



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño de especificaciones para la adquisición de
vehículos aéreos no tripulados para la fuerza de aviación
naval**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
Ingeniero Industrial con mención en Gestión Logística

Ricardo Antonio Tejada Moreno

Revisor:
MBA. Félix Paúl Guerrero Vargas

Piura, octubre de 2021



Dedicatoria

A mis padres por su apoyo y respaldo en mi vida profesional. Con una mención especial a Pierre Perez y Paúl Guerrero por su colaboración.





Resumen

La globalización y el avance tecnológico, nos hacen reevaluar nuestra situación actual operacional y contrastarla con otros países; Replicando lo que ha tenido resultado en otros países. El uso de los RPA (Remotely Piloted Aircraft) en las armadas de otros países ha tenido éxito. Por ello, el siguiente estudio pretende aportar las especificaciones que deben tener las aeronaves no tripuladas para ser adquiridas por la fuerza de aviación naval en base a las operaciones que van a realizar ya sean tácticas o de rescate; tomando en cuenta las diferentes características tales como autonomía, alcance, uso de sensores y altura de funcionamiento.

Se realizó un diagnóstico de las limitaciones que tiene la fuerza de aviación naval al contar con una sola base en Lima-Callao, después se analizó, a través de entrevistas con expertos y documentos, lo pro y contra de la adquisición de RPA.

Para determinar los beneficios de una aeronave tripulada y una RPA se recaudó información de pilotos y manuales para calcular los beneficios que se obtendrían si se adquiere una RPA.

A partir de la información recabada de los beneficios de contar con RPA, se busca identificar qué tipos de RPA cumplen con las especificaciones para cubrir las necesidades que la marina de guerra necesita conforme a sus misiones y características geográficas.

La información fue contrastada con información de expertos con los que cuenta la fuerza de aviación naval, además de ser contrastadas con manuales de diferentes aeronaves y RPA, para determinar las especificaciones que debe de contar un RPA para ser adquiridos por la fuerza de aviación naval.

Para elegir los criterios de selección, se ha tomado como referencia las opiniones de expertos y las necesidades de la fuerza de aviación naval, lo cual dio como resultado la tabla de categorización que referenciamos en la Tabla 1. En la tabla se nombra la categoría, su acrónimo, máxima distancia de operación, máxima altitud de vuelo, tiempo de autonomía de vuelo y carga máxima de despegue, y en base de una ponderación de 3 características que deben de cumplir, que son: máxima distancia de operación, autonomía y carga máxima de despegue, se estableció que la categoría tipo MALE cumple con el “Diseño de especificaciones para la adquisición de vehículos aéreos no tripulados para la fuerza de aviación naval”.

Debido al análisis realizado en este estudio se concluye que la RPA que se adecúa mejor a las especificaciones son las de tipo MALE (Autonomía alta Altitud media).



Tabla de contenido

Introducción	13
Capítulo 1	15
Aspecto general	15
1.1 La Marina de Guerra del Perú.....	15
1.1.1 <i>Ámbito de competencia de la Marina de Guerra del Perú</i>	15
1.1.2 <i>Funciones de la Marina de Guerra del Perú</i>	15
1.1.3 <i>Misión de la Marina de Guerra del Perú</i>	17
1.1.4 <i>Visión de la Marina de Guerra del Perú</i>	17
1.1.5 <i>Área de responsabilidad de la Marina de Guerra del Perú</i>	17
1.1.6 <i>Mapa de proceso de la Marina de Guerra del Perú</i>	18
1.1.7 <i>Organización de la Marina de Guerra del Perú</i>	18
1.2 Descripción de la labor desempeñada.....	20
Capítulo 2	23
Fundamentación del tema elegido	23
2.1 Enlace teórico - práctico.....	23
2.1.1 <i>Definición de vehículos aéreos no tripulados</i>	23
2.1.2 <i>Características de vehículos aéreos no tripulados</i>	24
2.1.3 <i>Clasificación de los vehículos aéreos no tripulados</i>	24
2.1.4 <i>RPA en el Perú</i>	28
2.1.5 <i>Aplicación de los vehículos aéreos no tripulados</i>	34
2.2 Antecedentes.....	34
2.3 Metodología.....	35
2.4 Técnicas empleadas.....	35

2.5 Cursos y técnicas involucrados en la carrera.....	35
Capítulo 3	37
Aportes y desarrollo de la experiencia	37
3.1 Recolección y análisis de la información	37
3.2 Resultados.....	38
Conclusiones	41
Recomendaciones	43
Referencias bibliográficas	45



Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación de las RPAs	26
Tabla 2 FODA	27
Tabla 3 Resultados	38





Lista de figuras

Figura 1 Mapa de procesos de la Marina de Guerra del Perú	18
Figura 2 Organigrama de la Marina de Guerra del Perú	20
Figura 3 Clasificación UAV OTAN	25
Figura 4 EP-OIDE RT-2	29
Figura 5 Condor	30
Figura 6 Orbiter II	31
Figura 7 Micro-Falcon	31
Figura 8 Arpon III	32
Figura 9 RICUCK	33
Figura 10 Funcionamiento básico del sistema	33
Figura 11 Aplicaciones UAV	34





Introducción

La Marina de Guerra tiene su base de la Fuerza de Aviación Naval en Callao - Lima, por lo que, para realizar sus diferentes operaciones, como el control marítimo o rescate de personas, cada aeronave parte desde Lima hacia el lugar de acción asignado para la operación.

Entre las expectativas de la Marina de Guerra del Perú (MGP) está, contar en un futuro cercano con vehículos no tripulados (RPA) en el norte, centro y sur del país. La base principal estaría en Lima-Callao y los pilotos controlarían las aeronaves desde bases estratégicas, logrando así optimizar el tiempo de reacción y uso de combustible, con ello las aeronaves tradicionales centrarían su accionar a actividades ya sea logísticas, acción o rescate.

El objetivo del trabajo realizado fue la de diseñar la tabla de especificaciones técnicas que deberían tener las RPA para la adquisición de este tipo de vehículos, tomando en cuenta las misiones que van a cumplir dentro de la fuerza de aviación naval.

Para el diseño de estas especificaciones tuvo en cuenta lo amplio y variado de nuestro territorio Nacional, como nuestras 200 millas de mar territorial, una extensa costa, altas montañas de nuestra Sierra y nuestra agreste selva. Por ello la altura, la autonomía de vuelo, el rango de acción de control, la velocidad, requerimientos para aterrizaje y despegue, capacidad de carga, entre otras son consideraciones que se toman en cuenta en el presente trabajo.

En tal sentido, el primer capítulo del presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) explica la misión, visión y organización de la Marina de Guerra del Perú (MGP). Además de la misión y visión de la Fuerza Aviación Naval.

En el segundo capítulo se identifican las clases y características de cada una de las RPA, además de ejemplos de programas de RPA que han sido usados en el Perú y un análisis FODA frente a aeronaves tripuladas.

El tercer capítulo fundamenta el conocimiento de los RPA. Para realizar este capítulo se revisó toda la documentación habida sobre estos tipos de vehículos en revistas especializadas, revisión de documentos de otras organizaciones, así como la importante participación de expertos aeronavales que brindaron sus apreciaciones sobre las características intrínsecas de los RPA, que la marina de Guerra del Perú debería evaluar al

momento de adquirirlos. El capítulo finaliza con la descripción de las técnicas aprendidas e involucradas de la carrera de ingeniería industrial.

El presente TSP finaliza con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.



Capítulo 1

Aspecto general

1.1 La Marina de Guerra del Perú

La marina de Guerra del Perú fue creada luego de la independencia del Perú, el 8 de octubre de 1821, por el General José de San Martín, Protector del Perú, siendo su primer Comandante General el entonces Capitán de Navío Martín George Guise.

La Constitución Política del Perú según el título IV, capítulo XII, artículo 165 la reconoce como parte de las Fuerza Armada y tiene como finalidad primordial garantizar la independencia, la soberanía y la integridad territorial en la República. Además de contribuir, de acuerdo con el artículo 172, con el desarrollo económico y social del país, y la defensa civil de acuerdo a ley.

Según la ley de la Marina de Guerra del Perú publicada el 10 de diciembre de 2012 por Decreto Legislativo N° 1138, establece sus competencias y funciones.

1.1.1 Ámbito de competencia de la Marina de Guerra del Perú

La Marina de Guerra del Perú controla, vigila y defiende el dominio marítimo, el ámbito fluvial y lacustre, de conformidad con la ley y con los tratados ratificados por el Estado, con el propósito de contribuir a garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la República.

Interviene y participa en el control del orden interno, de acuerdo con lo establecido en la Constitución Política del Perú y leyes vigentes.

Participa en el desarrollo económico social del país, en la ejecución de acciones cívicas y de apoyo social en coordinación con las entidades públicas cuando corresponda, así como en las acciones relacionadas con la Defensa Civil, de acuerdo a ley.

Gestionar ante el Ministerio de Defensa el patrocinio del personal militar sometido a investigaciones o procesos judiciales como consecuencia del ejercicio de sus funciones.

1.1.2 Funciones de la Marina de Guerra del Perú

En el marco de sus competencias y en atención al ordenamiento jurídico vigente, cumple las siguientes funciones:

- Garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la República, en el ámbito de su competencia.
- Ejercer el control, la vigilancia y la defensa del dominio marítimo, el ámbito fluvial y lacustre del país.
- Participar en el control del orden interno, de acuerdo con lo establecido en la Constitución Política del Perú y la normativa legal vigente.
- Participar en la ejecución de las Políticas de Estado en materias de Seguridad y Defensa Nacional.
- Participar en la elaboración de las políticas relacionadas con el empleo de la Marina Mercante Nacional, como componente de la reserva naval.
- Desarrollar actividades de inteligencia orientadas a la Seguridad y Defensa Nacional en el ámbito de su competencia.
- Ejercer, a través de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, la autoridad marítima, fluvial y lacustre a nivel nacional, en el ámbito que le confiere la ley.
- Participar en la ejecución de las políticas de Estado en materia de desarrollo económico y social del país, defensa civil, ciencia y tecnología, objetos arqueológicos e históricos, asuntos antárticos, asuntos amazónicos, y de protección del medio ambiente, de acuerdo a la normativa legal vigente.
- Conducir las acciones de preparación, formación, capacitación, especialización, perfeccionamiento, entrenamiento, mantenimiento y equipamiento del Componente Naval de las Fuerzas Armadas, en función de los objetivos y de las Políticas de Seguridad y Defensa Nacional.
- Conducir el Sistema de Información y Monitoreo del Tráfico Acuático en el ámbito de su competencia, a través de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.
- Participar en Operaciones de Paz convocadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) u otros organismos internacionales.
- Mantener a través de los medios navales la presencia del Estado peruano en el continente antártico.
- Desarrollar la investigación académica y científico-tecnológica en el ámbito naval; así como desarrollar actividades oceanográficas, meteorológicas, biológicas y de los recursos marítimos, fluviales y lacustres; actuando por sí o en colaboración con otras instituciones nacionales o extranjeras.
- Ejercer funciones de acuerdo a ley, en el ámbito de la Cartografía Náutica y Oceanográfica del Perú, así como administrar las actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito marítimo, fluvial y lacustre.

- Participar con los organismos de otros sectores en la formulación de los objetivos y políticas para el desarrollo de los Intereses Marítimos Nacionales.
- Promover y participar en la investigación científica e histórica destinada a la protección del patrimonio cultural subacuático, en coordinación con el sector correspondiente.
- Promover e impulsar la industria naval a través de los Servicios Industriales de la Marina.
- Las demás que se señalen por ley.

1.1.3 Misión de la Marina de Guerra del Perú

A partir de lo plasmado en las leyes “Ejercer la vigilancia y protección de los intereses nacionales en el ámbito marítimo, fluvial y lacustre, y apoyar la política exterior del Estado a través del Poder Naval; asumir el control del orden interno, coadyuvar en el desarrollo económico y social del país y participar en la Defensa Civil de acuerdo a ley; con el fin de contribuir a garantizar la independencia, soberanía e integridad territorial de la República y el bienestar general de la población” (Marina de Guerra del Perú, 2020).

1.1.4 Visión de la Marina de Guerra del Perú

La institución forma parte de uno de los bastiones de la defensa nacional por lo que su visión apunta hacia un “Poder Naval capaz de actuar con éxito donde lo requieran los intereses nacionales ” (Marina de Guerra del Perú, 2020). El Poder Naval se constituye como el componente militar de un Estado y su Armada con todos sus medios, con el fin de proteger los Intereses Marítimos (Terzago, 2005).

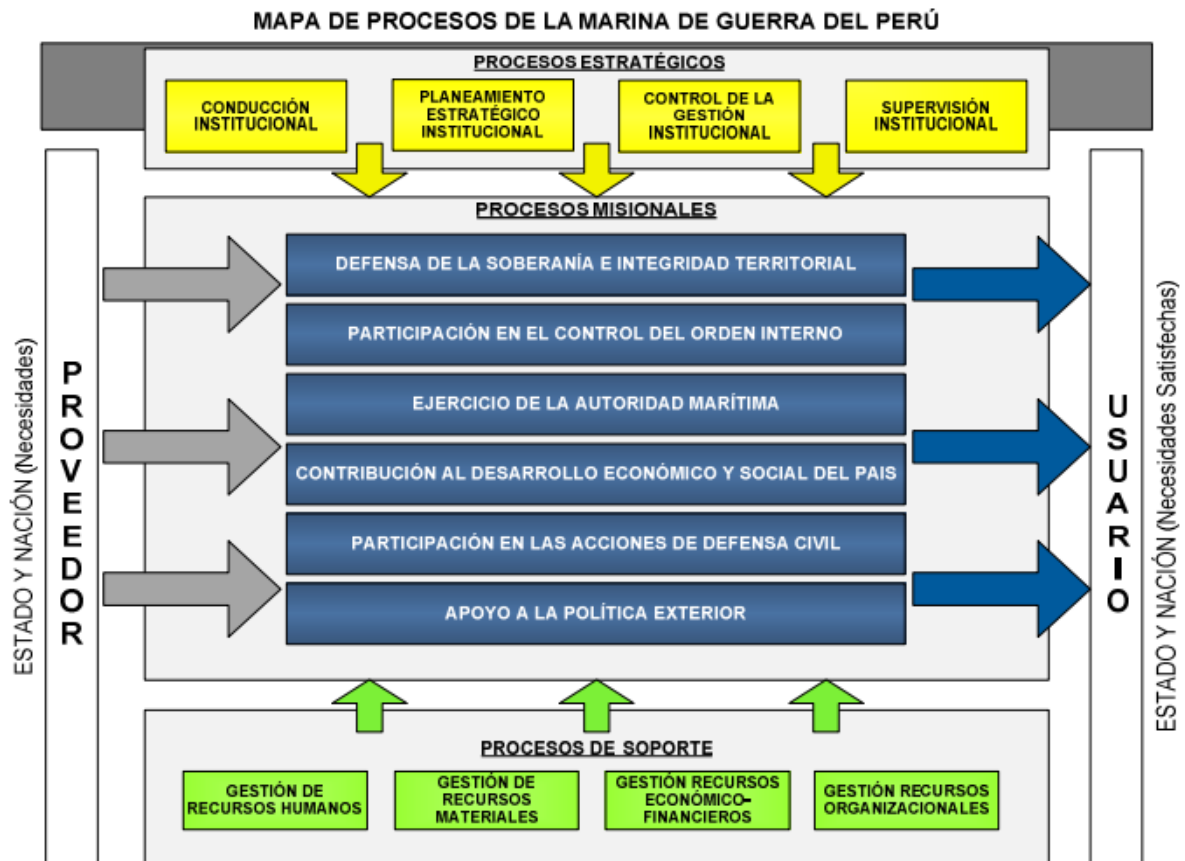
1.1.5 Área de responsabilidad de la Marina de Guerra del Perú

Las áreas de responsabilidad que tiene la Marina de Guerra del Perú es la de resguardar el dominio del mar de Grau con un área de 855 475 km². El Perú forma parte de compromisos internacionales como “los convenios de Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS, por sus siglas en inglés) suscritos los años 1974 y 1978 así como el convenio de Búsqueda y Salvamento de 1979 debe desarrollar operaciones de esta naturaleza para lo cual cuenta con unidades de superficie de diversos tipos y unidades aéreas” (Guardacostas, 2020), con un área de búsqueda y rescate (SAR, por sus siglas en inglés) de 6 290 000 km². El control también se direcciona hacia campos fluviales y lacustres. Con una extensión que supera los 14 000 km de ríos Ejercer funciones de acuerdo a ley, en el ámbito de la Cartografía Náutica y Oceanográfica del Perú, así como administrar las actividades relacionadas con las ciencias del ambiente en el ámbito marítimo, fluvial y lacustre.

1.1.6 Mapa de proceso de la Marina de Guerra del Perú

Figura 1

Mapa de procesos de la Marina de Guerra del Perú



Nota. Marina de Guerra del Perú (2017) *Mapa de procesos de la Marina de Guerra del Perú*. https://www.marina.mil.pe/media/portal_trns/2018/03/09/MAPRO_2018_01.pdf

1.1.7 Organización de la Marina de Guerra del Perú

La estructura Orgánica Básica de La Marina de Guerra del Perú está compuesta por los siguientes órganos y sus funciones y atribuciones específicas se establecerán en el reglamento de la presente norma:

- **Alto Mando.** El Alto Mando está conformado por el Comandante General y el jefe del Estado Mayor General
- **Órganos Consultivos.** Los Órganos Consultivos son los encargados de analizar aquellos asuntos trascendentales relacionados con el funcionamiento y desarrollo de la institución, asesorando en temas que le sean consultados por el Comandante General de la Marina, quien los convoca y preside.

- Órgano de Control. El Órgano de Control Institucional es el órgano especializado responsable del control gubernamental en la institución de conformidad con las normas del Sistema Nacional de Control. Está ubicado en el mayor nivel jerárquico de la estructura orgánica de la institución.

- Órgano de Defensa Jurídica. El Órgano de Defensa Jurídica es el órgano encargado de ejercer la defensa jurídica de los intereses de la Marina de Guerra del Perú, de conformidad con la normativa legal vigente.

- Órgano de Inspectoría. El Órgano de Inspectoría es el órgano cuyas competencias se circunscriben a asuntos militares, operacionales y disciplinarios.

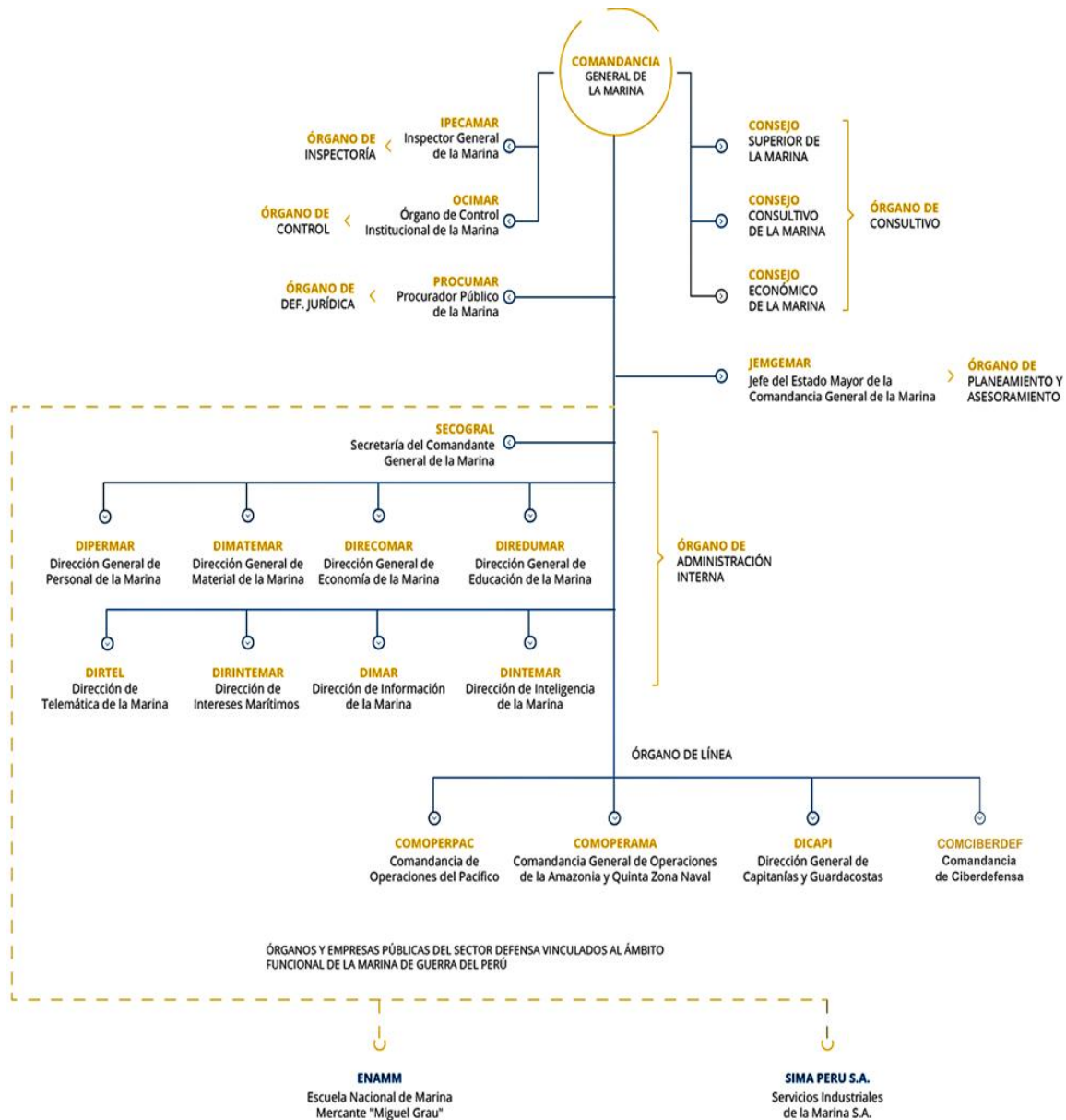
- Órganos de Administración Interna. Los Órganos de Administración Interna son aquellos que brindan apoyo a las actividades operacionales de la Marina de Guerra del Perú.

- Órganos de Línea. Los Órganos de Línea son aquellos entes operacionales de la institución y lo conforman las Comandancias Generales de Operaciones y la Dirección General de Capitanías y Guardacostas.

Este último se subdivide en cuatro grupos de gran importancia dentro de los cuales se encuentra la Comandancia General de Operaciones del Pacífico (COMOPERPAC).

De acuerdo al Libro de Organización de COMOPERPAC (Marina de Guerra del Perú, 2019), dicha Comandancia tiene la misión de “efectuar el planeamiento estratégico operativo, preparar, conducir y evaluar las operaciones y actividades logísticas de las Fuerzas y Zonas Navales asignadas; sus alcances operacionales apuntan hacia el desarrollo de acciones necesarias que garanticen el óptimo estado de alistamiento (de las unidades navales y aéreas) para el cumplimiento de las tareas en relación a los planes y objetivos institucionales”. La Figura 2 esquematiza de forma gráfica el organigrama de la institución.

Adicionalmente, esta Comandancia cuenta con cinco Fuerzas Operativas: Fuerza de Superficie (FAS), Fuerza de Submarinos (FASUB), Fuerza de Aviación Naval (AVINAV), Fuerza de Infantería (IMAP), y Fuerza de Operaciones Especiales (FOES).

Figura 2*Organigrama de la Marina de Guerra del Perú*

Nota. Marina de Guerra del Perú (2020) *Acerca de nosotros: Funciones.*
<https://www.marina.mil.pe/es/nosotros/funciones/>

1.2 Descripción de la labor desempeñada

Inicié mi carrera naval ingresando el año 2013 a la Escuela Naval del Perú, cumpliendo 5 años como Cadete, dentro del cual conocí las diferentes zonas navales embarcándome en diferentes embarcaciones de la marina, formando parte de la primera dotación del BEV Unión, el cual realizó un viaje al extranjero recorriendo diferentes países de América. En el año 2017 culminé mi etapa de formación e instrucción egresando como bachiller en ciencias marítimas, bachiller en Ingeniero Industrial con mención en logística en la Universidad de Piura. En el año 2018 me destacaron como dotación del BAP De los Heros, cumpliendo la función de oficial de

construcción. En el año 2019 me destacaron a la Fuerza de aviación naval, donde lleve el curso teórico de piloto militar en la Fuerza Aérea de Perú. En el año 2020 me desempeñe como secretario del Escuadrón Aeronaval 32. En el año 2021 hasta la fecha me encuentro en la fase práctica para habilitarme como piloto naval, en la aeronave T-34C.





Capítulo 2

Fundamentación del tema elegido

2.1 Enlace teórico - práctico

Para el diseño de especificaciones que servirá de guía para la adquisición de vehículos aéreos no tripulados para la fuerza de aviación naval en primer lugar se dará una definición de vehículos aéreos no tripulados, enumerar las actividades que realizan o puedan realizar y las características ya definidas en el ámbito de operación internacional de los vehículos aéreos no tripulados, RPAs (Remote Piloted Aircraft System) en el Perú, y aeropuertos.

2.1.1 Definición de vehículos aéreos no tripulados

De acuerdo a Ley N.º 30740 y en concordancia con los convenios firmados por el Perú y la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), se identifica a la aeronave pilotada a distancia con las siglas RPA (Remotely Piloted Aircraft) y al sistema de aeronaves pilotadas a distancia con las siglas RPAS (Remote Piloted Aircraft System).

- Aeronave pilotada a distancia (Remotely Piloted Aircraft - RPA): es una aeronave pilotada por un “piloto remoto” quien monitorea la aeronave en todo momento y tiene responsabilidad directa de la conducción segura de la aeronave durante todo su vuelo.
- Sistema de aeronave pilotada a distancia (Remote Piloted Aircraft System RPAS): es el conjunto de elementos configurables integrado por una aeronave pilotada a distancia, sus estaciones de piloto remoto conexas, los necesarios enlaces de mando y control y cualquier otro elemento de sistema que pueda requerirse en cualquier punto durante la operación de vuelo.

Podemos definir un sistema aéreo no tripulado (UAS) como aquel sistema compuesto por uno o más vehículos aéreos no tripulados (UAV) y todos aquellos elementos necesarios para su operación (sistemas de control, comunicaciones, medios de lanzamiento y recuperación, elementos de transporte) y equipos de apoyo asociados.

Genéricamente los UAS están compuestos por un segmento aéreo y un segmento terreno. Cabe mencionar que la terminología más genérica es el “dron” y que también otras tales como UAV, UAS, ALFUS, UCAV, entre otros lo que no es materia de mayor comentario para el desarrollo del presente trabajo.

2.1.2 Características de vehículos aéreos no tripulados

Características generales

- Permiten evitar riesgos personales
- Ejecuta operaciones más rápidas y menos costosas que los sistemas tripulados
- Incrementa la disponibilidad operativa del personal
- Optimiza el tiempo de duración de la misión
- Los sistemas de corto alcance no necesitan pista de despegue
- Sencillos de transportar, relativamente simples de desplegar, fáciles de lanzar y recuperar.
- Flexibilidad al poder desarrollar en una sola salida múltiples tareas, o ser reasignado para una misión diferente a la inicialmente prevista.
- Al poder ser controlados remotamente, pueden proyectar diferentes operaciones.
- Específicamente las principales ventajas de los multirrotores son las siguientes: despegue y aterrizaje vertical, la posibilidad de volar a punto fijo (vuelo estacionario) o a muy baja velocidad, mayor maniobrabilidad y precisión de vuelo, su diseño le permite embarcar cargas.

2.1.3 Clasificación de los vehículos aéreos no tripulados

Son varias las clasificaciones que se establecen según las distintas organizaciones y atendiendo a diferentes parámetros como el peso, tamaño, empleo (táctico, operativo y estratégico), tipo de misión, altitud, radio de acción-autonomía, velocidad, lanzados por catapulta o desde el hombro, lanzados desde el aire.

A diferencia de lo que sucede con otros tipos de sistemas (misiles, buques, vehículos o aeronaves tripuladas), para los RPA no existe una clasificación universalmente aceptada sino múltiples taxonomías que se acostumbra a entremezclar.

Esto se debe a la gran diversidad de RPA existente, a las múltiples misiones que estos pueden desempeñar.

Dentro de las múltiples clasificaciones una de las más usadas es la de la OTAN en donde hay entidades y/o grupos de trabajo interesados en diversos aspectos de los UAS, como, por ejemplo:

- Joint Capability Group on Unmanned Aerial Vehicles (JCGUAV)
- NATO Standardization Agency (NSA) Joint UAV Panel
- Operations Research Division de la NATO Consultation, Command and Control Agency (NC3A)

- JAPCC (Joint Airpower Competence Centre).

En la siguiente figura se describe las categorías de los UAV/RPAs dentro de 3 clases, según su altitud operacional y su radio de misión:

Figura 3

Clasificación UAV OTAN

CLASIFICACIÓN UAV OTAN				
Clase (MTOW)	Categoría	Empleo	Altitud de operación AGL	Radio de Misión
CLASE I ≤ 150 Kg	MICRO < 2 Kg	Táctico, (Sección)	Hasta 200 pies	5 Km (LOS)
	MINI 2-20 Kg	Táctico (Compañía)	Hasta 1.000 pies	25 Km (LOS)
	LIGEROS > 20 Kg	Táctico (Batallón)	Hasta 1.200 pies	50 Km (LOS)
CLASE II ≤ 600 Kg	TÁCTICO	Táctico (Brigada)	Hasta 10.000 pies	200 Km (LOS)
CLASE III > 600 Kg	MALE (Medium Altitude Long Endurance)	Operacional	Hasta 45.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	HALE (High Altitude Long Endurance)	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin Límite (BLOS)
	Combate	Estratégico	Hasta 65.000 pies	Sin límite (BLOS)

Nota. Calameo (2011) JCGUAS "UAV Classification Guide"
<https://es.calameo.com/books/005409100a7fe7951d63d>

Se puede clasificar los RPA en base a sus principales características operativas como distancia de operación, máxima altitud de vuelo, autonomía y carga máxima, en el siguiente cuadro se detalla:

Tabla 1*Clasificación de las RPAs*

Clasificación	Acrónimo	Máxima distancia de operación (km)	Máxima altitud de vuelo (m)	Autonomía (horas)	Carga máxima en despegue (kg)
Nano	n	<1	100	<1	<0.025
Micro	μ	<10	250	~ 1	<5
Mini	Mini	<10	150 a 300	<2	<30
Alcance cercano	CR	10 a 30	3000	2 a 4	150
Alcance Corto	SR	30 a 70	3000	3 a 6	200
Alcance Medio	MR	70 a 200	5000	6 a 10	1250
Altitud baja Penetración profunda	LADP	>250	50 a 9000	0.5 a 1	350
Autonomía media	MRE	>500	8000	10 a 18	1250
Autonomía alta Altitud baja	LALE	>500	3000	>24	<30
Autonomía alta Altitud media	MALE	>500	14000	24 a 48	1500
Autonomía alta Altitud alta	HALE	>2000	20000	24 a 48	12000
Combate	UCAV	~ 1500	10000	~ 2	10000
Ofensivo	LETH	300	4000	3 a 4	250
Señuelo	DEC	0 a 500	5000	<4	250
Estratosférico	STRATO	>2000			
Exo - estratosférico	EXO	No disponible	>30000	No disponible	No disponible

Nota. Ojeda Bustamante, Gonzáles Sánchez, Mauricio Pérez, & Flores Velázquez (2017) *Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222017000400157

2.1.3.1 Análisis FODA de los RPA. Las RPA tienen fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, frente a las aeronaves convencionales tripuladas, debiendo tener en cuenta principalmente los beneficios que la adquisición de los RPA nos proporcionaría, al contar con estos y poder contrarrestar las debilidades y amenazas con las aeronaves convencionales que tenemos:

Tabla 2

FODA

Fortalezas	Debilidades
•Útiles para tareas 4D "dull, dirty, dangerous and deep" •Permiten evitar riesgos personales. •Pueden ser más baratos (atención a costes de ciclo de vida). •Aumentan la disponibilidad operativa. •Los sistemas clases I y II proporcionan información inmediata si el espacio radioeléctrico no está congestionado. •Reducen personal en zona de operaciones. •Aumentan el tiempo de duración de la misión	•Limitada capacidad de integración de armamento en sistemas clases I y II. •Vulnerabilidad ante ciberataques. •Normativa de utilización en desarrollo. •Las normas de derecho de guerra pueden limitar mayores niveles de autonomía. •La adaptación a normativa de aeronavegabilidad puede incrementar los costes de desarrollo. •La integración en espacio aéreo no segregado es costosa e incierta. •Presentan dificultades de aceptación social en algunos ámbitos (protección de datos personales). •Necesidad de desarrollo en entornos marítimos
Oportunidades	Amenazas
•Las actividades de I+D y adquisición gubernamentales pueden potenciar el desarrollo tecnológico e industrial. •Potencial para desarrollo y experimentación de nuevos conceptos operativos tanto en el ámbito militar como civil. •Mercado civil en crecimiento. •Entrada en servicio rápida y más barata que para sistemas tripulados. •Permiten establecer redes de operación completas	•Pérdida de soberanía industrial si no se potencia su desarrollo. •Vistos como una panacea desde el punto de vista político que los puede convertir en inútiles si no se abordan estrategias globales. •Situación financiera a corto plazo obliga a establecer estrategias a medio/largo. •Carencia de fondos para desarrollo tecnológico. •Las presiones para desarrollar sistemas grandes puede ahogar el desarrollo de sistemas más pequeños y eficientes. •Altos ratios de accidentes. •Grandes necesidades de ancho de banda y gestión de espectro radioeléctrico.

Nota. GOV (2011) *The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems* (JDN 2/11).
<https://www.gov.uk/government/publications/jdn-2-11-the-uk-approach-to-unmanned-aircraft-systems>

2.1.4 RPA en el Perú

El interés peruano se remonta a mediados de la década de los años 90, a partir de la Oficina de Investigación y Desarrollo del Ejército que llevó a principios de 1999 a construir dos prototipos, RT-1 y RT-2 que fueron abandonados. Partiendo del RT-1 en 2004, la Fuerza Aérea peruana en cooperación con Pakistán desarrolló un nuevo prototipo bautizado con el nombre de Cóndor que no pudo desarrollarse por falta de financiación.

En 2008, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y las Fuerzas Armadas se unieron para el desarrollo de una nueva familia de vehículos para misiones ISTAR y cuyas prestaciones deberían cubrir la totalidad de las necesidades militares.

Tras tres años de desarrollo surgieron los prototipos Pegaso y Quinde que actualmente están en desarrollo por el Centro de Desarrollo de Proyectos (CEDEP) de la Fuerza Aérea y que han efectuado más de 20 vuelos de pruebas. Por su parte, la Armada peruana está impulsando el proyecto Arpón III para operar desde las fragatas Lupo.

El desarrollo tecnológico peruano está actualmente vinculado a la industria de Israel, país con el que en octubre de 2013 firmó un acuerdo de cooperación para el asesoramiento técnico al mando conjunto peruano por valor de unos 13 millones de euros.

Durante 2013 se hizo público que el Ejército peruano había probado sistemas con tecnología nacional en operaciones contra la guerrilla en el sur del país.

Las particulares características del Valle del Río Apurímac y Ene –VRAE- han despertado de nuevo el interés de esta nación en el desarrollo y adquisición de UAVs, como herramientas para la lucha que se libra en esta zona, en contra de los reductos de la agrupación insurgente “sendero luminoso”.

En este sentido, el Ejército Peruano debe concentrar sus esfuerzos en el despliegue de vehículos tácticos, que, en misiones de carácter focalizado, recopilen sobre aéreas determinadas, información del tipo ISR, para y con base en ella realizar operaciones aéreas y terrestres, rápidas y contundentes.

Sin embargo, el interés peruano se remonta a mediados de la década de los años 90, justo después del conflicto con el Ecuador, momentos a partir de los cuales comienza el trabajo conjunto con la Oficina de Investigación y Desarrollo del Ejército.

A continuación, se detalla una reseña y descripción de los programas prototipo de UAV que se implementaron en el Perú:

EP-OIDE RT-1 y RT-2

Producto de ese trabajo surge a principios del año de 1999 un prototipo denominado RT-1 con el cual se realizan algunos vuelos de prueba.

A partir de dichas pruebas comienza el diseño y construcción de un segundo prototipo (Rt-2), que por falta de fondos no es terminado por completo y que además se perdió en un accidente, razones que llevaron a la interrupción indefinida del proyecto.

Figura 4

EP-OIDE RT-2



Nota. Defensa (2021) Sitio web de Defensa. <https://www.defensa.pe/>

Programa Condor

En el año 2004, la Fuerza Aérea revive el programa Condor, partiendo de RT-1.

Utilizando diseños y planos del modelo Pakistaní Satuma Mukhbar, se realizaron una serie de trabajos que incluyeron la repotenciación del motor Quadra-100, la ampliación de los tanques de combustible, el reforzamiento de las alas, la ampliación de la compuerta trasera (para mayor y más fácil acceso), la instalación de un nuevo sistema de control y de comunicación, así como de cuatro cámaras y un sistema FLIR, de nuevas luces estroboscópicas y de una nueva antena omnidireccional con un nuevo transmisor PCM/PPM.

A este nuevo prototipo se le bautizo con el nombre de Cóndor, que poseía además una carga útil de 22 kilogramos y un alcance de hasta 300 kilómetros de vuelo y al cual se le estaba desarrollando un sistema de vuelo completamente automatizado. Desafortunadamente y por razones presupuestarias el proyecto fue de nuevo cancelado.

Figura 5*Condor*

Nota. Defensa (2021) *Sitio web de Defensa.* <https://www.defensa.pe/>

Sin embargo y para el 2008, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica y el Comando Conjunto del Ejército (con asesoría Argentina), se unieron para el desarrollo de una nueva familia de vehículos, con características ISR y cuyas prestaciones cubrieran la totalidad de las necesidades que de las Fuerzas Armadas en este sentido.

De este trabajo conjunto y luego de tres años de desarrollo surgieron tres prototipos, siendo el primero de ellos uno conocido como el “Eléctrico”, prototipo portátil (7.5 kilogramos y 10 kilómetros de alcance) ideado para ser transportado y desplegado por un solo hombre y para ser utilizado por unidades de infantería directamente en el teatro de operaciones.

Programa Pegasus

Este segundo modelo, con el mayor número de vuelos, tiene una autonomía de cerca de 120 minutos, gracias a su motor de dos tiempos y 5HP, que le proporciona una velocidad de hasta 100 kilómetros por hora a altitudes de hasta los 3000 metros. Su costo se estima en los US 150.000 dólares por unidad.

Programa Quinde

El último prototipo es el Quinde, vehículo de altas prestaciones (con 3.5 metros de ancho), pues ha sido diseñado para operar hasta por cuatro horas, a velocidades de hasta 140 kilómetros por hora, con alcances de hasta 400 kilómetros y a una altura de hasta 5000 metros, en misiones –además de ISR- de apoyo táctico y guerra electrónica (EW).

Este proyecto está liderado por el Centro de Desarrollo de Proyectos (CEDEP) de la Fuerza Aérea del Peruana, y para mediados del 2012 se habían efectuado más de 20 vuelos de pruebas, en las que se ensayó su capacidad para recoger información con una cámara de alta definición o un sistema FLIR de detección calórica y enviarla en tiempo real a tierra vía Data Link.

Aeronautics systems orbiter mini-UAV-2

De manera simultánea al desarrollo de prototipos nacionales, para el 2009 este país adquirió dos del modelo de diseño israelí Orbiter II.

Este es un vehículo compacto y ligero (1.5 kilogramos) diseñado para misiones particularmente del tipo Homeland y de reconocimiento. El modelo posee un motor eléctrico que le brinda una velocidad de hasta los 130 kilómetros por hora, durante 4 horas y a una altura máxima de 5500 metros.

Figura 6

Orbiter II



Nota. Aeronautics (2021) *Página web de Aeronautics.* <http://www.aeronautics-sys.com>

INNOCON MICRO FALCON-LE

Pero y debido a las prestaciones del modelo anterior, para el 2010 se anunció la compra de tres unidades del también Israelí Micro-Falcon, por montos tasados en alrededor de los US 550.000 dólares.

Impulsado por un motor eléctrico silencioso y con una autonomía de 2 horas de funcionamiento, el Halcón Micro cuenta con una envergadura de 2 m (6.5 pies) y un máximo peso de despegue de 6 kg (13,2 libras), incluyendo una carga de 1 kg.

Figura 7

Micro-Falcon



Nota. Defensa (2021) *Sitio web de Defensa.* <https://www.defensa.pe/>

Programa ARPON III

Prototipo desarrollado por la armada peruana, está diseñado para operar (despegue y aterrizaje) desde las cubiertas de las Fragatas Clase Lupo, aunque sus características sean a la fecha clasificadas.

Figura 8

Arpon III



Nota. Defensa (2021) Sitio web de Defensa. <https://www.defensa.pe/>

Programa RICUK

El Sistema Aéreo No Tripulado “Ricuk”, es un producto desarrollado por el Centro de Investigación de Desarrollo de Proyectos de la Fuerza Aérea del Perú – CIDEP. Este Centro posee la capacidad de fabricación de vehículos aéreos no tripulados gracias a los conocimientos tecnológicos adquiridos por el personal militar y civil de esta unidad en la República de Corea, por parte de la Compañía Korea Aerospace Industries, y que fueron fundamentales para dar paso al desarrollo de este tipo de aeronaves no tripuladas.

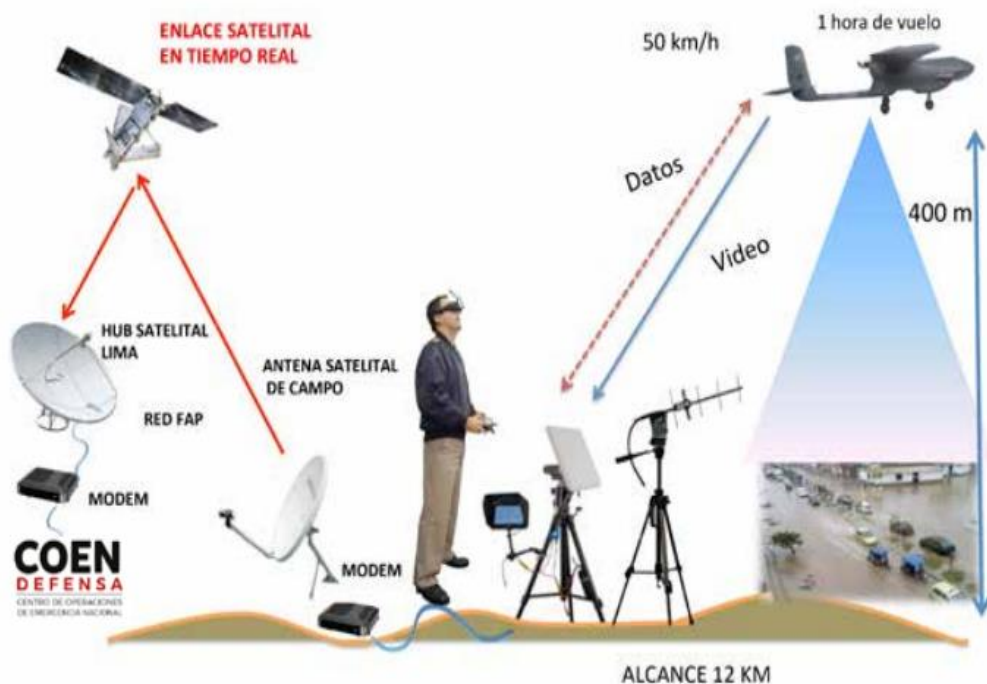
El UAV “RICUK”, está conformado por aeronaves consideradas dentro de la clasificación OTAN como Clase I (táctico ligero), concebidas para realizar operaciones de vigilancia y reconocimiento aéreo de modo semiautónomo, con una autonomía de una (01) hora de vuelo, un rango de operación de doce (12) km de distancia, una altura de vuelo de cuatrocientos (400) metros sobre el terreno y una velocidad de cincuenta (50) km/h con un sistema de propulsión eléctrico. Posee un fuselaje de fibra de vidrio y carbono que le otorga un peso de cinco (5) kg, permitiendo que la forma de despegue sea manual (HAND LAUNCHER) y un aterrizaje con trenes o modo BELLY LANDING, así mismo cuenta con una cámara Electro Óptica como sensor y un sistema de paracaídas de emergencia. El sistema lo complementa la estación de control en tierra y el segmento de comunicaciones (comunicaciones externas/ sistema de enlace de datos).

Figura 9*RICUCK*

Nota. Defensa (2021) *Sitio web de Defensa.* <https://www.defensa.pe/>

Desarrollo del UAV RICUK

El Centro de Investigación y Desarrollo de Proyectos (CIDEP) tiene la capacidad de desarrollo de este tipo de vehículos aéreos debido a la experiencia de su personal en fabricación de vehículos aéreos no tripulados. El UAV RICUK tiene las siguientes características:

Figura 10*Funcionamiento básico del sistema*

Nota. Defensa (2021) *Sitio web de Defensa.* <https://www.defensa.pe/>

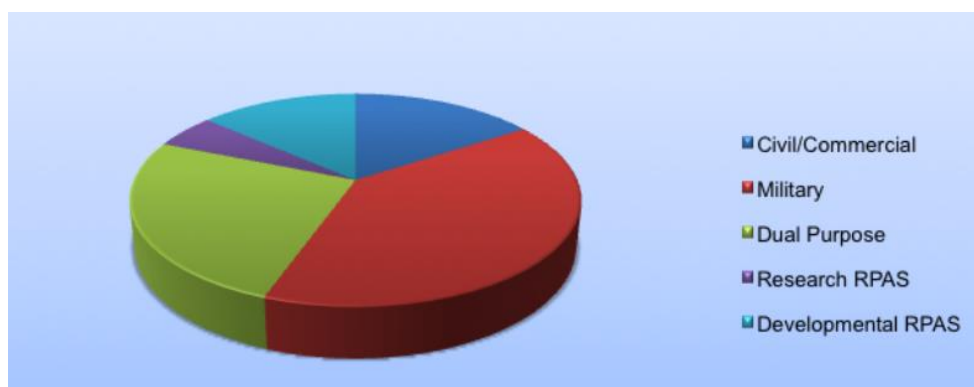
2.1.5 Aplicación de los vehículos aéreos no tripulados

La aplicación más común es para apoyo y misiones de mando, control, comunicaciones, inteligencia, vigilancia y reconocimiento (ISR C4I), junto con el apoyo a instituciones del Estado con competencias en la lucha contra actividades ilegales tales como la inmigración ilegal, el narcotráfico, la piratería y apoyo a misiones humanitarias en todo su alcance, seguridad ciudadana (observación y vigilancia cercana), e incluso en la protección de la naturaleza (observación de grandes áreas de foresta, ríos o cultivos). También se han utilizado mucho en la lucha contra incendios, actividades científicas o experimentales, vigilancia de líneas de alta tensión, en agricultura (fumigación).

En el entorno de la defensa, siempre el más demandante, especialmente la aviación de combate o aviones de combate no tripulados, se empiezan a considerar como una alternativa o complemento de los tripulados, estas dos posibilidades llevan a plantearse cómo serán los futuros sistemas de combate aéreo, que tendrán que dar respuesta a las necesidades planteadas por los nuevos escenarios de operación.

Figura 11

Aplicaciones UAV



Nota. UVS International (UVS International, 2013)

2.2 Antecedentes

Se ha encontrado en Google Scholar la tesis de la Escuela Superior de Guerra del Ejército - Escuela de Postgrado con título “Consideraciones en el empleo de vehículos aéreos no tripulados y preparación del comando de apoyo al Desarrollo Nacional del Ejército ante desastres naturales”; del autor Rosado Soto, Zelada Delgado, Roncal Villegas, presentada en el 2018 y que puede encontrarse en el URL <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/1673916>. Esta tesis aborda la investigación con el propósito de articular la necesidad de respuesta del campo militar a través de consideraciones de soporte operativo y aplicativo, que brinda el empleo de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) a la gestión del riesgo en desastres, es un trabajo que aborda un asunto distinto al que se propone en este plan de TSP.

Se ha encontrado en Google Scholar el trabajo de la Universidad Militar Nueva Granada, con título “Uso de los DRONES en la seguridad privada” del autor Oviedo, presentada en el 2016 y puede encontrarse en el URL <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7785>.

Este trabajo presenta la propuesta del uso de los DRONES en la seguridad y vigilancia privada, como una valiosa herramienta de soporte tecnológico a ser integrada a los Centros de Monitoreo, desde los cuales se puede utilizar en las labores de detección y control, especialmente de grandes superficies o facilidades que así lo requieran, es un trabajo que aborda un asunto distinto al que se propone en este plan de TSP.

2.3 Metodología

Se comenzó a realizar un diagnóstico de las limitaciones que tiene la fuerza de aviación naval al contar con una sola base en Lima-Callao, después se pudo analizar a través de entrevistas con expertos y revisión de documentos, los pro y contras de la adquisición de RPA.

Para determinar el costo de mover una aeronave tripulada y una RPA se recaudó información de pilotos y manuales para calcular el costo de traslado de cada tipo de aeronaves y calcular los beneficios que se obtendrían si se adquiere una RPA.

A partir de la información recaudada de los beneficios de contar con RPA, se buscó identificar qué tipos de RPA cumplen con las especificaciones para cubrir las necesidades que la marina de guerra necesita conforme a sus misiones y características geográficas.

La información recaudada fue contrastada con información de expertos que cuenta la Fuerza de aviación naval, además de ser contrastadas con manuales de diferentes aeronaves y RPA, para determinar las especificaciones que debe de contar un RPA para la fuerza de aviación naval.

2.4 Técnicas empleadas

Las técnicas empleadas en este trabajo de suficiencia profesional son:

- Juicio de expertos: “la evaluación mediante el juicio de experto consiste, básicamente, en solicitar a una serie de personas la demanda de un juicio hacia un objeto, un instrumento, un material de enseñanza, o su opinión respecto a un aspecto concreto” (Cabrero & Llorente, 2013). Durante el desarrollo en el diseño del prototipo se recibió el asesoramiento y colaboración de 2 docentes de la Universidad Nacional de Ingeniería.

- Revisión de fuentes secundarias: revistas especializadas de aviación, documentos oficiales, canales especializados de internet, entre otros.

2.5 Cursos y técnicas involucrados en la carrera

Productividad operativa: “se refiere al uso apropiado de los recursos humanos, tecnológicos y físicos empleados en el proceso productivo, para lograr altos estándares de

calidad, eficiencia y satisfacción del cliente” (Pizzorno, 2019). El desarrollo del prototipo garantiza la eficiencia durante la ejecución del proceso del llenado del dique. La satisfacción del cliente es el personal involucrado del buque porque minimiza la posibilidad de riesgos.

Redacción técnica: durante el proceso de redacción en el análisis del problema y la solución propuesta, se logró un lenguaje sencillo para su rápida asimilación y comprensión.

Dirección de operaciones: “se encarga de las decisiones relacionadas con el diseño, la gestión y la mejora de las operaciones” (Pizzorno, 2019). El diseño del prototipo forma parte de una gestión de solución para mejorar tiempos y garantizar seguridad en el despliegue de las operaciones anfibias.

Mantenimiento y seguridad: garantiza el máximo aprovechamiento de la vida útil de los equipos, como también, la seguridad y bienestar del personal cuidando su integridad. La importancia radica en la optimización de las maniobras protegiendo el material y al personal participante haciendo uso de un sistema medidor de nivel de agua plasmado en un prototipo.



Capítulo 3

Aportes y desarrollo de la experiencia

3.1 Recolección y análisis de la información

La información recopilada son de fuentes públicas tales como tesis, informes, revistas especializadas y manuales, cabe señalar que adicionalmente se revisaron fuentes de las Fuerzas Armadas, que debido a su naturaleza son reservadas, pero que sirvieron para hacer un análisis con ayudas de especialistas de pilotos de aviación naval.

Los RPA pueden ser de gran utilidad en la localización de las zonas de cultivo (RPA de autonomías elevadas en caso de observación y vigilancia de zonas muy extensas), seguimiento de transporte de droga (RPAs de tipo “táctico”: seguimiento de medios de transporte) y distribución local (RPAs de tipo mini de gran discreción en operación).

La observación de grandes áreas terrestres (Amazonia) o marítimas (zonas de pesca), requerirá RPAs de gran autonomía debido a la extensión de estas áreas de interés y deben ser complementados con sistemas RPAs embarcados a bordo de buques, tanto de las Agencias estatales civiles como militares destinados a estas misiones.

Para determinar las especificaciones que debe tener una RPA para la Fuerza De Aviación Naval, se debe analizar la máxima distancia de operación, carga máxima de despegue (sensores con los que puede contar) y autonomía de vuelo. Las RPAs deben de contar con características y capacidades similares a las aeronaves que cuenta la Fuerza Aviación Naval actualmente, ya que han venido cumpliendo las misiones y operaciones asignadas.

Para cumplir las operaciones y misiones de la Fuerza De Aviación Naval, se definió que la primera característica debía ser la “máxima distancia de operación” ya que el litoral peruano abarca las 200 millas (321.9 km.) y 2250 km de litoral, es por ello que de 16 categorías (ver Tabla 1) posibles se redujo a 7, las cuales, nombrando por su acrónimo, son: MRE, LALE, MALE, HALE, UCAV, LETH y DEC; la segunda característica que se priorizó fue la de tiempo de “autonomía” ya que se requiere un vehículo que pueda mantenerse operativamente por lo menos en un turno horario de guardia por lo que nuestras categorías se redujeron a 3: LALE, MALE y HALE; finalmente nuestro tercer criterio se basó en que una unidad de patrulla debe ser ágil, y liviana pero con capacidad cargar sensores, por lo que se eligió “carga máxima de despegue” como tercera y en este caso como definitiva característica, siendo así que

finalmente se definió que el vehículo aéreo no tripulado para la Fuerza de Aviación Naval es la categoría MALE. Con ello queda establecido un “Diseño de especificaciones para la adquisición de vehículos aéreos no tripulados para la fuerza de aviación naval”.

3.2 Resultados

Como resultado de analizar los diferentes modelos y nuestra realidad, el presente trabajo refiere el diseño, fabricación y/o compra de la siguiente manera:

Para cumplir las misiones y operaciones, tiene que ser RPAs con características de velocidad, autonomía de vuelo, ligeros, pero con capacidad de cargas de sensores de tal forma de que no sean fácilmente interceptados, por lo que los modelos de tipo MALE son los adecuados. Una ventaja significativa que hay modelos de RPA que puedes hacer un despegue y aterrizaje de forma vertical.

Dentro de las clasificaciones de las RPAS, la aeronave que se adaptaría mejor a la Fuerza de aviación naval, por sus capacidades y características, son de tipo MALE (Autonomía alta Altitud media) el cual se califica dentro de la clase tipo III de las RPA, ya que cuentan con capacidades similares con las que cuenta actualmente la fuerza de aviación naval en sus aeronaves B-200 y Fokker -60 MPA, y con las que ha podido cumplir sus misiones.

Teniendo como ventajas la reducción de combustible, evita el riesgo humano, mayor autonomía y un menor costo de adquisición. Viéndose reflejadas en una reducción de costos a corto plazo y mediano plazo.

Tabla 3

Resultados

Características	RPA tipo MALE	B-200	Fokker – 60 MPA
Autonomía máxima	24 horas aprox.	5 horas	11.5 horas
Consumo de combustible promedio	280 lbs/hora	737 lbs/hora	1,250 lbs/hora
Altura máxima	45000 pies	35000 pies	25000 pies
Radar SAR ISAR	Sí	Sí	Sí
IFF	Sí	No disponible	Sí
Cámara óptica	Sí	Sí	No disponible
Cámara infrarroja	Sí	Sí	No disponible
Riesgo humano	No	Sí	Sí

Nota. Elaboración propia

En el mercado internacional existen diferentes modelos tipo MALE como el Global Hawk Block 30 fabricada por Northrop Grumman Corporation en Estados Unidos y el Gray Eagle, fabricadas por General Atomics Aeronautical System, Inc. en Estados Unidos, este

último probados en zonas de operación como Afganistán e Irak. En el mercado nacional no existe este tipo de modelos.





Conclusiones

La globalización nos da oportunidad de poder ver el uso de nuevas tecnologías y analizar las ventajas de poder adaptarlas a nuestra realidad, en nuestro caso las RPA.

Se revisó literatura y experiencias de diferentes entidades y países, entre ellos el nuestro; vemos que se viene desarrollando de manera vertiginosa el uso y desarrollo de los RPA y el país no es ajeno a ello.

En el país ya tenemos leyes sobre el uso de RPA. Civil y militarmente ya se están usando cada vez más. Existen vacíos que no permiten una definición clara ya que internacionalmente no se tiene un criterio claro o estandarizado de ello.

No se proyecta hacer una estandarización, pero si iniciar el camino a hacia ello, que sirva de base para el diseño de especificaciones de compra de RPA para la fuerza de aviación naval.

Es fundamental para el diseño de las especificaciones de compra, contar con los criterios de expertos nacionales y sobre todo internacionales. Además de contrastarlas con la realidad nacional.

En base al análisis de la información recolectada, se definieron 3 características a tomar en cuenta para escoger el vehículo que mejor se adecue a nuestra realidad: máxima distancia de operación, autonomía y carga máxima de despegue.

La categoría tipo MALE cumple con el “Diseño de especificaciones para la adquisición de vehículos aéreos no tripulados para la fuerza de aviación naval”.



Recomendaciones

Se sugiere la elaboración de un estudio para evaluar la Productividad operativa: análisis de los costos y beneficios de implementar un nuevo tipo de aeronave a las actividades de la Marina de Guerra del Perú y su impacto en la eficiencia de las operaciones.

Realizar coordinaciones para que el Centro de Investigación y Desarrollo de Proyectos pueda crear un RPA tipo MALE, el cual se adapte a las necesidades de la fuerza de aviación naval.

Programas de capacitación a pilotos para el uso de los nuevos sistemas con RPAS.

Alianza estratégica con países aliados que tenga experiencias operando RPA similares a las de tipo MALE para compartir experiencias.

Proponer un presupuesto de inversión al corto y mediano plazo, para la adquisición y mantenimiento de este tipo de aeronaves.



Referencias bibliográficas

- Aeronautics. (2021). *Página web de Aeronautics*. From Aeronautics: <http://www.aeronautics-sys.com>
- Astudillo, R. (2016). *Diseño e implementación de un prototipo de medidor de nivel de agua a través de un sensor ultrasónico para pasos deprimidos*. Retrieved 2021 from <http://157.100.241.244/bitstream/47000/1181/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-19.pdf>
- Cabrero, J., & Llorente, M. D. (2013). *La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)*. Retrieved 2021 from <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/eduweb/v7n2/art01.pdf>
- Calameo. (2011, Septiembre). *JCGUAS "UAV Classification Guide"*. From Calameo: <https://es.calameo.com/books/005409100a7fe7951d63d>
- CDMX Electrónica. (2020, Junio 10). *Resistencias 120-1k Ohm 1/4 w*. Retrieved 2021 from CDMX Electrónica: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/resistencias-120-1k-ohm-1-4w-5/#:~:text=La%20resistencia%20es%20un%20componente,el%20flujo%20de%20los%20electrones..>
- Chanamé, R. (2011). *La constitución comentada*. Arequipa, Arequipa, Perú: Adrus. Retrieved 2021
- Defensa. (2021). *Sitio web de Defensa*. From Defensa.pe: <https://www.defensa.pe/>
- Electro Componentes. (2020, Junio 08). *20 cables jumper protoboard de 30 cm*. From Electro Componentes: <https://www.electrocomponentes.es/cable-jumper/20-cables-jumper-protoboard-de-30cm-machomacho-247-.html>
- ESUP. (2020). *Escuela Superior de Guerra Naval: Escuela de Aviación Naval*. From Escuela Superior de Guerra Naval: <https://www.esup.edu.pe/avinav.html>
- ESUP. (2020). *Escuela Superior de Guerra Naval: Misión y Visión*. From Escuela Superior de Guerra Naval: <https://www.esup.edu.pe/escalo.html>
- Flores, A., & Benalcázar, F. (2016). *Sistema de mediación de nivel de agua en piscinas de control en un criadero de peces*. Tesis, Universidad Central de Ecuador, Quito. Retrieved 2021 from <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7750>

- Geek Factory. (2017, Septiembre 28). *Alimentar el Arduino: La guía definitiva*. Retrieved 2021 from Geek Factory: [https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/alimentar-el-arduino-la-guia-definitiva/#:~:text=Voltajes%20menores%20\(5%20a%207,de%20corriente\)%20no%20sea%20grande](https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/alimentar-el-arduino-la-guia-definitiva/#:~:text=Voltajes%20menores%20(5%20a%207,de%20corriente)%20no%20sea%20grande).
- GOV. (2011, Marzo 30). *The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems (JDN 2/11)*. From GOV: <https://www.gov.uk/government/publications/jdn-2-11-the-uk-approach-to-unmanned-aircraft-systems>
- Guardacostas, D. (2020). *Comandancia de Operaciones Guardacostas: Búsqueda y Rescate*. From Dirección General de Capitanías y Guardacostas: <https://www.dicapi.mil.pe/direcciones/all>
- Guerrero, J., & Games, D. (2017). *Sistema de monitoreo del nivel de agua en los tanques elevados, para empresa avícolas usando la arquitectura Java J2EE y plataforma de prototipos electrónica - Arduino*. Tesis, Universidad Privada de Tacna, Tacna. Retrieved 2021 from http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/164/1/Guerrero-Cruz-Jose-Luis_Games-Segales-Dember.pdf
- HEFLO. (2015). *¿Qué es la optimización de procesos?* From HEFLO: <https://www.heflo.com/es/blog/automatizacion-procesos/que-es-optimizacion-procesos/#:~:text=El%20prop%C3%B3sito%20de%20la%20optimizaci%C3%B3n,saber%20la%20forma%20de%20lograrlo>.
- Hernández, L., & Beningno, J. (2021). *Simulación de sistemas*. From Simulación SIS Juan: https://simulacionsisjuanb.es.tl/1-.-1-.-_DEFINICION-E-IMPORTANCIA-DE-LA-SIMULACION-EN-LA-INGENIERIA.htm#:~:text=Simulaci%C3%B3n%20es%20el%20proceso%20de,se%20puede%20operar%20el%20sistema.
- HETPRO. (2018, Febrero 07). *Protoboard-Breadboard, qué es y cómo se usa*. From HETPRO: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/protoboard-breadboard/>
- Konstantinos, L., & Etichios, K. (2016). *Water level sensing: State of the art review and performance evaluation of a low-cost measurement system*. Science Direct. doi:<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.04.019>
- Marina de Guerra del Peru. (2017, Octubre). *Mapa de procesos de la Marina de Guerra del Perú*. Retrieved 2020 from Marina de Guerra del Perú: https://www.marina.mil.pe/media/portal_trns/2018/03/09/MAPRO_2018_01.pdf
- Marina de Guerra del Perú. (2019). *Libro de Organización de Buques Multipropósitos Tipo B.A.P. "PISCO"*. Callao, Lima, Peru. Retrieved 2021

- Marina de Guerra del Perú. (2020). *Acerca de nosotros: Funciones*. From Marina de Guerra del Perú: <https://www.marina.mil.pe/es/nosotros/funciones/>
- Marina de Guerra del Perú. (2020). *Acerca de nosotros: Misión y visión*. From Marina de Guerra del Perú: <https://www.marina.mil.pe/es/nosotros/acerca-de/>
- Mautner, D., & Bischoff, K. (2004). *Análisis y simulación de procesos*. Barcelona: Reverté.
- Ojeda Bustamante, W., Gonzáles Sánchez, A., Mauricio Pérez, A., & Flores Velázquez, J. (2017). *Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México: SCIELO. Retrieved 2021 from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222017000400157
- Pizzorno, J. (2019). *Optimización del talento humano de la División de Cubierta y Construcción del Departamento de Logística en el BAP "Tacna" mediante un plan de trabajo mensual que establezca límites de tiempo y tareas específicas*. Universidad de Piura. Lima: Repositorio Institucional de la Universidad de Piura. Retrieved 2021 from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4210/TSP_ING_G_Log_1910.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Programo Ergo SUM. (2020). *Primeros pasos con una placa de Arduino: Tutorial de iniciación a la programación de placas con Arduino*. Retrieved 2021 from Programo Ergo SUM: <https://www.programoergosum.com/cursos-online/arduino/253-curso-de-iniciacion-a-arduino/software-arduino-ide>
- Sistemas. (2016). *Definición de LED*. Retrieved Junio 08, 2020 from Sistema Master Magazine: <https://sistemas.com/led.php#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20LED,electromagn%C3%A9tica%20en%20forma%20de%20Luz.>
- Terzago, J. (2005). *Alfred Thayer Mahan (1840-1914) Contraalmirante U.S. Navy su contribución como historiador, estrategia y geopolítico*. Informe, Viña del Mar. Retrieved 2021 from <http://www.cialc.unam.mx/pdf/mahan.pdf>
- UVS International. (2013). *The global perspective*. From UVS International: www.uvs-international.org