sus requisitos. La orientación o los requisitos contenidos en los documentos citados en este anexo no aumentan, o modifican, los requisitos de esta Norma Internacional.

La tabla B.1 muestra la relación entre estas normas y los capítulos pertinentes de esta Norma Internacional.

Este anexo no incluye la referencia a normas del sistema de gestión de la calidad específicas de un sector desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

Esta Norma internacional es una de las tres normas fundamentales desarrolladas por el Comité Técnico ISO/TC 176.

- ISO 9000 Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario proporciona una referencia esencial para la comprensión e implementación adecuadas de esta Norma Internacional. Los principios de la gestión de la calidad se describen en detalle en la Norma ISO 9000 y se han tenido en cuenta en el desarrollo de esta Norma Internacional. Estos principios no son requisitos por sí mismos, pero constituyen la base de los requisitos especificados en esta Norma Internacional. La Norma ISO 9000 también define los términos, definiciones y conceptos utilizados en esta Norma Internacional.
- ISO 9001 (esta Norma Internacional) especifica requisitos orientados principalmente a dar confianza en los productos y servicios proporcionados por una organización y por lo tanto a aumentar la satisfacción del cliente. También se puede esperar que su adecuada implementación aporte otros beneficios a la organización tales como la mejora de la comunicación interna, mejor comprensión y control de los procesos de la organización.
- ISO 9004 Gestión para el éxito sostenido de una organización — Enfoque de gestión de la calidad proporciona orientación para las organizaciones que elijan ir más allá de los requisitos de esta Norma Internacional, para considerar un rango más amplio de temas que pueden conducir a la mejora del desempeño global de la organización. La Norma ISO 9004 incluye orientación sobre una metodología de autoevaluación para que una organización sea capaz de evaluar el nivel de madurez de su sistema de gestión de la calidad.

Las Normas Internacionales que figuran a continuación pueden proporcionar asistencia a las organizaciones cuando establecen o buscan mejorar sus sistemas de gestión de la calidad, sus procesos o sus actividades.

- ISO 10001 Gestión de la Calidad—Satisfacción del cliente — Directrices para los códigos de conducta de las organizaciones proporciona orientación a una organización para determinar que sus disposiciones para lograr la satisfacción del cliente cumplen las necesidades y expectativas del cliente. Su uso puede aumentar la confianza del cliente en una organización y mejorar la comprensión del cliente sobre lo que espera de una organización, reduciendo por lo tanto la probabilidad de malentendidos y quejas.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

- ISO 10002 Gestión de la Calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones proporciona orientación sobre el proceso de tratamiento de quejas al reconocer y tratar las necesidades y expectativas de quienes reclaman y al resolver cualquier queja recibida. La Norma ISO 10002 proporciona un proceso de quejas abierto, eficaz y de uso fácil, incluyendo la formación de las personas. También proporciona orientación para negocios pequeños.

- ISO 10003 Gestión de la Calidad—Satisfacción del cliente — Directrices para la resolución de conflictos de forma externa a las organizaciones proporciona orientación para la resolución eficaz y eficiente de los conflictos de forma externa por quejas relacionadas con productos. La resolución de conflictos proporciona una vía de reparación cuando las organizaciones no ponen remedio a las quejas de forma interna. La mayoría de las quejas pueden resolverse exitosamente dentro de la organización, sin procedimientos de confrontación.

- ISO 10004 Gestión de la Calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para el seguimiento y la medición proporciona directrices sobre acciones para aumentar la satisfacción del cliente y para determinar oportunidades de mejora de los productos, procesos y atributos "valorados por los clientes. Tales acciones pueden fortalecer la lealtad del cliente y ayudar a conservar clientes.

- ISO 10005 Sistemas de gestión de la Calidad — Directrices para los planes de la calidad proporciona orientación para establecer y utilizar planes de la calidad como un medio de relacionar los requisitos del proceso, producto, proyecto o contrato con los métodos y prácticas de trabajo que apoyan la realización del producto. Los beneficios de establecer un plan de la calidad suponen una mayor confianza en que los requisitos se cumplirán, de que los procesos están bajo control y de la motivación que esto puede dar a los que participan activamente.

- ISO 10006 Sistemas de gestión de la Calidad — Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos es aplicable a proyectos desde pequeños hasta grandes, de simples a complejos, desde un proyecto individual a uno que es parte de un portafolio de proyectos. La Norma ISO 10006 se utiliza por el personal que gestiona proyectos y que necesita asegurarse de que su organización está aplicando las prácticas contenidas en las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO.

- ISO 10007 Sistemas de gestión de la Calidad — Directrices para la gestión de la configuración asiste a las organizaciones a aplicar la gestión de la configuración para la dirección técnica y administrativa a lo largo del ciclo de vida de un producto. La gestión de la configuración puede utilizarse para cumplir los requisitos de identificación y trazabilidad del producto especificados en esta Norma Internacional.

- ISO 10008 Gestión de la Calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para las transacciones de comercio electrónico entre empresa y consumidor proporciona orientación sobre cómo las organizaciones pueden implementar un sistema eficaz y eficiente de transacciones de comercio electrónico entre empresa y consumidor (B2C ECT, por sus siglas en inglés) y por lo tanto proporcionar una base para que los consumidores aumenten su confianza en las B2C ECT, las organizaciones aumenten la capacidad para satisfacer a los consumidores y ayuden a reducir las quejas y los conflictos.

- ISO 10012 Sistemas de gestión de las mediciones — Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición proporciona orientación para la gestión de los procesos de medición y la confirmación metrológica del equipo de medición utilizado para apoyar y demostrar el cumplimiento con los requisitos metrológicos. La Norma ISO 10012 proporciona criterios de gestión de la calidad para un sistema de gestión de las mediciones para asegurarse de que se cumplen los requisitos metrológicos.

- ISO/TR 10013 Directrices para la documentación del sistema de gestión de la calidad proporciona directrices para el desarrollo y el mantenimiento de la documentación necesaria para el sistema de gestión de la calidad. El ISO/TR 10013 puede utilizarse para documentar sistemas de gestión

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

distintos de los de las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO, por ejemplo, sistemas de gestión ambiental y sistemas de gestión de la seguridad.

- ISO 10014 Gestión de la calidad — Directrices para la obtención de beneficios financieros y económicos está dirigida a la alta dirección. Proporciona directrices para la obtención de los beneficios financieros y económicos a través de la aplicación de los principios de la gestión de la calidad. Facilita la aplicación de los principios de la gestión y la selección de métodos y herramientas que permitan el éxito sostenido de una organización.
- ISO 10015 Gestión de la calidad — Directrices para la formación proporciona directrices para asistir a las organizaciones y tratar cuestiones relacionadas con la formación. La Norma ISO 10015 puede aplicarse cuando se requiera orientación para interpretar referencias a "educación" y "formación" dentro de las normas de sistemas de gestión de la calidad de ISO. Cualquier referencia a "formación" incluye todos los tipos de educación y formación.
- ISO/TR 10017 Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2000 explica las técnicas estadísticas que se derivan de la variabilidad que puede observarse en el comportamiento y en los resultados de los procesos, incluso bajo condiciones de aparente estabilidad. Las técnicas estadísticas permiten un mejor uso de los datos disponibles para asistir en la toma de decisiones, y por tanto, ayudar a mejorar continuamente la calidad de los productos y los procesos para lograr la satisfacción del cliente.
- ISO 10018 Gestión de la calidad — Directrices para la participación activa y la competencia de las personas proporciona directrices que influyen en la participación activa y la competencia de las personas. Un sistema de gestión de la calidad depende de la participación activa de personas competentes y la forma en la que hayan sido introducidas e integradas en la organización. Es crítico determinar, desarrollar y evaluar los conocimientos, las habilidades, el comportamiento y el ambiente de trabajo requerido.
- ISO 10019 Directrices para la selección de consultores de sistemas de gestión de la calidad y la utilización de sus servicios proporciona orientación para la selección de consultores del sistema de gestión de la calidad y el uso de sus servicios. Proporciona orientación sobre el proceso para evaluar la competencia de un consultor del sistema de gestión de la calidad y proporciona confianza en que los servicios del consultor cumplirán las necesidades y expectativas de la organización.
- ISO 19011 Directrices para la auditoría de los Sistemas de gestión proporciona orientación sobre la gestión de un programa de auditoría, sobre la planificación y realización de una auditoría del sistema de gestión, así como sobre la competencia y la evaluación de un auditor y de un equipo de auditoría. La Norma ISO 19011 pretende que sea aplicada a los auditores, a las organizaciones que implementan sistemas de gestión y a las organizaciones que necesitan realizar auditorías de sistemas de gestión.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Tabla B.1 – La relación de otras Normas Internacionales sobre de gestión de la calidad y los sistemas de gestión de la calidad y los capítulos de esta Norma Internacional.

Otra norma internacional	Capítulo de esta Norma Internacional						
	4	5	6	7	8	9	10
ISO 9000	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 9004	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10001					<u>8.2.2, 8.5.1</u>	<u>9.1.2</u>	
ISO 10002					<u>8.2.4</u>	<u>9.1.2</u>	<u>10.2.1</u>
ISO 10003						<u>9.1.2</u>	
ISO 10004						<u>9.1.2, 9.1.3</u>	
ISO 10005		<u>5.3</u>	<u>6.1, 6.2</u>	Todo	Todo	<u>9.1</u>	<u>10.2</u>
ISO 10006	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10007					<u>8.5.2</u>		
ISO 10008	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10012				<u>7.1.5</u>			
ISO/TR 10013				<u>7.5</u>			
ISO 10014	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10015				<u>7.2</u>			
ISO/TR 10017			<u>6.1</u>	<u>7.1.5</u>		<u>9.1</u>	
ISO 10018	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo	Todo
ISO 10019					<u>8.4</u>		
ISO 19011						<u>9.2</u>	

NOTA "Todo" indica que todos los apartados en el capítulo específico de esta Norma Internacional están relacionados con la otra Norma Internacional.

ISO 9001:2015 (traducción oficial)

Bibliografía

- [1] ISO 9004, Gestión para el éxito sostenido de una organización — Enfoque de gestión de la calidad
- [2] ISO 10001, Gestión de la calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para los códigos de conducta de las organizaciones
- [3] ISO 10002, Gestión de la calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para el tratamiento de las quejas en las organizaciones
- [4] ISO 10003, Gestión de la calidad — Satisfacción del cliente — Directrices para la resolución de conflictos de forma externa a las organizaciones
- [5] ISO 10004, Quality management - Customer satisfaction - Guidelines for monitoring and measuring
- [6] ISO 10005, Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para los planes de la calidad
- [7] ISO 10006, Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la calidad en los proyectos
- [8] ISO 10007, Sistemas de gestión de la calidad — Directrices para la gestión de la configuración
- [9] ISO 10008 Quality management - Customer satisfaction - Guidelines for business-to-consumer electronic commerce transactions
- [10] ISO 10012, Sistemas de gestión de las mediciones — Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición
- [11] ISO/TR 10013, Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad
- [12] ISO 10014, Gestión de la calidad — Directrices para la obtención de beneficios financieros y económicos
- [13] ISO 10015, Gestión de la calidad — Directrices para la formación
- [14] ISO/TR 10017, Orientación sobre las técnicas estadísticas para la Norma ISO 9001:2000
- [15] ISO 10018, Quality management - Guidelines on people involvement and competence
- [16] ISO 10019, Directrices para la selección de consultores de sistemas de gestión de la calidad y la utilización de sus servicios
- [17] ISO 14001, Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso
- [18] ISO 19011, Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental
- [19] ISO31000, *Risk management – Principles and guidelines*
- [20] ISO 37500 *Guidance on outsourcing*
- [21] ISO/IEC 90003, Software engineering - Guidelines for the application of ISO 9001:2000 to computer software
- [22] IEC 60300-1, Dependability management - Part 1: Dependability management systems
- [23] IEC 61160, Design review
- [24] Quality management principles, ISO
- [25] Selection and use of the ISO 9000 family of standards, ISO¹
- [26] ISO 9001 for Small Businesses - What to do, ISO
- [27] Integrated use of management systems standards, ISO¹
- [28] www.iso.org/tc176/sc02/public
- [29] www.iso.org/tc176/ISO9001AuditingPracticesGroup

¹ Disponible en: <http://www.iso.org>.

Tomado de: (Corporación Universitaria Americana, 2016)

