



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS,
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO**

CARRERA DE INGENIERÍA COMERCIAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO COMERCIAL**

**TEMA: ANÁLISIS DEL SOPORTE LOGÍSTICO DE LA FUERZA AÉREA
ECUATORIANA MEDIANTE UN DISEÑO ÓPTIMO DE INVENTARIOS
PARA EL ALA DE COMBATE Nro. 23**

**AUTORES: SUBT. TÉC. AVC. ERAZO VARGAS, JONATHAN PATRICIO
SUBT. TÉC. AVC. CLAUDIO DÍAZ, BYRON ALEXANDER**

DIRECTOR: ING. AVENDAÑO BARRERA, JULIO RICARDO

SANGOLQUÍ

2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y DE
COMERCIO

CARRERA DE INGENIERÍA COMERCIAL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “*ANÁLISIS DEL SOPORTE LOGÍSTICO DE LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA MEDIANTE UN DISEÑO ÓPTIMO DE INVENTARIOS PARA EL ALA DE COMBATE Nro. 23*” fue realizado por los señores *Subt. Téc. Avc. Erazo Vargas, Jonathan Patricio* y *Subt. Téc. Avc. Claudio Díaz, Byron Alexander* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:



Ing. Julio Ricardo Avendaño Barrera

C.C. 1704897584



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y DE
COMERCIO

CARRERA DE INGENIERÍA COMERCIAL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Subt. Téc. Avc. Erazo Vargas, Jonathan Patricio* y *Subt. Téc. Avc. Claudio Díaz, Byron Alexander*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *Análisis del soporte logístico de la Fuerza Aérea Ecuatoriana mediante un diseño óptimo de inventarios para el Ala de Combate Nro. 23* es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación es veraz.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

Subt. Erazo Vargas Jonathan Patricio

C.C. 1723842033

Firma:

Subt. Claudio Díaz Byron Alexander

C.C. 0502941081



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y DE
COMERCIO**

CARRERA DE INGENIERÍA COMERCIAL

EXCEPCIÓN DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, *Subt. Téc. Avc. Erazo Vargas, Jonathan Patricio* con cédula de identidad 1723842033 y *Subt. Téc. Avc. Claudio Díaz, Byron Alexander* con cédula de identidad 0502941081, autores del trabajo de titulación: *Análisis del soporte logístico de la Fuerza Aérea Ecuatoriana mediante un diseño óptimo de inventarios para el Ala de Combate Nro. 23*, adjunto al presente remitimos la solicitud que fue presentada al señor Vicerrector de Docencia de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en la que consta la no publicación definitiva en el Repositorio Institucional del trabajo de titulación antes mencionado.

Sangolquí, 14 de enero de 2020

Firma:

Subt. Erazo Vargas Jonathan Patricio

C.C. 1723842033

Firma:

Subt. Claudio Díaz Byron Alexander

C.C. 0502941081

DEDICATORIAS

El presente Trabajo de Titulación está dedicado principalmente a mis padres Patricio y Verónica, quienes a pesar de la distancia y de las adversidades siempre han estado junto a mi apoyándome y motivándome a seguir siempre adelante, porque me demostraron que no existen barreras que no puedas vencer, y porque cada logro que alcance en mi vida personal y profesional se lo debo a ellos por haberme enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi hermana Anita, quien es el orgullo de mi vida pues es quien me motiva a superarme día a día y siempre buscar ser una mejor persona digna de su reconocimiento y admiración, siempre velaré y cuidaré de ti sin importar que tan lejos nos encontremos físicamente, pues a todo lado que voy te llevo dentro de mi mente y mi corazón.

Finalmente, quiero dedicar este trabajo a mis abuelitos Aníbal y Anita, quienes fueron mis segundos padres y gran parte de lo que soy hoy en día se lo debo a ellos y a la entrega desinteresada que solo se puede reflejar en su amor incondicional.

Subt. Erazo Vargas Jonathan Patricio

DEDICATORIAS

El presente Trabajo de Titulación se lo dedico a las personas más importantes de mi vida, mis padres Jorge y Mayra; quienes con su apoyo incondicional, paciencia y esfuerzo me enseñaron a cumplir todos los propósitos que me imponga en la vida. Por haberme brindado las fuerzas necesarias para poder seguir adelante ante cualquier adversidad, por ser mi sustento y la parte más importante de lo que ahora soy como persona y profesional.

A mis hermanos Jorge y Bryan por estar siempre presentes en este largo camino de mi vida, quienes con su apoyo confiaron en mi capacidad y entrega para continuar adelante con mis estudios y mi formación profesional.

Finalmente, a mi enamorada Yadira por haber estado a mi lado siempre y en cada paso que doy a lo largo de mi carrera tanto personal como profesional; por hacer de mí una mejor persona y por el amor que me brinda para cumplir cada sueño y propósito.

Subt. Claudio Díaz Byron Alexander

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios, pues ha guiado y bendecido mi camino, porque me ha dado la fuerza para superar todas las adversidades que se me han presentado, y porque me ha brindado las capacidades físicas, mentales y espirituales necesarias para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, abuelos y hermana quienes han sido las personas más importantes en mi vida y día a día me acompañan en mi corazón, porque siempre están velando por mi bienestar, sin ustedes simplemente nada de esto se hubiera hecho realidad, pues con su amor, dedicación y ánimo hemos logrado siempre juntos salir adelante.

A mis tíos y primos, pues de cierta forma cada uno de ustedes contribuyó en mí, para ser la persona que soy hoy en día y alcanzar los logros que he tenido a través de los años; demostrando así, que siempre la familia es el pilar fundamental de nuestras vidas.

A mis grandes amigos del colegio y de la universidad, quienes me han enseñado el verdadero significado de una amistad desinteresada, pues estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos que he vivido; porque cada uno de ustedes estuvieron conmigo cuando los he necesitado, así como yo también he estado para ustedes cuando me han necesitado.

A la Universidad, por todas las enseñanzas recibidas dentro y fuera del aula, pues me ha permitido formarme académica y profesionalmente; así como, conocer profesores y compañeros de calidad con quienes compartí grandes experiencias y se han forjado importantes lazos de amistad.

A mi compañero de tesis Byron, pues aparte de ser compañeros de armas en la Fuerza y en nuestra especialidad, hemos logrado entablar una amistad que va más allá de la camaradería militar, y por ello hemos culminado con éxito este trabajo y consecuentemente nuestra etapa en la Universidad.

Subt. Erazo Vargas Jonathan Patricio

AGRADECIMIENTOS

Primero y antes que nada, doy gracias a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradezco hoy y siempre a mi familia porque a pesar de la distancia mis padres Jorge y Mayra estuvieron siempre para apoyarme en todo momento, así como también mis hermanos. Me enseñaron lo importante que es la unión familiar y gracias al ánimo, apoyo y alegría que me brindan me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mí enamorada por la confianza, apoyo y amor incondicional sobre todo en los buenos y en los malos momentos. Por ser mi soporte incondicional, llenar mi vida de alegrías y cariño cuando más lo he necesitado para cumplir mis metas; y por ser mi cómplice por los sueños que aún me faltan por realizar a lo largo de este camino que me espera por recorrer.

A mis grandes amigos del colegio y de la universidad, por brindarme su amistad y confianza en este duro y largo camino de la Universidad, pues he aprendido que estas personas a pesar del tiempo y la distancia te dan la mano cuando más lo necesitas sin recibir nada a cambio, así que de igual manera ellos también saben que cuentan conmigo.

A la Universidad, por haberme permitido formarme tanto personal como profesionalmente, así como también a todos los profesores que a lo largo de mi camino por la carrera me brindaron su apoyo y la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para poder llamarme Ingeniero.

A Jonathan por haber sido un excelente compañero de tesis y por ser un amigo entrañable a lo largo de este tiempo tanto durante en la vida militar siendo compañeros de armas en la Fuerza Aérea Ecuatoriana como profesional siendo camaradas de especialidad; una amistad sincera que nos ha permitido terminar y cumplir con esta etapa de la Universidad.

Subt. Claudio Díaz Byron Alexander

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIAS.....	
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. La Institución.....	1
1.2. Visión.....	1
1.3. Misión.....	2
1.4. Principios y Valores.....	2
1.5. Objetivos Institucionales.....	3
1.6. Estructura Orgánica.....	5
1.7. Planteamiento del problema.....	6
1.8. Justificación.....	8
1.9. Objetivos.....	8
1.9.1. Objetivo General.....	8
1.9.2. Objetivos Específicos.....	9
1.10. Hipótesis.....	9
CAPÍTULO II.....	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Modelos de Inventarios.....	12
2.1.1. Definiciones y conceptos.....	12
2.1.2. Modelo General de Inventarios.....	15
2.1.3. Modelos de Inventarios Determinísticos.....	16
2.1.3.1. Modelo de Cantidad Económica del Pedido (EOQ).....	17
2.1.3.2. Modelo de Lote por Lote.....	18
2.1.3.3. Algoritmo Silver – Meal.....	19

2.1.3.4.	Algoritmo de Wagner – Whitin.....	19
2.1.4.	Modelos de Inventarios Probabilísticos	19
2.1.4.1.	Modelo de Un Período.....	20
2.1.4.2.	Modelo de Revisión Periódica	21
2.1.5.	Modelo MRP (Planificación de los Requerimientos de Material)	23
2.2.	Data Mining.....	24
2.2.1.	Definición	25
2.2.2.	Fundamentos del Data Mining.....	26
2.3.	Inteligencia de negocios	26
2.3.1.	Definición	27
2.3.2.	Componentes de la Inteligencia de Negocios	27
2.3.2.1.	Información Multidimensional.....	27
2.3.2.2.	Data Mining	28
2.3.2.3.	Agentes	28
2.3.2.4.	Data Warehouse	28
	MARCO REFERENCIAL	29
2.4.	Logística Militar	29
2.4.1.	Definiciones y conceptos	29
2.4.2.	Sistema Logístico.....	30
2.4.2.1.	Principios logísticos	31
2.4.2.2.	Fases logísticas	31
2.4.2.3.	Funciones logísticas	35
2.4.3.	Abastecimientos.....	36
2.4.3.1.	Definición	36
2.4.3.2.	Normalización y estandarización	36
2.4.3.3.	Clasificación	36
2.4.3.4.	Control de existencias	40
2.4.4.	Mantenimiento	42
2.4.4.1.	Definición	42
2.4.4.2.	Problemas en la Función de Mantenimiento.....	42
2.4.4.3.	Planificación.....	44
2.4.4.4.	Producción	45
2.4.4.5.	Control.....	48
2.4.5.	Transporte	48

2.4.5.1. Definición	48
2.4.5.2. Modos de Transporte	49
2.4.6. Infraestructura	50
2.4.6.1. Definición	50
2.4.6.2. Servicios básicos	51
2.5. Doctrina Aeroespacial.....	51
2.5.1. Tipos de Doctrina Aeroespacial	52
2.5.1.1. Doctrina Básica.....	52
2.5.1.2. Doctrina Operacional.....	52
2.5.1.3. Doctrina Táctica	52
2.5.2. Política, Estrategia militar y Doctrina	53
2.5.2.1. Política	53
2.5.2.2. Estrategia Militar	53
2.5.2.3. Doctrina.....	54
2.5.3. Poder Aeroespacial	54
2.5.3.1. Componentes.....	55
2.6. Simulación y Optimización en la Logística	56
CAPÍTULO III	57
DISEÑO METODOLÓGICO	57
3.1. Definición del objeto de estudio	57
3.2. Enfoque y tipología de la investigación	57
3.3. Determinación de la población.....	59
3.4. Método de recolección y análisis de datos.....	63
CAPÍTULO IV	65
ANÁLISIS DE DATOS.....	65
4.1. Introducción	65
4.2. Análisis Descriptivo.....	66
4.2.1. Disponibilidad de Aeronaves.....	66
4.2.2. Horas de Vuelo	71
4.2.3. Combustibles	76
4.2.4. Material Aeronáutico.....	81
4.3. Análisis bivariado y multivariante	84
4.3.1. Horas de vuelo	84
4.3.2. Consumo de combustibles	87

4.4. Análisis de Material Aeronáutico	93
4.4.1. Clasificación ABC según el valor del inventario actual	95
4.4.2. Clasificación ABC según el consumo total	100
4.4.3. Materiales Críticos	105
CAPÍTULO V	111
PROPUESTA	111
5.1. Introducción	111
5.2. Modelo de Inventario de Revisión Periódica	112
5.3. Proyección de consumo de combustible	121
5.4. Modelo de Simulación Logística	124
CAPÍTULO VI	133
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
7.1. Conclusiones	133
7.2. Recomendaciones	135
REFERENCIAS	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de relación de variables e hipótesis	10
Tabla 2. Principios Logísticos	31
Tabla 3. Clases de Abastecimientos	37
Tabla 4. Escalones, Niveles y Clases de Mantenimiento	47
Tabla 5. Enfoque y tipología de la investigación	58
Tabla 6. Universo de estudio	59
Tabla 7. Disponibilidad de aeronaves 2010-2018	67
Tabla 8. Disponibilidad de aeronaves 2017-2019	69
Tabla 9. Horas de Vuelo 2010-2018	71
Tabla 10. Horas de Vuelo 2017-2019	74
Tabla 11. Galones de combustible consumido anualmente 2014 - 2018	76
Tabla 12. Galones de combustible consumido mensualmente 2017 – 2019	79
Tabla 13. Inventario por especialidad	81
Tabla 14. Resumen Inventarios	83
Tabla 15. Correlación Horas de vuelo y Disponibilidad de aeronaves	85
Tabla 16. Resumen modelo de regresión	85
Tabla 17. Resumen ANOVA.....	86
Tabla 18. Coeficientes de correlación	86
Tabla 19. Correlación entre combustible consumido y horas de vuelo.....	87
Tabla 20. Resumen modelo de regresión	88
Tabla 21. Resumen ANOVA.....	88
Tabla 22. Coeficientes de correlación	88

Tabla 23. Correlación entre combustible consumido y disponibilidad de aeronaves	89
Tabla 24. Resumen modelo de regresión	90
Tabla 25. Resumen ANOVA.....	90
Tabla 26. Coeficientes de correlación	90
Tabla 27. Correlación Combustible consumido, Horas de vuelo y Disponibilidad de aeronaves	91
Tabla 28. Resumen modelo de regresión	92
Tabla 29. Resumen ANOVA.....	92
Tabla 30. Coeficientes de correlación	93
Tabla 31. Clasificación ABC por valor de inventario	95
Tabla 32. Valor Inventario - Materiales Tipo AA.....	97
Tabla 33. Valor Inventario - Materiales Tipo AB.....	98
Tabla 34. Valor Inventario - Materiales Tipo B.....	99
Tabla 35. Valor Inventario - Materiales Tipo C.....	100
Tabla 36. Clasificación ABC según su Consumo Total.....	101
Tabla 37. Consumo Total - Materiales Tipo AA.....	102
Tabla 38. Consumo Total - Materiales Tipo AB.....	103
Tabla 39. Consumo Total - Materiales Tipo B.....	104
Tabla 40. Consumo Total - Materiales Tipo C.....	105
Tabla 41. Materiales Críticos	106
Tabla 42. Niveles de Stock Máximo	113
Tabla 43. Plan de Requerimiento de Material Aeronáutico	116
Tabla 44. Resumen de Plan de Requerimiento de Material	121
Tabla 45. Proyección del tiempo de vuelo acumulado mensual expresado en horas.....	122
Tabla 46. Consumo mensual de combustible según las horas de vuelo y aeronaves disponibles	123
Tabla 47. Datos para la Simulación.....	125
Tabla 48. Resultados del modelo de simulación	129
Tabla 49. Análisis descriptivo de misiones y reportajes 2017-2019.....	128
Tabla 50. Comparación de medias para una muestra: Misiones cumplidas.....	130
Tabla 51. Comparación de medias para una muestra: Horas de vuelo realizadas.....	131
Tabla 52. Comparación de medias para una muestra: Reportajes presentados.....	131
Tabla 53. Comparación de medias para una muestra: Combustible consumido.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Orgánica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana	5
Figura 2. Árbol del Problema.....	7
Figura 3. Clasificación Modelos de Inventarios	14
Figura 4. Representación del Moldeo EOQ	17
Figura 5. Sistema de revisión continua	21
Figura 7. Sistema de revisión periódica	22
Figura 8. Planificación de Requerimientos de Material.....	24
Figura 9. Ciclo Logístico.....	32
Figura 10. Funciones y Fases Logística	35
Figura 11. Estructura National Stock Number (NSN)	39
Figura 12. Niveles de Control de Abastecimientos.....	42

Figura 13. Componente del Poder Aeroespacial.....	55
Figura 14. Insignia del Ala de Combate Nro. 23	61
Figura 15. Estructura orgánica del Ala de Combate Nro. 23	62
Figura 16. Estructura orgánica del Grupo Logístico Nro. 23.....	62
Figura 17. Desarrollo de un sistema de inteligencia de negocios	63
Figura 18. Disponibilidad aeronaves 2010-2018	67
Figura 19. Disponibilidad aeronaves 2017-2019	70
Figura 20. Horas de Vuelo 2010-2018.....	72
Figura 21. Horas de Vuelo 2017-2019.....	75
Figura 22. Galones de combustible consumidos 2014-2018	77
Figura 23. Galones de combustible consumidos mensualmente 2017-2019	80
Figura 24. Referencias por especialidad	82
Figura 25. Valor del inventario por especialidad.....	83
Figura 26. Análisis ABC.....	94
Figura 27. Clasificación ABC por valor de inventario	95
Figura 28. Clasificación ABC según Consumo Total (\$)	101
Figura 29. Diseño de simulación logística	127

RESUMEN

Mantener un nivel de alistamiento operativo adecuado es fundamental para garantizar el cumplimiento de las misiones de vuelo programadas en las diferentes Alas de Combate, Rescate y Transporte, por lo cual es necesario diseñar un modelo óptimo de inventarios que se adapte con las necesidades institucionales y a la naturaleza de las actividades que se llevan a cabo dentro de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. En este sentido, el presente estudio pretende analizar la relación que existe entre las diferentes variables que pueden afectar a la capacidad logística del Ala de Combate Nro. 23. Para ello, se tomó como base los datos de los diferentes escuadrones que conforman el Grupo Logístico Nro. 232 sobre la disponibilidad de aeronaves, horas de vuelo realizadas, combustible y material aeronáutico empleados entre enero 2017 y junio 2019. Estos datos fueron sometidos a análisis estadísticos donde se obtuvo un modelo de regresión lineal que alcanza el 96,2% de fiabilidad en cuanto a su varianza, así como también, mediante un análisis de inventarios ABC, se identificó 75 materiales críticos bajo el concepto del valor total de consumo. Finalmente, aplicando el modelo de inventarios de revisión periódica, se diseñó un modelo óptimo que garantiza el alistamiento operativo con un presupuesto referencial para los próximos tres años, información que fue validada en un modelo de simulación de procesos empleando el software Simul8.

PALABRAS CLAVE:

- **CAPACIDAD LOGÍSTICA**
- **ANÁLISIS DE REGRESIÓN**
- **ANÁLISIS ABC**
- **MODELO DE REVISIÓN PERIÓDICA**
- **SIMULACIÓN DE PROCESOS**

ABSTRACT

It is essential to maintain a suitable level of an operational deployment to assure the fulfillment of the flight missions programmed in the different Combat, Rescue and Transport Units, so it is necessary to design an optimal inventory model which it adapts to the institutional needs and to the nature of the activities that are carried out within the Ecuadorian Air Force. On this matter, the current research intends to analyze the relationship that exists between the different variables that might affect the logistic capacity of the Combat Unit No. 23. To do this, the data of the different squadrons that make up the Logistics Group No. 232 was taken as a basis on the availability of aircraft, flight hours, fuel and aeronautical material used between January 2017 and June 2019. These data were subjected to statistical analysis where a linear regression model was obtained that reaches 96.2% reliability, as well as, through an ABC inventory analysis, 75 critical materials were identified under the concept of total consumption value. Finally, applying the periodical review inventory model, an optimal model was designed that guarantees the operational deployment with a referential budget for the next three years, information that was validated in a process simulation model using Simul8 software.

KEYWORDS:

- **LOGISTIC CAPACITY**
- **REGRESSION ANALYSIS**
- **ABC ANALYSIS**
- **PERIODICAL REVIEW MODEL**
- **PROCESS SIMULATION**

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1.La Institución

La Fuerza Aérea Ecuatoriana, es una de las tres ramas que conforman las Fuerzas Armadas del Ecuador, dependientes del Ministerio de Defensa Nacional a través de la dirección del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas. Su historia se remonta al año 1919 cuando el entonces presidente Dr. Alfredo Baquerizo Moreno evidenció la necesidad de instaurar la primera Escuela de Aviación en el país, hecho que se materializó el 27 de octubre de 1920 bajo un decreto legislativo en el gobierno del presidente Dr. José Luis Tamayo donde se resolvió la creación de la primera Escuela de Aviación Militar en el Ecuador, y así declarando la fundación de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

La FAE, como columna vertebral del Poder Aeroespacial Nacional, es una institución fundamental para la seguridad y defensa del Estado, ya que dispone de un conjunto de capacidades y características, que le permiten actuar con rapidez, precisión y contundencia, en el cumplimiento de su misión.

1.2.Visión

Ser una Fuerza Aérea disuasiva, respetada y aceptada por la sociedad; pionera en el desarrollo aeroespacial nacional.

1.3.Misión

Desarrollar la capacidad militar aeroespacial, que garantice la defensa de la soberanía e integridad territorial; y, apoyar con su contingente al desarrollo nacional y a la seguridad pública y del Estado.

1.4.Principios y Valores

- **Cohesión Institucional.** Es el vínculo de unión, solidaridad y orgullo de pertenecer a las Fuerzas Armadas del Ecuador. Es el desarrollo del espíritu colectivo propio del trabajo en equipo con responsabilidad compartida. La capacidad de las Fuerzas Armadas para operar conjuntamente y apoyar al desarrollo nacional, depende de las competencias profesionales de sus miembros, la integración efectiva y la unidad institucional.
- **Disciplina.** Observancia estricta de la Constitución, leyes, reglamentos y normativa vigente. Se manifiesta con el acatamiento oportuno e integral de órdenes y disposiciones impartidas por las autoridades, sobre la base del respeto a la jerarquía, la subordinación y la obediencia racional y consciente.
- **Honor.** Cualidad que se basa en el propio respeto. Fundamento que impulsa en lo más íntimo, al rígido cumplimiento del deber para con la Patria y la Institución, mediante la entrega total y práctica constante de la honradez, la nobleza del alma y el apego permanente e íntegro a la verdad.
- **Lealtad.** Sentimiento de noble fidelidad y franqueza que permite un ambiente de confianza y seguridad en las relaciones entre los miembros de las Fuerzas Armadas. Es la máxima expresión del desinterés, la buena fe y la entrega total, mediante el apoyo incondicional y la proyección

permanente de una devoción sincera, desprendida y voluntaria en la institución, en las causas nobles y en las personas de bien.

1.5. Objetivos Institucionales

- 1) Incrementar el nivel de aceptación de la sociedad con respecto a la imagen, confiabilidad y seguridad mediante un sistema de comunicación social efectivo en la Fuerza Aérea.
- 2) Incrementar las acciones de apoyo al desarrollo nacional mediante los planes, programas, proyectos y actividades de desarrollo.
- 3) Incrementar las acciones de apoyo a los organismos de seguridad interna del Estado mediante tareas de seguridad ciudadana y gestión de riesgos.
- 4) Incrementar la participación en operaciones de asistencia humanitaria y mantenimiento de la paz a nivel internacional mediante la incorporación de un mayor contingente por parte de la Fuerza Aérea.
- 5) Incrementar el nivel de control del espacio aéreo y defensa del territorio nacional mediante el fortalecimiento del poder aeroespacial.
- 6) Incrementar el nivel de alistamiento operativo mediante la preparación del personal militar, modernización de los medios aeronáuticos y optimización de los recursos.
- 7) Incrementar las capacidades específicas de la Fuerza Aérea, mediante acciones destinadas al fortalecimiento del poder aeroespacial.
- 8) Incrementar la eficiencia y control de la gestión por resultados mediante la correcta aplicación del sistema de planificación institucional.
- 9) Incrementar el desarrollo del talento humano en armonía con el clima organizacional y el bienestar del personal, mediante la aplicación del sistema de gestión de calidad.

- 10) Incrementar los niveles de desarrollo tecnológico e investigación, mediante el diseño e implementación de un sistema de desarrollo tecnológico aeroespacial en la Fuerza Aérea.
- 11) Incrementar el uso eficiente del presupuesto asignado a la Fuerza Aérea, mediante el mejoramiento del sistema de gestión administrativa-financiera.

1.6.Estructura Orgánica

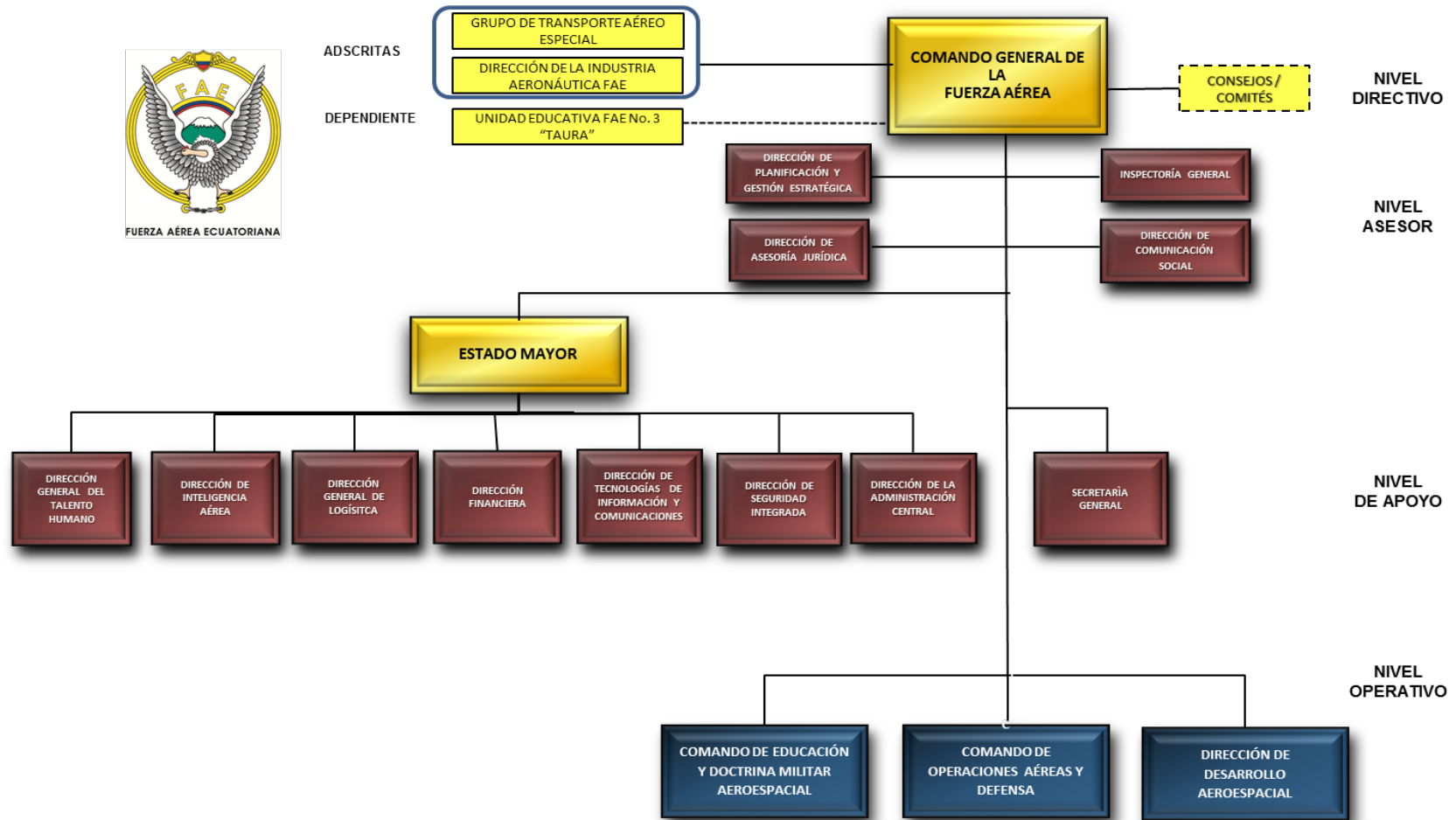


Figura 1. Estructura Orgánica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana
Fuente: (COED, 2018)

1.7.Planteamiento del problema

Dentro de la Doctrina Logística de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, se define a las Listas de Autorización como equipo y materiales que debe tener un reparto para mantenerse operativo; sin embargo, dicho documento no se encuentra vigente y no se puede evaluar el cumplimiento del mismo. Es por eso que el presente estudio desarrollará un modelo óptimo de inventarios que serán la base fundamental de las Listas de Autorización del grupo logístico del reparto, el mismo que garantizará flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades latentes de la Institución, permitiendo optimizar recursos en el alistamiento operacional de las aeronaves y en la preparación de los módulos logístico en caso de despliegue.

Por lo tanto, en la **Figura 2**, se puede apreciar el árbol de problemas, identificando que el problema central es la inaplicabilidad de las Listas de Autorización de los diferentes repartos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, misma que nace de la deficiente gestión de la Dirección General de Logística a través de sus Grupos Logísticos; afectando consecuentemente al cumplimiento de la misión asignada a cada unidad.

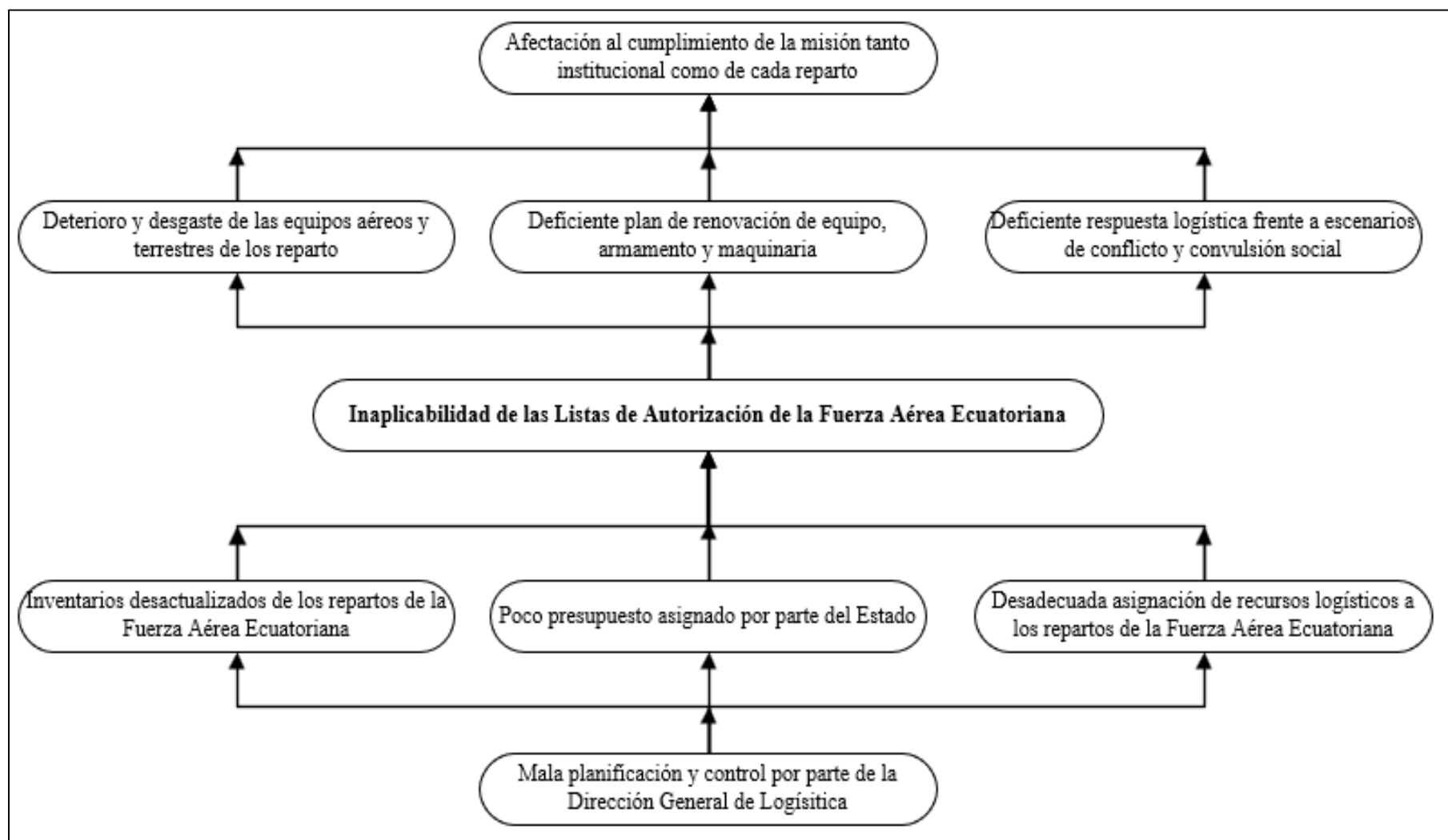


Figura 2. Árbol del Problema

1.8.Justificación

A nivel estratégico es necesario conocer en tiempo real los recursos bélicos y no bélicos que posee una unidad militar para poder implementar acciones preventivas o reactivas con el fin de mantener el orden interno y la soberanía territorial. Por lo tanto, el desarrollo de un modelo óptimo de inventarios, permitirá que los grupos logísticos desarrollen estrategias que garanticen la mayor disponibilidad de aeronaves frente a los diferentes escenarios posibles que se puedan presentar al cumplir con las misiones programadas dentro y fuera de la Base Aérea donde se desenvuelven normalmente.

En este sentido, a nivel logístico, el presente estudio busca identificar la cantidad necesaria de materiales que se requieren para mantener un adecuado alistamiento operativo de las aeronaves, información que es la base fundamental para la elaboración de las Listas de Autorización.

Es decir, que mediante la aplicación de técnicas estadísticas y de análisis de inventarios se desarrollará un modelo óptimo que garantice un soporte logístico adecuado para sostener las operaciones aéreas durante un período de tiempo determinado, y que aumentará la capacidad de respuesta a nivel logística frente a cualquier entorno o escenario que pueda presentarse.

1.9.Objetivos

1.9.1. Objetivo General

Analizar la capacidad logística del Ala de Combate Nro. 23 aplicando técnicas estadísticas para determinar un modelo flexible de inventarios óptimo que garantice el alistamiento operativo de las aeronaves y se adapte a las necesidades latentes de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.9.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión epistemológica de modelos de inventarios, que sustenten el estudio y análisis de la capacidad logística de los repartos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana aplicable a los diferentes escenarios posibles.
- Determinar la influencia de la disponibilidad de aeronaves sobre las horas de vuelo realizadas por la flota de aeronaves A-29B Súper Tucano, empleando análisis de regresión lineal simple.
- Determinar el impacto de la disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo sobre el consumo de combustible de las aeronaves A-29B Súper Tucano, empleando análisis de regresión lineal múltiple.
- Identificar los materiales críticos necesarios para el normal desarrollo de las operaciones aéreas militares, mediante el análisis de inventarios ABC.
- Establecer un modelo óptimo de inventarios necesario para mantener el alistamiento operativo de las aeronaves durante un período de tiempo determinado y sus niveles de tolerancia, empleando el modelo de revisión periódica.
- Validar la capacidad logística de los inventarios obtenidos, mediante el diseño un modelo de simulación de procesos que garantice un nivel de servicio adecuado.

1.10. Hipótesis

La **Tabla 1** muestra cómo se relacionan los objetivos y las variables determinadas con las hipótesis propuestas en este estudio, así como también, sus dimensiones e indicadores.

Tabla 1.
Matriz de relación de variables e hipótesis

Objetivo específico	Hipótesis	Dimensión	Variables	Definición de la variable	Indicador	Ítem	Instrumento
Determinar la influencia de la disponibilidad de aeronaves sobre las horas de vuelo realizadas por la flota de aeronaves A-29B Súper Tucano, empleando análisis de regresión lineal simple.	H1: La disponibilidad de aeronaves afecta directamente a las horas de vuelo realizadas.	Alistamiento operativo	Disponibilidad de aeronaves	Cantidad de aeronaves que se encuentran en estado Disponible "D".	Índice de disponibilidad de aeronaves	Aeronaves disponibles / Flota total	Datos históricos
			Horas de vuelo	Cantidad de horas que las aeronaves disponibles han acumulado durante un periodo determinado	Eficacia operacional	Horas de vuelo realizadas / Horas de vuelo programadas	Datos históricos Análisis de regresión lineal simple
Determinar el impacto de la disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo sobre el consumo de combustible de las aeronaves A-29B Súper Tucano, empleando análisis de regresión lineal múltiple.	H2: Las horas de vuelo realizadas afecta al nivel de consumo de combustible	Consumo de Combustible	Horas de vuelo	Cantidad de horas que las aeronaves disponibles han acumulado durante un periodo determinado		Consumo de combustible según las horas de vuelo realizadas	Análisis de regresión lineal simple
	H3: La disponibilidad de aeronaves afecta al nivel de consumo de combustible		Disponibilidad de aeronaves	Cantidad de aeronaves que se encuentran en estado Disponible "D"	Tasa de consumo de combustible	Consumo de combustible según la disponibilidad de aeronaves	
	H4: La disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo realizadas afectan simultáneamente		Combustible aéreo	Derivados del petróleo, factor que hace posible que se genere energía necesaria		Consumo de combustible según la disponibilidad de aeronaves y	Análisis de regresión lineal múltiple

CONTINÚA 

	al nivel de consumo de combustible		para el empleo de las aeronaves.		las horas de vuelo realizadas		
Identificar los materiales críticos necesarios para el normal desarrollo de las operaciones aéreas militares, mediante el análisis de inventarios ABC.	H5: Existen tipos de materiales que presentan un mayor valor de consumo.	Productos aeronáuticos	Material aeronáutico Tipo A (Alto costo)	Recursos de menor rotación cuyo valor supera los \$10.000	Tasa de consumo del material	Cantidad de material consumido/mes	Análisis de inventarios ABC
			Material aeronáutico Tipo B (Mediano costo)	Recursos de rotación media cuyo valor se estima entre \$100 y \$9.999			
			Material aeronáutico Tipo C (Bajo costo)	Recursos de mayor rotación cuyo valor es inferior a \$100			

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Modelos de Inventarios

2.1.1. Definiciones y conceptos

Los inventarios pueden ser definidos como aquellos bienes o recursos que las empresas requieren para satisfacer la demanda de los productos o servicios que ofrecen a sus clientes. Es decir, que se consideran como el enlace entre la producción y las ventas; la clasificación y los distintos inventarios tendrán que adaptarse de acuerdo a la naturaleza de las actividades empresariales; siendo los principales las materias primas, de los bienes en proceso y terminados, una clasificación muy común en las industrias manufactureras. Así mismo, por la naturaleza de la compañía, y en relación a la demanda de sus productos se pueden distinguir inventarios cíclicos, inventarios estacionales, los inventarios de seguridad o inventarios especulativos, estos últimos en caso de esperar un aumento en el precio de los productos (Díaz & Pérez, 2012; Díaz A. , 1999).

La gestión del inventario se encuentra directamente afectado por un sin número de factores, dentro de las cuales podemos encontrar la calidad, su valor monetario, duración de producción, tiempo de entrega del pedido, el rendimiento económico, entre otros factores externos a la organización. Por eso, gestionar los inventarios debe determinar las existencias óptimas en stock, evitando una posible escasez o sobre producción de los bienes ofertados, lo que afectaría directamente a los costos que se generan por mantener mencionados inventarios. En resumen, el objetivo de la gestión de inventarios es mantener unas existencias lo más altas posibles, que impidan el desabastecimiento en la elaboración de los productos por falta de los materiales

requeridos; y al mismo tiempo, minimizar el costo de mantenimiento de las existencias en inventario (Hansen & Fraizer, 2003; Nahmias, 2007) (Hansen y Mowen, 2003).

Entonces, para lograr los objetivos planteados en una gestión óptima de inventarios, los departamentos logísticos o cadena de suministros utilizan varios modelos de gestión, los cuales están basados en procedimientos determinísticos o probabilísticos de cálculo de las cantidades adecuadas por solicitar. Chase, Jacobs & Aquilano (2014), definen los modelos como "el conjunto de políticas y controles que supervisa los niveles de inventario y determina cuáles son los niveles que deben mantenerse, cuándo hay que reabastecerse el inventario y de qué tamaño deben ser los pedidos" (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014). De tal manera, los modelos de gestión de inventarios se fundamentan en operaciones matemáticas complejas, y proporcionan de los datos necesarios para que el nivel directivo de la compañía tome decisiones acertadas en cuando a las cantidades existencias óptimas que se debe mantener en bodegas para generar una ventaja competitiva en el área de producción y abastecimientos (Causado, 2015; Hansen & Fraizer, 2003).

Como se puede apreciar en la **Figura 3**, existen diferentes modelos de gestión de inventarios en base al tipo de demanda dependiente o independiente. En el caso de que el producto se base en una demanda dependiente que puede ser estática, si es constante, o dinámica, si es variable, En este caso se utilizan modelos determinísticos como los MRP (Planificación de los requerimientos de material), el modelo JIT (Justo a Tiempo) o el modelo Kanban (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014; Taha, 2012).

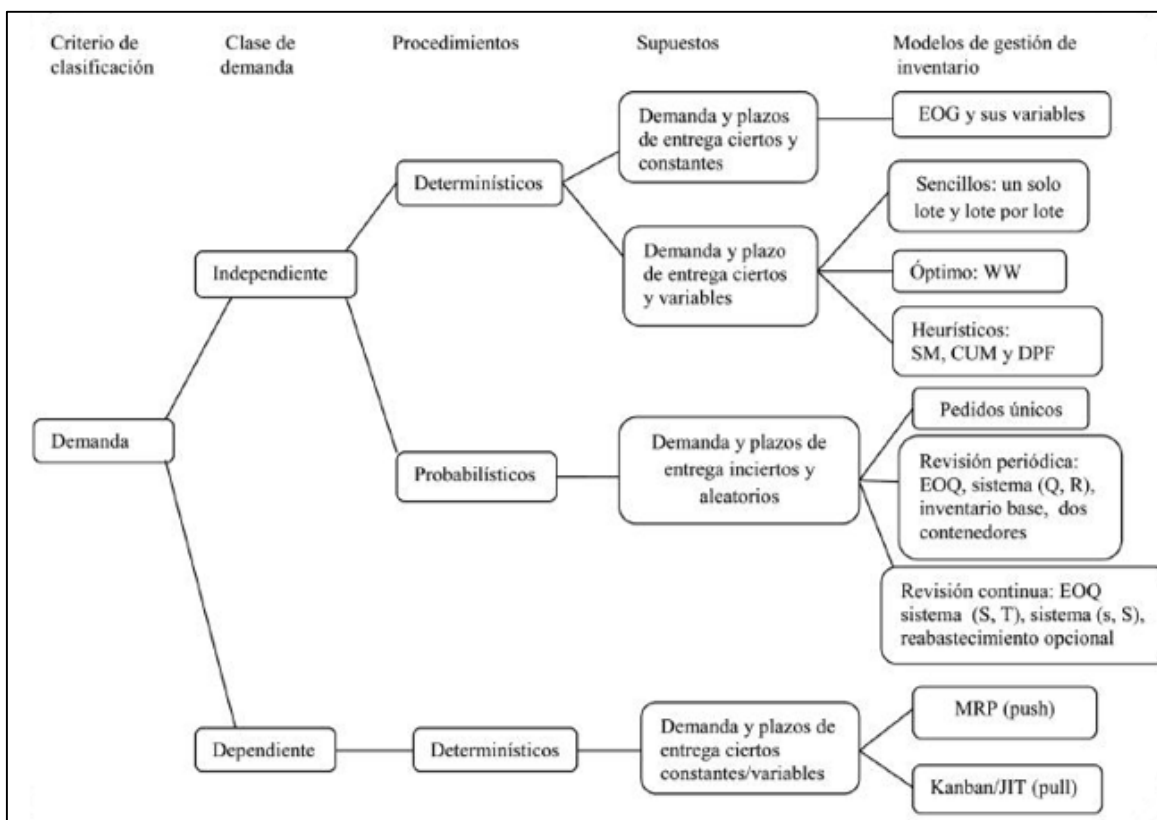


Figura 3. Clasificación Modelos de Inventarios

Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014)

Por otro lado, cuando la demanda es independiente, tenemos modelos de inventarios probabilísticos y determinísticos. Dentro de los modelos determinísticos podemos diferenciar modelos para demanda estática o para demanda dinámica; en el caso de demanda estática o constante, se utiliza un modelo por la Cantidad Económica de Pedido (EOQ) y sus diferentes variaciones. En cambio, para demanda dinámica, tenemos modelos sencillos como el Lote por Lote; modelos óptimos como el Algoritmo de Wagner – Whitin, que busca la minimización del costo de ordenar y mantener el inventario; o modelos heurísticos, como el Algoritmo de Silver – Meal que busca minimizar los costos totales mediante reglas de decisión para optimizar el inventario (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014; Taha, 2012).

Finalmente, en los modelos probabilísticos, suponen que la demanda o tiempo de entrega son desconocidos. En este caso, pueden diferenciarse en modelos de sistema de revisión continua, para el cual se utiliza una variación del modelo EOQ probabilístico: y un modelo de sistema de revisión periódica, para el cual se utiliza el llamado Modelo P (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014; Taha, 2012).

En la siguiente sección, serán analizados con mayor profundidad algunos de los modelos de inventarios mencionados anteriormente.

2.1.2. Modelo General de Inventarios

La gran problemática dentro de la gestión de inventarios radica en mantener la bodega con la cantidad de artículos necesarios para satisfacer la demanda. Ya que tener en exceso una misma línea de artículos genera un mayor costo de capital y de almacenamiento, y por lo contrario la escasez de un producto causa interrupciones en la producción o mantenimiento de los bienes finales. Entonces, el éxito de los modelos de gestión es tener un inventario óptimo de recursos que permita una efectividad operativa en la producción de los bienes permitiendo minimizar costos del inventario, respondiendo dos preguntas: ¿Cuánto pedir? y ¿Cuándo ordenar? (Taha, 2012).

Según Heizer & Render (2009), los inventarios se dividen en dos categorías de costos: los costos de pedido y mantenimiento. El primer costo es el aquel que se incurre para realizar la compra de los recursos, tales como esfuerzo humano, documentos de oficina, órdenes de compra, etc. necesarios para realizar el pedido. Como segundo costo se tiene el de mantenimiento del inventario, el mismo que incluye costo de almacenamiento, depreciaciones, seguros entre otros. De lo dicho anteriormente nace la base del modelo, la misma que se representa en la siguiente ecuación:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{total del} \\ \text{inventario} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{compra} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{preparación} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{retención} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{Costo por} \\ \text{escasez} \end{array} \right)$$

Dónde, el costo total del inventario está dado por la suma de varios factores, el costo de compra es el valor monetario por cada producto adquirido para el inventario, el costo de preparación es el valor por realizar un pedido, el costo de retención es el valor monetario por almacenamiento de inventario y por último el costo de escasez es un valor superior que se paga cuando se agota un producto y toca adquirirlo de inmediato generado gastos extras (Taha, 2012).

En general, la gestión de los modelos de inventarios depende del tipo de demanda a la cual se enfrenta, si es determinística o probabilística, por lo que dentro de las dos categorías la demanda varía con el tiempo. Por ejemplo una demanda determinista es de algo que se conoce, si una máquina necesita 30 artículos como chips para funcionar el pedido será esos 30 chips, por otro lado la demanda probabilística se maneja donde existe incertidumbre de cuándo se va a necesitar, por ejemplo un hospital no sabe si todos los pacientes de un cierto día necesitaran medicamento para la influenza (Taha, 2012).

2.1.3. Modelos de Inventarios Determinísticos

Los modelos de inventarios determinísticos son aquellos que conocen la certeza de su demanda y por lo cual se considera que son pedidos existentes de los clientes o por lo general una demanda estática la cual mediante datos históricos se mantienen un mismo inventario para satisfacción de productividad. Por lo que se considera que cuando la demanda es conocida nos referimos a un modelo determinístico de inventarios (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011; Bustos & Chacón, 2012).

2.1.3.1. Modelo de Cantidad Económica del Pedido (EOQ)

El modelo de la Cantidad Económica del Pedido, es un método utilizada para controlar los inventarios que busca minimizar los costos totales de ordenar y mantener los inventarios de una empresa. Este método es utilizado para demandas consideradas independientes, que indican que la demanda del producto es independiente a la demanda de otros productos similares. Según Jung & Klein (2006), el modelo se establece en base de la maximización de los beneficios generados, así mismo encuentra un orden óptimo de cantidad y precio considerando la producción y comercialización que presente la empresa. De esta manera, el modelo es aplicado bajo supuestos como (Liu & Chen, 2011; Bustos & Chacón, 2012).

- Una demanda conocida.
- Se conoce el tiempo de entrega.
- El inventario se recibe al inmediato
- No existe descuentos por cantidades
- Preparar y mantener el inventario permite costos variables
- Se evitan inventarios faltantes o inexistentes.

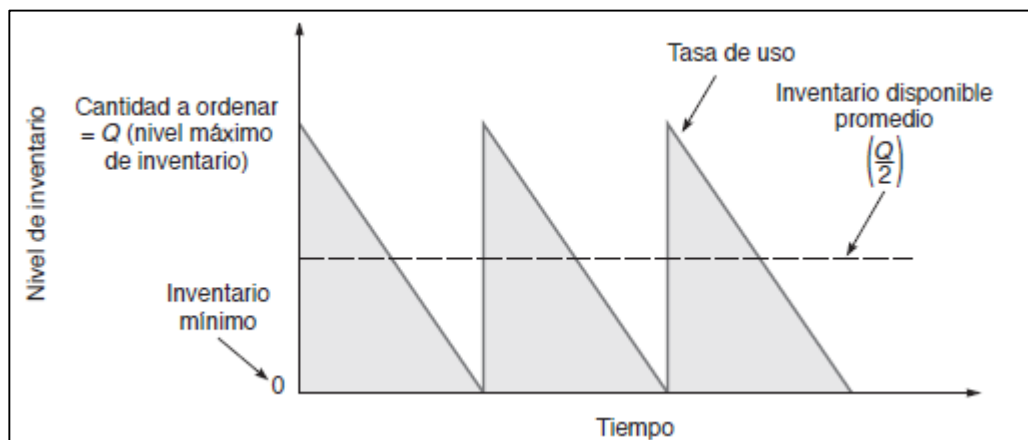


Figura 4. Representación del Moldeo EOQ

Fuente: (Liu & Chen, 2011)

En la **Figura 4** se puede apreciar que el uso del inventario es cíclico por donde el valor Q representa la cantidad que se va a ordenar para cubrir la demanda del producto. Estos valores se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$N = \frac{D}{Q^*}$$

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Donde, Q representa el número óptimo de unidades a ordenar (EOQ), D es la demanda anual en unidades del artículo, S es el costo por ordenar un pedido y H va hacer el costo anual de mantener una unidad. Así mismo, N es el número de órdenes realizadas en el año. Finalmente, TC es el costo total resultante de sumar el costo de ordenar el pedido y el costo mantener el inventario (López & Rodríguez, 1998; Jung & Klein, 2006).

2.1.3.2. Modelo de Lote por Lote

El modelo de inventario lote por lote es el que se utiliza las grandes empresas al nivel mundial aprovechando el inferior costo anual de colocación de los pedidos, debido a que se hacen pocos pedidos anualmente a los proveedores de grandes cantidades de productos permitiendo al mismo tiempo descuentos por compras de grandes volúmenes. Lo que quiere decir que existe menos costo al comprar más materia prima en el año y ganando en el precio por la inflación (Gaither & Frazier, 2000; Ballou, 2004).

De esta forma, el modelo de lote por lote permite obtener un mayor ahorro a la compañía en cuanto al pedido y manteniendo del inventario, sin embargo, no es considerado un modelo óptimo ya que cualquier compañía no tiene la posibilidad de almacenaje e invertir grandes cantidades para un volumen extremadamente grande (Bustos & Chacón, 2012).

2.1.3.3. Algoritmo Silver – Meal

Este método está basado en reglas de toma de decisiones, únicamente válido cuando el costo de producción unitario es constante en todos los periodos. Por tal motivo buscan tener un punto de equilibrio entre los costos de preparación y manteniendo. Al tomar la decisión de que dicha demanda será la misma en periodos futuros puede satisfacer la misma demanda con una sola producción actual con el simple objetivo de minimizar costos de mantenimiento.

2.1.3.4. Algoritmo de Wagner – Whitin

Este método heurístico que, mediante programación dinámica, busca la minimización del costo de pedido y retención del inventario. Es un algoritmo, que produce una solución de costo mínimo la cual permite ordenar una cantidad óptima de recursos y satisfacer la demanda en cada periodo (Bustos & Chacón, 2012; Taha, 2012).

2.1.4. Modelos de Inventarios Probabilísticos

En las empresas, y dependiendo de su naturaleza, no siempre se conoce la demanda o el tiempo de entrega de los pedidos, es decir, no es determinística, por lo cual se han desarrollado otros modelos que tratan a la demanda mediante una distribución probabilística. Por lo tanto, un modelo de inventario probabilístico aplica técnicas estadísticas y de probabilidad para calcular el valor que tiene la demanda mediante variables aleatorias. De este modo, se han creado diversos

modelos de inventario probabilísticos multiperiodos clasificados según la forma en que se revisa el inventario, modelos en los cuales la variación se debe a la incertidumbre y no a causas predecibles. Esta clasificación distingue entre modelos de revisión continua y de revisión periódica (Jung & Klein, 2006).

2.1.4.1. Modelo de Un Período

Básicamente, este modelo se considera como un modelo EOQ probabilístico, por lo que se lo conoce también como modelo de punto de reorden, sistema de cantidad fija o modelo Q. En este modelo, la cantidad de cada pedido es fijo, mientras que el tiempo en el que se repone los inventarios es variable. Esto se debe a que este sistema se caracteriza porque se realiza un pedido cuando el inventario llega a un nivel determinado, llamado punto de reorden. Eso implica que se controla el inventario restante de forma frecuente hasta llegar al nivel de seguridad del inventario. El transcurso de revisión constante se lo realiza por no tener certeza de la demanda y el tiempo de entrega de los pedidos, generándonos así un escenario probabilístico. De esta formase se establece que el modelo Q puede presentarse en tres casos particulares (Taha, 2012).

- Demanda variable y tiempo de entrega (lead time) constante.
- Demanda constante y tiempo de entrega variable.
- Demanda variable y tiempo de entrega variable.

En la **Figura 5** , se puede apreciar el comportamiento del inventario a través del tiempo aplicando este modelo probabilístico (Guerrero, 2009).

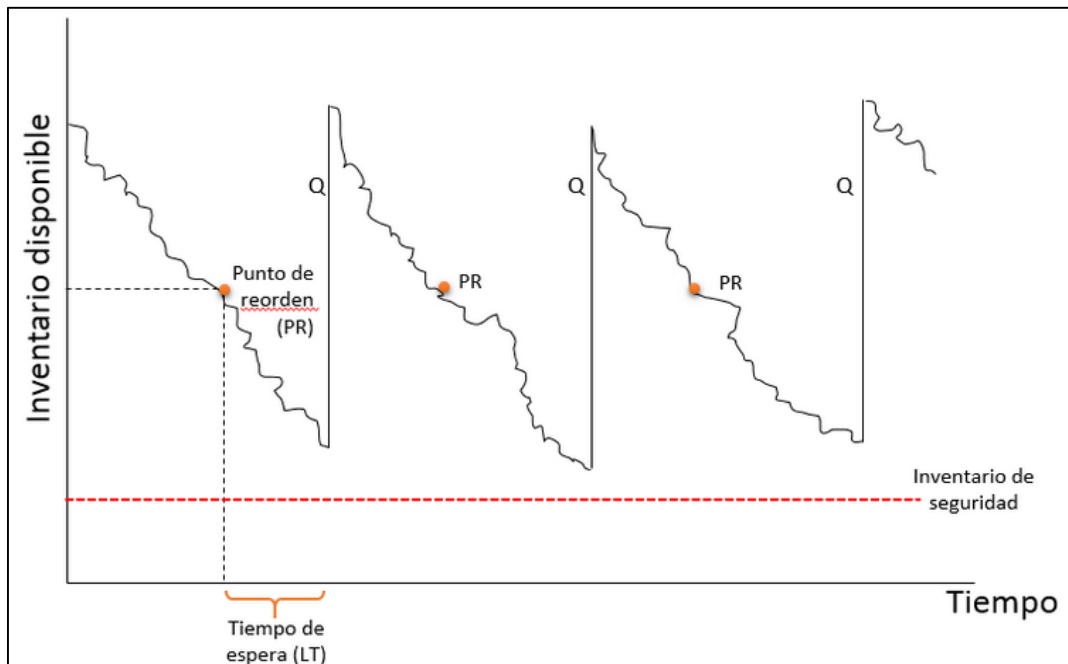


Figura 5. Sistema de revisión continua

Fuente: (Guerrero, 2009)

2.1.4.2. Modelo de Revisión Periódica

También se lo conoce como sistema de reorden a intervalos fijos, sistema de periodo fijo sistema de reorden periódico o modelo P. En este modelo, el inventario es revisado cada cierto periodo de tiempo determinado por la empresa, y no se lo hace de manera continua; de tal forma que al final de cada período se hace un solo pedido de todas las existencias necesarias para alcanzar el nivel óptimo, es por ello, que requiere de un inventario de seguridad mayor para evitar desabastecimientos en la cadena de producción (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011).

Este tipo de sistemas comparte varios supuestos con el sistema de revisión continua EOQ, como los son:

- Tiene en cuenta como únicos costos los costes de ordenar y de mantener
- Los tiempos de entrega son conocidos y constantes

- Los artículos son independientes entre sí.

En este sentido, en un sistema de revisión periódica del inventario, o modelo P, se realiza una orden por una cantidad determinada apropiada, es decir, que el tamaño del pedido va a variar de acuerdo al comportamiento de la demanda entre cada periodo de revisión. La principal ventaja de este sistema es que permite consolidar un solo pedido de varios artículos a un mismo proveedor, reduciendo así, los costos de preparar los pedidos. En la **Figura 6**, se puede apreciar el comportamiento que se genera aplicando un modelo de gestión de inventarios de revisión periódica (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011).

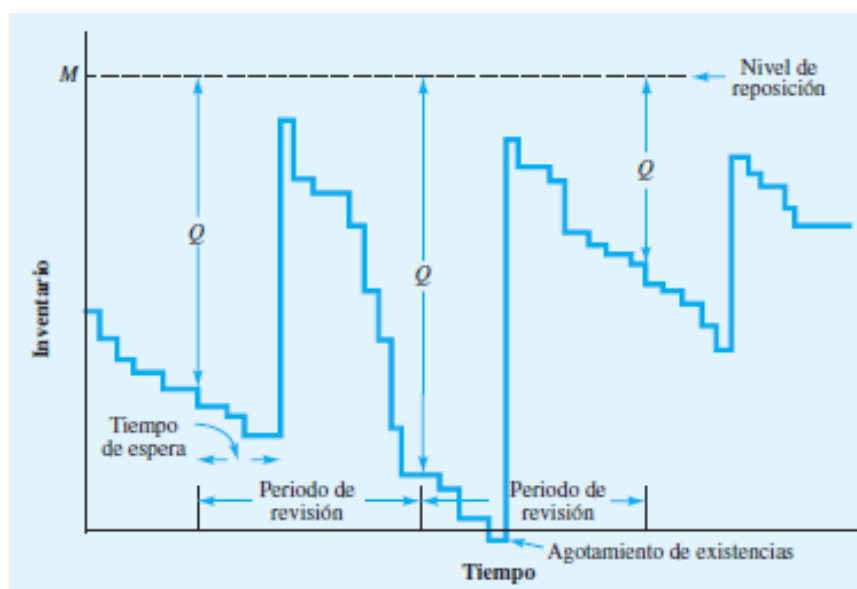


Figura 6. Sistema de revisión periódica

Fuente: (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011)

A continuación, se muestra la fórmula que debe utilizarse para calcular la cantidad de pedido Q que debe hacerse al final de cada período.

$$\begin{aligned}
 \text{Cantidad de pedido} &= \text{Demanda promedio durante el periodo vulnerable} + \text{Inventarios de seguridad} - \text{Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno)} \\
 q &= \bar{d}(T+L) + z\sigma_{T+L} - I
 \end{aligned}$$

Modelo MRP (Planificación de los Requerimientos de Material)

Se define como MRP a la planificación de los insumos, componentes y materiales en general que están dado por un tipo de demanda dependiente para la producción otros productos, lo que conlleva a la administración del inventario y programación de pedidos de reabastecimiento. El modelo de inventarios MRP es un método lógico y fácil de entender que puede incluir un software o programa informático que determine cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes; de acuerdo a la demanda de los productos finales; en otras palabras, si una pieza A se hace con cinco piezas B, cinco piezas A requieren 25 piezas B; y así se aplica ese principio en el caso de aumentar los artículos finales o de incluir más tipos de materiales para su producción; para ello es fundamental elaborar un pronóstico adecuado, basado en datos históricos, o de ser necesario hacer un estudio de mercado. Debido a que, para identificar los componentes de un producto, es necesario calcular los materiales necesarios para mencionados componentes, y así sucesivamente, se crea un árbol interrelacionado de requerimientos de material que se vuelve más y más irregular o variable conforme se avanza en la secuencia de la elaboración de los productos (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014).

Así mismo, como se puede apreciar en la **Figura 7**, las entradas básicas del modelo MRP son:

- El Programa de Producción, que nos indica la cantidad total que se debe producir.
- La Lista de Materiales
- Archivo de Registro de Inventarios, los cuales son datos sobre las existencias disponibles, sus entradas y salidas.

Estas entradas son procesadas por el programa o software de MRP, dando las siguientes salidas a:

- El Plan de Materiales, que indica los pedidos de producción o de compra.
- Los Informes de Acción, que indica la insuficiencia de expresar un nuevo pedido o de ajustar la fecha de llegada o la suma de algún pedido pendiente.
- Salidas Secundarias, estas dependen del software utilizado y pueden ser: informe de necesidades, análisis ABC, informe de material en exceso, etc.

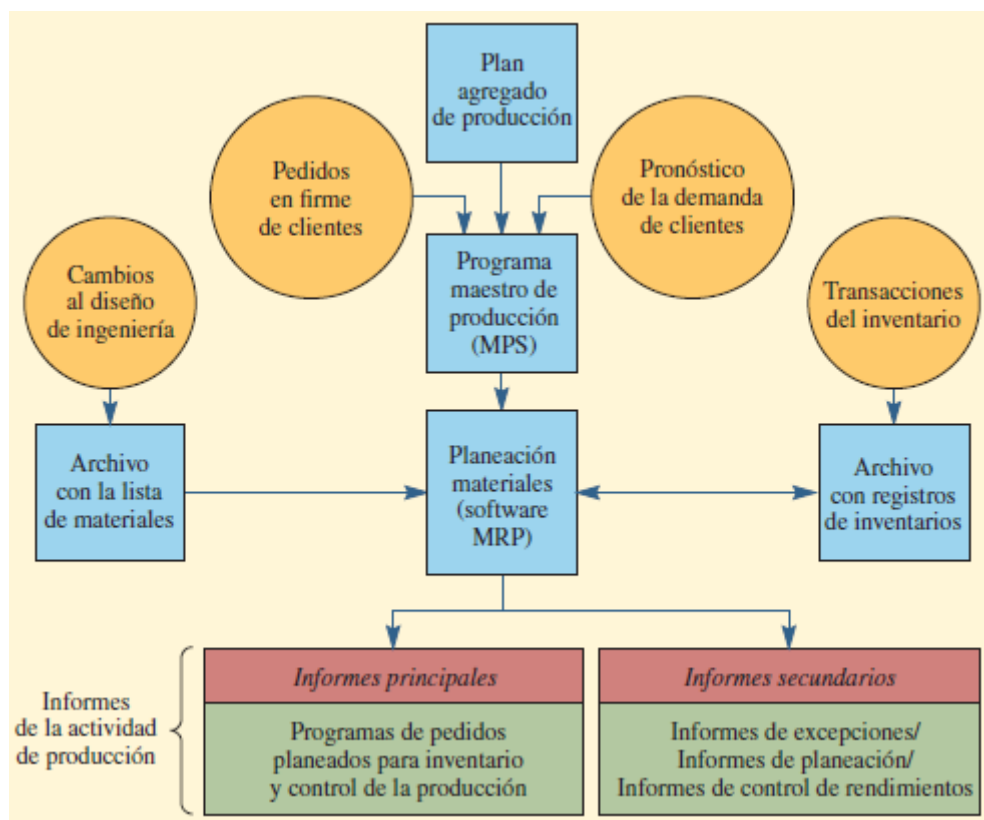


Figura 7. Planificación de Requerimientos de Material

Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2014)

2.2. Data Mining

El Data Mining o Minería de Datos es un conjunto de métodos o herramientas que permiten procesar una amplia cantidad de datos que dispone una empresa o institución con el fin de relacionarlas y agruparlas en bases de datos más simples de utilizar en lo que se conoce como extracción de conocimientos empleando, generalmente, técnicas estadísticas (Oracle, 2016).

Esta idea de Data Mining lleva a la siguiente estructura de conocimiento:

Datos + Estadística → Información

2.2.1. Definición

En este sentido, se puede concebir al Data Mining como una aplicación de la estadística en el análisis de datos, debido a que, en la actualidad existe un acceso ilimitado a los datos empresariales lo cual genera bases de datos tan extensas que son prácticamente imposibles de ser procesadas de forma ágil y sencilla (Marin, 2012).

En otro concepto, se puede definir al Data Mining como “el proceso de analizar datos desde diferentes perspectivas con el objetivo de resumir los datos en segmentos de información útiles” (Oracle, 2016). Por lo tanto, el Data Mining permite a una empresa generar estrategias para aumentar su rentabilidad, reducir sus costos de producción, optimizar el empleo de sus recursos, etc., pues permite analizar datos desde diferentes dimensiones o variables que no pueden ser medidas a simple vista en las bases de datos originales (Marin, 2012).

Por lo tanto, se puede evidenciar que la Minería de Datos permite observar relaciones entre las variables analizadas que se encuentran ocultas en primera instancia. Con estas técnicas es posible, a veces, hacer evidente las relaciones ocultas entre sucesos; para ello es necesario que, el operario a cargo de aplicar esta técnica conozca a profundidad los procesos que lleva su empresa y conozca las características de su mercado, con el fin de identificar las relaciones entre sus diferentes productos y su clientela, así como determinar factores que puedan afectar a su producción o venta de manera sencilla (Marin, 2012).

2.2.2. Fundamentos del Data Mining

El Data Mining se origina con el empleo de ordenadores para el sector comercial e industrial y el almacenamiento de su información en bases de datos; con el pasar de los años, las técnicas empleadas han ido evolucionando progresivamente con el fin de aportar información relevante y confiable en tiempo real que aporten a la toma de decisiones a nivel estratégico (Sinnexus, 2017).

En resumen, el Data Mining se basa en el empleo de tres conceptos básicos:

- Recolección de datos
- Procesamiento de datos en ordenadores
- Algoritmos de análisis y clasificación

2.3. Inteligencia de negocios

Actualmente, uno de los nuevos problemas que se han generado en las empresas es el exceso de información que no puede ser procesada, por lo cual nace la Inteligencia de Negocios como una metodología que permite generar reportes detallados o pronósticos en apoyo a la toma de decisiones, lo que se puede traducir en una ventaja competitiva. Hoy en día, existe software que aplican esta metodología en las diferentes áreas de la empresa como ventas, mercadotecnia, finanzas o logística (Wiley, 1997).

En resumen, las empresas viven una época donde la información es el recurso más importante para obtener una ventaja competitiva frente a la competencia, para lo cual, la aplicación de la Inteligencia de Negocios es fundamental para acceder a datos relevantes para la toma de decisiones de forma rápida y sencillas (Oracle, 2016).

2.3.1. Definición

La Inteligencia de Negocios se puede definir como “el proceso de analizar los bienes o datos acumulados en la empresa y extraer una cierta inteligencia o conocimiento de ellos” (Boncella, 2003). Estos datos pueden ser referentes a los clientes, la cadena de suministro, ventas u otro tipo de información relevante para el nivel estratégico de las empresas (Boncella, 2003).

La Inteligencia de Negocios se encarga de ayudar a las personas que toman las decisiones ya con la información verídica, a la hora y lugar correcto, permitiendo una mejor toma de las decisiones en los negocios, ayudando a incrementar la efectividad de las operaciones de la compañía (Cody, 2002).

Según Cody (2002), la Inteligencia de Negocios se ha venido utilizando desde hace mucho tiempo atrás en varias formas, ayudado a la efectividad organizacional mediante generadores de reportes y medios informáticos, entendiéndose como software de inteligencia de negocios.

2.3.2. Componentes de la Inteligencia de Negocios

Los componentes de la Inteligencia de Negocios son muy parecidas en sus funciones pero por lo menos deben reunir ciertos aspectos importantes como:

2.3.2.1. Información Multidimensional

Aquella información encontrada en base de datos de toda la empresa. Esta información permite crear una herramienta capaz de reunir datos dispersos de todos los departamentos y así proporcionar accesibilidad a la información necesaria para el cumplimiento de sus actividades (Boncella, 2003).

2.3.2.2.Data Mining

Las compañías tienen un sinnúmero de procesos que generan grandes cantidades de información de su producción, desempeño, clientes, etc. De las cuales se pueden aprovechar para mejora de procesos, comportamientos mediante la recolección de datos con la aplicación data mining (Boncella, 2003).

2.3.2.3.Agentes

Es un programa de recopilación de información básica para la elaboración de documentos, diagramas de flujos, etc. sin ningún de tipo de ayuda humana (Boncella, 2003).

2.3.2.4.Data Warehouse

Es una base de datos, la cual contiene toda la información de cada una de las áreas funcionales de la empresa y está al alcance de los gerentes encargados de la toma de decisiones (Boncella, 2003).

MARCO REFERENCIAL

2.4. Logística Militar

2.4.1. Definiciones y conceptos

La logística puede definirse como “el conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución” (RAE, 2014).

Etimológicamente, logística se relaciona con la palabra griega *lagos* (idea). Logística en griego es *Logistike* y se encuentra implícita en la palabra *techne* que quiere decir arte, por lo tanto, se podría interpretar la logística como “la teoría en virtud de la cual la realidad pueda ser calculada lógicamente y predeterminada”. En el ámbito militar, la Logística es la función encargada abastecer a las tropas durante las operaciones con recursos como el material bélico, combustible, alimentos, medicinas, equipos, entre otros (Lozano, 2006).

En otras palabras, la logística se encarga de la provisión de medios o recursos necesarios para llevar a cabo las operaciones de tipo militar. Estos recursos se pueden agrupar en cuatro categorías principales: personal, material bélico, material de intendencia y servicios; en este sentido, existen tres fases fundamentales dentro de la logística: la necesidad, la obtención y la administración o distribución de los recursos. Sin embargo, se debe diferenciar que la naturaleza de la logística militar puede variar entre operaciones de combate y operaciones en tiempo de paz (Eccles, 1966).

Fuera del ámbito militar, se puede definir a la logística como “la función empresarial que se encarga del abastecimiento integral que incluye la planificación, distribución y control de la efectividad del flujo y almacenamiento de los bienes, servicios e información relacionada, desde el

punto de origen hasta el punto de consumo en orden a satisfacer los requerimientos del cliente” (Bloch, 2014).

En resumen, y en el ámbito militar, la logística es la actividad que permite que la estrategia sea ejecutada al nivel táctico; pues se considera como el arte de mover y ubicar las tropas en el teatro de operaciones con todos los recursos necesarios para llevar a cabo las operaciones con éxito. Es así, que la logística se encarga de sostener las actividades militares durante un período determinado y asegurar el abastecimiento y reabastecimiento de los recursos requeridos por el personal desplegado en el cumplimiento de las misiones institucionales (Bloch, 2014).

2.4.2. Sistema Logístico

En la Fuerza Aérea Ecuatoriana, la logística militar actualmente se encarga de proporcionar los medios logísticos necesarios (humanos, físicos, de traslado y orgánicos), para satisfacer las exigencias de las operaciones para amenazas externas o momentos de grave conmoción interna. La naturaleza del empleo del poder militar aéreo genera la necesidad de poseer un Sistema Logístico altamente efectivo, oportuno, flexible, móvil y de gran alcance; el mismo que no es susceptible a errores al garantizar la seguridad en las operaciones aéreas (DIGLOG, 2013; COED, 2013).

Para la Fuerza Aérea Ecuatoriana, la logística se concibe como la agrupación de todas las actividades interrelacionadas que permite identificar los recursos que se poseen, su ubicación, las necesidades de los repartos y la capacidad de abastecer al usuario en el lugar preciso, la cantidad exacta y el momento oportuno. En tal virtud, la Logística Militar Aeronáutica se enfoca al apoyo de los Planes Operacionales tanto para la seguridad interna como externa; para lo cual se aplica los procedimientos establecidos por la Dirección General de Logística que garanticen la optimización de los medios logísticos para el empleo del poder militar aéreo (DIGLOG, 2013).

2.4.2.1.Principios logísticos

Según la Doctrina Aeroespacial Básica, los principios de la guerra aérea son “*un conjunto de conceptos que permiten direccionar la acciones u operaciones en todos los niveles de combate*” (COED, 2018). Por lo tanto, los principios logísticos son razones fundamentales que permiten garantizar un efectivo apoyo a las operaciones, y de aplicación obligatoria para el personal militar que trabaja dentro del Sistema Logístico de la institución. En la **Tabla 2** se establecen la definición de los diez principios fundamentales que deben mantenerse en todas las operaciones logísticas (COED, 2018).

Tabla 2.
Principios Logísticos

Principio	Definición
Previsión	Determinación anticipada de los requerimientos para atender las necesidades futuras de la Fuerza Aérea.
Oportunidad	Es el apoyo y abastecimiento de recursos en el momento más conveniente, es decir el momento exacto (JIT).
Simplicidad	Debe garantizar la reducción de esperas para la entrega oportuna de medios, manteniendo disposiciones precisas y concisas de uso común.
Flexibilidad	El apoyo logístico debe ser versátil y de fácil adaptación ante el desarrollo y evolución de las operaciones aéreas y las amenazas existentes.
Economía	Dar apoyo a las operaciones aéreas al menor costo posible, garantizando el empleo eficiente de los medios logísticos.
Proporcionalidad	Es la capacidad de distribuir adecuadamente los recursos disponibles con el fin de satisfacer las necesidades individuales de cada reparto, sin descuidar los requerimientos totales de la institución.
Sostenibilidad	Es la capacidad de mantener el apoyo logístico a todos los integrantes del Teatro de Operaciones Aéreas mientras duren las operaciones militares.
Orden	Todas las actividades logísticas deben ser realizadas dentro de los procedimientos, regulaciones y normativas vigentes.
Seguridad	Es garantizar las medidas de protecciones tanto físicas como logísticas, necesarias que permitan mantener el apoyo a las operaciones aéreas.
Sobrevivencia	Es la capacidad del sistema logístico para mantener su apoyo, a pesar de ser afectado por condiciones externas, mediante el desarrollo y empleo de planes de contingencia.

Fuente: (COED, 2018)

2.4.2.2. Fases logísticas

Debido a la complejidad que maneja el abastecimiento aeronáutico, es fundamental desarrollar un modelo logístico que garantice la efectividad en las actividades de apoyo a las operaciones aéreas, tal como se muestra en la **Figura 8**. En tal virtud, se han establecido cinco fases logísticas; Determinación de las necesidades, obtención, distribución, conservación y exclusión; las mismas que generan ciclo ordenado, lógico y sistémico, donde confluye gran cantidad de información multidireccional que alimenta a todo el sistema logístico, basados en los principios mencionados anteriormente (DIRABAS, 2018; DIGLOG, 2013).



Figura 8. Ciclo Logístico
Fuente: (DIGLOG, 2013)

1.1.1.1. Determinación de necesidades

Como en cualquier cadena de suministros a nivel empresarial, la primera fase de la logística aeronáutica militar es identificar los recursos que se requieren para dar cumplimiento a los planes operativos. Por lo tanto, es fundamental utilizar análisis estadísticos y matemáticos de los reportes

históricos para establecer el promedio de medios logísticos que se van a utilizar, dependiendo, obviamente, de los factores externos o imprevisibles que se presenten en el ámbito militar. Así mismo, esta fase debe obedecer a los requerimientos específicos propios de las aeronaves y sistemas de defensa, los mismo que se encuentran establecidos en las Ordenes Técnicas de los fabricantes y los manuales empleados a nivel nacional como internacional (COED, 2013).

1.1.1.2. Obtención

La obtención es la fase logística donde se analizan las necesidades presentadas por las diferentes unidades orgánicas, y que, de acuerdo a la capacidad propia de la institución, las prioridades, el desarrollo del conflicto y la capacidad económica del Estado, a través de asignaciones presupuestarias; permite viabilizar los requerimientos en medios logísticos disponibles para cumplir con el apoyo necesario y llevar a cabo las operaciones aéreas y de defensa (DIGLOG, 2013). Entre las principales fuentes de obtención que se pueden utilizar tenemos:

- a) Solicitudes internas de la Base
- b) Pedidos a la Dirección de Materiales
- c) Compras locales o compras al exterior.

1.1.1.3. Distribución

La distribución dentro del ciclo logístico es la fase encargada de la recepción del material obtenido en base a las necesidades presentadas por las diferentes unidades, para su posterior distribución a las bodegas y almacenes correspondientes para mantener niveles logísticos adecuados en cada reparto, con el fin de cumplir con el apoyo a las operaciones (DIGLOG, 2013).

La fase de distribución comprende de las siguientes actividades principales:

- a) Entrega y recepción

b) Almacenamiento

c) Redistribución

1.1.1.4. Conservación

Es el cuidado que deben recibir los medios logísticos para garantizar su integridad, manteniéndose en condiciones óptimas para su uso o empleo por los usuarios finales. Dentro del sistema logístico la conservación se la realiza en los medios que están siendo utilizados, mientras que existe otro concepto, la preservación, que garantiza el cuidado de los recursos almacenados o en bodega que no están siendo utilizados (DIGLOG, 2013). Dentro de la fase de conservación se realizan las siguientes actividades:

a) Inspección

b) Limpieza

c) Mantenimiento

1.1.1.5. Exclusión

Una vez que los materiales o medios logísticos han cumplido con su función, han terminado con su período de vida útil, o ya no son necesarios para cumplir con los objetivos institucionales; es necesario realizar la exclusión de dicho material mediante la donación, destrucción o remate del mismo. Para realizar cualquiera de estos procesos, la institución, a través de los departamentos y direcciones pertinentes, deberán llevar a cabo los procesos necesarios para la exclusión del material según la normativa vigente emitida por la Contraloría General del Estado para la administración y control de bienes públicos (DIGLOG, 2013; CGE, 2016).

2.4.2.3. Funciones logísticas

Las funciones logísticas, como se aprecia en la **Figura 9** son un conjunto de actividades relacionadas entre sí, que se agrupan bajo una denominación en común, con el fin de brindar un apoyo logístico oportuno y especializado a las operaciones aéreas y de defensa. El sistema logístico de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se encuentra formado por cinco funciones que interactúan entre ellas gracias al flujo de información que se genera en cada una de las fases logísticas mencionadas anteriormente (DIGLOG, 2013). Las funciones logísticas son:

- a) Abastecimientos
- b) Mantenimiento
- c) Transporte
- d) Infraestructura
- e) Servicios

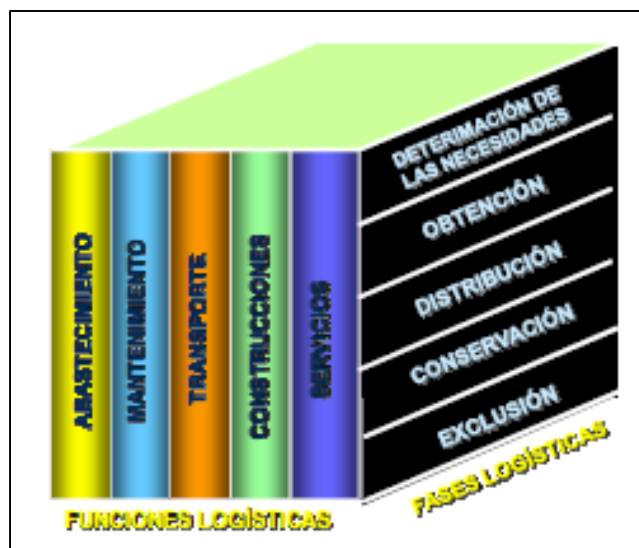


Figura 9. Funciones y Fases Logística
Fuente: (DIGLOG, 2013)

2.4.3. Abastecimientos

2.4.3.1. Definición

Es la función logística que “se encarga de la previsión y provisión de los medios logísticos necesarios para el apoyo a las operaciones aéreas” (DIRABAS, 2018). Su objetivo principal al igual que todo el sistema logístico es proporcionar el apoyo a las operaciones de seguridad y defensa de forma efectiva, sobrepasando incluso los factores internos o externos que puedan afectar a su desenvolvimiento. Dentro de la Institución, la función de Abastecimientos cumple con tres actividades principales; tales como: Normalización y Estandarización, Clasificación y Control de Existencias (COED, 2013).

2.4.3.2. Normalización y estandarización

Dentro del Sistema Logístico, la estandarización son modelos o patrones que son llevados a cabo para el cumplimiento de las actividades y tareas realizadas en apoyo a las operaciones aéreas. Mientras tanto, la normalización es el establecimiento de lineamientos y procedimientos que se plasman en documentos aplicables en el sistema logístico, tales como: regulaciones, normativas, directivas o manuales (COED, 2013).

2.4.3.3. Clasificación

La complejidad técnica y tecnológica de las operaciones aéreas, hace indispensable la clasificación de los medios logísticos, con el fin de identificar claramente los suministros, partes y componentes que se utilizan, principalmente en el mantenimiento de las aeronaves y sistemas de defensa, caso contrario, se atentaría con la seguridad de las operaciones y la integridad de las tripulaciones. Así mismo, la clasificación permite la integración de todo el Sistema Logístico y su personal, para determinar fácilmente los requerimientos y condiciones para el aprovisionamiento.

Debido a que la clasificación aplica criterios como el uso, características o costo del material; genera una adecuada administración para la recepción, almacenaje, distribución y uso de los recursos. Dentro de la Fuerza Aérea Ecuatoriana se han adoptado tres sistemas de clasificación: Administrativa, Federal y por el Costo (COED, 2013).

2.4.3.3.1. Clasificación Administrativa

Se relaciona al uso o empleo de los medios logísticos necesarios para el cumplimiento de las operaciones aéreas. Como se puede apreciar en la **Tabla 3** esta clasificación agrupa a los recursos en cinco clases de abastecimientos genéricos y cuatro clases de abastecimientos específicas de aviación; las mismas que permiten simplificar las instrucciones emitidas a través de la Planificación Logística y de Operaciones.

Tabla 3.
Clases de Abastecimientos

Clase de Abastecimiento	Descripción	Ejemplos
Raciones (Alimentos)	Productos para la preparación de alimentos, alimentos preparados o raciones de combate	Rancho caliente tipo A Rancho frío Raciones de combate tipo C Agua embotellada
Clase II	Vestuario, equipo, partes y repuestos orgánicos (incluido en tablas de dotación y listas de autorización)	Retroexcavadora asignada al ala 22 Tanqueros asignados al ala 11 Repuestos para la AAA Gecko Uniforme pixelado y botas
Clase II A	Vestuario, equipos, partes y repuestos de aviación	Aeronaves Overol de vuelo Visor nocturno Partes y repuestos de aviación
Clase III	Combustibles y lubricantes de uso general	Gasolina extra Aceite 20W-50 Líquido hidráulico
Clase III A	Combustible y lubricantes propios de aviación	Combustible Jet A-1 Grasa MIL-G-81322D Aceite 2380

CONTINÚA 

Clase IV	Vestuario, equipos, partes y repuestos no contemplados en las Tablas de Dotación o Listas de Autorización	Artículos circunstanciales no asignados al reparto
Clase IV A	Vestuario, equipos, partes y repuestos de aviación no contemplados en las Tablas de Dotación o Listas de Autorización	Artículos circunstanciales de aviación no asignados al reparto
Clase V	Armamento, munición, explosivos y agentes químicos	Ametralladora 0.50mm Munición 9mm C4
Clase V A	Armamento, munición y explosivos propios de aviación	Misiles Bombas clúster Ametralladoras instaladas en la aeronave

Fuente: (DIRABAS, 2018)

La Clasificación Administrativa es utilizada en la Planificación Logística y particularmente para estimar los medios que han de incluirse en el Módulo Logístico, lo que a su vez determinará las necesidades de transporte y almacenamiento, siendo necesario establecer el peso y volumen a ser trasladado y almacenado en los Puntos de Despliegue. Para poder establecer dichos promedios es necesario tomar en cuenta otras variables, que se mencionaran a continuación, y que deben ser contempladas en la Apreciación de la Situación Logística (COED, 2013).

2.4.3.3.2. Clasificación Federal (NSN)

Según la IAAFA (1999) la clasificación federal NSN es “un código numérico de 13 dígitos, para la identificación de todos los elementos materiales estandarizados de suministro, ya que han sido reconocidos por todos los países de la OTAN, incluyendo el Departamento de Defensa de los Estados Unidos” (IAAFA, 1999). Esto permite identificar los artículos de aviación con un código único, irrepetible y exclusivo, que evite confusiones en el uso y consumo del material aeronáutico. Así mismo, esta numeración permite que a nivel internacional se manejen catálogos normalizados y estandarizados que emplean las diferentes instituciones aéreas tanto civiles como militare, permitiendo un acceso pronto y oportuno a información sobre equipos, partes, repuestos, herramientas y otros artículos empleados en el mantenimiento de las aeronaves (COED, 2013).

La identificación de los diferentes componentes y repuestos nace en la línea de producción del mismo, donde se le asigna el código correspondiente, acorde al sistema de codificación que utilice cada fabricante. Este código es conocido como Part Number (P/N), el cual puede estar compuesto por una serie de letras o números, representando una característica particular del artículo. Cada institución debe adoptar, de acuerdo a su afiliación, el Sistema Logístico Americano (NSN) o el Sistema Logístico Europeo (NATO Stock Number). En el caso de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, se encuentra afiliada a la IAAFA (Inter-American Air Forces Academy), por lo tanto, adopta el Sistema Logístico Americano con la identificación NSN, el mismo que se compone de 13 dígitos estructurados en dos componentes principales, FSC (Federal Supply Classification) y NIIN (National Item Identification Number); tal como se puede observar en la **Figura 10**.

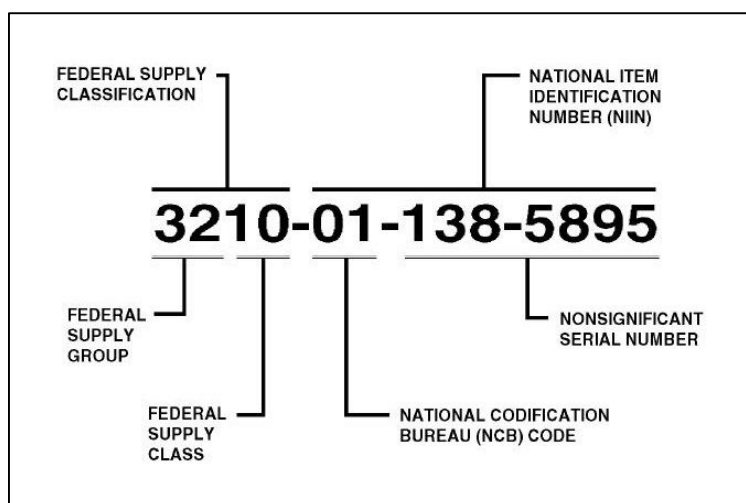


Figura 10. Estructura National Stock Number (NSN)

Fuente: (COED, 2013)

2.4.3.3.3. Clasificación por el Costo

En la actualidad, la Fuerza Aérea Ecuatoriana utiliza un modelo de gestión de inventarios similar al sistema de costos ABC, el mismo que permite a las organizaciones, según un criterio determinado, segmentar las líneas de artículos del almacén tres categorías bajo en el principio de

Pareto, el cual establece que un pequeño porcentaje de referencias abarcan el 80% del valor total del inventario. Esta metodología proporciona información relevante para la toma de decisiones en la gestión de bodegas priorizando los esfuerzos administrativos en la materiales tipo A (Cooper & Kaplan, 1998; Bustamante, 2015).

Dentro de la institución para establecer la Clasificación por el Costo, se ha establecido el valor de compra actual, es decir, se debe considerar las variaciones por motivos de revalorización o depreciación de los artículos que se posee en inventario. En este sentido, la clasificación del material según su costo se establece en tres categorías:

- ***Categoría A o Artículo de Alto Costo:*** mayor a \$10.000
- ***Categoría B o Artículo de Mediano Costo:*** mayor a \$1.000 y menor a \$10.000
- ***Categoría C o Artículo de Bajo Costo:*** menor a \$1.000

Debido al costo, los artículos de alto valor deben ser almacenados en un almacén separado, priorizando las medidas de seguridad y su control de inventarios es frecuente. Así mismo, conforme baja el costo de los artículos, se reducen las medidas de seguridad y la frecuencia del control de inventarios.

2.4.3.4. Control de existencias

Dentro del Sistema Logístico el control de existencias cumple dos tareas fundamentales: el establecimiento de los Niveles de control de Abastecimientos y el Control de Inventarios.

2.4.3.4.1. Niveles de Control de Abastecimientos

Busca determinar la cantidad de medios logísticos que se deben mantener en existencias para garantizar un apoyo logístico continuo y permanente. Basándose en lo Gestión de stock e inventarios, y como se observa en la **Figura 11**, se establecen los siguientes niveles de control:

- **Nivel Máximo:** es la cantidad máxima de inventario que puede mantener un escuadrón de abastecimientos, determinado por la capacidad de almacenamiento o el nivel autorizado por el mando institucional.
- **Nivel Operacional:** es la cantidad de existencias necesarias para solventar las necesidades de consumo que se utilizar en las operaciones aéreas en un período determinado.
- **Nivel de Seguridad:** son las existencias que deben mantenerse como reserva para solventar interrupciones no previstas en el reabastecimiento logístico hasta retomar su flujo normal.
- **Punto de Reorden:** es el nivel de existencia donde se debe realizar los pedidos y trámites de completamiento para alcanzar el nivel máximo u operacional. Está determinado por factores como la tasa de consumo, la demora en trámites administrativos o el tiempo que se demora el Sistema Logístico en reabastecer a cada unidad.
- **Nivel Orgánico:** está dado por las tablas de dotación o listas de autorización de cada individuo o reparto.

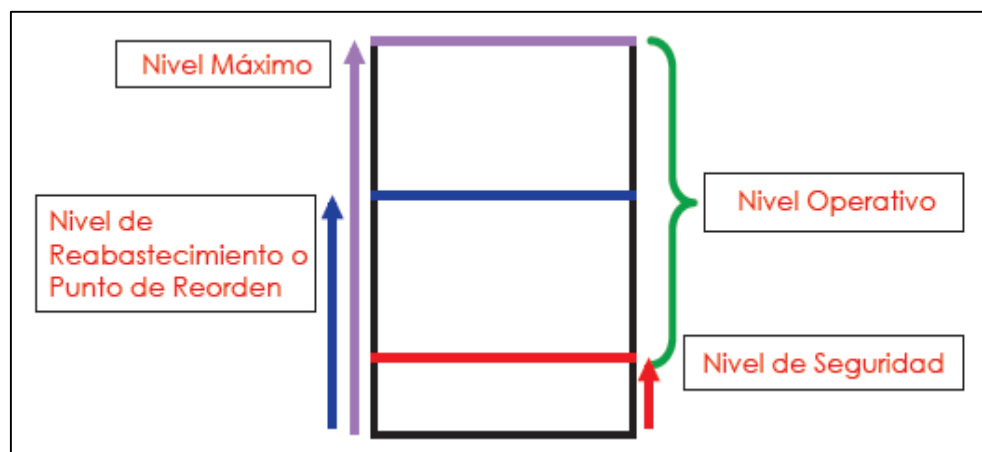


Figura 11. Niveles de Control de Abastecimientos

Fuente: (DIRABAS, 2018)

2.4.4. Mantenimiento

2.4.4.1. Definición

Dentro del Sistema Logístico, la función de mantenimiento es la encargada de conservar en las óptimas condiciones a los medios logísticos como aeronaves, radares, vehículos tácticos y artillería antiaérea, así como también, de restaurarlos y permitir el normal desarrollo en las operaciones de aéreas. Así mismo, la función de mantenimiento es el desarrollo, implementación, actualización y repotenciación de los equipos en respuesta a las necesidades operativas de la Institución, para lo cual deben regirse por las normativas vigentes y las especificaciones de los fabricantes. Todas estas actividades se enmarcan dentro los principios logísticos fundamentales de seguridad, oportunidad y economía en las operaciones, de acuerdo con al desarrollo tecnológico de los sistemas de armas y defensa en el ámbito aeronáutico nacional y regional (COED, 2013).

2.4.4.2. Problemas en la Función de Mantenimiento

Debido a la naturaleza de las operaciones aéreas y a la acelerada sofisticación tecnológica de los sistemas de seguridad y defensa a nivel global, la función de Mantenimiento enfrenta

varios problemas que pueden afectar al normal desarrollo de sus actividades, entre ellos se destacan:

- a) ***Falta de Personal Calificado:*** La Fuerza Aérea Ecuatoriana dentro de su sistema para la administración del talento humano, no posee estrategias adecuadas para la retención del personal especializado y capacitado que por diversas razones optan por abandonar la Institución, dejándola con déficit de personal en las diferentes áreas de interés.
- b) ***Diversidad de Sistemas de Armas:*** En la actualidad, la industria aeronáutica ecuatoriana no posee la capacidad de producir o fabricar equipos o componentes para el sistema de defensa aérea, por lo cual, se han adquirido aeronaves, radares y artillería antiaérea de diferentes fabricantes internacionales, los mismos que poseen diferentes certificaciones y procedimientos no compatibles entre sí, lo que ocasiona una gran inversión en capacitar al personal para que pueda ejecutar los programas de mantenimiento determinado para estos equipos.
- c) ***Ausencia de un Sistema Estandarizado de Mantenimiento:*** El problema mencionado anteriormente, sobre la diversidad de los sistemas de armas, imposibilita al Sistema logístico para diseñar un programa estandarizado de mantenimiento y dificulta la rotación del personal que se desenvuelve en esta área; esto ocupa tiempo y recursos en la capacitación del nuevo personal que es dado el pase, a lo que se suma también subjetividades de los técnicos. Para evitar que estos criterios afecten a la seguridad de las operaciones aéreas, es necesario mantener una rigurosa observancia de las Órdenes Técnicas emitidas por los fabricantes y de la normativa vigente para el sector aeronáutico militar.

- d) **Presupuesto reducido:** La situación actual de la economía nacional y regional, genera que los recursos económicos sean priorizados, ocasionando así, un nivel de alistamiento operacional bajo debido a la escasez de repuestos y componentes necesarios para cumplir con las diferentes actividades de mantenimiento.
- e) **Reducida actualización técnica:** Por los problemas mencionados respecto al presupuesto y a la estandarización de los programas de mantenimiento, resulta difícil mantener al personal técnico capacitado y en condiciones óptimas para ser habilitados en los diferentes sistemas de armas, teniendo en consideración, que estos últimos avanzan continuamente, dejando a los equipos actuales en estado de obsolescencia.
- f) **Sistema Educativo Deficiente:** Debido a la escasez presupuestaria y al deficiente Plan de Carrera Institucional, que no se adapta a las necesidades y requerimientos reales de la Fuerza; no se ejecuta un correcto programa de formación, capacitación y especialización del personal técnico que cumple con las actividades de mantenimiento de los diferentes sistemas de armas.

2.4.4.3. Planificación

Dentro de la planificación de esta función, se establecen el conjunto de directrices, a corto y largo plazo, necesarias para establecer programas de mantenimiento que permitan alcanzar la mayor disponibilidad de aeronaves en el menor tiempo posible, garantizando así, un eficiente apoyo a las operaciones empleando para ello personal, equipos y repuestos adecuados para cada sistema de armas. La planificación es fundamental dentro de las actividades de mantenimiento pues busca alcanzar un equilibrio entre la misión de la unidad, las capacidades de los grupos logísticos, los medios disponibles a ser empleados y los requerimientos institucionales (COED, 2013).

2.4.4.4. Producción

Es la ejecución de los planes de mantenimiento, basados en las capacidades y los medios logísticos disponibles, para satisfacer los requerimientos actuales y futuros de las operaciones aéreas. Para llevar a cabo la ejecución o producción de mantenimiento es necesario considerar los medios logísticos, los sistemas de información, la tecnología y las capacidades del personal técnico de esta área. Así mismo, se debe manejar un sistema de mejora continua que garantice la calidad de los trabajos realizados y optimice el uso de los recursos (COED, 2013). Dentro de la producción de mantenimiento, es necesario identificar las clases de mantenimiento, niveles de mantenimiento y escalones de mantenimiento, los mismos que ejecutan diferentes trabajos, tal como se puede apreciar en la **Tabla 4**.

2.4.4.4.1. Clases de Mantenimiento

Son los tipos de trabajos de mantenimiento que se pueden realizar de acuerdo a su planificación, estos pueden ser: Mantenimiento programado y Mantenimiento no programado.

- a) ***Mantenimiento Programado:*** Es un conjunto de inspecciones que se realizan para prevenir posibles daños originados en el empleo normal de aeronaves o equipos. Se lo realiza en el hangar de mantenimiento o en línea de vuelo, incluyendo mantenimientos IRAN y Overhaul.
- b) ***Mantenimiento No Programado:*** Se realiza para corregir daños ocasionados en las aeronaves y equipos que no están dentro de la programación normal. Se deben realizar en talleres técnicos o en línea de vuelo. Incluye modificaciones y repotenciación de las aeronaves o equipos.

2.4.4.4.2. Niveles de Mantenimiento

Es la clasificación de las inspecciones realizadas a aeronaves y equipos, de acuerdo a la complejidad de las tareas de mantenimiento, tal como se puede ver en la **Tabla 4**.

- a) **Nivel Organizacional:** Son las inspecciones realizadas por la Unidad Técnica de Apoyo en línea de vuelo; así como también, trabajos de mantenimiento preventivo rutinario que no superen las 24 horas de labores.
- b) **Nivel Intermedio:** Están a cargo de los Grupos Logísticos, incluyendo la reparación de partes y conjuntos mayores que permitan a la aeronave pasar a línea de vuelo. Estos trabajos duran entre uno y sesenta días.
- c) **Nivel de Depósito:** Incluyen inspecciones mayores, revisiones generales, reconstrucción de partes, modificaciones y calibraciones que superen los sesenta días de trabajo. Deben ser realizados en hangares certificados o en organizaciones de mantenimiento certificadas, y bajo la autorización de la DIGLOG.

2.4.4.4.3. Escalones de Mantenimiento

Como se puede apreciar en la **Tabla 4**, existen cuatro escalones de mantenimiento que determinan el lugar donde se debe realizar los diferentes trabajos de mantenimiento y la organización responsable de los mismos.

- a) **Primer Escalón:** Se realiza en línea de vuelo, bajo la supervisión de la Unidad Técnica de Apoyo, ejecutando mantenimiento de nivel organizacional.
- b) **Segundo Escalón:** Están a cargo de los Grupos Logísticos, realizando mantenimiento de campo en los talleres técnicos de los hangares de mantenimiento.

- c) **Tercer Escalón:** Debe ser realizado en organizaciones de la Industria Aeronáutica, bajo la responsabilidad de la DIGLOG. Se ejecutan tareas de mantenimiento de depósito.
- d) **Cuarto Escalón:** Son tareas de mantenimiento de depósito realizados en las instalaciones del fabricante o en organizaciones autorizadas por el mismo.

Tabla 4.*Escalones, Niveles y Clases de Mantenimiento*

Escalones de Mantenimiento	Niveles de Mantenimiento	Clases de Mantenimiento	Aplicación	Responsable
Primer Escalón	Organizacional	No programado	Línea de Vuelo	Unidad Técnica de Apoyo (UTA)
Segundo Escalón	Intermedio o de Campo	Programado No Programado	Talleres de los hangares de mantenimiento	Grupo Logístico
Tercer Escalón	De Depósito	Programado No Programado	Hangares de mantenimiento Industria aeronáutica	Dirección General de Logística
Cuarto Escalón	De Depósito	Fabricación	Instalaciones del fabricante	Dirección General de Logística

2.4.4.4. Programas de Mantenimiento

Los programas de mantenimiento son emitidos por el fabricante de las aeronaves, equipos y componentes, donde se indican los tipos de mantenimientos que deben realizarse conforme se vence tiempo de vuelo o tiempo de calendario, producto del desgaste cotidiano del mismo. Estos programas de mantenimiento deben ser cumplidos de acuerdo a las disposiciones emitidas por los fabricantes en los manuales y órdenes técnicas, con el fin de garantizar seguridad en las operaciones aéreas. Los trabajos de mantenimiento serán realizados en los repartos, en la industria aeronáutica y en las instalaciones del fabricante de acuerdo a los escalones, niveles y clases de mantenimiento revisadas en la sección anterior. Existen inspecciones de diferente complejidad y duración, sin

embargo, es importante destacar el IRAN y el Overhaul, que son dos inspecciones mayores de mayor importancia debido a su profundo alcance en la revisión y verificación de los componentes y equipos de los diferentes sistemas de armas (COED, 2013).

2.4.4.5.Control

En la Doctrina Logística se establece que el control es un conjunto de “acciones preventivas y correctivas para evitar incurrir en fallas”; esto quiere decir que la actividad de control que debe realizar la función de mantenimientos busca identificar las causas de los problemas dentro de los trabajos de producción, para después mitigarlas o eliminarlas; de esta forma se puede asegurar la correcta ejecución del Plan de Mantenimiento de cada reparto. Alguno de los principales indicadores que reflejan falencias en el control de mantenimiento son la baja disponibilidad de aeronaves, personal técnico laborando fuera de horario, aumento en los reportajes de aeronaves, e incluso, accidentes laborales o incidentes con las aeronaves (COED, 2013).

La sección o escuadrilla de Control de Mantenimiento debe dar seguimiento a los planes anticipados y sus prioridades, donde se programan todos los trabajos de mantenimiento que deben realizar los escuadrones con el fin de mantener el alistamiento operativo de las aeronaves, en base a las capacidades del personal y la disponibilidad de los medios logísticos. El Control de Mantenimiento se desarrolla en cinco aéreas fundamentales garantizando la calidad de los trabajos, supervisando al personal y dando seguimiento a los trabajos realizados (COED, 2013).

2.4.5. Transporte

2.4.5.1.Definición

Dentro del Sistema Logístico, la función de Transporte se encarga de la movilidad de los medios logísticos que permitan la normal operación y desarrollo de las operaciones aéreas y

terrestres; así como también, el despliegue y repliegue de los equipos y sistemas de armas, necesarios para el cumplimiento de las misiones en caso de requerirse. El Transporte abarca las acciones necesarias para el movimiento que influyen directamente en las capacidades de maniobra y apoyo a las operaciones, por lo que debe ser dinámica y flexible, con el fin de adaptarse a las necesidades latentes de la Institución (COED, 2013).

2.4.5.2. Modos de Transporte

Es la determinación de los medios de traslado adecuados para movilizar los recursos logísticos de las unidades operativas. Los modos de transporte están conformados por los medios o vehículos, las tripulaciones, las normas o procedimientos, las regulaciones y las vías de transporte. Es importante diferenciar entre Modos de transporte, Medios de transporte y las Vías de transporte; pues cada uno de ellos incluye al siguiente (COED, 2013).

- a) **Medios aéreos:** Permite transportar con rapidez al personal o carga a una gran distancia; sin embargo, tiene varios limitantes como las condiciones climáticas, el peso de la carga y el costo que demanda este tipo de transporte.
- b) **Medios acuáticos:** Incluyen medios marítimos, costeros y fluviales. Se considera el método más flexible debido a su capacidad de carga y costo relativamente bajo. Sus limitantes son la poca flexibilidad de maniobra, poca rapidez de traslado y vulnerabilidad a acción aérea enemiga.
- c) **Medios terrestres:** Es un método de transporte flexible que puede ser utilizado en cualquier condición climatológica. Incluye el transporte ferroviario, por ductos y autopistas. Sus limitantes son la lentitud de transporte y su vulnerabilidad a sabotajes y ataques aéreos.

El éxito de la planificación de transporte es identificar cuál de estos medios es el más indicado para las diferentes operaciones según las condiciones del terreno, la distancia, la carga y la amenaza del enemigo. Sin embargo, debido a la flexibilidad que posee esta función, no es necesario limitarse al empleo de un solo medio de transporte, pues la efectividad de sus actividades dependerá en gran medida de la combinación de medios que se planifique para llevar a cabo el transporte de los medios logísticos necesarios para dar apoyo a las operaciones aéreas y terrestres.

2.4.6. Infraestructura

2.4.6.1. Definición

Dentro del Sistema Logístico, la función de Infraestructura es la encargada de la construcción, readecuación y mantenimiento de las instalaciones sobre las que se sustentan todas las actividades en apoyo a las operaciones aéreas. Así mismo, cumple las actividades de preparación y mantenimientos de los terrenos considerados par los Puntos de Despliegue en los casos que se requiera, estas incluyen: pistas, instalaciones de combustible, hangares, bodegas, talleres y alojamiento. Para poder identificar las funciones que cumplen los servicios de infraestructura, es necesario conocer los siguientes términos (COED, 2013).

- a) Componentes principales:* Elementos que conformar las construcciones diseñadas y adecuadas con anticipación, las mismas que cumplen con un propósito; incluyen materiales, costos e información logística.
- b) Construcción:* Es el conjunto de componentes funcionales que constituyen en el elemento básico de una instalación, que apoya a una acción u operación.

- c) Instalación:* Es un grupo de construcciones que pueden estar distribuidos indistintamente, pero conectados funcionalmente, para apoyar al cumplimiento de una determinada función.
- d) Base Aérea:* Es un conjunto de instalaciones construidas intencionalmente para el cumplimiento de una determinada misión de la Fuerza Aérea.

2.4.6.2.Servicios básicos

Dentro de las tareas fundamentales de la función Infraestructura, se encuentra el aprovisionamiento, operación y mantenimiento de los sistemas de servicios básicos tales como: agua, luz, teléfono, alcantarillado, saneamiento ambiental, señalización, tratamiento de aguas, entre otras. La interrupción en la provisión de dichos servicios básico, o su mala calidad, afecta directamente a la moral y al bienestar del personal militar y civil que laboran dentro de un reparto militar; la misma que incidirá en la eficiencia de las actividades que se desarrollen en la misma, sea de tipo administrativo, operacional u operativo.

2.5. Doctrina Aeroespacial

En términos sencillos, Doctrina es definida como "la mejor forma de hacer las cosas". Esta forma surge de la acumulación de conocimientos y experiencias, que, a través de los años de práctica y evaluación, se van fortaleciendo o modificando para ajustarse a las nuevas realidades y demandas del cambiante y dinámico entorno mundial, regional e interno (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

En el ambiente institucional, la Doctrina Aeroespacial es definida como: “los principios fundamentales que guían el uso y empleo del Poder Aeroespacial y sus elementos, en apoyo al logro de los objetivos militares” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.1. Tipos de Doctrina Aeroespacial

2.5.1.1. Doctrina Básica

Expresa los conceptos fundamentales y relativamente perdurables, que describen y orientan el uso apropiado del Poder Aeroespacial. Es el origen y el marco de referencia permanente, para la constitución, preparación y empleo de la Fuerza Aérea (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

Para comprender qué es la Doctrina Básica, es necesario contemplar el campo de batalla aérea como un sistema único, en el que un conjunto de personas, sistemas, equipos, métodos, técnicas y procedimientos, actúan íntimamente ligados, para lograr un fin específico (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.1.2. Doctrina Operacional

Recoge de manera más detallada los principios de la Doctrina Básica y los transforma en criterios específicos que orientan la planificación y ejecución de las operaciones. La Doctrina Operacional está ligada con la práctica del arte operacional, por lo que supone la aplicación de criterios específicos destinados al empleo sincronizado y secuenciado del Poder Aeroespacial, en función del espacio, tiempo y fuerza, con el fin de lograr los objetivos del teatro de batalla (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.1.3. Doctrina Táctica

Esta doctrina contiene las normas específicas que se deben aplicar para emplear los sistemas y equipos de armas, sea en forma individual o coordinada. Esta doctrina por lo general la constituyen las tácticas de combate que cada unidad ha desarrollado, en función de las capacidades de sus medios, de las amenazas y situaciones particulares (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.2. Política, Estrategia militar y Doctrina

El término doctrina es comúnmente confundido con políticas o estrategias, por lo que es necesario aclarar las diferencias entre ellos:

2.5.2.1. Política

Es una actividad orientada en forma ideológica a la toma de decisiones para alcanzar ciertos objetivos; son guías que dirigen o instruyen acerca de lo que debe ser logrado o alcanzado. No son estáticas, cambian en función del liderazgo, la situación y los objetivos, cuya aplicación es de carácter obligatorio (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

- a) En el nivel político estratégico se regula y orienta el equipamiento, organización y empleo del Poder Militar.
- b) En el nivel estratégico militar se orientan el empleo de las capacidades militares en combate.
- c) En el nivel operacional se establecen las normas para el entrenamiento eficiente del empleo de los sistemas de armas en el nivel táctico.

2.5.2.2. Estrategia Militar

Es la ciencia y el arte de emplear las Fuerzas Armadas de una nación o de una alianza para asegurar el logro de los objetivos políticos, por el uso de la amenaza o de la fuerza militar. Es una formulación conceptual que determina el camino que se va a seguir, donde, empleando los medios disponibles, se alcanzará los fines propuestos. Se origina en la política y sus objetivos se plasman en planes para alcanzarlos (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.2.3. Doctrina

Está constituida de principios fundamentales que guían el uso y empleo del Poder Aeroespacial o sus elementos, en apoyo al logro de los objetivos militares. Por constituir guías, la doctrina no es directiva, es más bien orientadora (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

En términos generales podemos resumir que: la Política es una directiva de aplicación obligatoria, que determina como se deben alcanzar los objetivos. La Estrategia, es un concepto que define la mejor forma de alcanzar los objetivos, en cumplimiento de las Políticas, mientras que la Doctrina, es una guía que orienta la materialización de la estrategia, a través del empleo del Poder Aeroespacial y sus elementos (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.3. Poder Aeroespacial

Son las capacidades de un Estado para explotar el control del espacio aeroespacial para la defensa y consecución de los intereses nacionales. El Poder Aeroespacial de un Estado, se configura con la participación de todos los medios aéreos, espaciales, y del ciberespacio, militares y no militares, los que, al ser empleados en forma coordinada y centralizada, en función de las políticas estatales, apoyan al logro de los intereses nacionales (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

El Poder Aeroespacial se define como la habilidad de proyectar el Poder Aeroespacial, a través del control y explotación de los espacios aéreo, espacial y cibernético, para alcanzar objetivos estratégicos, operacionales y tácticos. Pero no es suficiente poseer un Poder Aeroespacial, es necesario, además, encontrarse en condiciones de aplicarlo oportuna y eficazmente, en el momento y lugar requeridos; así como, la voluntad de emplearlos (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

Para tener la habilidad de explotar los espacios: aéreos, espacial y cibernético, es necesario contar con instituciones debidamente organizadas y estructuradas, equipadas con suficientes y apropiados sistemas y medios para operar en cada uno de los dominios sin restricciones y en toda condición de tiempo, con sistemas de mando y control que garanticen su eficiente gestión, dirección y control (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).

2.5.3.1. Componentes

El Poder Aeroespacial, está constituido por un conjunto de medios humanos, materiales y doctrinarios, que deben operar en armonía y sincronía permanentes. Cada uno desempeña un rol específico y determinante en su estructuración, organización y empleo. Doctrinariamente la Fuerza Aérea, considera como componentes del Poder Aeroespacial a los siguientes organismos que se puede ver en la **Figura 12** (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018).



Figura 12. Componente del Poder Aeroespacial

Fuente: (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018)

2.6. Simulación y Optimización en la Logística

En la actualidad, la investigación de operaciones se ha convertido en una herramienta gerencial adecuada para diseñar, ejecutar y controlar los sistemas logísticos de una empresa, inclusive en el ámbito militar, es aplicada en la planificación de las operaciones. Entre las técnicas de mayor uso dentro de esta área encontramos la planificación de producción, análisis de cadenas de abastecimientos, optimización de logística inversa y la simulación de procesos. En este caso, la simulación permite un adecuado diseño, estructura, ejecución y control de los procesos logísticos, con el fin de generar soluciones óptimas que mejoren el rendimiento de la producción. En tal razón, para poder desarrollar un modelo de simulación es necesario identificar tres factores básicos: las variables, las restricciones y la función a optimizar; por lo tanto, se define que la simulación es un proceso que evalúa las variables definidas bajo ciertos escenarios y restricciones que pueden generar incertidumbre, optimizando de esta forma, los recursos económicos, logísticos y humanos; que incluso pueden comprobar y rechazar hipótesis supuestas por medio de un modelo complejo. Dentro del procedimiento que debemos seguir para desarrollar el modelo de simulación tenemos: Formular e identificar el problema, construir un modelo computacional, verificar el modelo, depurarlo y desarrollarlo y finalmente, recolectar y analizar la información arrojada por el proceso de simulación. Entonces, como se puede observar, la simulación es una herramienta útil que permite generar estrategias para sincronizar e integrar los diferentes procesos logísticos de acuerdo a los requerimiento y necesidades de la organización (Sánchez, 2014).

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Definición del objeto de estudio

El objeto del presente estudio es el consumo de combustible y el uso de materiales utilizados entre enero 2017 y junio 2019 por el Grupo Logístico Nro. 232 del Ala de Combate Nro. 23, de la ciudad de Manta, en relación al empleo de la flota de aeronaves tipo A-29B Súper Tucano, por medio del Grupo de Combate Nro. 231. El análisis del consumo de combustibles y materiales, según la disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo permitirá identificar la capacidad logística del Ala de Combate Nro. 23, mediante el desarrollo de un modelo óptimo de inventarios, en base a datos obtenidos a través de técnicas estadísticas y modelos de inventarios, así como, permitirá describir las variables que afectan a la capacidad de respuesta del área logística de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

Con la aplicabilidad de este modelo de inventarios se espera poder identificar los recursos necesarios que debe poseer un reparto operativo en el ámbito logístico. Aquellos recursos a considerar serían los más críticos, es decir, recursos indispensables para sostener las operaciones durante un período de tiempo específico. Permitiendo así garantizar el alistamiento operativo de las aeronaves mediante la toma de decisiones eficaces en casos de conflicto externo o conmoción interna, salvaguardando así la seguridad nacional y la integridad territorial.

3.2. Enfoque y tipología de la investigación

Como se puede apreciar en la **Tabla 5**, el presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, pues utiliza la recolección de datos en base a mediciones numéricas relacionadas con indicadores de consumo de recursos y disponibilidad de aeronaves para probar, mediante análisis estadísticos,

las hipótesis planteadas en referencia a cada una de las variables de estudio aplicando un proceso determinado que garantice la validez y confiabilidad en los resultados obtenidos.

En cuanto a la tipología, según su objetivo esta investigación es aplicada pues busca encontrar un mecanismo o un modelo que permita a futuro determinar los recursos necesarios para los diferentes Grupos Logísticos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Por otro lado, según su temporalidad se considera una investigación no experimental transeccional o transversal, pues los datos son recolectados por una única vez en un momento determinado sin la manipulación de sus variables, en este caso, la información histórica fue recolectada con corte al 30 de junio de 2019. Finalmente, en cuanto a su alcance se establece que el estudio corresponde a una investigación de tipo exploratoria, descriptiva y correlacional. Es exploratoria pues se analizan fenómenos poco estudiados que permitirá generar soluciones innovadoras para la optimización de recursos; es descriptiva porque define y mide las variables involucradas; y es correlacional pues se busca asociar y determinar el grado de relación que existe entre las diferentes variables y proporcionar modelos de predicción fundamentados estadísticamente (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014).

Tabla 5.
Enfoque y tipología de la investigación

Aspectos	Tipo
Por su enfoque	Cuantitativo
Por su objetivo	Aplicada
Por la manipulación de variables	No Experimental
Por su temporalidad	Transeccional o Transversal
Por su alcance	Exploratoria Descriptiva Correlacional

3.3. Determinación de la población

La Fuerza Aérea Ecuatoriana es una de las tres ramas de las Fuerzas Armadas del Ecuador, las mismas que se dependen del Ministerio de Defensa Nacional, a través del Comando Conjunto de las Fuerza Armadas, y es la encargada de velar por la soberanía territorial con sus operaciones aéreas y de defensa. Entre otras funciones que le han sido asignadas, las Fuerza Aérea cumple también con misiones de integración y ayuda social como los programas Alas para la Alegría y Alas para la Salud.

Como se puede apreciar en la **Tabla 6**, la Fuerza Aérea está conformada por varios repartos, alas y bases aéreas regidos por los dos grandes comandos como lo son el Comando de Operaciones Aéreas y de Defensa (COAD) y el Comando de Educación y Doctrina Militar Aeroespacial (COED); los mismos que conforman el universo del presente estudio.

Tabla 6.
Universo de estudio

Reparto	Ubicación
Comandancia General de la Fuerza Aérea Ecuatoriana	Quito
Comando de Operaciones Aéreas y Defensa (COAD)	Guayaquil
Comando de Educación y Doctrina Militar Aeroespacial (COED)	Quito
Ala de Combate No. 21	Taura
Ala de Combate No. 22	Guayaquil
Ala de Combate No. 23	Manta
Ala de Combate No. 11	Latacunga
Grupo de Transporte Aéreo Especial (GTAE)	Quito
Escuela Superior Militar de Aviación (ESMA)	Salinas
Escuela Técnica de la Fuerza Aérea (ETFA)	Latacunga

CONTINÚA 

Escuela de Infantería Aérea (EIA)	Guayaquil
Academia de Guerra Aérea (AGA)	Quito
Escuela de Perfeccionamiento de Aerotécnicos (EPAE)	Latacunga
Centro de Operaciones Sectoriales No. 1 (COS-1)	Guayaquil
Centro de Operaciones Sectoriales No. 2 (COS-2)	Tena
Base Aérea Galápagos (BAGAL)	Galápagos
Base Aérea Mariscal Sucre (BAMAS)	Quito
Base Aérea Cotopaxi (BACO)	Latacunga
Base Aérea Lago Agrio (BALAG)	Lago Agrio
Centro de Investigación y Desarrollo (CID-FAE)	Ambato
Grupo de Operaciones Especiales de la Fuerza Aérea (GOEFA)	Guayaquil

Dada la naturaleza de las actividades que cumple la Fuerza Aérea Ecuatoriana como Entidad de Seguridad y de Defensa en el ámbito nacional, es necesario enfatizar que su principal objetivo es la defensa de la soberanía territorial mediante el empleo de operaciones aéreas, las mismas que son llevadas a cabo por el Comando de Operaciones Aéreas y de Defensa, a través de las diferentes Alas de Combate, Transporte y Rescate.

En este sentido, el estudio se realizará en el Ala de Combate Nro. 23, ubicado en la Base Aérea Eloy Alfaro de la ciudad de Manta y cuenta con los más altos índices de operatividad dentro de la aviación de combate. Su función básica es ejecutar operaciones aéreas, de defensa antiaérea y terrestre, a través de los grupos operativos, logísticos y de seguridad; con el fin de mantener a su personal listo para el empleo y contribuir al cumplimiento de la misión del COAD.



Figura 13. Insignia del Ala de Combate Nro. 23

Fuente: (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018)

Según la Estructura Orgánica vigente, el Ala de Combate Nro. 23 se conforma grupos y departamentos, tal y como se aprecia en la **Figura 14**, dentro de los cuáles se encuentra el Grupo de Combate que consta de una flota de aeronaves A29-B Súper Tucano de origen brasilero. Así mismo, posee un Grupo Logístico que se encarga del alistamiento operativo de las aeronaves necesarias para cumplir con las misiones programadas por el mando institucional; por lo tanto, el presente estudio se enfocará a determinar un modelo óptimo de inventarios para el Grupo Logístico Nro. 232, el mismo que, como se muestra en la **Figura 15**, consta de tres escuadrones, de los cuales el Escuadrón de Abastecimientos Nro. 2324 es el encargo de la administración y custodia de los inventarios de material aeronáutico del reparto.

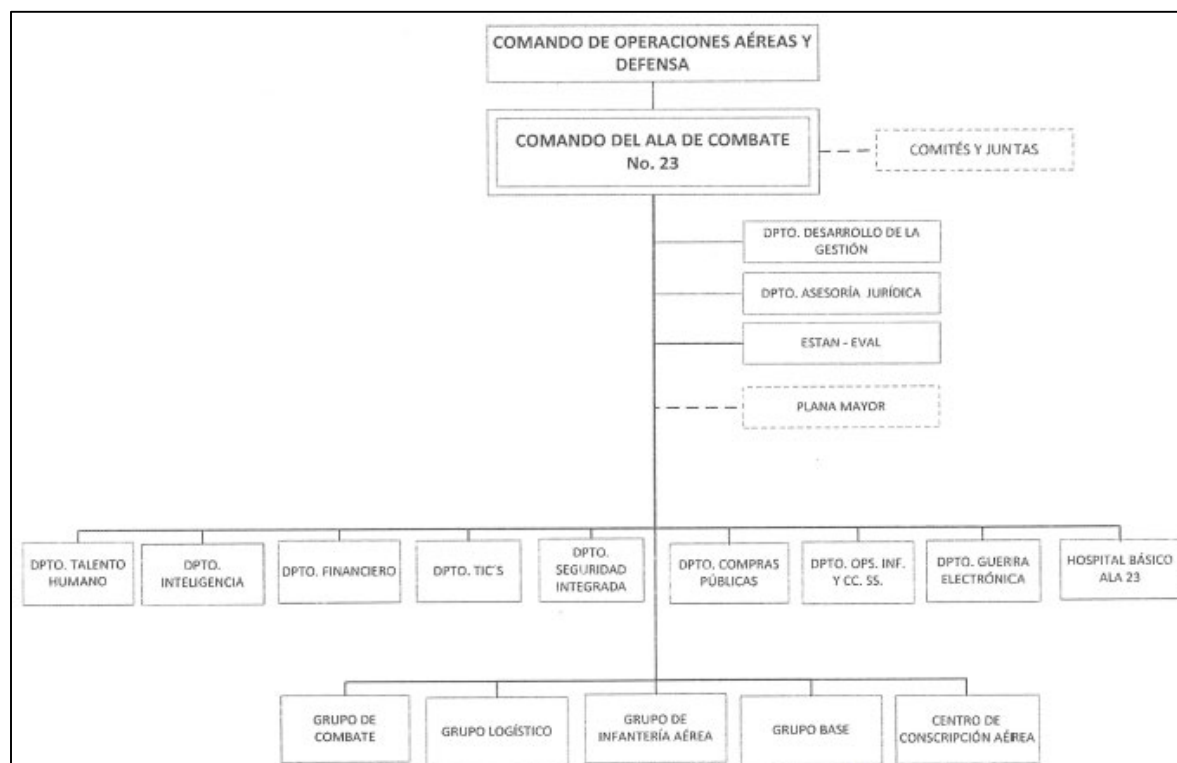


Figura 14. Estructura orgánica del Ala de Combate Nro. 23
Fuente: (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018)



Figura 15. Estructura orgánica del Grupo Logístico Nro. 23
Fuente: (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2018)

3.4. Método de recolección y análisis de datos

Como se mencionó anteriormente, para el presente estudio se tomará como base metodológica el modelo de arquitectura de inteligencia de negocios, a través del Data Mining, la misma que se puede apreciar en la **Figura 16**. Esta metodología se basa en el procesamiento de información de una base de datos extensa que permite coordinar adecuadamente los recursos de una organización para el cumplimiento de las actividades previamente planificadas.

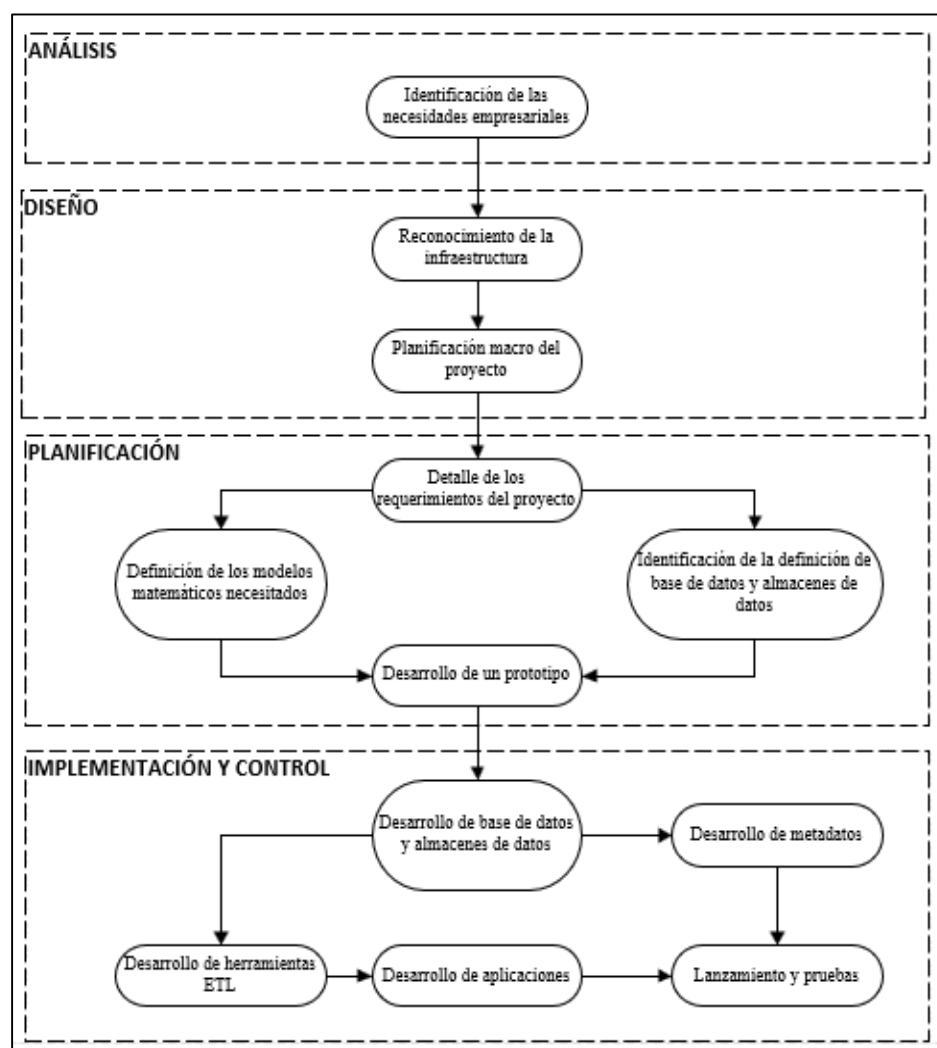


Figura 16. Desarrollo de un sistema de inteligencia de negocios

Fuente: (Vercellis, 2009)

La primera fase de *Análisis* consta de observación de campo y entrevistas con miembros de la organización, que en este caso serán oficiales y aerotécnicos de la Dirección General de Logística y del Grupo Logístico Nro. 232, para identificar las necesidades del reparto a nivel logístico, y también, determinar los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de un modelo óptimo de inventarios. La segunda fase de *Diseño* es el modelamiento provisional de las variables que conforman la estructura actual para identificar los sectores de atención prioritaria y el desarrollo de la macro planificación de la investigación. En la tercera fase de *Planeación* se incluyen los modelos matemáticos y algoritmos necesarios para el diseño de un sistema estructural que permita optimizar los recursos críticos de la organización, en este caso, se desarrollará un modelo que establezca los inventarios que debe tener el reparto para mantener un normal desarrollo de las operaciones aéreas y un adecuado alistamiento operativo de las aeronaves. Estos inventarios serán analizados en un modelo de simulación flexible que identifique fallas en el proceso y sus respectivas correcciones. Finalmente, en la cuarta fase, y quizá la más importante de *Implementación y Control* se generará una base de datos alimentada con toda la información arrojada en los análisis estadísticos y en las simulaciones, para después clasificar recursos de mayor importancia y diseñar un modelo de simulación, que mediante el aprendizaje, corrección y verificación permitirá validar no solo los inventarios arrojados en este estudio, sino también, aquellos que puedan ser desarrollados a futuro; buscando así el perfeccionamiento de un modelo de mejorar continua dentro del Sistema Logístico, que a su vez brindará información relevante para la toma de decisiones a nivel estratégico (Vercellis, 2009).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS

4.1. Introducción

Para el desarrollo del presente estudio, se ha recolectado la información histórica de las diferentes áreas del Grupo Logístico Nro. 232, en especial del Escuadrón de Abastecimientos Nro. 2324, quienes manejan el almacenamiento y distribución de material aeronáutico y de productos PAL (combustibles y lubricantes). Así mismo, el Escuadrón de Mantenimiento Nro. 2323, proporcionó datos alusivos a la disponibilidad de aeronaves y horas de vuelo realizadas de forma mensual y anual; información que se refleja en el Plan Anual de Mantenimiento que desarrolla mencionado escuadrón.

De esta forma, y debido a la amplitud de los datos recolectados, se han utilizados técnicas de Data Mining para consolidar una base de datos sólida que nos permita ir desagregando la información, conforme se vaya requiriendo en el proceso de análisis; desarrollando de esta forma, bases de datos departamentales o por áreas, que nos sirven para identificar con facilidad y rapidez las diferentes dimensiones o factores que son necesarios en el estudio.

Así mismo, una vez conformadas las matrices necesarias, se ha dividido el análisis de datos en tres fases principales: análisis descriptivo de las variables, análisis multivariante y análisis del inventario de material aeronáutico. La primera fase consta en un análisis descriptivo de las variables que intervienen en el estudio, como lo son: disponibilidad de aeronaves, horas de vuelo programadas y realizadas, inventarios de material aeronáutico y consumo de combustibles y lubricantes. La segunda fase corresponde a los análisis de correlación y regresión que existen entre

las variables disponibilidad de aeronaves, horas de vuelo realizadas, combustibles y lubricantes; en este caso se omite el material aeronáutico debido a que la demanda de mencionado inventario se considera independiente debido a su variabilidad. Finalmente, en la tercera fase se realizará la clasificación del material aeronáutico mediante el sistema de gestión de inventarios ABC, bajo el criterio de consumo anual expresado en dólares, el cual permitirá identificar los recursos o materiales críticos en la producción de mantenimiento. La información obtenida en este capítulo permitirá el desarrollo de un modelo de inventarios, el cual se adapte a las necesidades del Grupo Logístico Nro. 232 y garantice el principio de economía en las operaciones.

4.2. Análisis Descriptivo

4.2.1. Disponibilidad de Aeronaves

La disponibilidad de aeronaves se define como la cantidad de aeronaves, en este caso, del avión A29-B Súper Tucano, que se consideran en estado de *Disponibile* “D” según lo determinado en el parte logístico elaborado en el Escuadrón de Mantenimiento. Dichas aeronaves se encuentran listos para cumplir con las misiones establecidas por el Grupo de Vuelo Nro. 231, departamento encargado de llevar a cabo las operaciones aéreas del Ala de Combate Nro. 23. Esta variable depende directamente de los esfuerzos logísticos y de mantenimiento del personal de las diferentes especialidades, así como, del abastecimiento de productos aeronáuticos, necesarios para cumplir con la planificación y producción de mantenimiento. A continuación, en la **Tabla 7**, se muestran los datos históricos de la disponibilidad anual de aeronaves comprendidos entre 2010 y 2018, así como su porcentaje de disponibilidad en relación a las 17 aeronaves que conforman la flota, mientras que en la **Figura 17** se observa gráficamente la tendencia que presenta mencionada variable.

Tabla 7.
Disponibilidad de aeronaves 2010-2018

Porcentaje de Disponibilidad
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
MÁXIMO
MÍNIMO
MEDIA
DESVIACIÓN



Figura 17. Disponibilidad aeronaves 2010-2018

Análisis

En base a lo expuesto en la **Tabla 7**, podemos determinar que la desde la llegada al país de las aeronaves A29-B, el Ala de Combate Nro. 23 ha tenido una disponibilidad promedio de aeronaves al año; siendo su disponibilidad máxima de aeronaves en el 2013 y su valor mínimo de alcanzado en el 2017; esto representa una disponibilidad media del % de la flota. Así mismo, en la **Figura 17** se puede apreciar que a partir del 2013 se ha presentado una tendencia a la baja de la disponibilidad de aeronaves, esto se debe en gran medida a las reducciones presupuestarias en el ámbito de Seguridad y Defensa a nivel nacional, así como también, a la falta de repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento correctivo de las aeronaves.

Así mismo, la **Tabla 8**, muestra el detalle de veinticuatro meses comprendidos entre enero 2017 y junio 2019, así como su porcentaje de disponibilidad en relación a las 17 aeronaves que conforman la flota, mientras que en la **Figura 18** se observa gráficamente la tendencia que presenta mencionada variable.

Tabla 8.
Disponibilidad de aeronaves 2017-2019

AÑO	MES	DISP MEDIA	% DISP	
2017	ENERO			
	FEBRERO			
	MARZO			
	ABRIL			
	MAYO			
	JUNIO			
	JULIO			
	AGOSTO			
	SEPTIEMBRE			
	OCTUBRE			
	NOVIEMBRE			
	DICIEMBRE			
2018	ENERO			
	FEBRERO			
	MARZO			
	ABRIL			
	MAYO			
	JUNIO			
	JULIO			
	AGOSTO			
	SEPTIEMBRE			
	OCTUBRE			
	NOVIEMBRE			
	DICIEMBRE			
2019	ENERO			
	FEBRERO			
	MARZO			
	ABRIL			
	MAYO			
	JUNIO			
	MÁXIMO			
	MINIMO			
	MEDIA			
	DESVIACIÓN			
	ESTADÍSTICOS			



Figura 18. Disponibilidad aeronaves 2017-2019

Análisis

En base a lo expuesto en la **Tabla 8**, podemos determinar que, en los últimos 30 meses, el Ala de Combate Nro. 23 ha tenido una disponibilidad promedio de aeronaves mensuales; siendo su disponibilidad máxima de aeronaves en el mes de marzo 2017 y su valor mínimo de alcanzado en el septiembre 2017; esto representa una disponibilidad media del % de la flota. Así mismo, en la **Figura 18** se puede apreciar que a partir del septiembre 2018 se ha presentado una tendencia a la baja de la disponibilidad de aeronaves, esto se debe en gran medida a que durante el año 2018 se intensificó el empleo de las aeronaves en el patrullaje de la Frontera Norte, producto de los incidentes que se presenciaron en esta zona del país, y las aeronaves han

entrado en etapa de mantenimiento no programado y que por la reducción presupuestaria para el alistamiento operativo, no han sido levantados sus reportajes.

4.2.2. Horas de Vuelo

Las horas de vuelo, son la cantidad de horas que las aeronaves disponibles han acumulado durante un periodo determinado, en el cumplimiento de las misiones dispuestas por el Comando de Operaciones Aéreas y de Defensa (COAD), a través del Grupo de Vuelo Nro. 231. En esta variable podemos apreciar dos dimensiones diferentes: las horas de vuelo programadas, las mismas que son planificadas por la Jefatura de Operaciones Aéreas del COAD (JOA); y las horas de vuelo realizadas o cumplidas, las mismas que dependen de la disponibilidad de aeronaves que se tuvieron en el período de análisis. A continuación, en la **Tabla 9**, se muestran los datos históricos de las horas de vuelo programadas y cumplidas comprendidos entre 2010 y 2018, así como su porcentaje de cumplimiento en relación a las horas programadas por la JOA, mientras que en la **Figura 19** se observa gráficamente la tendencia que presenta mencionada variable.

Tabla 9.
Horas de Vuelo 2010-2018

	HRS Programadas	HRS Voladas	% HRS Cumplidas
2010			88,66%
2011			108,54%
2012			111,31%
2013			98,84%
2014			101,52%
2015			102,78%
2016			93,46%
2017			85,05%
2018			146,71%
MÁXIMO			146,71%
MÍNIMO			85,05%
MEDIA			104,10%
DESVIACIÓN			18,16%

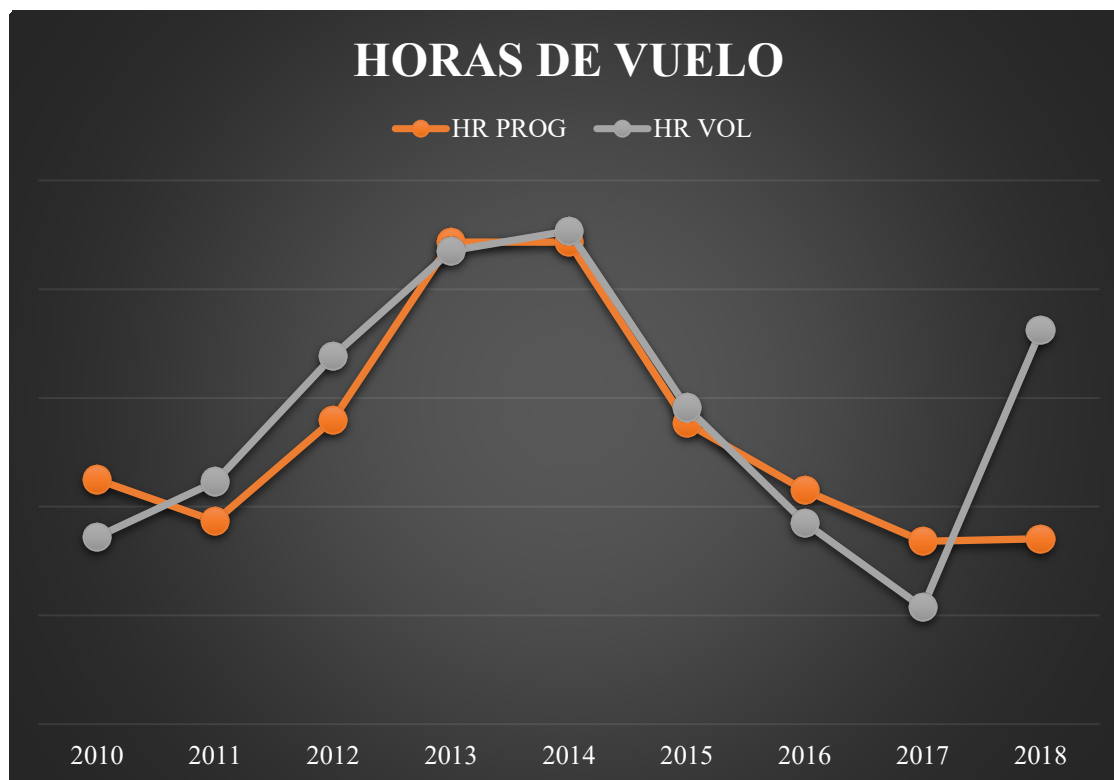


Figura 19. Horas de Vuelo 2010-2018

Análisis

En base a lo expuesto en la **Tabla 9**, podemos determinar que desde la llegada al país de las aeronaves A29-B, el Ala de Combate Nro. 23 en marzo de 2010 el Escuadrón de Combate Nro. 2323 ha cumplido con un total de horas y 52 minutos, que representa el 103,51% del total de horas programadas, es decir, que se han cumplido con 3,51% más que las planificadas por la JOA, dejando en evidencia la eficacia del Ala de Combate Nro. 23. Así mismo, se establece un promedio anual de horas y 52 minutos de vuelo con una desviación estándar de horas y 53 minutos. Así mismo, en la **Figura 19** que las horas voladas o cumplidas se encuentran muy cerca de las horas programadas, excepto en el año 2018, que en cumplimiento a las necesidades institucionales por el conflicto con grupos armados irregulares en la frontera Norte, se

incrementaron las operaciones aéreas de patrullaje y reconocimiento por parte del Escuadrón de Combate Nro. 2323; escenario que no se encontraba en la planificación inicial. Finalmente, en correspondencia a lo observado en la Disponibilidad de Aeronaves, los picos más altos de horas de vuelo se encuentran en los años 2013 y 2014; mientras que, el más bajo se ubica en el año 2017; determinando de esta forma que la disponibilidad de aeronaves incide directamente en el total de horas de vuelo.

A continuación, en la **Tabla 10**, se muestran los datos históricos de las horas de vuelo programadas y cumplidas comprendidos entre julio 2017 y junio 2019, así como su porcentaje de cumplimiento en relación a las horas programadas, mientras que en la **Figura 19** se observa gráficamente la tendencia que presenta mencionada variable.

Tabla 10.
Horas de Vuelo 2017-2019

MES	MES	HR PROG	HR VOL	% HRS
2017	ENERO			136,25%
	FEBRERO			91,10%
	MARZO			145,26%
	ABRIL			95,17%
	MAYO			77,58%
	JUNIO			88,69%
	JULIO			134,21%
	AGOSTO			67,55%
	SEPTIEMBRE			35,91%
	OCTUBRE			88,98%
	NOVIEMBRE			61,04%
	DICIEMBRE			45,37%
2018	ENERO			114,84%
	FEBRERO			191,12%
	MARZO			198,94%
	ABRIL			174,76%
	MAYO			140,91%
	JUNIO			159,42%
	JULIO			210,98%
	AGOSTO			109,69%
	SEPTIEMBRE			108,74%
	OCTUBRE			150,34%
	NOVIEMBRE			113,64%
	DICIEMBRE			160,24%
2019	ENERO			94,63%
	FEBRERO			100,68%
	MARZO			95,92%
	ABRIL			119,61%
	MAYO			115,47%
	JUNIO			120,37%
	MÁXIMO			210,98%
ESTADÍSTICOS	MINIMO			35,91%
	MEDIA			118,25%
	DESVIACIÓN			43,19%

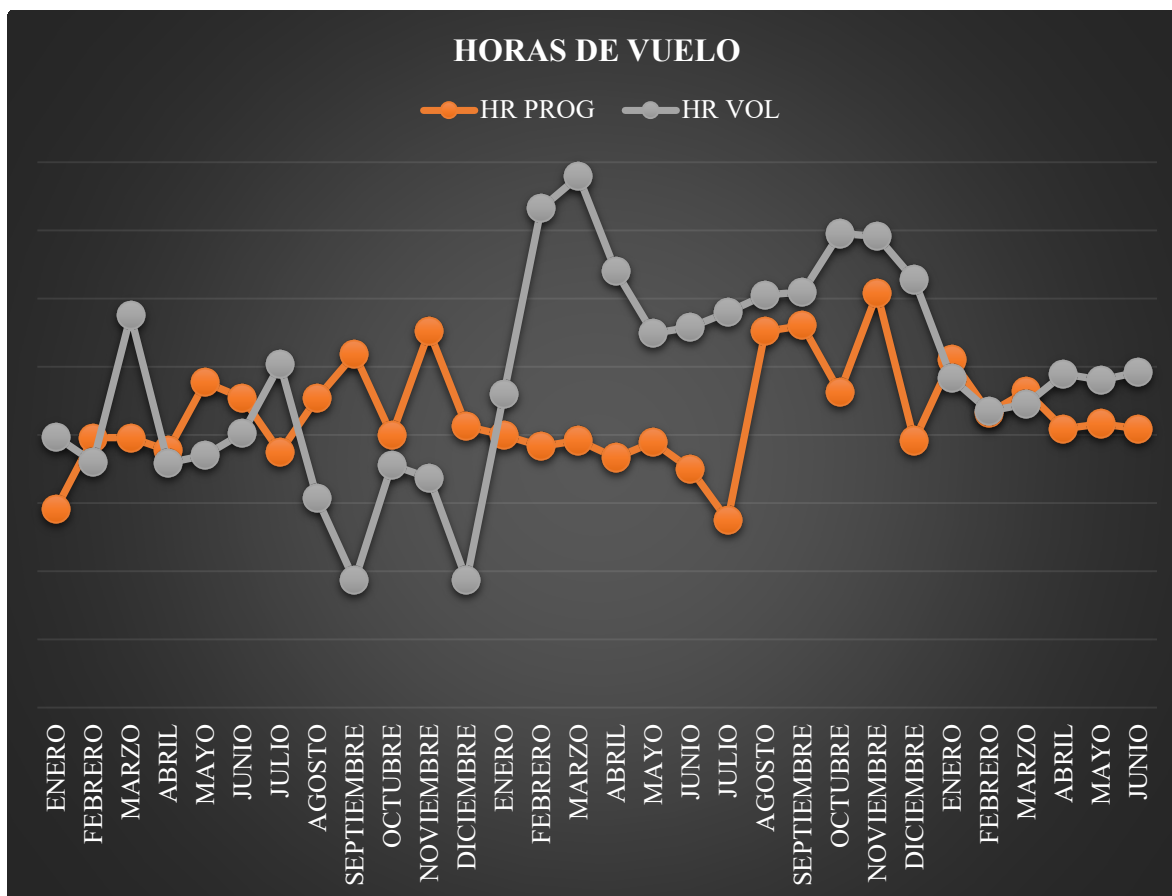


Figura 20. Horas de Vuelo 2017-2019

Análisis

Como se puede apreciar en la **Tabla 10**, el promedio de horas voladas durante los últimos 30 meses es de horas, 01 minuto y 20 segundos mensuales, representando una media de cumplimiento de 118,25% en relación a las horas programadas, es decir, que se han cumplido con un 18,25% más que las planificadas por la JOA, dejando en evidencia la eficacia de las tareas de mantenimiento del Ala de Combate Nro. 23. Así mismo, en la **Figura 20** se aprecia que durante el año 2018, existe una amplia variación entre las horas programadas y las horas voladas, esto se debe a que en cumplimiento a las necesidades institucionales por el conflicto con grupos armados irregulares en la frontera Norte, se incrementaron las operaciones aéreas de patrullaje y

reconocimiento por parte del Escuadrón de Combate Nro. 2323; escenario que no se encontraba en la planificación inicial.

4.2.3. Combustibles

Los combustibles Aéreos son el motor fundamental para el cumplimiento de la misión de la Fuerza Aérea, ya que sin estos no funcionarían los aviones y no se cumpliría con las operaciones programadas anualmente, al mismo tiempo puede ser causa de atraso en las diferentes actividades en las que se desenvuelve la institución cuando este insumo no se posee políticas adecuadas para el manejo del mismo. El gobierno ecuatoriano a través de la empresa privada Ecuafuel ha firmado un contrato que permite a la FAE abastecerse de combustible JP-1 mensualmente con el fin de tener su capacidad operativa al máximo de sus niveles, obteniendo sus tanques y cisternas en sus niveles óptimos permitiéndole estar preparados para enfrentar cualquier tipo de eventualidad. El control del combustible está a cargo del Escuadrón de Abastecimientos Nro. 2324 El mismo que realiza los registros de ingreso y egreso, por lo que se puede observar la **Tabla 11**, se muestran los datos históricos de consumo en galones de combustible JP-1 comprendidos entre los años 2014 a 2018 y el valor en dólares por cada año de consumo, así mismo en la **Figura 21** se observa la tendencia que toma esta variable en sus diferentes años de consumo.

Tabla 11.
Galones de combustible consumido anualmente 2014 - 2018

	Total, GLS consumidos	Total, en \$
2014		\$ 559.659,73
2015		\$ 492.528,67
2016		\$ 405.949,27
2017		\$ 290.939,57
2018		\$ 548.072,57
Total		\$ 2'297.149,80

CONTINÚA 

Consumo Medio	\$ 459.429,96
Desviación Estándar	\$ 112.080,595

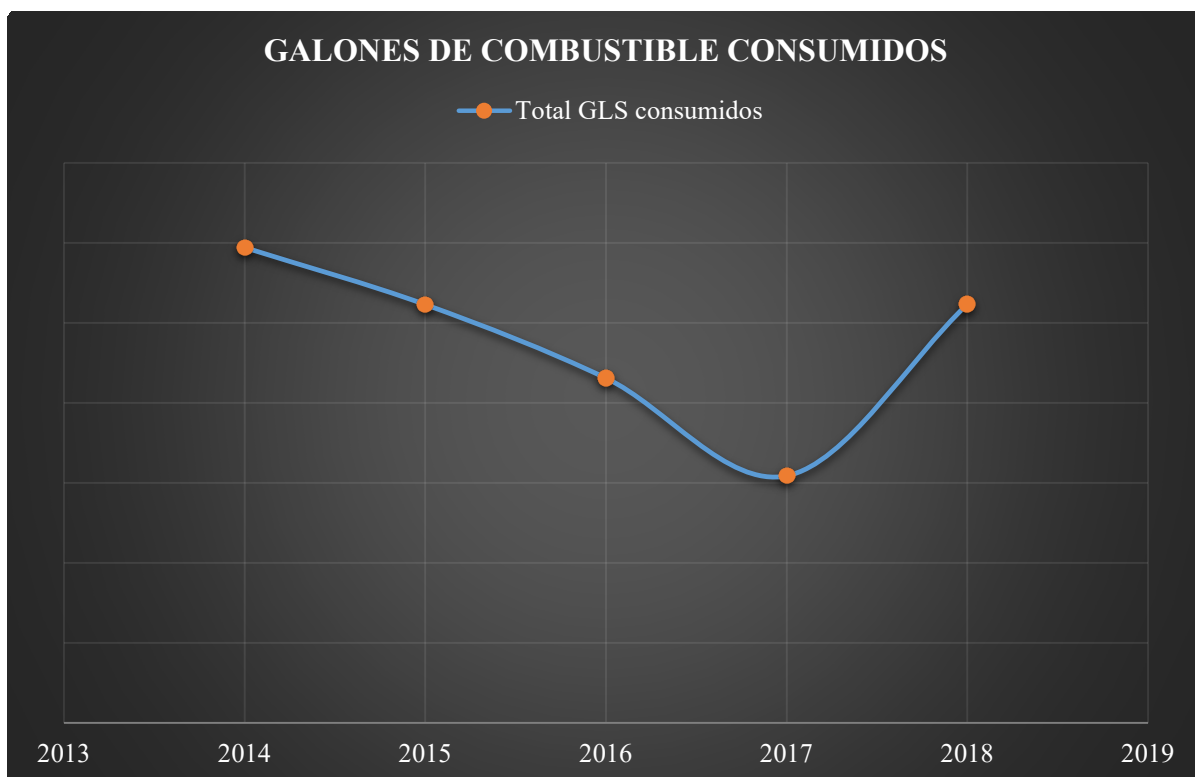


Figura 21. Galones de combustible consumidos 2014-2018

Análisis

Con lo evidenciado en la **Tabla II**, el consumo de combustible se ha mantenido en valores constantes cada año, el total de consumo en galones de combustible en los cinco años históricos analizados es de galones, generando un valor monetario de \$ 2.297.149,80, es decir que este recurso es uno de lo que más gasto genera para las operaciones aéreas, en la **Figura 21** se observa que el consumo de combustible va de directamente relacionado con el número de horas de vuelo, en lo analizado anteriormente el año 2014 se obtuvo el mayor horas de vuelo, lo que se refleja que en la **Tabla II** el año 2014 hubo un mayor consumo de combustible, los años siguientes

el número de aeronaves disponibles ha ido reduciendo por las diferentes inspecciones técnicas y de igual manera el consumo de combustible, excepto el año 2018 que debido al conflicto con grupos armados irregulares en la frontera Norte, se incrementaron las operaciones aéreas de patrullaje y reconocimiento por parte del Escuadrón de Combate Nro. 2323.

Al ser el combustible aéreo unos de los recursos fundamentales para el cumplimiento de las operaciones aéreas en la Fuerza Aérea Ecuatoriana y a su vez siendo unos de los recursos que tienen una gran significancia económica se lo debe manejar y llevar un control adecuado para evitar desperdicios y una mala contabilidad por lo que en la **Tabla 12** se muestra los datos históricos de consumo mensual desde el año 2017 hasta el sexto mes del año 2019, de igual manera el valor monetario por consumo en meses, lo mismo datos que nos permitirán realizar varias cálculos estadísticos con la finalidad de encontrar la correlación entre horas de vuelo y aeronaves disponible.

Tabla 12.*Galones de combustible consumido mensualmente 2017 – 2019*

Año	Mes	Cantidad	Unidad	Total en \$
2017	Enero		GLS	\$ 32.574,76
	Febrero		GLS	\$ 26.019,20
	Marzo		GLS	\$ 44.905,68
	Abril		GLS	\$ 28.314,68
	Mayo		GLS	\$ 30.142,04
	Junio		GLS	\$ 30.138,28
	Julio		GLS	\$ 37.829,36
	Agosto		GLS	\$ 25.507,84
	Septiembre		GLS	\$ 12.447,48
	Octubre		GLS	\$ 27.966,88
	Noviembre		GLS	\$ 20.454,40
	Diciembre		GLS	\$ 12.370,40
2018	Enero		GLS	\$ 36.468,24
	Febrero		GLS	\$ 54.365,84
	Marzo		GLS	\$ 60.158,12
	Abril		GLS	\$ 38.419,68
	Mayo		GLS	\$ 33.082,36
	Junio		GLS	\$ 39.179,20
	Julio		GLS	\$ 39.607,84
	Agosto		GLS	\$ 33.505,36
	Septiembre		GLS	\$ 38.237,32
	Octubre		GLS	\$ 44.595,48
	Noviembre		GLS	\$ 50.863,40
	Diciembre		GLS	\$ 40.491,44
2019	Enero		GLS	\$ 40.739,60
	Febrero		GLS	\$ 28.829,80
	Marzo		GLS	\$ 32.606,72
	Abril		GLS	\$ 36.505,84
	Mayo		GLS	\$ 25.011,52
	Junio		GLS	\$ 26.320,00
Total			GLS	\$ 1.027.658,76
Consumo Medio				
Desviación Estándar				10739,41522

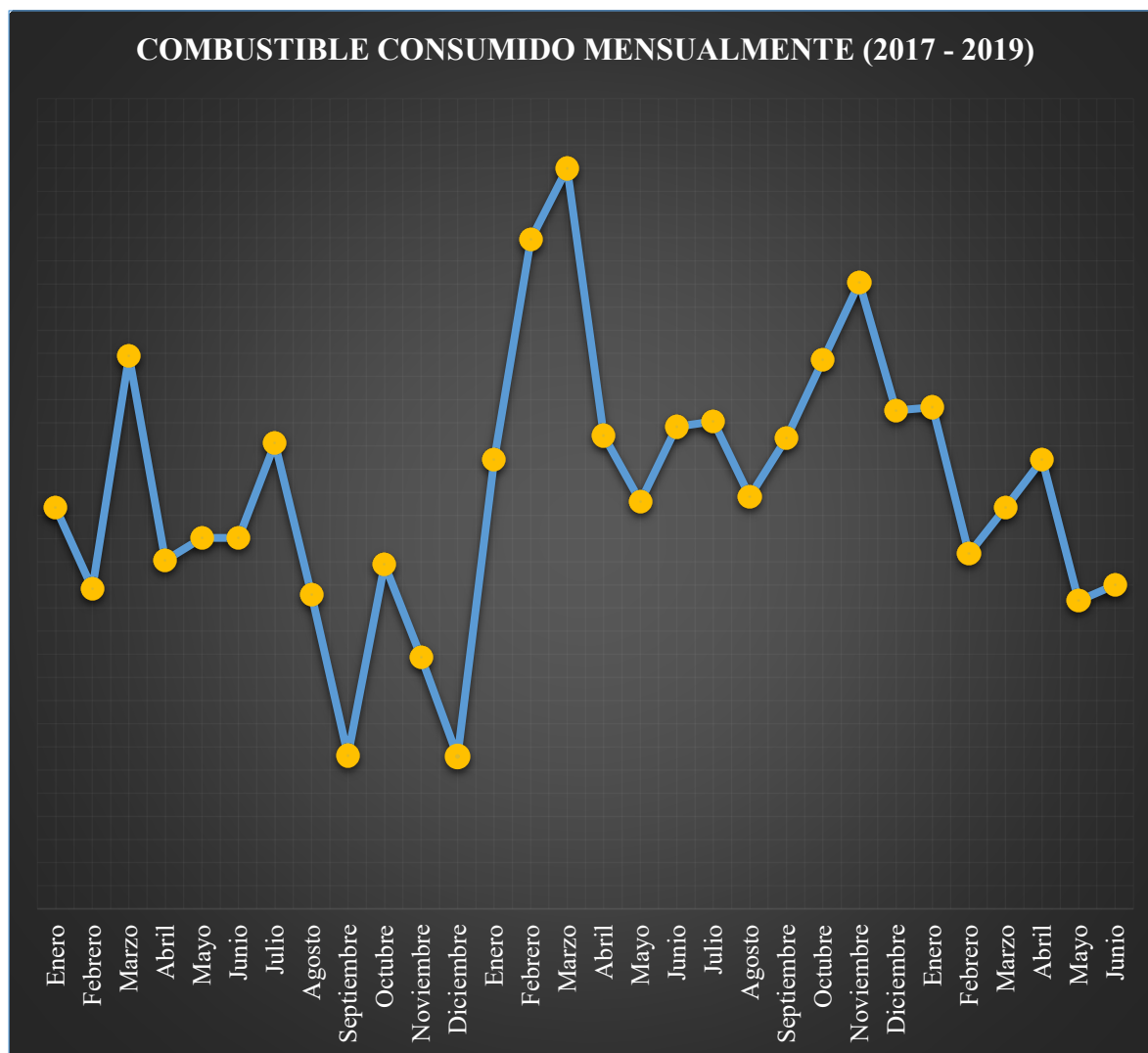


Figura 22. Galones de combustible consumidos mensualmente 2017-2019

Como podemos observar en la **Figura 22**, los niveles de consumo de combustible varía de mes en mes, en el año 2017 se mantiene un consumo equilibrado debido al número de aeronaves disponibles como se puede observar en la **Tabla 12**, en el año 2018 debido a la conmoción interna que vivió el país con la frontera norte con grupos irregulares, las operaciones aéreas se intensificaron de tal manera que ahí meses que el consumo de combustible aumentó como podemos ver en el mes de marzo se consumió \quad galones llegando a ser el punto más alto de consumo en estos últimos dos años y medio y se lo puede verificar con las horas de vuelo realizadas en dichos meses.

Finalmente, en el año 2019 el consumo de combustible se ha reducido de una manera mínima en comparación al año 2018 debido a que las misiones de reconocimiento en la frontera se han mantenido constantes.

4.2.4. Material Aeronáutico

El material aeronáutico comprende los equipos, herramientas y repuestos específicos de aviación, es decir, comprende los abastecimientos de Clase IV-A, los mismos que son administrados y controlados a través del Sistema Automatizado de Abastecimientos (SAA), una plataforma informática de uso interno de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que permite conocer los inventarios en tiempo real, así como también, se encarga de registrar los consumos y movimientos de los materiales de cada bodega. Para el análisis de esta variable se ha tomado en consideración el reporte del sistema SAA con corte al 30 de junio de 2019. A continuación, en la **Tabla 13** se puede apreciar la situación actual del inventario clasificado de acuerdo a la especialidad a la que corresponde.

Tabla 13.
Inventario por especialidad

Especialidad	Frecuencia	Porcentaje	Valor Total	Porcentaje
Análisis de Datos	3	0,07%		0,11%
Armamento	250	5,63%		28,61%
Aviónica	304	6,85%		21,08%
Células	2679	60,35%		31,00%
Electricidad e Instrumentos	97	2,19%		0,67%
Electrónica	47	1,06%		0,57%
Equipos de Apoyo En Tierra	49	1,10%		0,29%
Equipos de vuelo	11	0,25%		2,09%
Equipos de Vuelo	87	1,96%		1,88%
Estructuras	212	4,78%		0,01%
Hidráulica	18	0,41%		0,67%

CONTINÚA 

Mantenimiento	346	7,79%	12,12%
Motores	268	6,04%	0,06%
No Definida	6	0,09%	0,00%
Oxígeno	1	0,05%	0,10%
Pinturas	8	0,02%	0,70%
Simulador de Vuelo	19	0,18%	0,05%
Tornos y Soldas	34	0,43%	0,11%
Total	4439	100,0	100,0

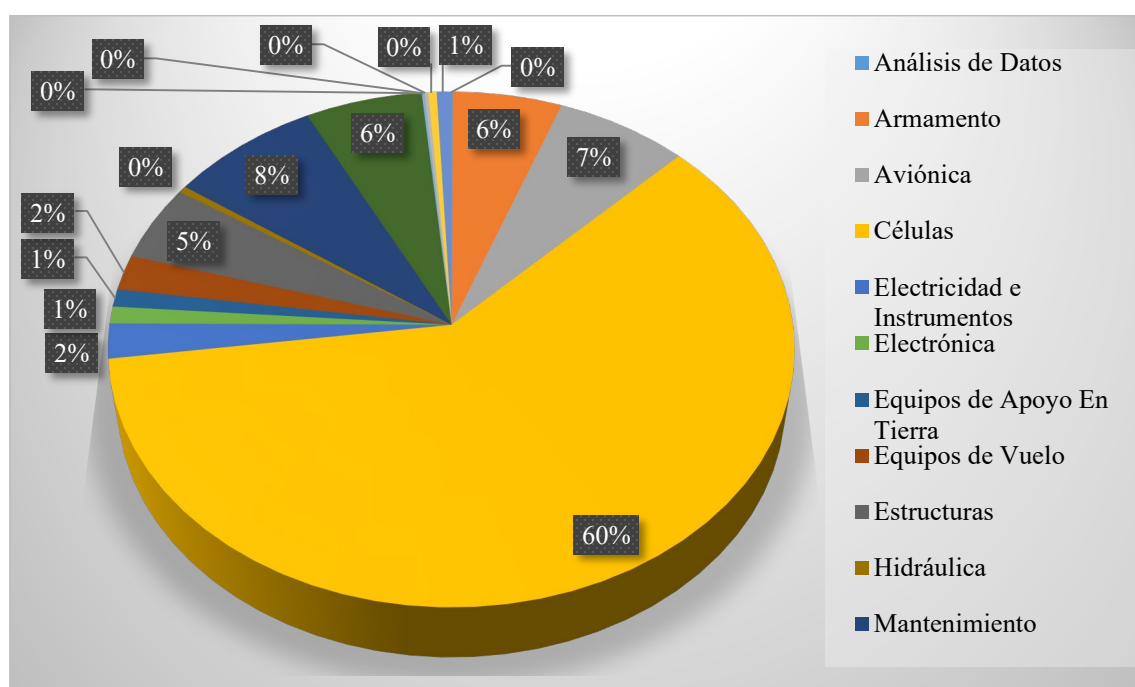


Figura 23. Referencias por especialidad

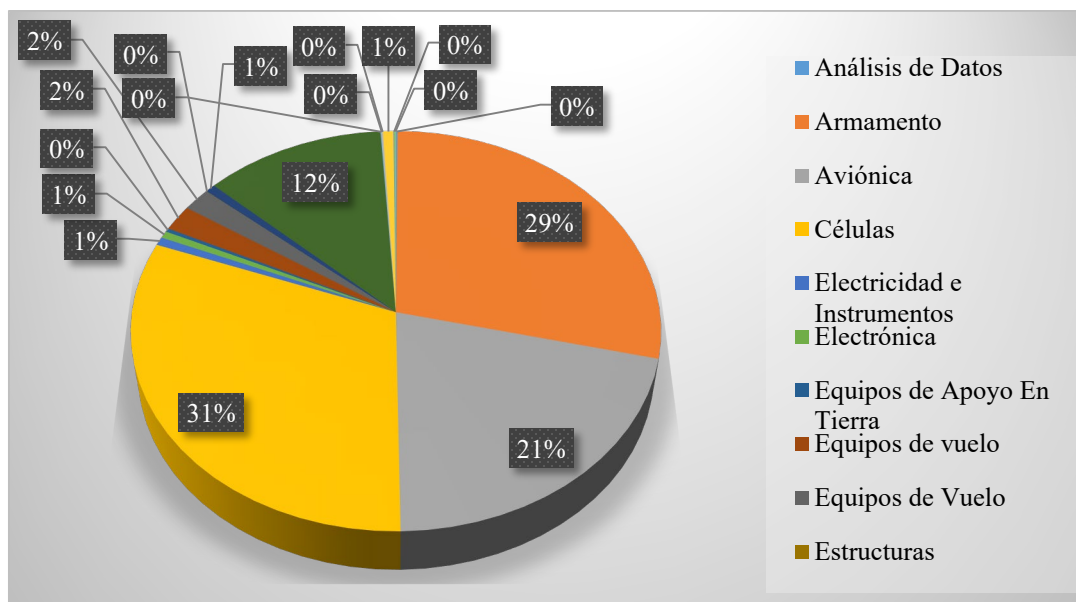


Figura 24. Valor del inventario por especialidad

Tabla 14.
Resumen Inventarios

	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
Cantidad	,50	15696,00	222823,13	50,1967	395,14779
Precio	,00	295779,87			10194,97509
Total	,00	388800,00	11717249,52	2639,6147	13024,04026

Análisis

Como se puede apreciar en la **Tabla 13** y en la **Figura 23**, el inventario actual de material aeronáutico está conformado por 4439 líneas de artículos distribuidos en 17 especialidades diferentes, siendo la especialidad de Células la de mayor participación con el 60,35% del total de referencias. Así mismo, en la **Figura 24**, podemos apreciar la situación del inventario en términos monetarios, siendo igualmente la especialidad de Células es la que representa la mayor participación con un 31% del valor total; seguido de Armamento y Aviónica que poseen el 29% y

21% respectivamente. Finalmente, en la **Tabla 14** podemos observar que el valor total del inventario es de \$ con un precio unitario promedio de \$ por ítem.

4.3. Análisis bivariado y multivariante

Como se mencionó en el Capítulo I, el análisis estadístico multivariado es el uso de métodos de estadísticas matemáticas para estudiar y resolver el problema de la teoría y los métodos de múltiples índices (Rencher, 2002). En este sentido, en el presente análisis se buscará identificar las correlaciones existentes entre las diferentes variables de estudio determinando relaciones causales entre ellas. En esta sección se omitirá el análisis de los materiales aeronáuticos, ya que se considera que se trata de una demanda independiente, y será desarrollada en la siguiente sección. Para realizar los análisis estadísticos se ha utilizado el paquete informático *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versión 23.

4.3.1. Horas de vuelo

Para el análisis de las horas de vuelo se tomará en cuenta los datos históricos de los últimos treinta meses (enero 2017 – junio 2019), en donde se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis 1

H₀: La disponibilidad de aeronaves no afecta a las horas de vuelo realizadas.

H₁: La disponibilidad de aeronaves afecta directamente a las horas de vuelo realizadas.

Tabla 15.
Correlación Horas de vuelo y Disponibilidad de aeronaves

		Horas de Vuelo	Disponibilidad Aeronaves
Horas de Vuelo	Correlación de Pearson	1	,918**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	30	30
Disponibilidad Aeronaves	Correlación de Pearson	,918**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Regla de decisión

Para tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, se debe tomar en cuenta el p-valor o la significancia del modelo correlación. En este sentido, si el p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, caso contrario, se acepta la hipótesis nula.

Análisis

Como podemos observar en **Tabla 15**, el p-valor obtenido en el modelo es de 0,000 lo cual es menor a 0,05; por lo cual se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. De esta forma se concluye que, en relación al coeficiente de Pearson obtenido, la disponibilidad de aeronaves afecta en un 91,8% al número de horas voladas o cumplidas por la flota. Con estos resultados, podemos realizar un modelo de regresión lineal simple para determinar una fórmula que permita calcular las horas de vuelo en base a la disponibilidad de aeronaves.

Tabla 16.
Resumen modelo de regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,918	,843	,837	48,46989

Predictores: (Constante), Disponibilidad Aeronaves

Variable dependiente: Horas de Vuelos

Tabla 17.
Resumen ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	351975,046	1	351975,046	149,819	,000
	Residuo	65781,238	28	2349,330		
	Total	417756,283	29			

Variable dependiente: Horas de Vuelos
Predictores: (Constante), Disponibilidad Aeronaves

Tabla 18.
Coefficientes de correlación

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	6,598	17,803		,371	,714
	DISP_AER	59,182	4,835	,918	12,240	,000

Variable dependiente: Horas de Vuelo

Tal como se muestra en la

Tabla 16, el modelo de regresión generado en el programa explica un 84,3% la varianza de la variable horas de vuelo, adjudicando lo restante a factores aleatorios y difíciles de predecir. Así mismo, la **Tabla 17** presenta el resumen del modelo ANOVA, cuya significancia es menor a 0,05 por lo cual establece que el modelo de regresión es estadísticamente aceptable. Finalmente, la **Tabla 18** nos presenta los coeficientes aplicables al modelo, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$y = 6,598 + 59,182 X$$

Donde, Y representa el tiempo de vuelo acumulado mensual expresado en horas y X es el promedio mensual de aeronaves disponibles expresado en unidades.

4.3.2. Consumo de combustibles

Para el análisis del consumo de combustible se tomará en cuenta los datos históricos de los últimos 30 meses comprendidos entre el año 2017 - 2019, en donde se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis 2

H₀: Las horas de vuelo realizadas no afecta al nivel de consumo de combustible.

H₁: Las horas de vuelo realizadas afecta al nivel de consumo de combustible.

Tabla 19.
Correlación entre combustible consumido y horas de vuelo

		Combustible consumido	Horas de vuelo
Combustible consumido	Correlación de Pearson	1	,981**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	30	30
Horas de vuelo	Correlación de Pearson	,981**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Regla de decisión

Para tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, se debe tomar en cuenta el p-valor o la significancia del modelo correlación. En este sentido, si el p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, caso contrario, se acepta la hipótesis nula.

Análisis

Como podemos observar en **Tabla 19**, el p-valor obtenido en el modelo es de 0,000 lo cual es menor a 0,05; por lo cual se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis

alterna. De esta forma se concluye que, en relación al coeficiente de Pearson obtenido, el consumo de combustible está relacionado en un 98,1% al número de horas de vuelo realizadas por la flota.

Tabla 20.
Resumen modelo de regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,981 ^a	,962	,961	2009,21534

a. Predictores: (Constante), Horas de vuelo

Tabla 21.
Resumen ANOVA

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	3478835591,871	1	3478835591,871	861,749	,000 ^b
	Residuo	137256173,768	28	4036946,287		
	Total	3616091765,639	29			

a. Variable dependiente: Combustible consumido

b. Predictores: (Constante), Horas de vuelo

Tabla 22.
Coefficientes de correlación

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	23,163	536,978	,043	,966
	Horas de vuelo	75,567	2,574	,981	,000

a. Variable dependiente: Combustible consumido

Tal como se muestra en la **Tabla 20**, el modelo de regresión generado en el programa explica un 96,2% de la varianza de la variable consumo de combustible, adjudicando lo restante a factores aleatorios y difíciles de predecir. Así mismo, la **Tabla 21** presenta el resumen del modelo ANOVA, cuya significancia es menor a 0,05 por lo cual establece que el modelo de regresión es

estadísticamente aceptable. Finalmente, la **Tabla 22** nos presenta los coeficientes aplicables al modelo, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$y = 23,16 + 75,567 X$$

Donde, Y representa el combustible consumido en galones y X es el tiempo de vuelo expresado en horas.

Hipótesis 3

H₀: La disponibilidad de aeronaves no afecta al nivel de consumo de combustible.

H₁: La disponibilidad de aeronaves afecta al nivel de consumo de combustible.

Tabla 23.

Correlación entre combustible consumido y disponibilidad de aeronaves

		Combustible consumido	Aeronaves disponibles
Combustible consumido	Correlación de Pearson	1	,939**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	30	30
Aeronaves disponibles	Correlación de Pearson	,939**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Regla de decisión

Para tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, se debe tomar en cuenta el p-valor o la significancia del modelo correlación. En este sentido, si el p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, caso contrario, se acepta la hipótesis nula.

Análisis

Como podemos observar en **Tabla 23**, el p-valor obtenido en el modelo es de 0,000 lo cual es menor a 0,05; por lo cual se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. De esta forma se concluye que, en relación al coeficiente de Pearson obtenido, el consumo de combustible está relacionado en un 93,9% al número de aeronaves disponibles.

Tabla 24.
Resumen modelo de regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,939 ^a	,882	,879	3541,35631

a. Predictores: (Constante), Aeronaves disponibles

Tabla 25.
Resumen ANOVA

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	3189690812,185	1	3189690812,185	254,337	,000 ^b
	Residuo	426400953,454	28	12541204,513		
	Total	3616091765,639	29			

a. Variable dependiente: Combustible consumido

b. Predictores: (Constante), Aeronaves disponibles

Tabla 26.
Coefficientes de correlación

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	21,986	972,375	,023	,982
	Aeronaves disponibles	4709,240	295,288	,939	,000

a. Variable dependiente: Combustible consumido

Tal como se muestra en la **Tabla 24**, el modelo de regresión generado en el programa explica un 88,2% la varianza de la variable consumo de combustible, adjudicando lo restante a

factores aleatorios y difíciles de predecir. Así mismo, la **Tabla 25** presenta el resumen del modelo ANOVA, cuya significancia es menor a 0,05 por lo cual establece que el modelo de regresión es estadísticamente aceptable. Finalmente, la **Tabla 26** nos presenta los coeficientes aplicables al modelo, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$y = 21,99 + 4709,24 X$$

Donde, Y representa el combustible consumido en galones y X el número de aeronaves disponibles.

Hipótesis 4

H₀: La disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo realizadas no afectan simultáneamente al nivel de consumo de combustible.

H₁: La disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo realizadas afectan simultáneamente al nivel de consumo de combustible.

Tabla 27.

Correlación Combustible consumido, Horas de vuelo y Disponibilidad de aeronaves

		Combustible consumido	Horas de vuelo	Aeronaves disponibles
Combustible consumido	Correlación de Pearson	1	,981**	,939**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	30	30	30
Horas de vuelo	Correlación de Pearson	,981**	1	,961**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	30	30	30
Aeronaves disponibles	Correlación de Pearson	,939**	,961**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	30	30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Regla de decisión

Para tomar la decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula, se debe tomar en cuenta el p-valor o la significancia del modelo correlación. En este sentido, si el p-valor es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, caso contrario, se acepta la hipótesis nula.

Análisis

Como podemos observar en la **Tabla 27**, el p-valor obtenido en los modelos de correlación es de 0,000 para horas de vuelo y aeronaves disponibles, la cual es menor a 0,05; por lo que se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. De esta forma se concluye que, en relación al coeficiente de Pearson obtenido, el consumo de combustible está relacionado en un 93,9% al número de aeronaves disponibles y 98,1% al número de hora de vuelo.

Tabla 28.

Resumen modelo de regresión

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,981 ^a	,962	,960	2036,08429

a. Predictores: (Constante), Aeronaves disponibles, Horas de vuelo

Tabla 29.

Resumen ANOVA

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
1	Regresión	3479285671,503	2	1739642835,752	419,632	,000 ^b
	Residuo	136806094,135	27	4145639,216		
	Total	3616091765,639	29			

a. Variable dependiente: Combustible consumido

b. Predictores: (Constante), Aeronaves disponibles, Horas de vuelo

Tabla 30.
Coefficientes de correlación

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
(Constante)	65,446	559,086		,117	,908
1 Horas de vuelo	78,541	9,397	1,019	8,358	,000
Aeronaves disponibles	-201,516	611,592	-,040	-,329	,744

a. Variable dependiente: Combustible consumido

Tal como se muestra en la **Tabla 28**, el modelo de regresión generado en el programa explica un 96,2% la varianza de la variable consumo de combustible, adjudicando lo restante a factores aleatorios y difíciles de predecir. Así mismo, la **Tabla 29** presenta el resumen del modelo ANOVA, cuya significancia es menor a 0,05 por lo cual establece que el modelo de regresión es estadísticamente aceptable. Finalmente, la **Tabla 30** nos presenta los coeficientes aplicables al modelo, dando como resultado la siguiente ecuación:

$$y = 65,446 + 78,541 X - 201,516 Z$$

Donde, Y representa el combustible consumido en galones, X es el tiempo de vuelo expresado en horas y Z es el número de aeronaves disponibles.

4.4. Análisis de Material Aeronáutico

Para llevar a cabo el análisis del consumo de material aeronáutico, se ha considerado una demanda independiente y aleatoria, por lo cual va a ser clasificado conforme al análisis de inventario ABC, el mismo que se basa en el Principio de Pareto. Este análisis divide al inventario en tres categorías en base a un determinado concepto, que generalmente se trata del volumen anual en dinero, el cual se obtiene de multiplicar la demanda por el costo unitario. El análisis ABC busca establecer políticas de inventarios diferenciados para cada categoría. De esta forma se establece

que los artículos tipo A son aquellos que constituyen entre el 15% y 20% del total de referencias, pero acumulan entre el 70% y 80% del consumo total en dinero. Por su parte, los artículos tipo B tienen un consumo intermedio de entre el 15% y 25% del valor total con una participación aproximada del 30% de los artículos. Finalmente, la clase C agrupa al menos el 50% del total de referencias con apenas el 5% del valor total en dinero (Heizer & Render, 2009; Nahmias, 2007).

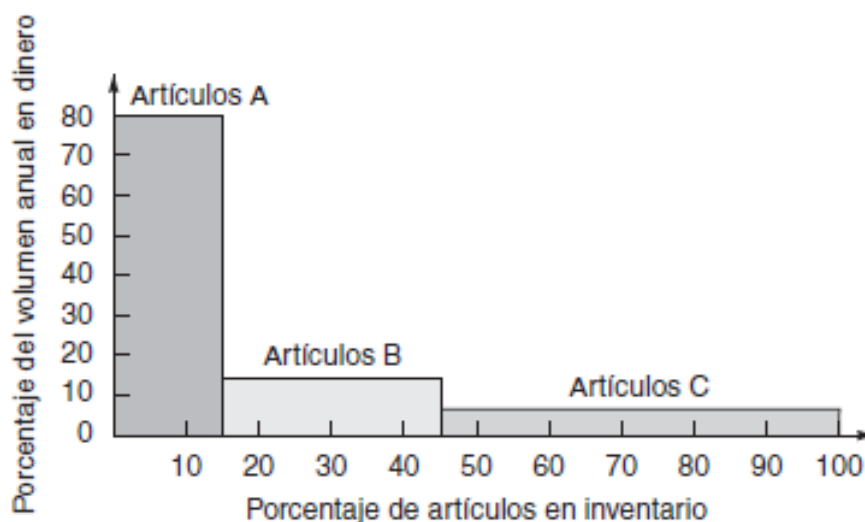


Figura 25. Análisis ABC

Fuente: (Heizer & Render, 2009)

En este caso se realizará el análisis del inventario bajo dos criterios diferentes, el primero de ellos se trata del valor actual del inventario en stock, mientras que, el segundo criterio será el consumo total en dólares durante los últimos 24 meses. En ambos casos, y debido a la naturaleza del material aeronáutico que sus valores pueden ser sumamente elevados, se distinguirá dos subcategorías adicionales: “AA” para representar a los artículos de *Muy Alto Costo / Muy Alto Consumo*, ya que su tratamiento debe ser diferenciado del resto del inventario, pues agrupan apenas el 1% de las referencias, pero acumulan más del 50% del Valor total del inventario o del Consumo Total del período analizado y la categoría “AB” para representar a los artículos de *Alto Costo / Alto Consumo*, que complementan los materiales tipo A.

4.4.1. Clasificación ABC según el valor del inventario actual

El inventario con corte al 30 de junio del 2019 presenta un total de 3.931 referencias o líneas de artículos distribuidos en 17 especialidades y con un valor total de \$. Sin embargo, para este análisis se excluyen los 986 materiales tipo *scrap*, que son aquellos cuyo valor unitario es de cero, dejando un total de 2.945 ítems. En la **Tabla 31** , se puede apreciar el resumen de la clasificación tipo ABC, la misma que, como muestra la **Figura 26**, se encuentra bajo el principio 80-20 de Pareto.

Tabla 31.
Clasificación ABC por valor de inventario

Categoría	%	Referencias	Valor Total	Valor Porcentual	% Acumulado
AA	1%	30		52,55%	52,55%
AB	13%	375		38,46%	91,01%
B	22%	649		6,98%	98,00%
C	64%	1891		2,00%	100,00%
Total	100%	2945		100,00%	

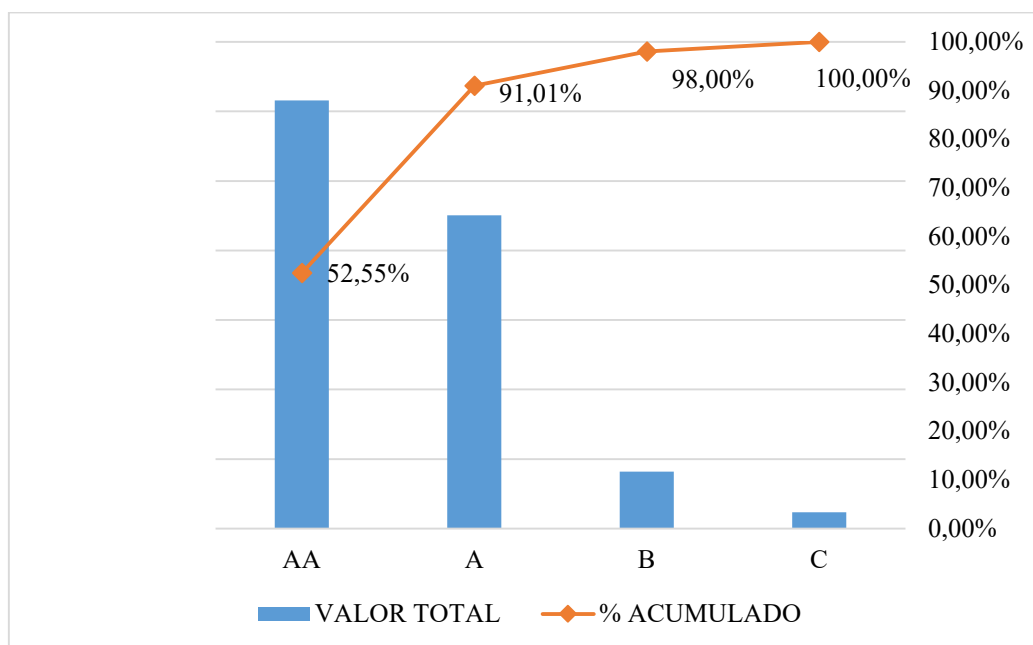


Figura 26. Clasificación ABC por valor de inventario

En base a lo establecido en la **Tabla 31**, la categoría AA está conformada por apenas 30 artículos que representan el 1% del total de referencias y con un valor de \$,42 representan el 52,55% del valor total del inventario; la categoría AB agrupa 375 artículos y acumula un valor de \$,47 representando el 13% de las referencias y 38,46% del valor total. Por su parte, la categoría B conlleva 649 artículos y con \$,02 representa el 22 % de las referencias y 6.98% del valor total. Finalmente, la categoría C se conforma de 1891 referencias y apenas el 2,00% del valor del inventario. Estos valores reflejan la alta variabilidad entre los equipos y repuestos en bodegas, teniendo referencias con un valor unitario de hasta mil dólares, los cuales elevan significativamente el valor final del inventario.

A continuación, en la **Tabla 32** se muestran los treinta artículos que corresponden a la categoría AA, y en la **Tabla 33**, **Tabla 34** y **Tabla 35** se indican los veinte primeros artículos de las categorías A, B y C:

Tabla 32.*Valor Inventario - Materiales Tipo AA*

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	DP13A07	MISSILE LAUNCHER LAU-7/A		\$ 89.058,92	
2	EQ-ALM	MISSILE LAUNCHER ADAPTER		\$ 70.090,49	
3	4455-1000-01	HEAD UP DISPLAY (HUD)		\$ 138.077,22	
4	B-6144-2-450	BALL THUST BEARING CENTRAL		\$ 432,00	
5	3203134-105	ELECTRONICS UNIT- CE 0.2 SEC.		\$ 295.779,87	
6	MBDT35020C	PYROTECHNIC DELAY CARTRIDGE		\$ 8.476,00	
7	3261132-0301	OXIGEN CONCENTRATOR		\$ 39.140,59	
8	3052878-01	KEYWASHER PLUG		\$ 382,00	
9	3056808-02	UNIT, FUEL METERING - FMU		\$ 163.103,37	
10	251-118-012- 012	AUTO RUDDER TRIM UNIT (ARTU)		\$ 158.113,82	
11	58A164D863	BOTTLE, NITROGENOUS-LAU7		\$ 12.167,86	
12	2245-0001-003	LANDING GEAR MANIFOLD		\$ 145.616,04	
13	AD700601-01	COLOR HUD VIDEO CAMERA (CHVC)		\$ 23.169,42	
14	4456-1000-02 REV B	PANEL, CONTROL UP FRONT(UFCP), HUD		\$ 34.062,59	
15	MBEU71512	OXIGEN HOSE ASSEMBLY		\$ 13.090,00	
16	MB1011A-00	UNIT DISPLAY COLOR		\$ 64.902,01	
17	MBEU62809	SCREW-CHEESEHEAD		\$ 1.293,59	
18	650G4EG1	MAIN TIRE		\$ 955,55	
19	1003400-5-003	UNIT, POWER MANAGEMENT-PMU		\$ 56.722,71	
20	2C37-1	FUEL PUMP,ASSY		\$ 22.360,00	
21	101167-1	PERSONAL LOCATOR BEACON, SARBE G2R		\$ 7.683,13	
22	MBEU116005	CATRIDGE SEAT, EJECTION SE HS		\$ 5.458,00	
23	3058649-02	HARNESS ASSY		\$ 29.550,00	
24	3119856-01	ADAPTER ASSEMBLY FUEL MANIFOL		\$ 5.781,00	
25	999-5983-03	IGC4		\$ 75.402,55	
26	174521-10-01	RECORDER- VOICE/DATA,COCKPIT		\$ 71.496,00	

CONTINÚA 

27	3024731	STRAINER ELEMENT, SLEEVE, FUEL MANIFOLD	\$	493,00
28	R92112012	PROYECTOR SIM7Q LENS 1.0-1.4:1	\$	67.234,92
29	AE1209AA0	FAN	\$	22.074,53
30	93-909-1	PLATE, WEAR-STEEL	\$	55,97

Tabla 33.*Valor Inventario - Materiales Tipo AB*

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	ARD-863-1	CARTUCHOS IMPULSORES		\$ 12,50	
2	2243-0001-003	VALVE RELIEF ASSY		\$ 51.852,39	
3	3072718-01	RING ASSEMBLY		\$ 3.678,00	
4	7926384	SAFIN BLOCK ASSY		\$ 3,22	
5	1103P273	SWITCH PRESSURE		\$ 2.463,00	
6	3072613-01	ALTERNATOR ASSY		\$ 48.849,00	
7	MBEU61226-1	5 FT DROGUE PARACHUTE		\$ 5.980,00	
8	314-15674-401	ROD ASSY		\$ 3.150,00	
9	51525-014D	GENERAL CONTROL UNIT (GCU)		\$ 23.130,97	
10	AN6287-1	VALVE ASSEMBLY ACTUATOR LINEAR		\$ 1.401,00	
11	SYLC-52906-2	ELECTRO- MECHANICAL		\$ 21.936,71	
12	51831-9	TRANSFER LINE, TLX (PRIMER X LE)		\$ 3.281,82	
13	319012-9	INTERVALOMETER		\$ 10.571,32	
14	3260079-0101	REGULATOR OXIGEN- PILOT SEAT		\$ 10.531,35	
15	CCR244CS-3-5	RIVET BLIND		\$ 100,00	
16	5344-00-1	1.5 SHUT OFF VALVE		\$ 13.806,88	
17	622-7194-201	VOR TRANSCEIVER		\$ 41.395,24	
18	MBEU91171	WEBBING ASSEMBLY 40G		\$ 284,00	
19	AD300902-01	NET CENTRIC DIGITAL RECORDER, NCDR		\$ 38.158,11	
20	3119920-01	SHEATH, FUEL NOZZLE		\$ 687,00	

Tabla 34.
Valor Inventario - Materiales Tipo B

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	MF1010H7B0 07	BUSHING		\$ 371,81	
2	3033355	FILTER ELEMENT		\$ 61,91	
3	MS14103-5CP	BEARING, PLAIN		\$ 294,26	
4	AMS2980	CARBON FIBER FABRIC TYI-CLI-GRA OR CARBON FIBER FABRIC 3K PLAIN WEAVE		\$ 980,00	
5	541-37	PRESSURE PLATE ASSEMBLY		\$ 734,10	
6	BSSTD530003 0001	TOP KIT		\$ 978,21	
7	MBEU99781	SPACER SHIM 0.064 IN		\$ 81,49	
8	100FU01-050	FUSE,50A		\$ 224,26	
9	2306-1044- 003	WHEEL AXLE CAP		\$ 728,77	
10	JANM83536/6 -022M	RELAY		\$ 121,07	
11	314-06662- 419	DUCT ASSY		\$ 717,65	
12	P32226	THREAD LINE N=35		\$ 118,88	
13	MBEU62796	LINE ASSEMBLY 54 IN		\$ 709,20	
14	13600LA1368 5	CONE AND SEAL ASSY		\$ 74,29	
15	2306-T110- 401	PARALLEL AND CAMBER CHECK DEVICE		\$ 2.817,73	
16	3011158	PLATE LOCK, FUEL MANIFOL TRANFER		\$ 54,00	
17	BPTO2380	AIR BP 2380 TURBINE OIL		\$ 14,25	
18	M83723- 96R1610N	CONNECTOR, ELECTRICAL, PLUG		\$ 54,86	
19	LM-446-9-1	APACER BONDED		\$ 556,83	
20	JANM6106/19 -017	RELAY		\$ 138,18	

Tabla 35.
Valor Inventario - Materiales Tipo C

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	314-09839-401	TUBE ASSY		\$ 165,71	
2	314-02493-403	PIN ASSY,ELASTIC CRADLE		\$ 248,39	
3	314-09866-401	HOSE ASSY		\$ 496,20	
4	0125417	SCREW M25 x 10		\$ 24,50	
5	PE98006-1	FILTER ASSY		\$ 70,00	
6	327B459P1	NUT		\$ 5,75	
7	PE73005-2	SPRING		\$ 81,36	
8	314-08937-401	DRAIN, VALVE		\$ 162,63	
9	PE64042H5-016-037	BUSHING		\$ 24,39	
10	MFI014H7B015	BUSHING		\$ 121,73	
11	314-09108-001	SHAFT		\$ 486,67	
12	314-03584-001	BUSH-FUEL INLET VALVE		\$ 44,18	
13	AT811	DRILL AIR REVERSIBLE		\$ 485,30	
14	MIL-PRF-85285	POLYURETHANE COATING GLOSS GRAY		\$ 69,29	
15	314-10060-001	STRAP		\$ 161,42	
16	KP6AFS464	BEARING BALL SINGLE RUW		\$ 23,05	
17	WB178A01877BVNL	O`RING EJECUTOR RELEASE		\$ 3,00	
18	MBEU61508	ORING		\$ 6,80	
19	314-11893-001	BUSHING		\$ 43,69	
20	10009298	SIDE SCREW, HANDLE TFU		\$ 40,00	

4.4.2. Clasificación ABC según el consumo total

Para el análisis según el consumo total en dólares, se tomaron como base los reportes de egresos por concepto de Uso/Consumo emitidos por el sistema SAA entre julio 2017 y junio 2019, dando un total de 29.171 movimientos de material de 1.342 referencias diferentes, dando un valor de consumo total durante este período de \$. Sin embargo, de este total de artículos, para el análisis ABC, se descartaron 219 artículos tipo scrap que acumulan 2.054 movimientos de material, ya que su costo unitario es igual a cero; dejando un total de 27.117 movimientos de bodega

agrupados en 1.123 referencias, En la **Tabla 36**, se puede apreciar el resumen de la clasificación ABC en base al consumo total en términos monetarios registrados en este período, valor que se obtiene de multiplicar la cantidad consumida por su costo unitario. Cabe mencionar, que, debido al alto costo de ciertos materiales, se ha incluido la subcategoría AA considerado como Muy Alto Consumo Monetario y la subcategoría AB considerado como Alto Consumo Monetario.

Tabla 36.
Clasificación ABC según su Consumo Total

Categoría	%	Referencias	Consumo total (\$)	Valor Porcentual	% Acumulado
AA	1%	12		60,72%	60,72%
AB	6%	63		30,55%	91,27%
B	31%	346		8,38%	99,65%
C	63%	702		0,35%	100,00%
Total	100	1123		100,00%	

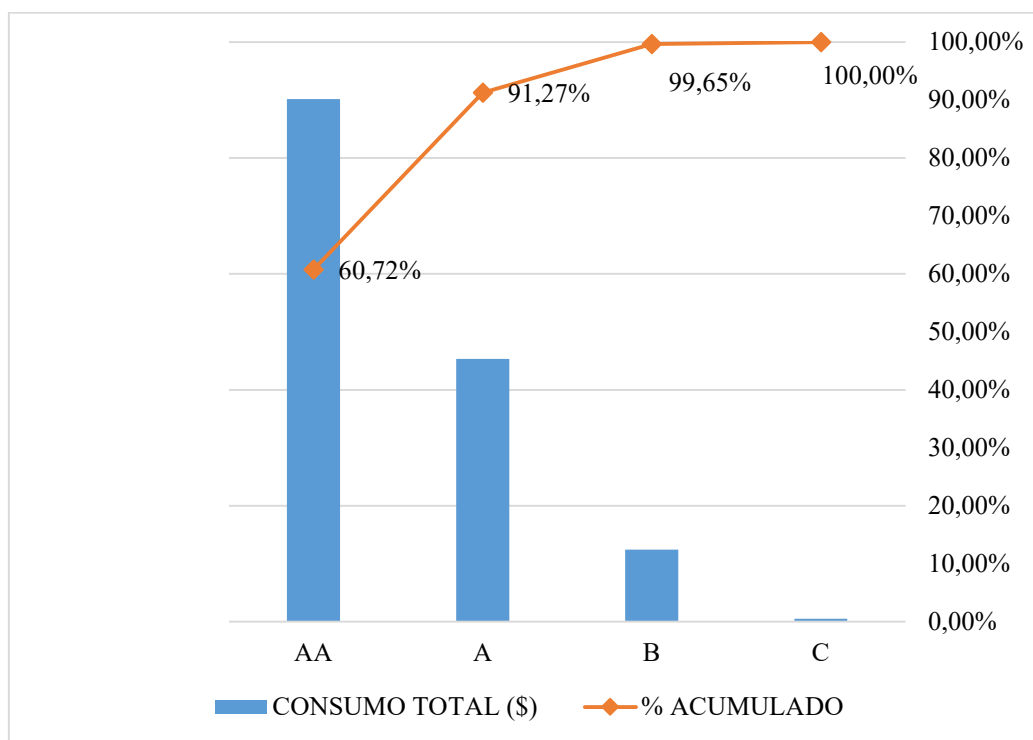


Figura 27. Clasificación ABC según Consumo Total (\$)

Como se puede apreciar en la **Tabla 36**, la categoría AA está conformada por apenas 12 referencias que acumulan \$,06; lo cual representa el 60,72% de valor total consumido en este período. La categoría AB posee 63 referencias con un consumo de \$,50 lo cual representa el 6% de los artículos y el 30,55% del consumo total; la categoría B agrupa 346 referencias que, con \$,75, representa el 8,38% del consumo total. Finalmente, la categoría C se conforma por 702 referencias y un valor monetario de \$,07 que representan el 63% del total de artículos, pero apenas el 0.35% del consumo total. Esto se debe a la variabilidad de costos que se presentan en el material de aviación, que pueden ser desde componentes mayores o productos de mantenimiento tipo I, hasta materiales fungibles o de consumo.

A continuación, en la **Tabla 37** se muestran los doce artículos que corresponden a la categoría AA, mientras que, en la **Tabla 38**, **Tabla 39** y **Tabla 40** se muestran los veinte primeros artículos de las categorías AA, AB, B y C, respectivamente:

Tabla 37.
Consumo Total - Materiales Tipo AA

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	3290006-105	UNIT, SENSOR		\$ 2.759.059,56	
2	GXT3-6 KVA-RT-2/2-MONO-6M	NOBREAK 220V/220		\$ 1.592.745,00	
3	PT6A-68C	ENGINE, TURBOPROP, PT6A/68C		\$ 1.698.113,21	
4	B5A10005SKD	PROPELLER ASSY-EQUIPED,HC-B5MA		\$ 149.283,30	
5	4455-1000-01	HEAD UP DISPLAY (HUD)		\$ 138.077,22	
6	MA902B-02	MISSION AND DISPLAY PROCESOR, MDP		\$ 264.090,00	
7	3203134-105	CENTRAL ELECTRONICS UNIT-CE		\$ 295.779,87	
8	251-118-012-012	AUTO RUDDER TRIM UNIT (ARTU)		\$ 158.113,82	

CONTINÚA 

9	326MFD1-1	BASIC FLIGHT INSTRUMENT-ISIS	\$	94.400,47
10	2306-2550-407	MAIN DRAG STRUCT, ASSY MLG LH	\$	74.265,10
11	2306-2550-408	MAIN DRAG STRUCT, ASSY MLG RH	\$	74.265,10
12	2306-2002-406	LEG ASSY RH MLG.	\$	84.131,89

Tabla 38.*Consumo Total - Materiales Tipo AB*

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	100-2410-01	BATTERY BACKUP, LEAD-ACID, 11 AH		\$ 14.043,62	
2	2245-0001-003	LANDING GEAR MANIFOLD		\$ 145.616,04	
3	3B7-27	FUEL PUMP		\$ 15.000,00	
4	3261132-0301	OXIGEN CONCENTRATOR		\$ 39.140,59	
5	2306-2002-405	LEG ASSY, EQUIPPED, LH MLG		\$ 84.131,89	
6	MB387D-00	UNIT DISPLAY COLOR		\$ 59.633,81	
7	2306-1002-403	LEG ASSY, NLG UNIT, POWER		\$ 136.399,87	
8	1003400-5-003	MANAGEMENT- PMU		\$ 56.722,71	
9	R872534K	X-CUBE		\$ 32.622,58	
10	2-1700	STEEL BRAKE ASSY		\$ 18.598,26	
11	4456-1000-02 REV B	PANEL, CONTROL UP FRONT(UFCP), HUD		\$ 34.062,59	
12	2243-0001-003	VALVE RELIEF ASSY		\$ 51.852,39	
13	2306-1600-401	SIDE STRUCT, SECOND ASSY		\$ 53.775,77	
14	MBDT35060C	CARTRIDGE ASSY 0.6 SEG TIME DELAY		\$ 7.211,00	
15	MBDT35020C	0.2 SEC. PYROTECHNIC DELAY CARTRIDGE		\$ 8.476,00	
16	2306-1500-403	DRAG STRUCT, MAIN ASSY		\$ 46.122,91	
17	34200802-80RC	UNIT, INERTIAL NAVIGATION		\$ 230.214,52	
18	999-5983-03	IGC4		\$ 75.402,55	
19	50540MFSD1-1	MULTI-FUNCTION STANDBY DISPLAY		\$ 65.328,00	

CONTINÚA 

20	MB1011A-00	UNIT DISPLAY COLOR	\$	64.902,01
----	------------	-----------------------	----	-----------

Tabla 39.*Consumo Total - Materiales Tipo B*

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	4114654	PANEL MOUNT CONTROL UNIT-PC	\$	48.938,87	
2	51831-9	TRANSFER LINE, TLX (PRIMER X LE)	\$	3.281,82	
3	2C37-1	FUEL PUMP,ASSY	\$	22.360,00	
4	SYLC-52904-3	ACTUATOR TRIM ELECTROMECHANICAL	\$	22.016,32	
5	SYLC-52906-2	ACTUATOR LINEAR ELECTRO- MECHANICAL	\$	21.936,71	
6	2306-2528-001	HINGE PIN - MLG	\$	2.137,42	
7	1103P273	SWITCH PRESSURE	\$	2.463,00	
8	AE1107D01	FAN AVIONICS COOLING	\$	5.938,74	
9	60-5096-1	STROBE LIGHT POWER SUPPLY RH TOUGHBOO	\$	8.183,85	
10	CF- 31JLGAX1M	PANASONIC CIS-2, 4 GHZ- 750 GB TOUCH SCREEN	\$	6.790,00	
11	2063C030101	VALVE, CONTROL	\$	20.000,00	
12	2233-0050-401	TWIN RESTRICTOR VALVE	\$	20.000,00	
13	876-4120	SWITCH,TRANSDUCER- 2X4T CONTAINER	\$	3.595,30	
14	PK4727	ASSEMBLY COMPLETE, ENGINE	\$	19.500,00	
15	AD300902-01	NET CENTRIC DIGITAL RECORDER, NCDR	\$	38.158,11	
16	2306-2507-001	SEL LUBRICATING BUSHING	\$	678,89	
17	627962-2	SENSOR DUCT TEMPERTURE	\$	5.209,64	
18	012075500	FAN	\$	8.903,17	
19	52410-3	CANOPY SEVERANCE ASSY, AFT (LENGTH B)	\$	2.089,77	
20	52410-4	CANOPY SEVERANCE ASSY, AFT (LENGTH C)	\$	2.089,77	

Tabla 40.*Consumo Total - Materiales Tipo C*

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	CANT	PRECIO	TOTAL
1	314-13015-003	RESTRICTOR, FUEL PUMP		\$ 198,59	
2	314-09866-401	HOSE ASSY STRAINER		\$ 496,20	
3	3024731	ELEMENT, SLEEVE, FUEL MANIFOLD		\$ 493,00	
4	5600-CA	HEADSET KIT,		\$ 140,77	
5	K-3493	REPLACEMENT FILTER ELEMENT		\$ 323,55	
6	TT-I-735	ALCOHOL ISOPROPYL		\$ 15,45	
7	PFI008H7M012	BUSHING		\$ 47,89	
8	073785-01	SCREW M25 X 5		\$ 26,60	
9	2306-2031-003	RESTRICTOR PLATE-NLG		\$ 190,90	
10	MS17986C628	QUICK RELEASE PIN		\$ 95,21	
11	R764665K	LAMP POWER SUPPLY FILTER (RC)		\$ 474,22	
12	MS14218AD5C3R	RIVET, SOLID		\$ 6,37	
13	PFI006E10B0017	BUSHING		\$ 93,58	
14	2306-2032-001	PISTON RING		\$ 91,53	
15	AN3C6A	BOLT-HEXAGON HEAD,CRES		\$ 91,00	
16	RTV157	GRAY SILICONE SEALANT 2.8 oz		\$ 39,16	
17	180289	BOARD PC OVERVOLTAGE ASSY		\$ 300,00	
18	CCR244CS-3-5	RIVET BLIND		\$ 100,00	
19	312-11137-001	CAP,SEAL		\$ 448,28	
20	MLI008A12B007	BUSHING		\$ 89,10	

4.4.3. Materiales Críticos

Una vez realizada la clasificación del inventario bajo la metodología ABC, se determinó que, los materiales críticos son aquellos que, según su Consumo Total de los últimos dos años, pertenecen a la categoría AA (Muy Alto Consumo) y a la categoría AB (Alto Consumo), dando como resultado un listado final de 75 artículos, los mismos que se muestran a continuación en la

Tabla 41; estos artículos están repartidos en seis especialidades diferentes y que representan un consumo total de \$,56 y un valor actual del inventario de \$,39. Cabe recalcar que no fue tomado en consideración la clasificación según el valor actual del inventario pues existen artículos inmovilizados en bodega, es decir que no han presentado movimientos o consumos durante los últimos 24 meses analizados, por lo cual, deben tener un tratamiento diferente y orientado a la optimización del espacio físico de las bodegas del Escuadrón de Abastecimientos Nro. 2323.

Tabla 41.
Materiales Críticos

ORD	NRO PARTE	MATERIAL	ESPECIALIDAD	CONSUMO	STOCK	PRECIO UNIT
1	3290006-105	UNIT, SENSOR	Aviónica			\$2.759.059,56
2	GXT3-6 KVA-RT- 2/2-MONO- 6M	NOBREAK 220V/220	Células			\$1.592.745,00
3	PT6A-68C	ENGINE, TURBOPROP, PT6A/68C PROPELLER	Motores			\$1.698.113,21
4	B5A10005S KD	ASSY- EQUIPED,H C-B5MA HEAD UP	Motores			\$ 149.283,30
5	4455-1000- 01	DISPLAY (HUD) MISSION AND DISPLAY	Aviónica			\$ 138.077,22
6	MA902B-02	PROCESOR, MDP	Aviónica			\$ 264.090,00
7	3203134-105	CENTRAL ELECTRONIC S UNIT-CE	Aviónica			\$ 295.779,87
8	251-118-012- 012	AUTO RUDDER TRIM UNIT (ARTU)	Aviónica			\$ 158.113,82
9	326MFD1-1	BASIC FLIGHT INSTRUMENT -ISIS	Aviónica			\$ 94.400,47

CONTINÚA 

10	2306-2550-407	MAIN DRAG STRUCT, ASSY MLG LH	Células	\$ 74.265,10
11	2306-2550-408	MAIN DRAG STRUCT, ASSY MLG RH	Células	\$ 74.265,10
12	2306-2002-406	LEG ASSY RH MLG. BATTERY BACKUP,	Células	\$ 84.131,89
13	100-2410-01	LEAD-ACID, 11 AH	Aviónica	\$ 14.043,62
14	2245-0001-003	LANDING GEAR MANIFOLD	Células	\$ 145.616,04
15	3B7-27	FUEL PUMP	Células	\$ 15.000,00
16	3261132-0301	OXIGEN CONCENTRA TOR	Células	\$ 39.140,59
17	2306-2002-405	LEG ASSY, EQUIPPED, LH MLG UNIT	Células	\$ 84.131,89
18	MB387D-00	DISPLAY COLOR	Aviónica	\$ 59.633,81
19	2306-1002-403	LEG ASSY, NLG	Células	\$ 136.399,87
20	1003400-5-003	UNIT, POWER MANAGEME NT-PMU	Células	\$ 56.722,71
21	R872534K	X-CUBE	Aviónica	\$ 32.622,58
22	2-1700	STEEL BRAKE ASSY PANEL,	Células	\$ 18.598,26
23	4456-1000-02 REV B	CONTROL UP FRONT(UFCP) , HUD	Aviónica	\$ 34.062,59
24	2243-0001-003	VALVE RELIEF ASSY	Células	\$ 51.852,39
25	2306-1600-401	SIDE STRUCT, SECOND ASSY	Células	\$ 53.775,77
26	MBDT35060 C	CARTRIDGE ASSY 0.6 SEG TIME DELAY 0.2 SEC.	Armamento	\$ 7.211,00
27	MBDT35020 C	PYROTECHNI C DELAY CARTRIDGE	Armamento	\$ 8.476,00
28	2306-1500-403	DRAG STRUCT, MAIN ASSY	Células	\$ 46.122,91

CONTINÚA 

29	34200802-80RC	UNIT,INERTIAL NAVIGATION	Aviónica	\$ 230.214,52
30	999-5983-03	IGC4 MULTI-FUNCTION STANDBY DISPLAY UNIT	Células	\$ 75.402,55
31	50540MFSD 1-1	DISPLAY COLOR BRAKE CONTROL VALVE COLOR HUD VIDEO CAMERA (CHVC) VOR	Aviónica	\$ 65.328,00
32	MB1011A-00	TRANSCEIVER	Aviónica	\$ 64.902,01
33	84-017	EMERGENCY MANIFOLD	Aviónica	\$ 46.629,00
34	AD700601-01	STEEL BRAKE ASSY SISTEMA DE INSPECCION VISUAL REMOTA AP/FD UNIT DATA PROCESSING CANOPY SEVERANCE ASSY, FWD (LENGTH C) HALOGEN LAMP 26,5V 40W 55MSCD RECORDER-VOICE/DATA, COCKPIT TESTER ORGANIZATIONAL LEVEL PROYECTOR SIM7Q LENS 1.0-1.4:1	Aviónica	\$ 23.169,42
35	622-7194-201		Aviónica	\$ 41.395,24
36	2244-0001-001		Células	\$ 77.067,76
37	2-1700-1		Células	\$ 18.598,26
38	MVIQASYS 3-CO		Aviónica	\$ 73.600,00
39	449100-02-01		Aviónica	\$ 72.992,00
40	52410-2		Armamento	\$ 8.581,22
41	55-2471-1		Aviónica	\$ 560,00
42	174521-10-01		Aviónica	\$ 71.496,00
43	07-978-3850		Armamento	\$ 69.610,38
44	R92112012		Células	\$ 67.234,92

CONTINÚA 

45	2020-110V- N-EMB314	ANALYSER PROBALANC ER MODEL- 2020 UNIT	Motores	\$ 11.053,00
46	23080-060	STARTER GENERATOR	Aviónica	\$ 44.179,39
47	2123-0001- 003	ACTUATOR ASSY. CANOPY	Células	\$ 33.019,62
48	52410-5	SEVERANCE ASSY, FWD (LENGTH B)	Armamento	\$ 8.581,22
49	999-5845-01	IGR5	Simulador de Vuelo	\$ 31.728,96
50	3270073- 0101	FLOW INDICATOR	Electrónica	\$ 29.980,00
51	2306-2900- 002	BOX ASSY	Células	\$ 39.478,75
52	3648910120	MACHINE GUN M3W- LHS	Armamento	\$ 57.094,09
53	3648910130	MACHINE GUN M3W- RHS	Armamento	\$ 57.094,09
54	16296200-1	CANOPY FRACTURING ASSEMBLY, FWD	Armamento	\$ 6.403,30
55	16296200-2	CANOPY FRACTURING ASSEMBLY, AFT	Armamento	\$ 6.403,30
56	2102-0030- 401	SHIMMY DAMPER	Células	\$ 54.029,96
57	650G4EG1	MAIN TIRE	Células	\$ 955,55
58	3260079- 0101	REGULATOR OXIGEN- PILOT SEAT	Células	\$ 10.531,35
59	2121-0001- 401	ACTUATOR, HIDRAULIC ASSY	Células	\$ 29.256,69
60	MBEU11600 5	CATRIDGE SEAT, EJECTION SE HS	Armamento	\$ 5.458,00
61	A530CH1	BATTERY NI CD 53AH	Aviónica	\$ 7.500,00
62	2306-2900- 001	BOX ASSY	Células	\$ 40.670,82

CONTINÚA 

63	07-978-3500	MANAGEMENT CONTROL AND DISPLAY UNIT	Armamento	\$ 27.066,00
64	2306-2002-607	MAIN LANDING GEAR ACTUATOR,	Células	\$ 80.151,15
65	JA23746-1000	LINEAR ELECTROME CH	Aviónica	\$ 15.885,92
66	2306-2900-101	BOX ASSY	Células	\$ 39.478,75
67	3038495	FUEL NOZZLE	Motores	\$ 925,00
68	RCP2A	MILLIOHMM ETER FIRING	Aviónica	\$ 17.120,00
69	07-978-3100	CONTROLLE R	Armamento	\$ 31.997,58
70	HG1140CA03	AIR DATA COMPUTER (ADC)	Aviónica	\$ 31.564,22
71	314-21034-401	FLAP ASSY RH	Células	\$ 30.000,00
72	R862139K	X	Simulador de Vuelo	\$ 29.062,38
73	ARD-863-1	CARTUCHOS IMPULSORES	Armamento	\$ 12,50
74	07-977-1600	1X1 MAGAZINE	Células	\$ 13.893,52
75	343-001	AUDIO SELECTOR PANEL	Electrónica	\$ 13.211,96

CAPÍTULO V

PROPUESTA

5.1. Introducción

Como se mencionó anteriormente en el Capítulo I, es importante que toda empresa o institución adopte un modelo de gestión de inventarios que permita optimizar la administración de sus bodegas, evitando el desabastecimiento de los materiales necesarios para la producción y que reduzca el impacto económico que representa mantener el stock en almacenamiento. Es por ello, que, en la Fuerza Aérea Ecuatoriana, se refleja la necesidad de desarrollar un modelo de inventario óptimo que optimice los recursos asignados por parte del Gobierno Central a través del Presupuesto General del Estado. En este sentido, la presente propuesta metodológica se basa en el diseñar un modelo de inventarios que permita sostener las operaciones aéreas del Ala de Combate Nro. 23, a través de las tareas de abastecimiento y mantenimiento proporcionadas por el Grupo Logístico Nro. 232.

Debido a las características propias del abastecimiento del material aeronáutico, y ya que dicha producción no se encuentra a nivel nacional, los requerimientos deben tramitarse con proveedores en el exterior; por lo cual, se ha elegido al modelo de inventarios (S; T) o de revisión periódica, donde S es el nivel máximo de stock y T el período de revisión, pues este modelo permitirá consolidar todos los requerimientos en un solo lote o pedido, reduciendo el costo unitario por ordenar el pedido. Así mismo, no se considera como una variable determinante el costo de almacenamiento del material, pues se busca mantener en bodegas, únicamente el stock necesario. Finalmente, para validar el plan de requerimiento de material, se diseñará un modelo de simulación

logística que permita evaluar la efectividad de los inventarios durante un período de tiempo determinado.

5.2. Modelo de Inventario de Revisión Periódica

Retomando los principios de la gestión de inventarios, la planificación de compras y abastecimiento debe responder a tres preguntas claves de nivel logístico: ¿Qué pedir?, ¿Cuándo pedir? y ¿Cuánto pedir?; las primera interrogante fue resuelta en el Capítulo III de este estudio, pues al clasificar el inventario bajo el análisis ABC, se obtuvo un distinguió 75 referencias consideradas como materiales críticos, y por lo cual se deben concentrar los esfuerzos institucionales en mencionado listado. La segunda interrogante, se refiere a la temporalidad de los pedidos, en el caso del modelo (S;T), el período de revisión T, es determinado por las necesidades propias de la empresa; en este caso, y debido a que la Política Fiscal maneja la asignación de los recursos públicos a través de las matrices PAP (Programación Anual de Planificación), la temporalidad de revisión será de doce meses, es decir un año, con lo cual se busca contemplar los requerimientos de material en la planificación presupuestaria anual.

Finalmente nos queda solventar la interrogante de ¿cuánto pedir?, para lo cual nos basamos en la fórmula básica establecida para el modelo de revisión periódica:

$$\begin{array}{rclcl}
 \text{Cantidad} & = & \text{Demanda promedio} & + & \text{Inventarios} & - & \text{Existencias disponibles} \\
 \text{de pedido} & & \text{durante el periodo} & & \text{de seguridad} & & \text{(más el pedido, en caso} \\
 & & \text{vulnerable} & & & & \text{de haber alguno)} \\
 q & = & \bar{d}(T+L) & + & z\sigma_{T+L} & - & I
 \end{array}$$

Entonces, bajo esta premisa es necesario determinar el nivel de servicio para el cual vamos a trabajar, en este caso, y debido a las restricciones presupuestarias asignadas al ámbito de

Seguridad y Defensa, se considerará un nivel de servicio del 90%, dándonos un valor Z de 1,60; el mismo que determinará el inventario de seguridad. Así mismo, otro dato a considerar es el tiempo de entrega o *Lead Time* (L), el mismo que, en basé a información proporcionada por el Departamento de Compras Públicas, en el caso de compras al exterior, el tiempo promedio aproximado que tarde en colocar el pedido y ser entregado por el proveedor es de sesenta días.

Con estos datos, y considerando que el Stock máximo (S) es igual a la suma de los requerimientos de material durante el período de vulnerabilidad más el inventario de seguridad, la **Tabla 42** muestra el modelo de inventarios aplicado a los setenta y dos artículos considerados críticos.

Tabla 42.
Niveles de Stock Máximo

ORD	NRO PARTE	DEMANDA MEDIA	DEMANDA (T+L)	DESV. ESTÁNDAR	INV. SEGURIDAD	NIVEL STOCK
1	3290006-105			0,707	1,17	3
2	GXT3-6 KVA-RT- 2/2-MONO-6M			0,707	1,17	3
3	PT6A-68C			0,000	0,00	1
4	B5A10005SKD			4,041	6,67	13
5	4455-1000-01			0,816	1,35	6
6	MA902B-02			0,577	0,95	3
7	3203134-105			0,000	0,00	2
8	251-118-012-012			0,500	0,83	4
9	326MFD1-1			0,548	0,90	6
10	2306-2550-407			0,894	1,48	6
11	2306-2550-408			0,894	1,48	6
12	2306-2002-406			1,000	1,65	5
13	100-2410-01			2,181	3,60	23
14	2245-0001-003			0,707	1,17	3
15	3B7-27			7,960	13,13	30
16	3261132-0301			1,602	2,64	9
17	2306-2002-405			1,155	1,91	5
18	MB387D-00			2,309	3,81	8

CONTINÚA 

19	2306-1002-403	0,000	0,00	2
20	1003400-5-003	0,408	0,67	5
21	R872534K	0,000	0,00	7
22	2-1700	4,193	6,92	18
23	4456-1000-02 REV B	0,333	0,55	6
24	2243-0001-003	0,577	0,95	4
25	2306-1600-401	1,155	1,91	5
26	MBDT35060C	8,981	14,82	35
27	MBDT35020C	2,315	3,82	20
28	2306-1500-403	1,155	1,91	5
29	34200802-80RC	0,000	0,00	1
30	999-5983-03	0,000	0,00	2
31	50540MFSD1-1	0,707	1,17	3
32	MB1011A-00	0,000	0,00	2
33	84-017	0,000	0,00	2
34	AD700601-01	0,516	0,85	6
35	622-7194-201	0,000	0,00	2
36	2244-0001-001	0,000	0,00	1
37	2-1700-1	0,000	0,00	5
38	MVIQASYS3-CO	0,000	0,00	1
39	449100-02-01	0,000	0,00	1
40	52410-2	1,517	2,50	12
41	55-2471-1	49,831	82,22	233
42	174521-10-01	0,000	0,00	1
43	07-978-3850	0,000	0,00	1
44	R92112012	0,000	0,00	1
45	2020-110V-N- EMB314	1,113	1,84	9
46	23080-060	0,000	0,00	2
47	2123-0001-003	1,414	2,33	5
48	52410-5	1,581	2,61	11
49	999-5845-01	0,000	0,00	2
50	3270073-0101	0,000	0,00	2
51	2306-2900-002	0,000	0,00	2
52	3648910120	0,000	0,00	1
53	3648910130	0,000	0,00	1
54	16296200-1	1,517	2,50	12
55	16296200-2	1,517	2,50	12
56	2102-0030-401	0,000	0,00	1
57	650G4EG1	4,121	6,80	67

CONTINÚA 

58	3260079-0101	2,000	3,30	9
59	2121-0001-401	0,707	1,17	3
60	MBEU116005	5,657	9,33	19
61	A530CH1	0,518	0,85	7
62	2306-2900-001	0,000	0,00	1
63	07-978-3500	0,707	1,17	3
64	2306-2002-607	0,000	0,00	1
65	JA23746-1000	0,000	0,00	3
66	2306-2900-101	0,000	0,00	1
67	3038495	0,000	0,00	44
68	RCP2A	0,000	0,00	2
69	07-978-3100	0,000	0,00	1
70	HG1140CA03	0,000	0,00	1
71	314-21034-401	0,000	0,00	1
72	R862139K	0,000	0,00	1
73	ARD-863-1	3232,892	5334,27	8020
74	07-977-1600	0,000	0,00	2
75	343-001	1,414	2,33	5

El mismo procedimiento se lleva a cabo con los 1123 ítems del inventario y con estos datos se realizará un contraste con el stock actual en bodega y el costo unitario de cada uno de los artículos con el fin de diseñar un Plan de Requerimiento de Material aplicable para el Grupo Logístico Nro. 232, y que brindará una base para la Programación Presupuestaria 2020, 2021 y 2022; estos datos se detallan en el Apéndice “A” y a continuación, en la **Tabla 43** se muestran los valores obtenidos en referencia a los 75 elementos considerados críticos.

Tabla 43.
Plan de Requerimiento de Material Aeronáutico

ORD	NRO PARTE	INV ACTUAL	NIVEL STOCK	PRECIO UNIT	2020		2021		2022	
					Q	\$	Q	\$	Q	\$
1	3290006-105		3	\$2.759.059,56	3	\$ 8.277.178,68	2	\$ 5.518.119,12	1	\$ 2.759.059,56
2	GXT3-6 KVA-RT-2/2-MONO-6M		3	\$1.592.745,00	3	\$ 4.778.235,00	2	\$ 3.185.490,00	1	\$ 1.592.745,00
3	PT6A-68C		1	\$1.698.113,21	1	\$ 1.698.113,21	0	\$ -	1	\$ 1.698.113,21
4	B5A10005SKD		13	\$ 149.283,30	13	\$ 1.940.682,90	5	\$ 746.416,50	6	\$ 895.699,80
5	4455-1000-01		6	\$ 138.077,22	2	\$ 276.154,44	5	\$ 690.386,10	4	\$ 552.308,88
6	MA902B-02		3	\$ 264.090,00	3	\$ 792.270,00	3	\$ 792.270,00	2	\$ 528.180,00
7	3203134-105		2	\$ 295.779,87	1	\$ 295.779,87	2	\$ 591.559,74	1	\$ 295.779,87
8	251-118-012-012		4	\$ 158.113,82	3	\$ 474.341,46	3	\$ 474.341,46	3	\$ 474.341,46
9	326MFD1-1		6	\$ 94.400,47	6	\$ 566.402,82	4	\$ 377.601,88	5	\$ 472.002,35
10	2306-2550-407		6	\$ 74.265,10	6	\$ 445.590,60	5	\$ 371.325,50	4	\$ 297.060,40
11	2306-2550-408		6	\$ 74.265,10	6	\$ 445.590,60	5	\$ 371.325,50	4	\$ 297.060,40
12	2306-2002-406		5	\$ 84.131,89	5	\$ 420.659,45	4	\$ 336.527,56	3	\$ 252.395,67
13	100-2410-01		23	\$ 14.043,62	23	\$ 323.003,26	20	\$ 280.872,40	20	\$ 280.872,40
14	2245-0001-003		3	\$ 145.616,04	2	\$ 291.232,08	2	\$ 291.232,08	1	\$ 145.616,04
15	3B7-27		30	\$ 15.000,00	30	\$ 450.000,00	17	\$ 255.000,00	17	\$ 255.000,00

CONTINÚA 

16	3261132-0301	9	\$ 39.140,59	4	\$ 156.562,36	6	\$ 234.843,54	7	\$ 273.984,13
17	2306-2002-405	5	\$ 84.131,89	5	\$ 420.659,45	3	\$ 252.395,67	3	\$ 252.395,67
18	MB387D-00	8	\$ 59.633,81	8	\$ 477.070,48	4	\$ 238.535,24	4	\$ 238.535,24
19	2306-1002-403	2	\$ 136.399,87	2	\$ 272.799,74	2	\$ 272.799,74	1	\$ 136.399,87
20	1003400-5-003	5	\$ 56.722,71	3	\$ 170.168,13	4	\$ 226.890,84	4	\$ 226.890,84
21	R872534K	7	\$ 32.622,58	7	\$ 228.358,06	7	\$ 228.358,06	7	\$ 228.358,06
22	2-1700	18	\$ 18.598,26	18	\$ 334.768,68	11	\$ 204.580,86	11	\$ 204.580,86
23	4456-1000-02 REV B	6	\$ 34.062,59	2	\$ 68.125,18	6	\$ 204.375,54	6	\$ 204.375,54
24	2243-0001-003	4	\$ 51.852,39	3	\$ 155.557,17	4	\$ 207.409,56	3	\$ 155.557,17
25	2306-1600-401	5	\$ 53.775,77	5	\$ 268.878,85	3	\$ 161.327,31	3	\$ 161.327,31
26	MBDT35060C	35	\$ 7.211,00	31	\$ 223.541,00	19	\$ 137.009,00	20	\$ 144.220,00
27	MBDT35020C	20	\$ 8.476,00	0	\$ -	10	\$ 84.760,00	17	\$ 144.092,00
28	2306-1500-403	5	\$ 46.122,91	5	\$ 230.614,55	3	\$ 138.368,73	3	\$ 138.368,73
29	34200802-80RC	1	\$ 230.214,52	1	\$ 230.214,52	0	\$ -	1	\$ 230.214,52
30	999-5983-03	2	\$ 75.402,55	1	\$ 75.402,55	2	\$ 150.805,10	1	\$ 75.402,55
31	50540MFSD1-1	3	\$ 65.328,00	3	\$ 195.984,00	2	\$ 130.656,00	1	\$ 65.328,00
32	MB1011A-00	2	\$ 64.902,01	0	\$ -	2	\$ 129.804,02	1	\$ 64.902,01
33	84-017	2	\$ 46.629,00	2	\$ 93.258,00	3	\$ 139.887,00	2	\$ 93.258,00

CONTINÚA 

34	AD700601-01	6	\$	23.169,42	0	\$	-	4	\$	92.677,68	5	\$	115.847,10
35	622-7194-201	2	\$	41.395,24	1	\$	41.395,24	3	\$	124.185,72	2	\$	82.790,48
36	2244-0001-001	1	\$	77.067,76	1	\$	77.067,76	1	\$	77.067,76	2	\$	154.135,52
37	2-1700-1	5	\$	18.598,26	5	\$	92.991,30	4	\$	74.393,04	5	\$	92.991,30
38	MVIQASYS3-CO	1	\$	73.600,00	1	\$	73.600,00	1	\$	73.600,00	2	\$	147.200,00
39	449100-02-01	1	\$	72.992,00	1	\$	72.992,00	1	\$	72.992,00	2	\$	145.984,00
40	52410-2	12	\$	8.581,22	12	\$	102.974,64	10	\$	85.812,20	10	\$	85.812,20
41	55-2471-1	233	\$	560,00	213	\$	119.280,00	150	\$	84.000,00	151	\$	84.560,00
42	174521-10-01	1	\$	71.496,00	0	\$	-	1	\$	71.496,00	2	\$	142.992,00
43	07-978-3850	1	\$	69.610,38	1	\$	69.610,38	1	\$	69.610,38	2	\$	139.220,76
44	R92112012	1	\$	67.234,92	0	\$	-	1	\$	67.234,92	2	\$	134.469,84
45	2020-110V-N-EMB314	9	\$	11.053,00	8	\$	88.424,00	7	\$	77.371,00	7	\$	77.371,00
46	23080-060	2	\$	44.179,39	2	\$	88.358,78	2	\$	88.358,78	1	\$	44.179,39
47	2123-0001-003	5	\$	33.019,62	5	\$	165.098,10	2	\$	66.039,24	2	\$	66.039,24
48	52410-5	11	\$	8.581,22	10	\$	85.812,20	9	\$	77.230,98	9	\$	77.230,98
49	999-5845-01	2	\$	31.728,96	1	\$	31.728,96	3	\$	95.186,88	2	\$	63.457,92
50	3270073-0101	2	\$	29.980,00	1	\$	29.980,00	3	\$	89.940,00	2	\$	59.960,00
51	2306-2900-002	2	\$	39.478,75	2	\$	78.957,50	2	\$	78.957,50	1	\$	39.478,75

CONTINÚA 

52	3648910120	1	\$	57.094,09	1	\$	57.094,09	1	\$	57.094,09	2	\$	114.188,18
53	3648910130	1	\$	57.094,09	1	\$	57.094,09	1	\$	57.094,09	2	\$	114.188,18
54	16296200-1	12	\$	6.403,30	12	\$	76.839,60	10	\$	64.033,00	10	\$	64.033,00
55	16296200-2	12	\$	6.403,30	12	\$	76.839,60	10	\$	64.033,00	10	\$	64.033,00
56	2102-0030-401	1	\$	54.029,96	1	\$	54.029,96	1	\$	54.029,96	2	\$	108.059,92
57	650G4EG1	67	\$	955,55	0	\$	-	5	\$	4.777,75	61	\$	58.288,55
58	3260079-0101	9	\$	10.531,35	5	\$	52.656,75	5	\$	52.656,75	5	\$	52.656,75
59	2121-0001-401	3	\$	29.256,69	3	\$	87.770,07	2	\$	58.513,38	1	\$	29.256,69
60	MBEU116005	19	\$	5.458,00	1	\$	5.458,00	9	\$	49.122,00	9	\$	49.122,00
61	A530CH1	7	\$	7.500,00	6	\$	45.000,00	7	\$	52.500,00	6	\$	45.000,00
62	2306-2900-001	1	\$	40.670,82	1	\$	40.670,82	1	\$	40.670,82	2	\$	81.341,64
63	07-978-3500	3	\$	27.066,00	3	\$	81.198,00	2	\$	54.132,00	1	\$	27.066,00
64	2306-2002-607	1	\$	80.151,15	1	\$	80.151,15	0	\$	-	1	\$	80.151,15
65	JA23746-1000	3	\$	15.885,92	3	\$	47.657,76	3	\$	47.657,76	3	\$	47.657,76
66	2306-2900-101	1	\$	39.478,75	1	\$	39.478,75	1	\$	39.478,75	2	\$	78.957,50
67	3038495	44	\$	925,00	25	\$	23.125,00	45	\$	41.625,00	44	\$	40.700,00
68	RCP2A	2	\$	17.120,00	2	\$	34.240,00	3	\$	51.360,00	2	\$	34.240,00
69	07-978-3100	1	\$	31.997,58	1	\$	31.997,58	1	\$	31.997,58	2	\$	63.995,16

CONTINÚA 

70	HG1140CA03	1	\$	31.564,22	0	\$	-	1	\$	31.564,22	2	\$	63.128,44
71	314-21034-401	1	\$	30.000,00	1	\$	30.000,00	1	\$	30.000,00	2	\$	60.000,00
72	R862139K	1	\$	29.062,38	1	\$	29.062,38	1	\$	29.062,38	2	\$	58.124,76
73	ARD-863-1	8020	\$	12,50	3432	\$	42.900,00	268	\$	33.575,00	268	\$	33.562,50
74	07-977-1600	2	\$	13.893,52	2	\$	27.787,04	3	\$	41.680,56	2	\$	27.787,04
75	343-001	5	\$	13.211,96	4	\$	52.847,84	2	\$	26.423,92	2	\$	26.423,92
TOTAL						\$	27.371.386,43	\$	19.906.531,14	\$	17.010.108,16		

A continuación, en la **Tabla 44**, podemos observar un resumen de la planificación de requerimientos de materiales aplicada a los 1.123 ítems del inventario de material aeronáutico. Cabe mencionar que la proyección se realizó hasta el año 2022 con el objetivo de completar la planificación cuatrianual establecida para los organismos del sector público.

Tabla 44.
Resumen de Plan de Requerimiento de Material

AÑO	PRESUPUESTO REFERENCIAL
2020	\$ 28'709.268,87
2021	\$ 21'065.416,73
2022	\$ 19'106.036,61

Como se puede apreciar, el monto económico de los requerimientos son sumamente altos, esto se debe a que se contempla la adquisición de todos los repuestos en condiciones nuevas, por lo cual, y acorde al presupuesto asignado para la partida correspondiente, se debe priorizar los recursos de mayor importancia, así como, tener en consideración que aquellos materiales que conforman los componentes principales o son productos de mantenimiento tipo I pueden ser reparados por el fabricante, reduciendo así el costo de los mismos.

5.3. Proyección de consumo de combustible

Dados los resultados estadísticos logrados en el capítulo III, se procederá a tomar dichas ecuaciones para el cálculo de la proyección de consumo de combustibles en galones, mediante las fórmulas obtenida en el análisis de regresión lineal de la hipótesis 1 e hipótesis 4. La ecuación de la hipótesis 1, permitirá encontrar el tiempo de vuelo acumulado mensual expresado en horas de acuerdo a la disponibilidad de aeronaves, tal como se representa en la **Tabla 45**, los mismos valores

que darán apertura a remplazar en la ecuación de la hipótesis 4 para encontrar el consumo de combustibles en galones.

La ecuación obtenida en la hipótesis 1 es:

$$y = 6,598 + 59,182 X$$

Donde, Y representa el tiempo de vuelo acumulado mensual expresado en horas y X es el promedio mensual de aeronaves disponibles expresado en unidades tal como se demuestra en la

Tabla 45.

Tabla 45.

Proyección del tiempo de vuelo acumulado mensual expresado en horas

Aeronaves disponibles (X)	Hora de vuelo (Y)
1	65,78
2	124,96
3	184,14
4	243,33
5	302,51
6	361,69
7	420,87
8	480,05
9	539,24
10	598,42

Análisis

Como se puede observar en la **Tabla 45** se ha calculado las horas de vuelo según la disponibilidad de aeronaves, por medio de la ecuación de la hipótesis 1, datos que se reemplazarán en las variables de la siguiente ecuación a ser calculada.

Finalmente, la ecuación de la hipótesis 4, permitirá encontrar la proyección del consumo de combustible en galones según la disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo, con los datos encontrados en la ecuación anteriormente analizada y sus valores representados en la **Tabla 45**, los cuales nos darán un presupuesto referencial para el consumo de combustible mensualmente.

La ecuación obtenida en la hipótesis 4 es:

$$y = 65,446 + 78,541 X - 201,516 Z$$

Donde, Y representa el combustible consumido en galones, X es el tiempo de vuelo expresado en horas y Z es el número de aeronaves disponibles, dando como resultado los valores obtenidos en la **Tabla 46**.

Tabla 46.

Consumo mensual de combustible según las horas de vuelo y aeronaves disponibles

Nº de datos	Hora de vuelo (X)	Aeronaves disponibles (Z)	Combustible consumido (Y)	Valor total
1	65,78	1	5030,36	\$ 10.513,45
2	124,96	2	9477,05	\$ 19.807,04
3	184,14	3	13923,75	\$ 29.100,64
4	243,33	4	18370,45	\$ 38.394,24
5	302,51	5	22817,15	\$ 47.687,84
6	361,69	6	27263,84	\$ 56.981,43
7	420,87	7	31710,54	\$ 66.275,03
8	480,05	8	36157,24	\$ 75.568,63
9	539,24	9	40603,94	\$ 84.862,23
10	598,42	10	45050,63	\$ 94.155,83
Consumo medio				

Análisis

De acuerdo a los resultados obtenidos en la **Tabla 46**, se ha llegado a demostrar que los galones de combustible consumidos en los datos históricos analizados en el capítulo anterior tienen cierta similitud con obtenidos en la ecuación de la hipótesis 4, sabiendo que los datos del año 2018 del mes de mayo se voló horas consumiendo galones de combustible y en los datos analizados en 243 horas se consume galones de combustible. Concluyendo de esta manera que la elaboración de este análisis tiene la finalidad de realizar el presupuesto de consumo de combustible según las horas de vuelo y la disponibilidad de aeronaves por medio del cual se evitara la excesiva demanda y mejor control de este valioso recurso para el cumplimiento de las operaciones aéreas en la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

5.4. Modelo de Simulación Logística

Para validar los resultados obtenidos en este capítulo, se empleará el software de simulación Simul8, el mismo que emplea un sistema de simulación de eventos discretos para el diseño, planificación, optimización y reingeniería de procesos industriales.

En este caso, para llevar a cabo la simulación se considerarán los recursos y condiciones según el detalle en la **Tabla 47**.

Tabla 47.
Datos para la Simulación

Recurso	Nombre	Detalle	Configuración
Queue (Almacén)	Línea de Vuelo	Lugar donde se ubican las aeronaves disponibles antes de las operaciones aéreas	Capacidad: 20 aeronaves Valor inicial: 4 aeronaves
	Plataforma	Lugar de llegada de las aeronaves luego de cada misión para reabastecimiento de combustible	Capacidad: 20 aeronaves Valor inicial: 4 aeronaves
	Hangar de Mantenimiento	Lugar donde llegan las aeronaves reportadas para inspección y tareas de mantenimiento	Capacidad: 20 aeronaves Valor inicial: 4 aeronaves
Tank (Tanque)	Tanque de Combustible	Almacena el combustible aéreo	Capacidad: Ilimitada Valor inicial: 220500 galones
Activity (Actividades)	Vuelo (04)	Es el proceso de vuelo que cumple cada aeronave en una misión	Distribución: Triangular Mínimo: 45 minutos Máximo: 75 minutos Moda: 60 minutos Evento 1: Pasa a Plataforma (90%) Evento 2: Pasa a Hangares de Mantenimiento (10%) Tiempo de traslado: 15 minutos
	Tareas de Mantenimiento (05)	Se cumplen tareas de mantenimiento de acuerdo a cada especialidad (Armamento, Aviónica, Células, Electrónica y Motores)	Distribución: Promedio Valor: 5 horas Evento: Pasa a la siguiente actividad Tiempo de traslado: 10 minutos
	Reabastecimiento	Reabastece de combustible a las aeronaves luego de cumplir su misión	Distribución: Promedio Valor: 15 minutos Evento: Pasa a Transporte Tiempo de traslado: 10 minutos
	Transporte	Se encarga de realizar el transporte de las aeronaves entre la plataforma y línea de vuelo	Distribución: Promedio Valor: 15 minutos Evento: Pasa a Línea de Vuelo Tiempo de traslado: 10 minutos
	Corrida de motor	Se realiza la inspección final del proceso de mantenimiento	Distribución: Promedio Valor: 15 minutos Evento 1: Pasa a Línea de Vuelo (99%) Evento 2: Regresa a Hangares de Mantenimiento (1%) Tiempo de traslado: 15 minutos

CONTINÚA 

Start Point (Ingresos)	Materiales Críticos (73)	Representan cada uno de los materiales críticos (Excluyendo la Especialidad Simulador de Vuelo)	Distribución: Normal Promedio: De acuerdo a cada material Desviación Estándar: De acuerdo a cada material Restricciones: De acuerdo a cada stock máximo
---------------------------	-----------------------------	--	---

Con estos datos se ha procedido a realizar el diseño de simulación en el software empleado, tal como se puede apreciar en la **Figura 28**, la misma que representa un proceso cerrado donde cada avión cumple su operación y regresa nuevamente a línea de vuelo para su próxima misión, o a su vez, pasa a los hangares de mantenimiento en caso de un reportaje. En este caso el período de simulación será de un año calendario con jornadas de trabajo de diez horas (08:00 – 18:00) durante cinco días por semana. La frecuencia de reportajes está dado por el promedio histórico proporcionado por la Sección de Aseguramiento de la Calidad del Grupo Logístico (aproximadamente del 10%). Así mismo, se emplea como punto de partida únicamente 4 aeronaves ya que es el promedio histórico aproximado obtenido en el análisis descriptivo previo; por lo cual, según lo establecido en la **Tabla 46**, se inicia con una disponibilidad de combustible de 220500 galones (18375 galones mensuales), mientras que los datos correspondiente para los Start Point de Repuestos son proporcionados en la **Tabla 42**. Cabe mencionar que los tiempos de espera, proceso y traslado establecidos en la simulación se basan en la experiencia profesional de los autores y en las observaciones de campo realizadas en el Ala de Combate Nro. 23.

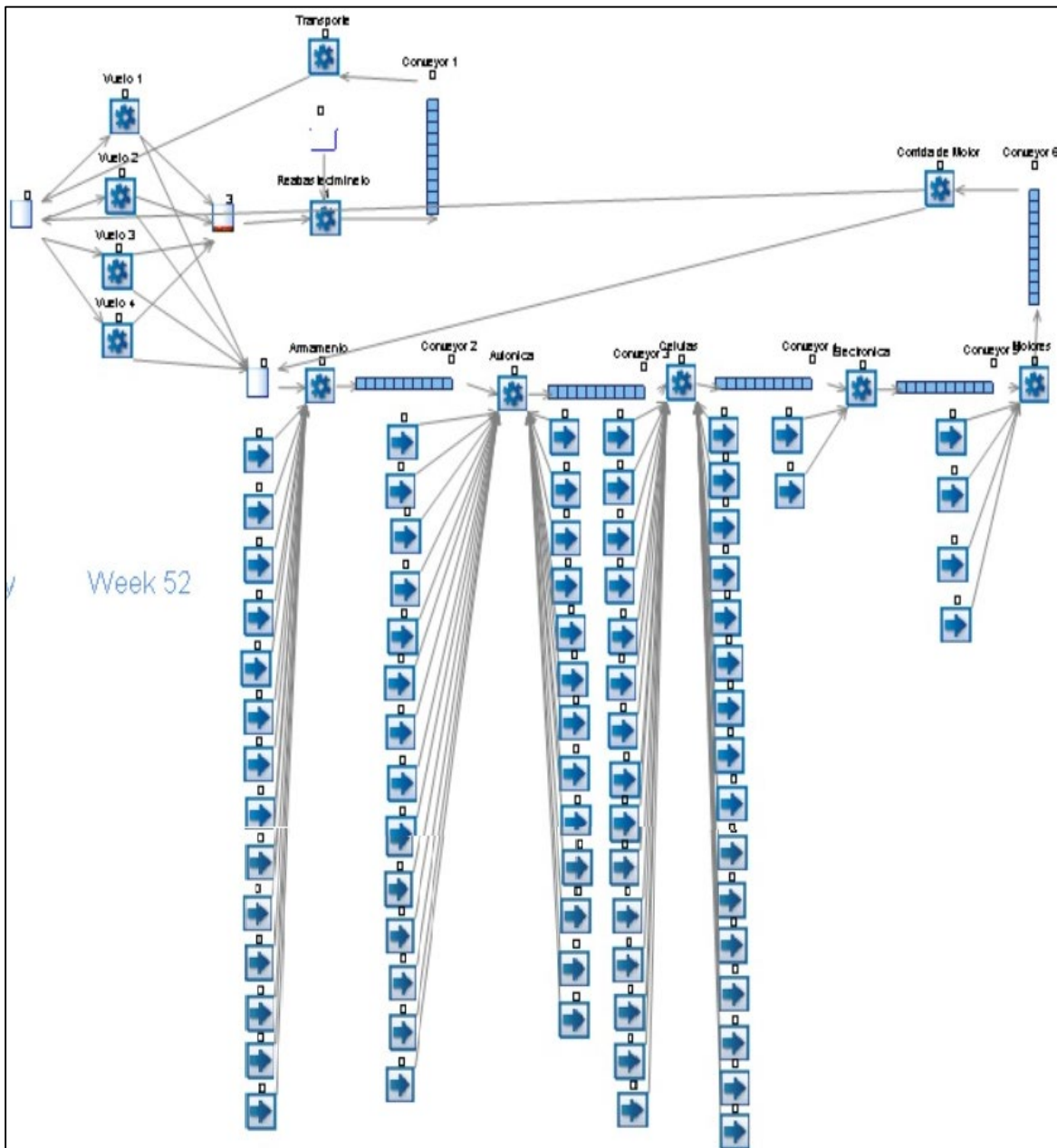


Figura 28. Diseño de simulación logística

La **Tabla 48**, presenta el análisis descriptivo de la cantidad de misiones y reportajes que se han presentado durante los treinta meses que abarcan el presente estudio, datos que requieren ser analizados para contrastar con los resultados obtenidos en el modelo de simulación.

Tabla 48.
Análisis descriptivo de misiones y reportajes 2017-2019

Año	Mes	Misiones Cumplidas	Reportajes	Índice De Reportajes
2017	Enero			9,59%
	Febrero			10,62%
	Marzo			6,75%
	Abril			10,64%
	Mayo			5,53%
	Junio			10,45%
	Julio			6,96%
	Agosto			7,61%
	Septiembre			17,57%
	Octubre			18,18%
	Noviembre			10,81%
	Diciembre			12,07%
2018	Enero			5,62%
	Febrero			10,15%
	Marzo			14,76%
	Abril			11,76%
	Mayo			8,90%
	Junio			9,29%
	Julio			18,01%
	Agosto			11,57%
	Septiembre			10,88%
	Octubre			7,50%
	Noviembre			9,12%
	Diciembre			8,99%
2019	Enero			5,99%
	Febrero			6,64%
	Marzo			4,71%
	Abril			8,19%
	Mayo			4,80%
	Junio			4,68%
	Máximo			18,18%
Estadísticos	Mínimo			4,68%
	Media			9,61%
	Desviación			3,75%

Con los datos obtenidos anteriormente, podemos proceder a revisar la **Tabla 49** donde se puede apreciar los resultados más relevantes del modelo de simulación aplicada para evaluar la capacidad logística de los inventarios obtenidos en el presente estudio.

Tabla 49.
Resultados del modelo de simulación

Indicador	Actividad	Anual		Mensual		Variación
		Valor Esperado	Valor Obtenido	Valor Esperado	Valor Obtenido	
Reportajes presentados	Hangar de mantenimiento	257,60	155,44	21,47	12,95	-39,66%
Horas de vuelo realizadas	Plataforma	2919,96	3061,16	243,33	255,10	4,84%
Combustible consumido	Tanque 1	220445,40	218143,50	18370,45	18178,63	-1,04%
Misiones realizadas	Actividad de Vuelo	2694,36	2834,40	224,53	236,20	5,20%

Como se puede observar, existe una diferencia considerable entre los valores esperados y los obtenidos en cuanto a los reportajes e inspecciones de las aeronaves, esto se puede atribuir a que el modelo de inventarios desarrollado permite garantizar una mejora en la efectividad de las tareas de mantenimiento reduciendo así las complicaciones o daños que puedan presentarse en las aeronaves, y reducir el tiempo del proceso ya que se cuenta con los materiales necesarios para su mantenimiento. Por otro lado, los demás indicadores presentan una variación mínima lo cual evidencia que los modelos de predicción desarrollados en este estudio reflejan la realidad de la operatividad del Ala de Combate Nro. 23.

Sin embargo, para evaluar estos resultados, a continuación, se aplicará el análisis de t de Student para una muestra con el fin de evaluar si los datos obtenidos en la simulación difieren

significativamente de la media obtenida en el estudio. En este análisis se plantea la hipótesis nula de que el valor o parámetro de prueba no se diferencia de la media muestral de la población; en este sentido al 95% de confianza, si el p-valor o significancia es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna de que el parámetro de prueba difiere significativamente de la media muestral (Jaynes, 2003).

Misiones cumplidas

Como se puede observar en la **Tabla 50**, el p-valor es mayor a 0,05; por lo tanto, se determina que la cantidad obtenida de misiones cumplidas mensualmente no difiere significativamente de la media muestral del estudio, validando así el modelo de simulación y los resultados obtenidos en este estudio.

Tabla 50.

Comparación de medias para una muestra: Misiones cumplidas

Valor de prueba = 236.20						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia		
				Inferior	Superior	
MISIONES	,000	29	1,000	,00000	-20,6964	20,6964

Nota: Nivel de confianza del 95%

Horas de vuelo realizadas

Como se puede observar en la **Tabla 51**, el p-valor es mayor a 0,05; por lo tanto, se determina que la cantidad obtenida de horas de vuelo realizadas mensualmente no difiere significativamente de la media muestral del estudio, validando así el modelo de regresión y el modelo simulación desarrollado en este estudio.

Tabla 51.*Comparación de medias para una muestra: Horas de vuelo realizadas*

Valor de prueba = 255.10						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
HR_VUELO	-1,526	29	,138	-19,98056	-46,7652	6,8041

*Nota: Nivel de confianza del 95%***Reportajes presentados**

Como se puede observar en la **Tabla 52**, el p-valor es menor a 0,05; por lo tanto, se determina que la cantidad obtenida de reportajes mensuales si difiere significativamente de la media muestral del estudio, esto se debe a la mejora en el proceso de mantenimiento de las aeronaves con el modelo óptimo de inventarios desarrollado en este estudio.

Tabla 52.*Comparación de medias para una muestra: Reportajes presentados*

Valor de prueba = 12.95						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
REPORTAJES	6,942	29	,000	8,51667	6,0075	11,0258

*Nota: Nivel de confianza del 95%***Consumo de combustible**

Como se puede observar en la **Tabla 53**, el p-valor es mayor a 0,05; por lo tanto, se determina que la cantidad de combustible consumido obtenida no difiere significativamente de la media muestral del estudio, validando así el modelo de regresión múltiple y el modelo simulación desarrollado en este estudio.

Tabla 53.*Comparación de medias para una muestra: Combustible consumido*

	Valor de prueba = 18178.63					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
COMBUSTIBLE	,041	29	,968	42,27000	-2090,7957	2175,3357

Nota: Nivel de confianza del 95%

Finalmente, una vez realizada la verificación estadística de los datos obtenidos en el proceso de simulación en relación a los datos históricos, se determina que el modelo óptimo de inventarios permite una mejora significativa en las tareas de mantenimiento del Grupo Logístico Nro. 232, así como también, se valida el modelo de simulación logística desarrollado, herramientas que pueden ser utilizadas para evaluar y mejorar el alistamiento operativo del Ala de Combate Nro. 23.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Mediante el análisis descriptivo de las variables estudiadas, se determinó que el Ala de Combate Nro. 23 mantiene una disponibilidad media aproximada de 4 aeronaves de tipo A-29B Súper Tucano, con un consumo promedio mensual de ,90 galones de combustible utilizados en horas y 07 minutos de vuelo.
- Según el coeficiente de Pearson, se determinó que existe una correlación positiva alta del 91,8% entre la disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo realizadas por la flota de aeronaves tipo A-29B Súper Tucano; así mismo, se estableció un modelo de regresión lineal simple, donde la disponibilidad de aeronaves explica un 84,3% de la varianza en las horas de vuelo realizadas, adjudicando el 15,7% restante a factores aleatorios y difíciles de predecir.
- En cuanto al análisis del impacto que tienen las variables de disponibilidad de aeronaves y las horas de vuelo realizadas sobre el consumo total de combustible, se obtuvo que, según el coeficiente de Pearson, esta última variable se correlaciona positivamente con las horas de vuelo en un 98,1%, mientras que, con la disponibilidad de aeronaves mantiene una correlación positiva alta del 93,9%. De esta forma se estableció un modelo de regresión lineal múltiple donde las dos variables independientes explican un 96,2% la varianza en el consumo mensual de combustible, adjudicando el 3,8% restante a factores aleatorios y difíciles de predecir, por lo cual se determina que la ecuación obtenida es confiable para la

predicción del consumo de combustible de la flota A-29B Súper Tucano del Ala de Combate Nro. 23.

- El análisis descriptivo del inventario de material aeronáutico determinó que está compuesto por 4439 líneas de artículos distribuidos en 17 especialidades diferentes con un valor actual de \$,52; de los cuales únicamente 1123 referencias presentan movimiento en los últimos treinta meses analizados (27.117 movimientos de bodega), los mismos que acumulan un valor en inventario de \$,52 (47,21% de valor total); dejando en evidencia un bajo nivel de eficiencia en la gestión de inventarios con 3316 artículos inmovilizados que suman un valor de \$,00 (52,79% del valor total).
- Mediante el análisis de inventarios ABC bajo el concepto del valor total de consumo durante el periodo en referencia, se clasificó el inventario de material aeronáutico en 4 categorías principales (AA=Muy Alto Costo, AB=Alto Costo, B=Mediano Costo y C=Bajo Costo), donde se determinaron 75 tipo de materiales críticos (AA y AB) repartidos en seis especialidades, que representan \$,56, y reflejan el 91,27% del consumo total del inventario (\$,38). Estos datos permiten observar la alta variabilidad de costos que existen en el material aeronáutico.
- El análisis de la capacidad logística del Grupo Logístico Nro. 232 es fundamental para garantizar el alistamiento operativo de las aeronaves del Ala de Combate Nro. 23, para lo cual, debido a la naturaleza de su planificación presupuestaria, se aplicó un modelo de inventarios estadístico de revisión periódica, con un nivel de servicio del 90% y un período de revisión anual aplicado a los diferentes tipos de material aeronáutico. Dando como resultado un presupuesto referencial de adquisición de \$ 28'709.268,87 para 2020, \$

21'065.416,73 para el 2021 y de \$ 19'106.036,61 para el 2022; así como, utilizando los modelos de regresión lineal obtenidos, se estableció una tabla referencial de consumo de combustible mensual en relación a la cantidad de aeronaves tipo A29-B Súper Tucano disponibles.

- Mediante el análisis de comparación de medias realizado a los resultados del modelo de simulación, se verificó que el modelo óptimo de inventarios desarrollado en este estudio aumentó la eficiencia del proceso de mantenimiento de las aeronaves tipo A-29B Súper Tucano; así como también, se validó los modelos de regresión lineal generados para la predicción de las horas de vuelo y el consumo de combustible en base a la disponibilidad de aeronaves del Ala de Combate Nro. 23.

7.2. Recomendaciones

- En vista que la flota total de las aeronaves tipo A-29B Súper Tucano del Ala de Combate Nro. 23 es de unidades, se debe priorizar la gestión administrativa y logística del reparto para recuperar la capacidad operativa de esta unidad, pues al momento cuenta únicamente con un ,82% de disponibilidad de su flota, afectando directamente al cumplimiento de los objetivos institucionales a nivel operativo.
- Tomar como referencia el modelo de regresión lineal simple obtenido en el estudio, para planificar las horas de vuelo a cumplirse según la Programación Operativa Anual y Mensual del Ala de Combate Nro. 23 en base de la cantidad de aeronaves disponibles a una fecha determinada, de esta forma se evitará el deterioro de las aeronaves por un posible uso intensivo de las mismas.

- En base al modelo de regresión lineal múltiple que se obtuvo en el estudio, planificar adecuadamente el nivel de consumo de combustible aéreo a utilizarse en cada período de acuerdo a la disponibilidad de aeronaves vigentes y las horas de vuelo programadas, con el fin de incluir la necesidad presupuestaria del mismo en la Programación Anual de la Planificación del Ala de Combate Nro. 23, evitando así un sobre stock o desabastecimiento de este recurso fundamental para llevar a cabo las operaciones aéreas respectivas.
- Debido a que existe un alto índice de material aeronáutico inmovilizado en las bodegas del Escuadrón de Abastecimientos Nro. 2324, que representan el uso inadecuado del espacio físico de los almacenes y generan costos de almacenamiento innecesarios en materiales obsoletos o inaplicables en la flota de aeronaves A29-B Súper Tucano; se debe realizar una inspección física de los inventarios y aplicar la clasificación vigente según el sistema SAA (Servibles, Reparables y Condenados), y de esta forma, generar políticas para la venta, desecho o transferencia de estos materiales a otros repartos o unidades donde puedan ser utilizados y evitar el desperdicio o mal uso de los recursos públicos.
- Se recomienda actualizar las políticas institucionales para el control y almacenamiento de los materiales aeronáuticos considerados, según la Doctrina Logística, como materiales de Alto Costo (costo unitario mayor a \$10.000,00), los mismos que coinciden con las categorías AA y AB obtenidas en el análisis ABC; para evitar su pérdida o deterioro en bodega, pues representan un alto porcentaje del costo total de los inventarios del Grupo Logístico Nro. 232.
- Aplicar el modelo óptimo de inventarios desarrollado en este estudio con la finalidad de evitar el desabastecimiento o el sobreabastecimiento del material aeronáutico, priorizando

así, la adquisición y administración de los recursos considerados críticos para el alistamiento operativo de las aeronaves A-29B Súper Tucano del Ala de Combate Nro. 23; lo cual facilitará la consolidación de la Programación Anual de la Planificación del reparto en el área logística, así como también, servirá como base fundamental para el desarrollo de las Listas de Autorización del Grupo Logístico de esta unidad.

- Una vez validado los resultados obtenido mediante el modelo de simulación logística, se recomienda utilizar la metodología empleada en este estudio para el desarrollo de modelos de inventarios de otros repartos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, y a su vez, proporcione una base para la elaboración de las Listas de Autorización y garantice una mejora en el alistamiento operativo de las aeronaves requeridas para el cumplimiento de los objetivos institucionales. Finalmente, este estudio servirá como fuente de consulta y base de futuras investigaciones en el área logística dentro y fuera del ámbito militar.

REFERENCIAS

- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., & Martin, K. (2011). *Métodos Cuantitativos para los Negocios* (Decimo Primera ed.). México: Cengage Learning.
- Ballou, A. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro* (Quinta ed.). México: Pearson Educación.
- Bloch, R. (2014). Aplicaciones Militares y Civiles del Concepto de logística. *Instituto Tecnológico de Buenos Aires*.
- Boncella, R. (2003). Competitive Intelligence and the Web. *Communications of AIS*, 12(21), 50 - 62.
- Bustamante, A. (2015). Costeo Basado en Actividades - ABC: Revisión de Literatura. *Revista CEA*, 1(1), 109-119.
- Bustos, C., & Chacón, G. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela. *Contaduría y administración*, 57(3).
- Causado, E. (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(27), 163-178.
- CGE. (2016). *Reglamento General para la Administración, Utilización, Manejo y Control de los Bienes y Existencias del Sector Público*. Quito:: Contraloría General del Estado.
- Chacón, G., & Bustos, C. (2017). El MRP, en la gestión de inventarios. *Visión Gerencial*, 4(1), 5-17.
- Chandra, S., & Menezes, D. (2001). Applications of Multivariate Analysis in International Tourism Research: The Marketing Strategy Perspective of NTOs. *Journal of Economic and Social*, 3(1), 77 - 98.
- Chase, R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2014). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Producción y cadena de suministros* (Decimo Tercera ed.). México D.F.: McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Chau, M., Reynold, C., & Kao, B. (2006). Uncertain Data Mining: An Example in Clustering Location Data. *Advances in Knowledge Discovery and Data*, 1(1), 199 - 204.
- Cody, W. (2002). The Integration of Business Intelligence and Knowledge Management. *IBM Systems Journal*, 41(2), 697 - 713.
- COED. (2013). *Manual de Instrucción de Logística Aeronáutica*. Comando de Educación y Doctrina Militar Aeroespacial, Consejo de Educación Superior de la Fuerza Aérea. Quito: Fuerza Aérea Ecuatoriana.
- COED. (2018). *Doctrina Aeroespacial Básica de la Fuerza Aérea*. Comando de Educación y Doctrina Militar Aeroespacial, Departamento de Doctrina Militar. Quito: Fuerza Aérea Ecuatoriana.

- Cooper, R., & Kaplan, R. (1998). The Promise And Peril Of Integrated Cost Systems. *Harvard Business Review*, 74(4), 109-119.
- Díaz, A. (1999). Gerencia de inventarios. *Ediciones IESA*.
- Díaz, J., & Pérez, D. (2012). Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 33(2), 126-128.
- DIGLOG. (2013). *Vademécum Logístico - Tomo I*. Dirección General de Logística, Departamento Desarrollo de la Gestión. Quito: Fuerza Aérea Ecuatoriana.
- DIRABAS. (2018). *Manual de Abastecimientos*. Dirección General de Logística, Dirección de Abastecimientos. Quito: Fuerza Aérea Ecuatoriana.
- Eccles, H. (1966). *Economía, guerra y logística*. Buenos Aires: Centro Naval Instituto de Publicaciones Navales.
- Elizandro, D., & Taha, H. (2008). Simulation of Industrial Systems: Discrete Event Simulation Using Excel/VBA. *Taylor and Francis*.
- Fuerza Aérea Ecuatoriana. (2018). *Doctrina Aeroespacial Básica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana*. Quito: COED.
- Fuerza Aérea Ecuatoriana. (2018). *Estatuto Orgánico Organizacional por Procesos 2018-2022*. Quito: Dirección de Planificación y Gestión Estratégica .
- Fullana, C. (2013). Los modelos de simulación. *Universidad Pontificia de Comillas*, 36(3), 22-23.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (Cuarta ed.). México: International Thomson Editores.
- Guasch, A., Piera, M., Figueras, J., & Casanovas, J. (2003). *Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. CEGAL.
- Guerrero, H. (2009). *Inventarios, manejo y control* (Primera ed.). Bogotá: ECOE Ediciones.
- Hansen, D., & Fraizer, G. (2003). *Administración de costos. Contabilidad y control* (Tercera ed.). México: International Thomson Editores.
- Hansen, N. (2005). *Probability Theory and Statistics*. EEUU: University of Copenhagen.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones* (Séptima ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico D.F.: McGraw Hill Education.
- IAAFA. (1999). *Manual de Logística Internacional*. Texas.
- Jaynes, E. (2003). *Probability Theory*. New York: Cambridge.
- Jung, H., & Klein, C. (2006). Optimal inventory policies for profit maximizing EOQ models under various cost functions. *European Journal of Operational Research*, 174(4), 689-705.

- Liu, S., & Chen, J. (2011). A heuristic method for the inventory routing and pricing problem in a supply chain. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1447-1456.
- López, E., & Rodríguez, M. (1998). La gestión de inventarios con algoritmos genéticos. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 2(5), 85-89.
- Lozano, E. (2006). La Logística, en su Marco Referencial y Conceptual. *Ciencia y Poder Aéreo*, 41-44.
- Machado, C. (2010). Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía. *Producción + Limpia*, 5(2), 107-126.
- Marin, J. (2012). Data Mining como un conjunto de técnicas estadísticas. *Halestadística*, 3(2), 10-44.
- Mushtak, S. (2012). Multivariate Statistical Analysis. *British Journal of Science*, 6(1), 55 - 66.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (Quinta ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Oracle. (2016). *Inteligencia de negocios*. Retrieved from http://www.softdelsur.com/ORACLE_BI_Inteligencia_de_Negocios.PDF
- RAE. (2014). *Diccionario de la Lengua Española* (Vigesima Tercera ed.). Madrid: Real Academia de la Lengua Española.
- Raubenheime, J. (2004). An item selection procedure to maximize scale reliability and validity. *South African Journal of Industrial Psychology*, 30(4), 59 - 64.
- Rencher, A. (2002). Methods of Multivariate Analysis. *A. John Wiley & sons*, 12(3), 45 - 57.
- Roldan, A. (2010). Modelos para simulación de procesos. *Universidad de Chile*, 4(1), 23-40.
- Sánchez, P. (2014). Simulación y Optimización en la Logística. *Ciencia y Poder Aéreo*.
- Sinnexus. (2017, 6 8). *Datamining (Minería de datos)*. Retrieved from https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. EEUU: Open Journal of Statistics.
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones* (Novena ed.). México: Pearson Education.
- Vallejos, S. (2006). Minería de Datos. *Redalyc*, 4(2), 12-35.
- Vercellis, C. (2009). *Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making* (Primera ed.). Italy: John Wiley & Sons.
- Wiley, J. (1997). Data Warehouse, Data Mining and OLAP. *IBM Press*, 1(1), 12 - 24.