

GESTIÓN CARTOGRÁFICA	CÓDIGO: IDi-INF-2020-0765
INFORME TÉCNICO	Página 1 de 40 Fecha: 2020-05-22



Instituto
Geográfico
Militar

INFORME DE FACTIBILIDAD PARA LA MODERNIZACIÓN DE LA AERONAVE CESSNA CITATION II 550 PLACA IGM-628.

TABLA DE CONTENIDO

- I. ANTECEDENTES
- II. OBJETIVO
- III. DESARROLLO
 - 1. ANÁLISIS TÉCNICO, LEGAL Y ECONÓMICO
 - 2. ANÁLISIS DE MODERNIZACIÓN CON PERSONAL TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO
- IV. CONCLUSIONES
- V. RECOMENDACIONES
- VI. ANEXOS



I. ANTECEDENTES:

Mediante Memorando **Nro. IGM-IGM-2020-0057-M** de fecha 03 de marzo del 2020, el Señor Director del IGM, Crnl. de E.M.C. Carlos Endara, dispone presentar un informe de factibilidad a esta gestión con la siguiente información:

- 1) Presentar el análisis técnico, económico y legal que ampare la inversión de modernizar la aviónica del CESSNA CITATION II IGM-628, considerando la depreciación del mismo.
- 2) Presentar una nueva opción que considere la actualización de la aviónica del CESSNA CITATION II IGM-628, con mano de obra nacional y el respaldo de una empresa internacional calificada. (Anexo 1_ Memorando Nro. IGM-IGM-2020-0057-M)

II. OBJETIVO:

Presentar un estudio de factibilidad técnica, económica y legal que ampare la inversión de modernizar la aviónica de la aeronave CESSNA CITATION II 550 PLACA IGM-628, considerando la depreciación del mismo, la participación de mano de obra nacional y el respaldo de una empresa internacional calificada a través del Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército.

III. DESARROLLO:

1. ANÁLISIS TÉCNICO, LEGAL Y ECONÓMICO

1.1. ANÁLISIS TÉCNICO

A continuación, se darán a conocer las características técnicas del equipamiento de aviónica actual, los inconvenientes y reportes de mantenimiento, el riesgo a la seguridad operacional y la necesidad de modernización de la aviónica de la aeronave.

1.1.1. EQUIPAMIENTO DE AVIÓNICA ACTUAL

La aeronave fue modernizada en el año 2010 con un equipo unilateral FMS modelo UNS 1Lw de la marca UNIVERSAL AVIONICS, el cual cuenta con un sistema EFIS de dos pantallas instaladas del lado del piloto, los cuales muestran información básica durante el vuelo. Actualmente, el copiloto cuenta con los instrumentos análogos originales para navegación.

En la TABLA 1.1 se presentan los equipos de aviónica con los que cuenta actualmente la aeronave, el número de parte, cantidad y marca.



TABLA 1.1: AVIÓNICA ACTUAL / CESSNA CITATION II 550 IGM-628.				
ORD.	EQUIPO	NUMERO DE PARTE	CANT .	MARCA
01	SPERRY FZ-500 FLT DIRECTOR COMPUTER	4018369-905	01	HONEYWELL
02	SPERRY SP-200 AUTOPILOT COMPUTER	4008519-941	01	HONEYWELL
03	VHF-22A	622-6152001	02	COLLINS
04	STATIC INVERTER	SPC-38 (B)	02	KGS ELECTRONICS
05	EMERGENCY POWER SUPPLY PS 835	501-1228	01	L3 COMUNICACION
06	AIR DATA COMPUTER	4013241-931	01	COLLINS
07	C-14D COMPASS	4020577-3	02	HONEYWELL
08	VG-14	7000622-901	01	HONEYWELL
09	KMH-980	066-01178-2101		BENDIX/KING
10	WU-650 RCVR/XMTR UNIT	7008470-912	01	HONEYWELL
11	TDR-90	622-1270-001	02	COLLINS
12	VIR-32	622-6137001	02	COLLINS
13	ALT 55B	622-2856001	01	COLLINS
14	DME-42	622-6263003	02	COLLINS
15	ADF-462	622-7382-101	01	COLLINS
16	ELECTRONIC DISPLAY (ED-600)	7003430-901	02	BENDIX KING
17	SYMBOL GENERATOR (SPERRY SG-605)	7011672-660	01	HONEYWELL
18	FMS UNS 1Lw	3116-42-116	01	UNIVERSAL AVIONICS
19	GC32A GRAPHICS COMPUTER	071-01505-0103	01	BENDIX KING
20	COCKPIT VOICE RECORDER	980-6005-077	01	SUNDSTRAND

En la Figura 1.1 se muestran los instrumentos de vuelo instalados actualmente en la cabina del avión CESSNA CITATION II 550 IGM 628.



Figura 1.1 Cabina actual del avión CESSNA CITATION II 550 IGM 628.

En la Figura 1.2 se muestran los equipos instalados ubicados en el compartimiento de aviónica del avión CESSNA CITATION II 550 IGM 628. Se puede observar que el espacio es muy limitado, razón por la cual, durante la última modernización del equipamiento de aviónica fue implementado como un sistema unilateral para el piloto, debido a que la implementación para hacer el sistema dual para piloto y copiloto requería un mayor uso del espacio de este compartimiento, adicionalmente, debido a la falta de espacio, se hizo uso parcial de la bodega de equipaje de la nariz de la aeronave.



Figura 1.2. Compartimiento de aviónica actual del avión CESSNA CITATION II 550 IGM 628.

1.1.2. PROBLEMAS CON LOS EQUIPOS DE AVIÓNICA ACTUAL



Debido al tiempo de vida que tienen los equipos de aviónica de la aeronave, estos presentan inconvenientes en cuanto a mantenimiento y operabilidad, los reportes cada vez son más repetitivos y los costos de adquisición de repuestos y elevados. La TABLA 2 describe los inconvenientes identificados:

TABLA 1.2: PROBLEMAS IDENTIFICADOS DE AVIÓNICA ACTUAL		
EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA
SPERRY FZ-500 FLT DIRECTOR COMPUTER	Es el director de vuelo, únicamente uno para el piloto	Ya que el equipo es unilateral, si existe un reporte de mantenimiento, la aeronave queda inoperativa.
SPERRY SP-200 AUTOPILOT COMPUTER	Es el piloto automático, y está conectado al director de vuelo, permite la navegación	Ya que el equipo es unilateral, si existe un reporte de mantenimiento, la aeronave queda inoperativa. Se presentan problemas repetidamente En el navegador actual no hay actualizaciones o repuestos, lo que obliga a mandar al avión a tierra, la arquitectura es cerrada.
EMERGENCY POWER SUPPLY PS 835	Es una batería de 24 V de corriente continua, alimenta a las pantallas del piloto, EFIS, EADI EHSI, en caso de emergencia Se podría utilizar como fuente de respaldo en caso de contar con pantallas para el copiloto.	N/A
VHF-22A	Esta antena permite la comunicación entre aeronaves y estaciones de comunicación en tierra. Tiene una antena, un receptor y una caja de control electrónica análoga	Es tecnología de la década 80. No se encuentran repuestos. Ya no hay bancos de prueba para este equipo. No se justifica adquirir repuestos en caso de que cese su funcionamiento. Los costos de adquisición son muy elevados ya que son equipos discontinuados. Las garantías técnicas son de poco tiempo (15 días).
STATIC INVERTER	Transforma corriente continua de los generadores principales de 115 V a 26 V de corriente alterna a 400hz.	En caso de que haya una falla en este equipo, en vista de que están fuera de producción, se requeriría utilizar un STC o estudio de ingeniería para implementar otro equipo y modificar el sistema eléctrico



		y mantener el estatus actual de la aeronave.
AIR DATA COMPUTER	Computadora procesadora de información tomada de instrumentos de aire. (Tomas estáticas y tomas dinámicas del avión) Velocidad, Altura	Es un periférico del Sistema de Gestión de Vuelo (FMS) actual Brinda información únicamente al piloto.
C-14D COMPASS	Es un Giróscopo, indica la información del rumbo en la pantalla EFIS del piloto	Indica la información únicamente al piloto
VG-14	Giro vertical, brinda información de actitud del avión, esta información se muestra en la pantalla EFIS del piloto.	Indica la información únicamente al piloto
KMH-980	Equipo TCAS I Es un sensor de proximidad y alerta de tráfico y terreno.	Presenta la información muy limitada para la toma de decisión en caso de existir riesgo, en la pantalla del radar meteorológico, Para su mantenimiento, es requerido contar con bancos de prueba certificados, que la 15 BAE no tiene, por lo que es necesario desplazar la aeronave a talleres certificados.
WU-650 RCVR/XMTR UNIT	El radar meteorológico brinda la información del clima a través de una pantalla multifunción ubicada en la consola central del panel de instrumentos	Esta información no está integrada a las pantallas EFIS del piloto. No existe producción de este equipo actualmente. En caso de encontrar estos equipos en el mercado, son de un alto valor adquisitivo y la garantía técnica será mínima. Dependiendo de la estación del año, en caso de tener fallas en el equipo, la aeronave se queda en tierra.
TDR-90	El transponder AC informa posición, altura y velocidad de la aeronave a la central de tráfico aéreo.	Es un sistema análogo. No existe producción de este equipo actualmente. En caso de encontrar estos equipos en el mercado, son de un alto valor adquisitivo y la garantía técnica será mínima. En caso de presentar fallas, la aeronave queda inoperativa
VIR-32	Es un sistema navegador análogo, permite	La información es presentada en las pantallas EFIS, únicamente para el



	navegar de punto a punto entre estaciones VOR.	piloto.El copiloto no tiene acceso a la información de este equipo.Es un sistema análogo.
ALT 55B	El Radio altímetro indica información de altura sobre el terreno mediante una alerta visual y auditiva	Es un sistema análogo. Solo indica información de obstáculos en altura y no frontales.
DME-42	El DME ,indica distancia y dirección de la aeronave con respecto a la estación de control en tierra VOR.	Durante la operación, solo se tiene información mientras se encuentre dentro del alcance del sistema VOR.
ADF-462	Este equipo de navegación, al igual que con las antenas VOR, se cuenta con antenas NDB BICOM, Instaladas en tierra, indica dirección en caso de no contar con información VOR.	Este es un sistema de navegación antiguo, actualmente están desapareciendo del país.
ELECTRONIC DISPLAY (ED-600)	Son las pantallas actuales del sistema EFIS del avión. Presentan la información de brújula eléctrica y horizonte artificial.	La información presentada es mínima. Por ser tecnología antigua no permite integrar periféricos modernos de navegación, como computadoras, pantallas, otros. Sistema análogo, que tiene características de los televisores antiguos, de tubos de rayos catódicos. La arquitectura es cerrada. No existe producción de este equipo actualmente.
SYMBOL GENERATOR (SPERRY SG-605)	Es el sistema que genera la información visual que va hacia las pantallas.	Es un sistema análogo. Por ser tecnología antigua no permite integrar periféricos modernos de navegación, como computadoras, pantallas, otros. La arquitectura es cerrada. No existe producción de este equipo actualmente.
FMS UNS 1Lw	Sistema de navegación satelital.	La información presentada únicamente al piloto. Solo se cuenta con un equipo. Es posible que no hay soporte técnico en actualización de software de navegación en las bases de datos. Por ser tecnología antigua no permite integrar periféricos modernos de



		navegación, como computadoras, pantallas, otros. La arquitectura es cerrada. No existe producción de este equipo actualmente.
GC32A GRAPHICS COMPUTER	Presenta la información de las señales de los equipos en la pantalla EFIS del piloto.	Ya no se utiliza, ocupa espacio en la compartimiento de aviónica, en la sección de quipos de la nariz de la aeronave.
COCKPIT VOICE RECORDER	Grabadora de audio de cabina de pilotos.	Es un sistema análogo descontinuado.

1.1.3. RIESGO A LA SEGURIDAD OPERACIONAL

En base a un análisis conjunto con personal de la tripulación de la aeronave se han identificado riesgos operacionales a partir de la aviónica de navegación actual con la que cuenta el Cessna 550 Citation II IGM-628.

En la TABLA 1.3 se presentan algunos de los riesgos a los que actualmente está expuesta la tripulación de la aeronave.

TABLA 1.3: RIESGO A LA SEGURIDAD OPERACIONAL	
DESCRIPCIÓN	RIESGO
En caso de existir una falla con los instrumentos de navegación GPS instalados en el lado del piloto durante el vuelo, será requerido que el copiloto asuma la navegación con la información de sus instrumentos análogos, pudiendo utilizar solamente la radio ayudas para navegación VOR; esto siempre y cuando se encuentre dentro de la cobertura de esta radio ayudas. Esta transferencia de control de la navegación entre el piloto y copiloto y el riesgo de estar fuera de la cobertura de radio ayudas; representa un riesgo muy elevado, ya que dificulta los procedimientos de emergencia, y puede generar confusión en la tripulación.	MUY ALTO
Las aerovías de la carta de ruta de navegación instrumental de Ecuador, no está cubierta al 100% por parte de las radio ayudas; es decir la capacidad de cobertura de las estaciones terrenas VOR disponibles en el país no cubren totalmente incluso para vuelos instrumentales convencionales; peor aún para el cumplimiento de la misión de fotografía aérea donde no existe comunicación con la control de tráfico aéreo y radio ayudas de navegación; siendo esto de alto riesgo en caso de un fallo en el sistema de navegación satelital que se dispone actualmente..	ALTO
El sistema anticolidión TCAS I y Transponder, con los que cuenta actualmente la aeronave, indican distancia aproximada y altura de otras aeronaves en vuelo, esto representa un riesgo operacional dificultando la toma de decisión, para evitar colisiones, al ser información incompleta. Cabe indicar que esta información se presenta en una pantalla, la cual, comparte información del radar meteorológico.	ALTO



El alcance del radar meteorológico es apenas de 40NM, lo que representa un riesgo operacional para la tripulación ya que en gran parte de los vuelos que se realiza se opera en espacios aéreos no controlados por la DGAC y en lugares que haya alta probabilidad de tormentas; es decir la advertencia meteorológica que brinda el equipo actual es insuficiente.	ALTO
<p>¿Qué pasaría si ocurre un accidente en lugares donde no hay cobertura? Debido a que la actividad de fotografía se realiza dentro del territorio nacional y por no ser un vuelo para cubrir una ruta convencional; en caso de tener una falla o ante un accidente inminente; la tripulación no podría comunicar y la búsqueda sería muy tardía como para poder salvar vidas.</p> <p>¿El transponder actual sirve para encontrar la aeronave y proveer servicios SAR de manera inmediata?</p> <p>El equipo principal que proporciona esa información es el ELT, complementándose con el transponder para que reciba esa información el control radar.</p> <p>El riesgo de no poder brindar primeros auxilios a los tripulantes de la aeronave a tiempo es muy alto, debido a que la aviónica que se dispone no brinda bondades exigidas en la actualidad.</p>	MUY ATO

1.1.4. RIESGO ECONÓMICO Y DE PRODUCCIÓN FOTOGRÁFICA

En base a las necesidades operacionales que actualmente tiene el IGM, se ha realizado un análisis de riesgo de producción de fotografía aérea considerando situaciones de parada de la aeronave debido a problemas con los equipos de aviónica actuales.

TABLA 1.4: RIESGO ECONÓMICO Y DE PRODUCCIÓN FOTOGRÁFICA	
DESCRIPCIÓN	RIESGO
Debido a que los equipos de navegación análogos, instalados del lado del copiloto, fueron fabricados hace más de 3 décadas, actualmente no existe producción de estos equipos, por lo que, en caso de requerir repuestos o servicios de mantenimiento, serán de un alto costo y la garantía técnica será mínima, por lo tanto representan un alto riesgo económico para el mantenimiento de estos equipos, además de continuas y prolongadas paradas del avión sin producción de toma de fotografía.	MUY ALTO
El sistema de navegación satelital FMS UNS 1Lw, instalado hace más de 01 década y el sistema EFIS ubicados en el lado del piloto, son equipos discontinuados, por ende los costos de adquisición de los repuestos son elevados y la probabilidad de que requieran mantenimiento es elevada; por lo que representan un alto riesgo económico; considerando que el sistema de navegación no es dual sino único, en caso de una falla del equipo representa una parada inminente del avión y con esto la reducción de la producción aerofotogramétrica.	ALTO
En caso de presentar fallas en el sistema de navegación satelital, la aeronave no podrá seguir operando con los equipos análogos instalados del lado del copiloto, en función de lo estipulado en la MEL, sin embargo, esto representa un alto riesgo a la producción de fotografía aérea, ya que los equipos análogos no son confiables en las zonas donde no existe	MUY ALTO



cobertura de radio ayudas (No permite operar la aeronave por falta de duplicidad de equipo) siendo indispensable contar con un sistema de navegación satelital dual (piloto y copiloto), por lo tanto esto significa que la aeronave estará restringida operativamente,(no) siendo un alto riesgo para producción del IGM.	
Los equipos: VHF-22A, STATIC INVERTER, AIR DATA COMPUTER, C-14D COMPASS, VG-14, KMH-980, ELECTRONIC DISPLAY (ED-600), SYMBOL GENERATOR (SPERRY SG-605), FMS UNS 1Lw, son de vital importancia para la operación de la aeronave, si uno de estos equipos presentara fallas, la aeronave queda inoperable (situación AOG). Además, estos ya no están en producción, por lo tanto, en caso de encontrar estos equipos en el mercado, serán de un alto valor adquisitivo y la garantía técnica será mínima, por lo que, representa un alto riesgo económico y un alto riesgo a la producción de fotografía aérea.	MUY ALTO

1.1.5. EQUIPAMIENTO DE AVIÓNICA PROPUESTA

En base a las necesidades operacionales para que el IGM continúe brindando servicios de fotografía aérea con el Cessna 550 Citation II IGM-628, en la TABLA 1.5 se muestra el listado de requisitos técnicos que solventan las necesidades de equipos de aviónica de navegación actual de la aeronave.

TABLA 1.5: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN

En caso de no cambiar el Sistema de Gestión de Vuelo actual por un sistema moderno y para cumplir con la normativa de disponer con un sistema dual de piloto automático, para que tanto piloto como copiloto puedan operar la aeronave de manera segura; será necesario agregar un equipo de control adicional al Director de Vuelo; lo que primeramente será muy costoso y el espacio actual disponible en la aeronave no lo permite.
Implementar una nueva computadora de Piloto Automático, dual, el cual deberá integrarse al Sistema de Gestión de Vuelo Actual o Nuevo, con el fin de incrementar la precisión en la aeronavegación.
En el caso de los equipos Radio Ayudas como son la Antena VHF, se propone un cambio de transmisor por un equipo actualizado, que brinde mejores prestaciones y consuma menos corriente, además de ahorra espacio y peso en el compartimento de aviónica de la nariz (50% menos de consumo de corriente).
A través de la modernización, eliminar los INVERTERS, y mantener la corriente continua que sale de los generadores principales.
En el caso de los equipos AIR DATA COMPUTER (Computadora de Datos de Aire), C-14D COMPASS (Giroscopio), KMH-980 (TCAS I), y VG-14 (Giro Vertical), reemplazarlo por un sistema dual, tanto para piloto y copiloto actualizado, conectado a los navegadores y el GPS, la información deberá ser presentada en pantallas tanto para el piloto y como copiloto que serían incorporadas al panel de control de la cabina del avión.
El equipo WU-650 RCVR/XMTR UNIT (Radar Meteorológico), deberá ser reemplazado por un radar meteorológico digital compatible a las pantallas (EFIS) a ser integradas para piloto y copiloto. El equipo deberá trabajar con información satelital, con un rango de 80NM como mínimo, y deberá presentar la información meteorológica de tal forma



que disminuya la carga de trabajo de los pilotos y aumente la seguridad operacional para la toma de decisiones.
Reemplazar el equipo TDR-90 (Transponder AC) por un Transponder Digital, que maneje los modos ACS, que permita la integración de un sistema de alerta de tráfico TCAS II, y brinde información sobre posición, altura, velocidad y dirección de otras aeronaves para realizar operaciones evasivas en vuelo. Que la información se pueda presentar en las pantallas integradas EFIS del piloto y copiloto.
En reemplazo del equipo VIR-32 (Sistema de navegación punto a punto VOR), implementar un sistema digital dual de navegadores, que presente la información satelital de navegación en las pantallas del piloto y copiloto.
Adicional equipo ALT-55B (Radio Altimetro), incorporar un sistema de visión sintética, que indique el modelo digital del terreno, y presente la información en las pantallas del piloto y copiloto, complementado con información de enlace satelital. La información debe coincidir con la alarma visual y auditiva del radio altímetro.
Adicional al DME-42 (Equipo de Medición de Distancia), implementar un sistema de navegación satelital que presente información de posición en las pantallas de navegación del piloto y copiloto
En cuanto a los sistemas FMS UNS 1Lw (Sistema de Gestión de Vuelo), SYMBOL GENERATOR (SPERRY SG-605) (Sistema de Generación de Información Visual), ELECTRONIC DISPLAY (ED-600) (Pantallas actuales), implementar sistemas digitales duales, de arquitectura abierta para realizar integración de otros equipos a futuro y permitir procedimientos de aeronavegación satelital. Debe ser remplazado por un sistema de navegación individual y duplicado que permita respaldar la navegación en caso de fallos de uno de los dos.
Eliminar el equipo GC32A GRAPHICS COMPUTER de la aeronave siempre y cuando se dé la modernización de la aeronave, ya que no se utiliza y ocupa espacio en la compartimiento de aviónica, en la sección de quipos de la nariz de la aeronave.
De ser posible se intercambie por un sistema de grabación de datos de vuelo y audio de la cabina.

En base a los requerimientos mencionados en la TABLA 1.5, se presenta la propuesta de aviónica:

Cabina integrada con Dual G700Tx con certificación RVSM y TAWS-B, como navegadores se incluyen 2 GTN750 (COMM/NAV/GPS) con las cajas de audio GMA35 integradas, un sistema de TCAS II 7.1 con 2 transponder GTX3000 con capacidad de ADS-B, un radar meteorológico GWX75, 2 indicadores SAM302 como STBY, se integra el Preselector de ALT a las GDU1060 mediante el 602R, se proponen 2 anunciadores de modos de AP, una nueva disposición del Glare Shield y por ultimo una nuevo indicador de MACH y Vertical Speed.



Figura 1.3. Cabina con la aviónica propuesta

El listado de equipos se muestra a continuación:

TABLA 1.6: EQUIPOS PRINCIPALES REQUERIDOS			
Ítem	Sistema	Descripción	Cant.
1	Dual G700Txi de 10,6 " con RVSM	GDU 1060,G700 TXi,BLACK,Standard	2
2		LRU Kit, G600 TXi RVSM, GRS 7800/GDC 7400 Remote RVSM Sensors	2
3		Install Kit, G700 TXi RVSM, GRS 7800/GDC 7400	2
4		Data Card, TXi, Database	1
5		Kit, Prod Info,GDU 700/1060	1
6		Americas South SD Datacard with Navigation, Americas South Terrain, US/Europe Obstacles, airports, databases	2
7		Chartview Enablement SD Datacard	2
8		TAWS-B Enablement SD Datacard	1
9		RVSM Enablement SD Datacard	2
10		Digital Radar Enablement SD Datacard	1
11		Radar Altimeter Enablement SD Datacard	1
12		G 700 Txi External Video Enablement SD Datacard	1
13		TCAS Enablement SD Datacard	1
14		Flight stream 510	1
15		G500/600/700 TXi Installer Unlock	1



16	Dual GCU 485	GCU 485, 4 Buttons, Unit Only - CDI/GPSS/ARM/ENG	2
17		GCU 485 Conn. Kit	2
18	DUAL GAD 43e	GAD43e, Standard (Enhanced interface adapter)	2
19		KIT, Prod Info, GAD 43	2
20	Dual GTN750 with 16 watts Comm.	GTN 750 black GPS/COM/NAV receiver w/rack, backplate, conn kit, config module and product information kit*	2
21		GA 35 GPS/WAAS antenna	2
22		ADSB Enablement SD Datacard	2
23		Americas South SD Datacard with Navigation, Americas South Terrain, US/Europe Obstacles, airports, databases	2
24		16 Watts Comm Enablement SD Datacard	2
25	Audio Box GMA35 with Marker Beacon.	GMA 35 Remote System with installation kit and pilot guide.	1
26		Headset BOSE A20 compatibles con el audio modernizado.	4
27		GMA 340 beacon antenna	1
28	Radar GWX75	GWX 75 Processor with 12" Antenna & Install Kit	1
29		Configuration module	1
30	Dual SAM MD302 STBY Ind	Standby Attitude Module (SAM) Digital, 10–32 VDC, Attitude, Altitude, Airspeed, Slip, Internal battery (NiMH), Black bezel	2
31	FAA STC	FAA STC para la instalacion de Dual GDU 1060 Con Cert. RVSM Y Dual GTN 700	1
32	Glare Shield	Glare Shield with Annunciators Relocated	1
33	Indicador MACH, VS	CD 125R Mach, Vertical Speed and Indicated Speed Display	1
34	Ind. Modos de AP	Flight Director Mode Annunciator	2
35	Selector ALT	602R Preselect	1
36		Summing AMP (2) per box	2
37	BASE DE DATOS DE NAVEGACION	Suscripción de software de navegación PILOTPACK bianual POR EQUIPO (GTN 7XX series)	2
38		Suscripción de software de navegación PILOTPACK y CARTAS ELECTRÓNICAS bianual POR EQUIPO (G700TXi)	2
39	TCAS II 7.1 con DUAL GTX3000	TCAS II Change 7.1 System, including GTS 8000 TCAS Processor, Dual GTX 3000 TCAS Transponders, and installation and connector kit	1
40		Low Profile Directional TCAS Antenna White	2



41	RADIO ALTIMETRO GRA 5500	Compatible con el sistema modernizado que incluya kit de instalación y guía de piloto.	1
42		Antenas de radio altímetro	2

Adicionalmente, es requerido integrar los sistemas:

TABLA 1.7: INTEGRACION DE SISTEMAS REQUERIDA			
Ítem	Sistema	Descripción	Cant.
1	Piloto Automático	SPERRY Autopilot y Flight Director	1
2	ELT	ELT 406	1
3	Cámara de gran formato	Utracam XP	1
4	DME	DME-42	2
5	Caja Negra	CVR	3

1.1.6. DESVENTAJAS DE OPERAR CON LA AVIÓNICA ACTUAL

- Varios riesgos a la seguridad operacional en cuanto a la funcionabilidad del equipo y al incumplimiento de disponer un sistema dual.
- Riesgos en cuanto a cumplir una adecuada producción de fotografía aérea, por paradas prolongadas de la aeronave, debido al reporte de su aviónica.
- No disponer de un equipo de navegación de back up, al tener solo un sistema primario, si este se reporta, la aeronave queda en tierra.
- Debido a que es un equipo antiguo es descontinuado, por lo que el futuro no habrá soporte técnico.
- Bajo porcentaje de operabilidad debido a reportes no programados
- Paradas repetitivas de la aeronave de forma periódica de intervalos cada vez más cortos
- No existe espacio para implementar nuevos equipos en el compartimiento de aviónica en la nariz de la aeronave, limitando la posibilidad de acoplar un sistema adicional para convertir el sistema actual en un sistema dual (Sistema EFIS).
- En próximas fechas las regulaciones ARNAV nacionales pasarán de ser recomendación serán de carácter obligatorio, lo que impediría la operación de la aeronave si no se actualiza su equipo de navegación, como ha sucedido en anteriores ocasiones.
- El avión del IGM por su configuración de navegación no puede cumplir aproximaciones RNAV en aeropuertos como Quito, Guayaquil, Latacunga, Manta, Cuenca; los que es un peligro latente en el caso de existir fallas en tierra, por equipos fijos, así como fallas del equipamiento del avión. Este tipo de aproximación pone en riesgo la vida de la tripulación y sus pasajeros.

1.1.7. VENTAJAS DE OPERAR CON AVIÓNICA MODERNA



- En caso de tener falla en vuelo de uno de los equipos del Sistema de navegación satelital, la aeronave podrá continuar operando gracias al sistema dual para piloto y copiloto.
- La arquitectura de los sistemas de aviónica moderna gracias a la compatibilidad con otros sistemas, permiten la implementación de equipos adicionales.
- Durante los vuelos en zonas donde no exista cobertura de radio ayudas, la aeronave podrá operar sin problemas
- La implementación del sistema de Visión Sintética durante la navegación, permitirá operar de forma segura la aeronave en condiciones de no visibilidad
- El sistema dual de navegación satelital, permitirá al copiloto participar de forma activa en la operación aeronave (actualmente no se cumple)
- El sistema anticolidión TCAS II, brindará información detallada de posición, velocidad, dirección, altura y trayectoria de colisión, y podrá realizar maniobras de manera automática para evitar colisiones con otras aeronaves en vuelo.
- Al contar con dos pantallas y sistemas duales de control, la información de navegación es presentada para ambos pilotos
- Los riesgos de operaciones de vuelo serán mitigados al contar con sistemas de navegación redundantes
- Las regulaciones civiles para navegación en el espacio aéreo controlado del país se están modernizando, actualmente en vigencia se tienen las **“Regulaciones sobre la aplicación en el Ecuador del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) - AIC 001-18”**, el contar con un sistema de navegación actualizado en temas de aeronavegación, permite explotar esta regulación, ampliando las capacidades de operación de la aeronave en el Ecuador y en el exterior en donde son obligatorias, como se mencionó anteriormente, en el futuro cercano estas regulaciones serán de cumplimiento obligatorio, siendo imposible la operación de la aeronave si no se moderniza su equipo actual.

1.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

1.2.1. SITUACIÓN ECONÓMICA ACTUAL DEL PAÍS (2020)

SITUACION ACTUAL DEL COVID 2019

El 16 de marzo del 2020, el Señor Presidente de la República, Lenín Moreno Garcés, a través de Mediante Decreto Presidencial Nro. 1017, declaró el Estado de Excepción en todo el territorio ecuatoriano, con el propósito de contener la transmisión del coronavirus (COVID-19), con una duración de 60 días (Anexo_2 Decreto Presidencial No_1017 17-marzo - 2020).

REPERCUSIONES EN LA ECONOMIA DEL PAIS

El pasado 15 de abril del 2020, el Economista Richard Martinez, Ministro de Economía y Finanzas de Ecuador, en su comparecencia ante la Asamblea Nacional anunció que el Ecuador registrará una caída de ingresos de \$7036 millones de dólares americanos en el



2020, producto de la pandemia global provocada por el COVID – 19, además indicó que la repercusión más fuerte está dada a partir de la caída en el precio del barril de petróleo.

El Gobierno actualmente afronta un déficit fiscal de \$7000 millones de dólares, que incluyen la brecha fiscal y los planes de incentivos.

Como ingresos positivos, esperan tener \$129 millones de dólares por retenciones del Impuesto a la Renta y \$908 millones de dólares por contribuciones solidarias.

Además, indicó que se espera negociar la deuda externa a través del diferimiento de intereses hasta agosto del presente año.

Se ha logrado obtener \$580 millones de dólares, mediante la figura de financiamiento emergente para protección social y salud. (Anexo_3 Comparecencia Ministro finanzas 15-abril-2020)

1.2.2. VALOR ACTUAL DE LA AERONAVE

Se realizó una revalorización del precio del avión Cessna 550 Citation II IGM-628, el cual indica que el valor actual de la aeronave es:

$$\text{VALOR ACTUAL DEL AVIÓN} = \$1'683.083,35 \text{ USD}$$

El tiempo de vida útil remanente planteados para el análisis de dicho estudio fue de 12 años, lo que quiere decir que la aeronave podrá operar hasta el 2031 contando al año 2019 como año inicial.

Es requerido mencionar que dicho análisis de tiempo de vida, está basado en el análisis técnico de duración de overhaul de los motores del avión, el cual es TBO = 3500hrs. Ver (Anexo_4_Acta de reavalúo aeronave IGM-628)

1.2.3. COSTO DE MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA

Se solicitó a 7 empresas cotizaciones por el valor de la modernización de la aviónica de la aeronave en base a lo descrito en la TABLA 1.6: EQUIPOS PRINCIPALES REQUERIDOS Y TABLA 1.7: INTEGRACION DE SISTEMAS REQUERIDOS

Se solicitó a las empresas: REDIMEC, INSUME, MILLENNIAL TECHNOLOGIES, CANAGLAD, SEARCA, AVIOINGENIERÍA y ARICA SA, una cotización por los servicios de instalación de aviónica en la aeronave, desde mediados de marzo, bajo las siguientes condiciones:

- El costo de los equipos de aviónica
- Costo de instalación de los equipos de aviónica en Ecuador con personal técnico ecuatoriano, bajo supervisión y dirección de un taller certificado.



- Costo de instalación de los equipos de aviónica en talleres certificados en el extranjero.
- Tiempo requerido para la instalación en cada condición.

Donde, solo dos de las siete empresas contactadas proveyeron la cotización solicitada y se comunicaron con los suscritos para proveer la información solicitada. Estas fueron: REDIMEC y MILLENNIAL TECHNOLOGIES, indicando lo descrito en la TABLA 1.8:

TABLA 1.8: RESUMEN DE COTIZACIONES						
ÍTEM	EMPRESA	LOCACIÓN	TIEMPO	CERTIFICACIÓN	ORIGEN	COSTO
1	REDIMEC	Hangares Aviación del Ejército Ecuatoriano	60 Días ejecución + tiempo impor 60 días aprox	Dealer Autorizado - Certificación 145 ANAC	Argentina	\$ 536.770,00 USD + Costo de envío + Imp. de Importación al Ecuador
2	Millenial Technologies	Hangares Aviación del Ejército Ecuatoriano	112 Días	Dealer Autorizado - Certificación 145 FAA	Estados Unidos	\$ 782.345,00 USD
3	Millenial Technologies	Fort Lauderdale, Florida, Estados Unidos	56 Días	Dealer Autorizado - Certificación 145 FAA		\$ 662.345,00 USD

Debido a que no se cuenta con el suficiente número de cotizaciones para realizar un análisis comparativo entre las mismas en el análisis económico, y dado que es un estudio de factibilidad y no un estudio de mercado, se tomarán los valores más elevados de las cotizaciones presentadas, tanto para la instalación en Ecuador, como para la instalación en el extranjero, de esta forma, se tendrá el escenario económico menos favorable.

Ver: Anexo_5_cotizacion_REDIMEC_Inst_ECUADOR
Anexo_6_cotizacion_MILENIAL_Inst_ECUADOR
Anexo_7_cotizacion_MILENIAL_Inst_USA

En este caso se tiene un costo para la modernización en el Ecuador de \$ 782.345,00 USD y de \$ 662.345,00 USD en el extranjero.

Los tiempos medios de ejecución rondan en los 60 días en el extranjero y 120 días en el Ecuador.

1.2.4. COSTO BENEFICIO DE LA MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA



a) Tiempo de vida útil remanente de la aeronave y sus motores

En base a lo descrito en el inciso 1.2.2 análisis del valor actual de la aeronave, se establece que la aeronave podrá operar hasta el año 2031, con los motores actuales, siempre y cuando se cumpla lo estipulado en el manual de mantenimiento de la aeronave.

b) Tiempo de vida útil de la inversión de modernización

El tiempo de duración de los equipos de aviónica para navegación es aproximadamente 10 años, esto está relacionado a la discontinuidad de producción, la brecha tecnológica y legislación aeronáutica nacional, la cual se actualiza cada vez que nuevas tecnologías son implementadas por explotadores aeronáuticos.

c) Número de horas de vuelo anuales planificadas

En la TABLA 1.9 se muestran las horas voladas del avión Cessna Citation II 550 IGM-628 anualmente, desde 2012 al 2019.

TABLA 1.9: HORAS VOLADAS ANUALMENTE			
Año 2012	=	200:40:00	Hrs / Año
Año 2013	=	243:20:00	Hrs / Año
Año 2014	=	199:20:00	Hrs / Año
Año 2015	=	299:25:00	Hrs / Año
Año 2016	=	160:35:00	Hrs / Año
Año 2017	=	166:45:00	Hrs / Año
Año 2018	=	196:30:00	Hrs / Año
Año 2019	=	202:20:00	Hrs / Año
Horas anuales promedio	=	208:36:52	Hrs / Año

El promedio de horas voladas por año, desde 2012 hasta 2019, es de 208 horas, sin embargo, se debe considerar que la aeronave ha volado un mínimo de 160 horas y máximo de casi 300 horas, por lo que se considerará la condición de máxima operación de la aeronave, debido a la demanda actual de los proyectos en ejecución en el IGM.

d) Área fotografiada requerida anualmente

El requerimiento real de levantamiento de fotografía aérea anual es de 25.000 Km², los cuales sirven como insumo para el procesamiento de información por parte del personal geográfico del IGM.

Las condiciones meteorológicas del país son muy cambiantes, y esto tiene un impacto directo en el levantamiento fotográfico, según el reporte de obtención de cartografía básica oficial actualizada del país en los años 2018 y 2019, se realizaron levantamientos por 12.341 Km² y 16.229 Km² respectivamente. Estos datos muestran la exigencia en temas de disponibilidad operacional que debe cumplir la aeronave CESSNA CITATION



II, ya que los cielos despejados, idóneos para fotografía aérea, pueden tornarse nublados en cuestión de minutos, por lo que contar con una aeronave que pueda responder a estas exigencias equipada con una aviónica que permita una navegación eficiente, incluyendo un sistema de meteorología, es una prioridad para el cumplimiento del deber ser del IGM.

El Instituto Geográfico Militar actualmente desarrolla proyectos de gran escala a nivel nacional como es el caso del proyecto de inversión: ***“OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA OFICIAL ACTUALIZADA DEL PAÍS MULTIESCALA”***, donde se requiere realizar un levantamiento fotográfico aéreo de un área de 100.000 Km², habiéndose levantado desde el 2018 a la fecha un total de 28.570 Km².

Es decir que es requerido realizar el levantamiento del área restante, la cual es de 71.430 Km² en los próximos años. Si se quiere incrementar la producción de la aeronave a 25.000 Km² anuales, se requerirá la modernización de los instrumentos de navegación de la aeronave, a fin de evitar las paradas por problemas en los equipos actuales.

e) Costo de levantamiento fotografía aérea.

Según el estudio de mercado presentado por la Gestión Cartográfica en 2018, el precio aproximado en el mercado para la fotografía aérea del país para una superficie de **41.691,4 Km²**, fue de **\$ 3'832.020,54** dólares, es decir, un valor de **\$ 91,91 dólares** por Kilómetro cuadrado, datos obtenidos en el estudio de mercado **SINS-R-139-2018-IGM** para el proyecto ***“OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA OFICIAL ACTUALIZADA DEL PAÍS MULTIESCALA”***.

En un análisis de costos para el levantamiento del mismo proyecto, se consideró la toma de fotografía aérea con las aeronaves del IGM, esto incluía el costo operacional de la aeronave Cessna 550 Citation II IGM 628 y la aeronave Cessna T206H IGM-174, así como viáticos de tripulación, servicios de mantenimiento, repuestos de las aeronaves, y adicionalmente, se consideró costos operacionales de viáticos y movilización de personal del proyecto, evaluado para un área de 17.247Km², obteniéndose un costo por Kilómetro cuadrado de **\$45.28**.

El costo de fotografía aérea realizada por el IGM es **\$46.63** dólares, más barato que lo ofertado por particulares.

f) Costo de horas de vuelo del avión CESSNA 550 CITATION II IGM-628

En el **“INSTRUCTIVO N° COMACO-DIRLOG-2019-G-4-C-001” PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE LA HORA DE VUELO PARA LAS AERONAVES DE LAS FUERZAS ARMADAS**, en su parte 3. DISPOSICIONES GENERALES, literal (d) manifiesta; **“Para determinar el costo de la hora de vuelo se consideran los siguientes parámetros”**:



(1) Para el costo del vuelo Presidencial:

- Insumos para la operación
- Mantenimiento
- Entrenamiento

(2) Para el costo del vuelo Militar:

- Insumos para la operación
- Mantenimiento
- Entrenamiento
- Asignación económica anual

(3) Para el costo del vuelo Sector Público:

- Insumos para la operación
- Mantenimiento
- Entrenamiento
- Depreciación
- Mano de Obra
- Seguro de Aeronaves
- Asignación Económica Anual

Tomando estos parámetros, se estableció el costo el costo de la hora de vuelo en Operación Militar y Operación Civil del avión Cessna 550 Citation II IGM-628:

TABLA 1.10: COSTO DE HORA DE VUELO / OPERACIÓN IGM						
AERONAVE	INSUMOS PARA LA OPERACIÓN	MTTO (CORRECTIVO Y PREVENTIVO)	ENTRENAMIENTO (SIMULADORES)	MTTO EQUIPO DE TIERRA Y GASTOS	INFRAESTRUCTURA OPERATIVA	COSTO POR HORA OPERACIÓN MILITAR
CESSNA CITATION	\$402.80	\$500.62	\$224.72	\$4.57	\$375.84	\$1.508,55

En este costo de hora de vuelo para operación IGM no se toma en cuenta la depreciación del bien, debido a que el valor contable actual tiene un registro del 10%, y debe ser actualizado, ya que actualmente se cuenta con el estudio de revalorización de la aeronave.

Costo de la hora de vuelo operación Civil.

TABLA 1.11: COSTO DE HORA DE VUELO / OPERACIÓN CIVIL									
AERONAVE	INSUMOS PARA LA OPERACIÓN	MTTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO	ENTRENAMIENTO Y CAPACITACION	DEPRECIACION AERONAVE	SUELDO PERSONAL	SEGURO AERONAVES	MTTO EQUIPO DE TIERRA Y GASTOS	INFRAESTRUCTURA OPERATIVA	COSTO POR HORA OPERACIÓN CIVIL
CESSNA CITATION	\$402.80	\$500.62	\$224.72	\$251.39	\$418.08	\$314.57	\$4.57	\$375.84	\$2,492.59



Considerando el valor actual de la aeronave (\$1'683.083,35 USD), se tiene una depreciación anual de \$136.466,22 USD y tomando en cuenta que el número de horas de vuelo anuales es de 300hr, se tiene la siguiente estimación de costo de hora de vuelo del avión:

TABLA 1.12: COSTO DE HORA DE VUELO DESDE 2020 / OPERACIÓN IGM							
AERONAVE	INSUMOS PARA LA OPERACIÓN	MTTO (CORRECTIVO Y PREVENTIVO)	ENTRENAMIENTO (SIMULADORES)	MTTO EQUIPO DE TIERRA Y GASTOS	INFRAESTRUCTURA OPERATIVA	DEPRECIACION AERONAVE	COSTO POR HORA OPERACIÓN MILITAR
CESSNA CITATION	\$402.80	\$500.62	\$224,72	\$4,57	\$375.84	\$454.89	\$1.963,44

g) Costo operativo de fotografía aérea por kilómetro cuadrado del avión CESSNA 550 CITATION II IGM-628 con la aviónica actual.

En base al costo de hora de vuelo del avión de la TABLA 1.12, se ha procede a calcular el costo de levantamiento por Km²:

- El costo de hora de vuelo es de \$1.963,44 USD.
- Horas de vuelo anuales estimadas 300hrs.
- Área fotografiada deseada 25.000 Km².
- Costo de operación anual estimado \$589.032,00 USD.

Por lo tanto, el costo de km² fotografiado actualmente, fuera del costo de viáticos es:

Costo por Km cuadrado \$23.56 USD

h) Costo operativo de fotografía aérea por kilómetro cuadrado del avión CESSNA 550 CITATION II IGM-628 con la MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA EN ECUADOR.

Si consideramos una inversión de \$ 782.345,00 USD en la modernización de la aeronave, y realizamos nuevamente una revalorización, tomando una amortización para 11 años, se tiene la siguiente tabla de valores:

TABLA 1.13: ESTIMACIÓN VALOR DE LA AERONAVE CON MODERNIZACIÓN EN ECUADOR			
Años de vida útil remanentes	=	11	
Año de análisis	=	2020	
Año final del bien	=	2031	
Valor Contable 2020	=	\$1,683,083.35	USD
Costo de modernización	=	\$ 782,345.00	USD
Revalorización Contable	=	\$2,465,428.35	USD
Nuevo Valor Residual Contable	=	\$ 246,542.83	USD
Nueva Depreciación Anual	=	\$ 201,716.86	USD/Año
Depreciación por hora	=	\$ 672.39	USD/Hr



Por lo tanto, se tiene que la aeronave pasaría de tener un valor inicial de \$1'683.083,35 USD a \$2'465.428,35 USD, aproximadamente.

Es decir que la nueva depreciación anual sería de \$ 201.716,87 USD.

Si tomamos el mismo criterio de 300 hrs de vuelo anuales, entonces podemos estimar un costo de depreciación por hora de la aeronave de \$672.39 USD.

Por lo tanto, el costo de hora de vuelo de la aeronave con la modernización de aviónica será de \$2.180,94 USD, como se muestra en la TABLA 1.14:

TABLA 1.14: COSTO DE HORA DE VUELO MODERNIZADO EN ECUADOR/ OPERACIÓN IGM							
AERONAVE	INSUMOS PARA LA OPERACIÓN	MTTO (CORRECTIVO Y PREVENTIVO)	ENTRENAMIENTO (SIMULADORES)	MTTO EQUIPO DE TIERRA Y GASTOS	INFRAESTRUCTURA OPERATIVA	DEPRECIACION AERONAVE	COSTO POR HORA OPERACIÓN MILITAR
CESSNA CITATION	\$402.80	\$500.62	\$224.72	\$4.57	\$375.84	\$672.39	\$2,180.94

Entonces estimamos el costo de levantamiento de fotografía aérea por kilómetro cuadrado tomando en cuenta los siguientes valores:

- El costo de hora de vuelo sería de \$2.180,94 USD.
- Horas de vuelo anuales estimadas 300hrs.
- Área fotografiada deseada 25.000 Km².
- Costo de operación anual estimado \$ 654.282,00 USD.
- Diferencia de costo de producción fotográfica anual respecto de la aviónica actual sería de \$65.250,00 USD aproximadamente.
- Diferencia de costo de operación por hora respecto de la aviónica actual sería de \$217,5 USD

Por lo tanto, el costo de km² fotografiado sería de \$26,17 USD fuera del costo de viáticos.

Si consideramos la diferencia del costo por km² fotografiado con la aviónica actual respecto del costo con la aviónica modernizada se tiene un valor de \$2,61USD.

Es decir que el costo de operación de la aeronave se incrementará en un 11.1%.

i) Costo operativo de fotografía aérea por kilómetro cuadrado del avión CESSNA 550 CITATION II IGM-628 con la MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA EN EL EXTRANJERO.

Si consideramos una inversión de \$ 662.345,00 USD en la modernización de la aeronave, y realizamos nuevamente una revalorización de la aeronave, tomando una amortización para 11 años, se tiene la siguiente tabla de valores:



TABLA 1.15: ESTIMACIÓN VALOR DE LA AERONAVE CON MODERNIZACIÓN EN EL EXTRANJERO			
Años de vida útil remanentes	=	11	
Año de análisis	=	2020	
Año final del bien	=	2031	
Valor Contable 2020	=	\$1,683,083.35	USD
Costo de modernización	=	\$ 662,345.00	USD
Revalorización Contable	=	\$2,345,428.35	USD
Nuevo Valor Residual Contable	=	\$ 234,542.83	USD
Nueva Depreciación Anual	=	\$ 175,907.13	USD/Año
Depreciación por hora	=	\$ 586.36	USD/Hr

La aeronave pasaría de tener un valor inicial de \$1'683.083,35 USD a \$ 2'345.428,35 USD, aproximadamente.

Es decir que la nueva depreciación anual sería de \$ 175.907,13 USD.

Si tomamos el mismo criterio de 300 hrs de vuelo anuales, entonces podemos estimar un costo de depreciación por hora de la aeronave de \$ 586,36 USD.

Por lo tanto, el costo de hora de vuelo de la aeronave con la modernización de aviónica será de \$2.148,21 USD, como se muestra en la tabla 1.16:

TABLA 1.16: COSTO DE HORA DE VUELO MODERNIZADO EN EL EXTRANJERO/ OPERACIÓN IGM							
AERONAVE	INSUMOS PARA LA OPERACIÓN	MTTO (CORRECTIVO Y PREVENTIVO)	ENTRENAMIENTO (SIMULADORES)	MTTO EQUIPO DE TIERRA Y GASTOS	INFRAESTRUCTURA OPERATIVA	DEPRECIACION AERONAVE	COSTO POR HORA OPERACIÓN MILITAR
CESSNA CITATION	\$402.80	\$500.62	\$224.72	\$4.57	\$375.84	\$586.36	\$2094.91

Entonces estimamos el costo de levantamiento de fotografía aérea por kilómetro cuadrado tomando en cuenta los siguientes valores:

- El costo de hora de vuelo sería de \$2094,91 USD.
- Horas de vuelo anuales estimadas 300hrs.
- Área fotografiada deseada 25.000 Km².
- Costo de operación anual estimado \$ 628.472,13 USD.
- Diferencia de costo de producción fotográfica anual respecto de la aviónica actual sería de \$39.440,13 USD aproximadamente.
- Diferencia de costo de operación por hora respecto de la aviónica actual sería de \$131,47 USD

Por lo tanto, el costo de km² fotografiado sería de \$25,14 USD fuera del costo de viáticos.



Si consideramos la diferencia del costo por km² fotografiado con la aviónica actual respecto del costo con la aviónica modernizada se tiene un valor de \$1,58 USD.

Es decir que el costo de operación de la aeronave se incrementará en un 6,7%.

j) Beneficios de invertir en la modernización de la aviónica de la aeronave.

Se han identificado los siguientes beneficios económicos.

- Con la modernización de la aviónica de la aeronave, el IGM contará con una aeronave operativa por 11 años más, hasta el año 2031.
- Con aviónica modernizada la aeronave podrá incrementar su producción fotográfica anual, ya que la frecuencia de reportes de mantenimiento será menor.
- La inversión de actualización de aviónica de la aeronave frente a la compra de una aeronave nueva es relativamente baja.
- El incremento del costo operacional tomando en cuenta la depreciación de los equipos, será entre el 6,6% y el 11,1% al año, dependiendo si se realiza en el extranjero o en Ecuador respectivamente.
- El costo anual de la inversión estará entre \$ 60.213,18 USD y \$71.122,27 USD aproximadamente.
- El nuevo valor contable de la aeronave pasará de \$ 1'683.083,35 USD a un valor entre \$2'345.428,35USD a 2'465.428,35USD, dependiendo si se realiza en el extranjero o en Ecuador respectivamente, lo que se ve reflejado en los archivos de bienes activos del IGM.
- La aeronave podrá operar en espacios aéreos controlados y no controlados, en condiciones de no visibilidad de forma segura y aeronavegable, lo que permitirá el traslado de la aeronave de forma más eficiente, brindando un mayor alcance en temas operativos.
- La aeronave tendrá mayor índice de operabilidad, pudiendo cumplir con todos los requerimientos operacionales por parte del IGM.

1.2.5. ESCENARIOS PARA TOMA DE DECISIÓN

Se plantean 3 escenarios en función de la disponibilidad del presupuesto:

a) ESCENARIO 1: SE MANTIENE LA AVIÓNICA ACTUAL

Actualmente la aeronave está operativa, con problemas que son solucionables, sin embargo, cada vez los reportes del equipo de aviónica actual son más frecuentes, por lo que, en un futuro muy próximo se tendrá el avión más tiempo inoperable en tierra que operativo y aeronavegable, poniendo en riesgo el cumplimiento de los compromisos adquiridos en los proyectos cartográficos.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se deberá considerar la contratación de servicios a terceros para el levantamiento de fotografías aéreas.



b) ESCENARIO 2: SE MODERNIZA LA AERONAVE

Se invierte en la modernización de la aviónica de la aeronave, los equipos permiten continuar con la operación de forma regular y segura, por un tiempo estimado de 11 años.

El costo de la inversión realizada en el 2019 de mantenimiento mayor y de modernización de aviónica se amortiza en los años de servicio remanentes que le quedan al avión, y previo a llegar al término de vida útil de la aeronave, se procede al remate del bien para la compra de una nueva aeronave.

c) ESCENARIO 3: ADQUISICIÓN DE UNA AERONAVE

Se da la aeronave como parte de pago y se adquiere una aeronave nueva o usada según el presupuesto planificado, aprobado y asignado para dichos fines, lo que permitirá contar con la capacidad de fotografía aérea, para el cumplimiento del deber ser del Instituto Geográfico Militar.

Por otro lado, la aeronave cumplió 30 años desde su año de fabricación, por lo cual, desde un punto de vista de seguridad operacional es justificable que se dé de baja la aeronave. Sin embargo, se debe considerar la inversión de **\$ 1'593.426,81 USD** para la repotenciación estructural y de motores, a la cual fue sometida en el año 2019, lo que permitió un alargue de vida útil de 12 años (Hasta el año 2031), por tal motivo el bien fue revalorizado conforme a lo estipulado en el *"REGLAMENTO ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE BIENES DEL SECTOR PÚBLICO"*. Cabe mencionar que su revalorización está basada estrictamente en los montos invertidos por el Estado Ecuatoriano, y no en función de su valor actual en el mercado, por lo que, en este escenario, es necesario considerar que el valor de la aeronave en el mercado es de alrededor de \$785.000USD, como se indica en la TABLA 1.17 según el análisis de precios de aeronaves similares (Anexo_8_Precio de aeronaves similares), mientras que el valor de la aeronave IGM-628, para el IGM es de **\$1'683.083,35 USD**.

Con lo cual, si la aeronave se vende, se debe considerar que las inversiones de mantenimiento hechas en el año 2019, deben ser devengadas por el IGM, ya que, si la aeronave se da como parte de pago, se tomaría el valor del mercado, el cual es muy inferior al registrado, lo cual representaría una pérdida para el Estado Ecuatoriano ya que la aeronave si puede seguir brindando servicios al IGM por lo menos 5 años más.

TABLA 1.17: PRECIO PROMEDIO EN EL MERCADO DE AERONAVES CITATION II					
ITEM	EMPRESA VENDEDORA	S/N	AÑO	HORAS	PRECIO
1	Abaco Jet Services	550-0633	1990	6570	\$ 700,000.00
2	International Aircraft Marketing & Sales	550-0697	1993	6880	\$ 600,000.00
3	Lane Aviation	550-0713	1992	8174	\$ 1,095,000.00
4	Aero Solutions	550-0716	1992	5064	\$ 945,000.00
5	Blue Sky Jet Aviation	550-0683	1991	4028	\$ 929,000.00
6	USA Jet and Helicopter	550-0678	1991	3400	\$ 835,000.00
7	Valor Jets	550-0669	1991	7652	\$ 695,000.00



8	Greg Rupp	550-0627	1990	4564	\$ 670,000.00
9	Juan Plaza	550-0593	1989	10565	\$ 600,000.00
PRECIO PROMEDIO			1991	6322	\$ 785,444.44

1.3. ANÁLISIS LEGAL

1.3.1. REGLAMENTO DE BIENES APLICABLE

“REGLAMENTO ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE BIENES DEL SECTOR PÚBLICO

*Acuerdo de la Contraloría General del Estado 67
Registro Oficial Suplemento 388 de 14-dic.-2018
Estado: Vigente No. 067-CG-2018*

TITULO I AMBITO GENERAL

CAPITULO I DISPOSICIONES PRELIMINARES

Art. 1.- Objeto y ámbito de aplicación.- El presente Reglamento regula la administración, utilización, manejo y control de los bienes e inventarios de propiedad de las instituciones, entidades y organismos del sector público y empresas públicas, comprendidas en los artículos 225 y 315 de la Constitución de la República del Ecuador, entidades de derecho privado que disponen de recursos públicos en los términos previstos en el artículo 211 de la Constitución de la República del Ecuador y en los artículos 3 y 4 de la Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado, y para los bienes de terceros que por cualquier causa se hayan entregado al sector público bajo su custodia, depósito, préstamo de uso u otros semejantes.

TITULO III ADMINISTRACION DE BIENES E INVENTARIOS

CAPITULO II DE LA FABRICACION O MODIFICACION DE BIENES O INVENTARIOS

Art. 32.- Procedimiento. - Las entidades y organismos que cuenten con unidades productivas que fabriquen, elaboren o modifiquen internamente bienes o inventarios, los ingresarán al patrimonio institucional tomando como base el siguiente procedimiento de acuerdo a su estructura y organización.

a) La Unidad Productiva comunicará al titular de la Unidad Administrativa, o a quien haga sus veces, que los bienes o inventarios cuya fabricación haya sido autorizada se encuentran terminados y adjuntará el detalle con sus características como: descripción, modelo, color, material, dimensiones u otros que se considere necesarios.



- b) Para el caso de bienes intangibles protegidos por derechos de propiedad intelectual, la Unidad Administrativa, o aquella que haga sus veces, solicitará a la Unidad Jurídica, o a la que haga sus veces, que inicie el trámite de registro ante la autoridad nacional competente en materia de derechos intelectuales, siempre y cuando se cumplan las condiciones previstas por el ente rector de las finanzas públicas, para ser considerados activos intangibles.*
- c) La máxima autoridad, o su delegado, procederá conforme lo establece el artículo 85 del presente Reglamento para la realización del avalúo de bienes y/o inventarios de la entidad u organismo.*
- d) El/los servidores designados; o, el perito que realice la inspección y valoración de bienes, emitirán un informe que será enviado a los titulares de las Unidades Administrativa y Financiera, respectivamente.*
- e) La Unidad Administrativa señalará la fecha para el ingreso de estos bienes y/o inventarios a bodega, mediante un acta de entrega recepción que será suscrita por el titular de la Unidad Productiva y el Guardalmacén, o quien haga sus veces.*
- f) El Guardalmacén, o quien haga sus veces, procederá con el ingreso del bien o inventario en el registro institucional y la codificación según el tipo de bien.*
- g) El titular de la Unidad Financiera dispondrá el registro contable.*

CAPITULO III

DISPOSICIONES COMUNES PARA TODOS LOS BIENES E INVENTARIOS

Sección I

Actos de Administración de los Bienes e Inventarios

Art. 46.- Revalorización. - Los titulares de las entidades y organismos comprendidos en el artículo 1 del presente Reglamento, dispondrán la conformación de una comisión integrada por el Guardalmacén, o su/s delegado/s; el/los delegados/s de la Unidad Financiera, y el/los delegados/s de la Unidad Administrativa de la entidad u organismo, a fin de que verifiquen regularmente que el valor en libros no tenga una diferencia significativa del valor de mercado al final del período. Si fuera el caso, se deberá realizar una revalorización anual y si la variación no es significativa será suficiente cada tres o cinco años. Para proceder con la revalorización se priorizará los bienes de Infraestructura como Viales, Portuarios, Aeropuertos, Infraestructura Hidráulicas, Centrales Hidroeléctricas, Termoeléctricas, Eólicas y otros bienes de infraestructura de servicio público. Se tomará en cuenta los bienes similares o de iguales características, su estado y su vida útil. Deberá emplearse para esta tarea los conceptos vertidos en las Normas Técnicas de Contabilidad Gubernamental.

TITULO V

MANTENIMIENTO DE BIENES

Art. 162.- Mantenimiento de bienes. - Las entidades y organismos comprendidos en el artículo 1 del presente Reglamento, velarán de forma constante por el mantenimiento preventivo y correctivo de los bienes, a fin de conservar su estado óptimo de funcionamiento y prolongar su vida útil. Para el efecto diseñarán y ejecutarán programas



de mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de no afectar la gestión operativa de la entidad u organismo. Los mantenimientos preventivos serán dados por las unidades técnicas si existen, de acuerdo a la naturaleza de los bienes.

CAPITULO II

MANTENIMIENTO DE LOS DEMAS BIENES

Art. 166.- Plan de mantenimiento. - Todas las entidades u organismos comprendidos en el artículo 1 del presente Reglamento, contarán con el plan anual de mantenimiento de los demás bienes, el mismo que debe contar con cronogramas, financiamiento y estar aprobado por la máxima autoridad, o su delegado.

Art. 167.- Clases de mantenimiento. - El mantenimiento puede ser:

a) Mantenimiento correctivo o no programado: es el conjunto de procedimientos utilizados para reparar un bien ya deteriorado. Mediante el mantenimiento correctivo no solo se repara el bien ya deteriorado, sino que se realizan ajustes necesarios por fallas evidenciadas.

b) Mantenimiento preventivo o programado: es la inspección periódica de los demás bienes con el objetivo de evaluar su estado de funcionamiento, identificar fallas, prevenir y poner en condiciones el bien para su óptimo funcionamiento, limpieza, lubricación y ajuste. Es también en este tipo de mantenimiento en el que se reemplazan piezas para las cuales el fabricante, o su representante, ha identificado que tiene un número específico de horas de servicio.

Art. 168.- Mantenimiento. - Estará a cargo de la unidad responsable de esta actividad en cada entidad u organismo, conforme a las leyes ambientales que se dicten sobre esta materia a fin de minimizar el impacto ambiental. La unidad que requiera mantenimiento de sus bienes informará al titular de la Unidad Administrativa, o el que haga sus veces de esta necesidad, a fin de que tome las acciones respectivas, con el objeto de preservar en buenas condiciones los bienes de la entidad u organismo. En las entidades y organismos que no dispongan de esta unidad, se contratarán los servicios externos para el efecto, de acuerdo a los procedimientos internos de cada entidad y en atención a las normas vigentes sobre la materia.

Art. 169.- Reparación en talleres particulares. - Cuando los equipos de la entidad u organismo deban repararse en talleres particulares, previamente a su salida de la institución, contarán con la autorización de las unidades administrativas correspondientes y el conocimiento del Guardalmacén de la misma; además de los documentos de respaldo de la persona que entrega el equipo y de la persona que lo recibió en el taller."

1.3.2. CERTIFICADO TIPO ESTANDAR (STC) APLICABLE

En base a lo analizado por el personal de pilotos y personal técnico de mantenimiento de la aeronave, es requerido la implementación del modelo de aviónica: "CITATION 550 W/ DUAL G700 TXI & GTN UPGRADE ALONG WITH GLARE SHIELD MOD.", cuyo Certificado Tipo Estándar aplicables están aprobados y registrados bajo los números STC: ST02427LA y ST01897WI, por la Federal Aviation Administration (FAA) de los Estados Unidos de América, desarrollado por la empresa JETTECH.



La modernización de la aviónica de la aeronave podrá ser desarrollada siempre y cuando el proveedor cuente con el STC y el Boletín de Servicio para la instalación de los equipos, o, el Estudio de Ingeniería autorizado por el Departamento de Aeronavegabilidad de la 15 BAE “Paquisha”.

1.3.3. LÍMITE DE VIDA ÚTIL DEL AVIÓN SEGÚN LA CASA FABRICANTE

El pasado 24 de abril del 2018, la Dirección de Aeronavegabilidad de la 15 BAE “PAQUISHA” consultó al fabricante de la aeronave, TEXTRON AVIATION”, cual es el límite de vida útil del avión en horas y tiempo calendario, donde, el Departamento de Ingeniería del Fabricante respondió:

Mensaje traducido del inglés al español:

“Estimados señores,

Textron Aviation no ha establecido ningún límite de vida útil de calendario u hora en el avión modelo 550 y no hay un límite de vida asociado con el Certificado de Tipo FAA.

Consulte con las autoridades locales para ver si se establecieron requisitos durante el esfuerzo de certificación en su país y / o uso militar.

Saludos,

David Grieve
Customer Service Engineer, Team Legacy
Textron Aviation
+1.316.517.2618 OFFICE
dcgrieve@txtav.com”

En base a la respuesta brindada por TEXTRON AVIATION, se entiende que la aeronave no tiene un tiempo de vida útil en tiempo de horas o tiempo calendario, y que el IGM podrá seguir operando la aeronave Cessna Citation II 550, siempre y cuando se dé cumplimiento a las inspecciones periódicas y cambio de partes según lo establecido en el Manual de Mantenimiento emitido por el Fabricante del avión (Anexo_9 Correo consulta TEXTRON).

2. ANÁLISIS DE MODERNIZACIÓN CON PERSONAL TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO ECUATORIANO Y CERTIFICACIÓN DE MANO DE OBRA INTERNACIONAL CALIFICADA

2.1. CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO “CEMAE”

El Centro de Mantenimiento CEMAE, ubicado Vía Amaguaña, en el sector de la Balbina en el Valle de los Chillos, este centro de mantenimiento brinda principalmente servicios de mantenimiento a las aeronaves de ala rotatoria de la Aviación del Ejército en sus instalaciones, así mismo, brinda servicios de mantenimiento a estructuras y equipos de



aviónica de aeronaves de ala fija de todos los repartos de la Aviación del Ejército, ya sea en los diferentes repartos, o en sus instalaciones.

2.1.1. CAPACIDADES Y HABILITACIONES DEL CEMAE

El CEMAE cuenta con personal técnico militar calificado, instalaciones, herramientas y equipos habilitados y certificados para realizar los siguientes servicios de mantenimiento a las aeronaves de la Aviación del Ejército:

PRODUCCIÓN:

- Inspecciones mayores de los helicópteros Súper Puma, Puma, Lama, Gazelle, MI-171 y MI-171E
- Peso y balance en aeronaves
- Asesoramiento y asistencia técnica
- Boletines de servicio
- Capacitación
- Calibración de instrumentos

MOTORES:

- Mantenimiento de tercer escalón de los motores Makila 1A, Turno IV C, Artouste III B, Ariel I B, Astazou XIV H y de primero y segundo escalón motor TB III-171

AVIÓNICA:

- Mantenimiento y prueba de funcionamiento de sistemas anemobarométricos y radiofrecuencia
- Instalación de equipos de comunicación y navegación
- Modernización de aviónica

ESTRUCTURAS:

- Reparación y mantenimiento de estructuras aeronáuticas
- Modificaciones estructurales
- Construcción de estructuras de aluminio y materiales compuestos



APOYO:

- Sueldas especiales
- Pinturas de recubrimiento orgánico (tratamiento anticorrosivo).
- Diseño y fabricación de piezas aeronáuticas y herramientas especiales.

DIDAE:

- Investigación y desarrollo aeronáutico.
- Desarrollo de estudios de factibilidad
- Datos técnicos
- Estudios de ingeniería para modificaciones mayores

2.1.2. EXPERIENCIA EN MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA

El personal técnico militar del CEMAE cuenta con experiencia en la ejecución de proyectos de modernización de aviónica de helicópteros y aviones, habiendo modificado a 5 aeronaves de la Aviación del Ejército. Los proyectos de modernización concluidos son los siguientes:

TABLA 2.1: EXPERIENCIA EN MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA CON ASESORÍA EXTRANJERA CERTIFICADA

AÑO	AER.	MAT.	DESCRIPCIÓN DE TRABAJO	SITUACIÓN ACTUAL	OBSERVACIÓN
2012	MI -171	E-487	MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE AVIÓNICA DE LA AERONAVE, CON EQUIPOS GARMIN G500, SISTEMAS DE AUDIO PMA 3000 Y NAVEGADORES GARMIN GNS 430	INOPERABLE	SALIENDO DE OVERHAUL
		E-488		INOPERABLE	EN ESPERA DE OVERHAUL
2014	SUPER PUMA	E-465	MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE AVIÓNICA DE LA AERONAVE, CON EQUIPOS GARMIN G500, SISTEMAS DE AUDIO PMA 3000 Y NAVEGADORES GARMIN GTN 650 Y 750	INOPERABLE	EN MTTO DE 500HRS Y EN ESPERA DE PRESUPUESTO
2015	MI -171	E-485	MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE AVIÓNICA DE LA AERONAVE, CON EQUIPOS GARMIN G500, SISTEMAS DE AUDIO PMA 3000 Y NAVEGADORES GARMIN GNS 430	OPERABLE	OPERANDO SIN NOVEDAD



	SUPER PUMA	E-461	MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE AVIÓNICA DE LA AERONAVE, CON EQUIPOS GARMIN G500, SISTEMAS DE AUDIO PMA 3000 Y NAVEGADORES GARMIN GTN 650 Y 750	OPERABLE	OPERANDO SIN NOVEDAD
2017	SUPER PUMA	E-464	MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE AVIÓNICA DE LA AERONAVE, CON EQUIPOS GARMIN G500, SISTEMAS DE AUDIO PMA 3000 Y NAVEGADORES GARMIN GTN 650 Y 750	OPERABLE	OPERANDO SIN NOVEDAD

2.1.3. METODOLOGÍA APLICADA

ESTUDIO DE INGENIERÍA. – Previo al inicio de la modernización es requerido contar con el estudio de ingeniería, el cual describe los procedimientos de los trabajos que se realizarán en la aeronave, el cual deberá estar validado por la Dirección de Aeronavegabilidad de la 15 BAE PAQUISHA. El estudio de ingeniería podrá ser reemplazado por un STANDAR TYPE CERTIFICATE (STC), el cual deberá estar también validado por la Dirección de Aeronavegabilidad de la 15 BAE PAQUISHA.

CONTRATACIÓN. - Se realizará la contratación de servicios los cuales deberán incluir la entrega de insumos de aviónica para la modernización de los sistemas de navegación de la aeronave.

MANO DE OBRA. - Se utilizará como mano de obra al personal técnico militar para la ejecución de los trabajos de modernización de la aeronave, con direccionamiento de un asesor certificado quien será la persona responsable de emitir el certificado de conformidad de los trabajos realizados de modernización de la aviónica de la aeronave.

INFRAESTRUCTURA. - Se requiere hacer uso de un hangar en condiciones atmosféricas controladas para la instalación de los equipos de aviónica, durante un periodo de tres meses, dicho hangar deberá contar con los servicios para almacenamiento de herramienta especial, corriente eléctrica 110V-220V, presión de aire, iluminación, una oficina para trabajos de gabinete, un comedor, baño, espacio para la aeronave, internet y servicios básicos. Para este propósito, se ha tomado en consideración los hangares del GAE-44 PASTAZA – Shell, o la ESAE – Guayaquil, ya que son hangares pertenecientes a la Aviación del Ejército y brindan las condiciones y servicios mencionados para realizar dichos trabajos.

TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO. – Personal técnico de mantenimiento: deberán acompañar todos los procesos de planificación para realizar las actividades



técnicas de modernización, instalación, ensayos y puesta en marcha de los equipos, además deberán recibir una capacitación para realizar un mantenimiento nivel escalón 3, con la certificación correspondiente. Pilotos: deberán recibir una capacitación de la operación de los sistemas de navegación integrados a la aeronave con la habilitación correspondiente.

PRUEBAS Y ENSAYOS DE VUELO. – El Supervisor contratado, deberá entregar la aeronave con llave en mano al IGM, operativa y lista para su uso, el equipo de navegación deberá ser probado en tierra y en vuelo, además el personal Piloto, deberá emitir el certificado de conformidad del correcto funcionamiento del equipo integrado a la aeronave.

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD. – El certificado de conformidad de los trabajos de modernización de aviónica deberá ser expedido por el personal supervisor e inspector representantes del taller autorizado que brinde el servicio de asesoramiento, el cual deberá estar validado por la Dirección de Aeronavegabilidad de la 15 BAE “PAQUISHA”.

2.1.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE REALIZAR LOS TRABAJOS EN EL CEMAE RESPECTO DE REALIZAR LOS TRABAJOS EN UN TALLER EN EL EXTRANJERO

DESVENTAJAS:

- Tiempo de entrega de los insumos desde fábrica mínimo 60 días, a esto hay que agregarle los tiempos de importación al Ecuador y desaduanización.
- No se cuenta con todas las herramientas y equipos para realizar los trabajos, es decir, el proveedor deberá traer dichas herramientas
- Al tiempo de entrega de los equipos, es requerido sumarle un tiempo de instalación de por lo menos 60 días hábiles para realizar los trabajos con nuestros técnicos
- En caso de encontrar daños ocultos en la aeronave, la demora para la adquisición, importación, desaduanización, remoción e instalación de repuestos, será mucho mayor al realizar los trabajos en Ecuador respecto de hacerlos en el extranjero.
- De requerir herramientas o equipos especiales para solventar algún problema encontrado durante daños ocultos, también incrementaría los tiempos y costos de reparación.
- El costo para realizar los trabajos en Ecuador se verá incrementado, dado que es requerido el traslado de personal técnico, importar herramientas y equipos especiales, repuestos, y equipos de aviónica para la modernización de la aeronave.



VENTAJAS:

- Personal de mantenimiento de la aeronave se capacitará y certificará para realizar trabajos de modernización de aviónica con los equipos requeridos.
- Personal de mantenimiento obtendrá certificación para mantenimiento de los equipos de aviónica nivel 3.
- El personal que trabaje en la modernización de aviónica, podrá brindar apoyo técnico en el mantenimiento a la aeronave IGM-628.
- Los tiempos de garantía se mantienen, ya que el taller asesor autorizado es quien lo brinda.
- La aeronave no requiere permisos para salir del país.
- Los trabajos se realizarían en hangares de la Aviación del Ejército por lo que no habría que cubrir gastos adicionales por hangaraje de la aeronave
- El personal técnico ecuatoriano perteneciente a la Aviación del Ejército adquiere capacidades, habilitaciones, y el Know How para la implementación de aviónica de nuevos equipos de navegación

IV. CONCLUSIONES:

CONCLUSIONES COMPONENTE TÉCNICO:

- Se han identificado los siguientes problemas que involucran riesgos operacionales en la seguridad aérea, así como de producción fotográfica:
 - En caso de existir una falla con los instrumentos de navegación GPS instalados en el lado del piloto durante el vuelo, será requerido que el copiloto asuma la navegación con la información de sus instrumentos análogos, pudiendo utilizar solamente las radio ayudas para navegación VOR; esto siempre y cuando se encuentre dentro de la cobertura de estas radio ayudas. Esta transferencia de control de la navegación entre el piloto y copiloto y el riesgo de estar fuera de la cobertura de radio ayudas; representa un riesgo muy elevado, ya que dificulta los procedimientos de emergencia, y puede generar confusión en la tripulación.
 - Debido a que los equipos de navegación análogos, instalados del lado del copiloto, fueron fabricados hace más de 3 décadas, actualmente no existe producción de estos equipos, por lo que, en caso de requerir repuestos o servicios de mantenimiento, serán de un alto costo y la garantía técnica será mínima, por lo tanto, representan un alto riesgo económico para el mantenimiento de estos equipos, además de continuas y prolongadas paradas del avión sin producción de toma de fotografía
- En base a las necesidades para brindar soporte de producción de fotografía aérea se han establecido los equipos de aviónica requerida para la modernización, con los cuales, la aeronave podrá operar con los motores que tiene actualmente por lo menos hasta el año 2031 años según el número de horas anuales que históricamente opera el avión el IGM.



- Se propone contar con una cabina integrada con Dual G700Tx con certificación RVSM y TAWS-B, que incluya 2 navegadores GTN750 (COMM/NAV/GPS) con las cajas de audio GMA35 integradas, un sistema de TCAS II 7.1 con 2 transponder GTX3000 con capacidad de ADS-B, un radar meteorológico GWX75, 2 indicadores SAM302 como STBY, integración del Preselector de ALT a las GDU1060 mediante el 602R, 2 anunciadores de modos de AP, una nueva disposición del Glare Shield y el indicador de MACH y Vertical Speed. Los equipos están descritos en la TABLA 1.6 y TABLA 1.7.
- Las regulaciones civiles para navegación en el espacio aéreo controlado del país se están modernizando, actualmente en vigencia se tienen las **“Regulaciones sobre la aplicación en el Ecuador del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (GNSS) - AIC 001-18”**, el contar con un sistema de navegación actualizado en temas de aeronavegación, permite explotar esta regulación, ampliando las capacidades de operación de la aeronave en el Ecuador y en el exterior en donde son obligatorias, como se mencionó anteriormente, en el futuro cercano estas regulaciones serán de cumplimiento obligatorio, siendo imposible la operación de la aeronave si no se moderniza su equipo actual.

CONCLUSIONES COMPONENTE ECONÓMICO

- El Instituto Geográfico Militar actualmente desarrolla proyectos de gran escala a nivel nacional como es el caso del proyecto de inversión: **“OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA OFICIAL ACTUALIZADA DE PAÍS MULTIESCALA”**, donde se requiere realizar un levantamiento fotográfico aéreo de un área de 100.000 Km², habiéndose levantado desde el 2018 a la fecha un total de 28.570 Km². Es decir que es requerido realizar el levantamiento del área restante, la cual es de 71.430 Km² en los próximos años. Si se quiere incrementar la producción de la aeronave a 25.000 Km² anuales, se contar con una aeronave operativa, a fin de cumplir con los objetivos de levantamiento anuales.
- El valor actual de la aeronave IGM-628 según el reavalúo realizado es de \$1'683.083,35 USD y el tiempo de vida útil remanente planteado para el análisis de dicho estudio fue de 12 años, lo que quiere decir que la aeronave podrá operar hasta el 2031 contando al año 2019 como año inicial.
- En el análisis de costo de modernización de aviónica de la aeronave se solicitó a las empresas: REDIMEC, INSUME, MILLENNIAL TECHNOLOGIES, CANAGLAD, SEARCA, AVIOINGENIERÍA y ARICA SA, una cotización por los servicios de instalación de aviónica en la aeronave, donde, solo dos de las siete empresas contactadas proveyeron la cotización solicitada y se comunicaron con los suscritos para proveer la información solicitada, estas fueron: REDIMEC y MILLENNIAL TECHNOLOGIES, indicando valores muy diferentes, por lo que se tomó la situación económica menos favorable, es decir las cotizaciones más altas para realizar el análisis económico, dado que es un estudio de factibilidad y no un estudio de mercado. Estos valores fueron: \$ 782.345,00 USD para la modernización en Ecuador y \$ 662.345,00 USD para la modernización en el Extranjero.



- El tiempo estimado para realizar los trabajos en Ecuador de 120 días y 60 días en el extranjero.
- En el análisis del costo beneficio de la inversión, se consideró el tiempo de duración de los equipos de aviónica para navegación es aproximadamente 10 años, esto está relacionado a la discontinuidad de producción, la brecha tecnológica y legislación aeronáutica nacional, la cual se actualiza cada vez que nuevas tecnologías son implementadas por explotadores aeronáuticos.
- El costo actual de la hora de vuelo en Operación IGM del avión Cessna 550 Citation II IGM-628 es de \$1.963,44 USD, considerando: Insumos para la operación, Mantenimiento, Entrenamiento, Depreciación, Mano de Obra, Seguro de Aeronaves, Asignación Económica Anual, otros.
- Si consideramos el costo de la hora de vuelo en Operación IGM del avión Cessna 550 Citation II IGM-628 con la modernización realizada en el Ecuador y en el extranjero entonces sería de \$2,180.94 USD, es decir, 11,1% más costoso que la hora actual, debido al incremento producido por la inversión. Con la modernización realizada en el extranjero el costo sería de \$2.094,91 USD y 6,7% más costoso.
- En el análisis de costo de levantamiento de fotografía por Kilómetro cuadrado, fuera de viáticos y gastos indirectos, se determinó que para fotografiar una superficie de referencia de 25.000Km² (Superficie anual requerida) sería de \$ 23,56 USD con la aviónica actual. Así mismo se analizó con la inversión de la aviónica instalada en Ecuador, dando un valor de \$26,17 USD por kilómetro cuadrado, es decir \$ 2,61 USD más costoso. Mientras que el valor con la instalación realizada en el extranjero sería de \$25,14 USD, es decir \$1,58 USD más caro.
- Si analizamos el costo de operación para 300 horas anuales se tienen los siguientes valores el costo de producción fotográfica anual es:
 - o Operación con aviónica actual: \$ 589.032,00 USD
 - o Operación aviónica instalada en Ecuador: \$ 654.282,00 USD
 - o Operación aviónica instalada en el extranjero: \$ 628.472,13 USD
- Se plantearon 3 escenarios para la toma de decisión, de donde se obtuvieron las siguientes conclusiones:
 - o ESCENARIO 1: Se mantiene la aviónica actual, entonces cada vez los reportes del equipo de aviónica actual son más frecuentes, por lo que, en un futuro muy próximo se tendrá el avión más tiempo inoperable en tierra que operativo y aeronavegable, poniendo en riesgo el cumplimiento de los compromisos adquiridos en los proyectos cartográficos.
 - o ESCENARIO 2: Se moderniza la aeronave, entonces se invierte en la modernización de la aviónica de la aeronave, los equipos permiten continuar con la operación de forma regular y segura, por un tiempo estimado de 11 años. El costo de la inversión realizada se amortiza en los



años de servicio remanentes que le quedan al avión, y previo a llegar al término de vida útil de la aeronave, se procede al remate del bien para la compra de una nueva aeronave.

- ESCENARIO 3: Se adquiere una aeronave nueva o usada y se da el avión IGM-628 como parte de pago según el presupuesto aprobado. Sin embargo, se debe considerar la inversión de **\$ 1'593.426,81 USD** para la repotenciación estructural y de motores, en el año 2019, permitiendo un alargue de vida útil hasta el año 2031. Cabe mencionar que el valor de la aeronave en el mercado es de alrededor de 750.000, mientras que el valor de la aeronave IGM-628, para el IGM es de **\$1'683.083,35 USD**. Con lo cual, se debe considerar que las inversiones de mantenimiento hechas en el año 2019, deben ser devengadas por el IGM, ya que, si la aeronave se da como parte de pago, se tomaría el valor del mercado, el cual es muy inferior al registrado, lo cual representaría una pérdida para el Estado Ecuatoriano ya que la aeronave si puede seguir brindando servicios al IGM por lo menos 5 años más.
- En base a la situación económica que vive el país actualmente y las repercusiones económicas futuras, se concluye que de los tres escenarios planteados el más factible es el ESCENARIO 2.

CONCLUSIONES COMPONENTE LEGAL

- En el caso de que se realice una modificación de la aeronave que mejore sus capacidades, se deberá revalorizar el bien conforme a lo estipulado en el REGLAMENTO ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE BIENES DEL SECTOR PÚBLICO, Artículo 32 inciso c) *“La máxima autoridad, o su delegado, procederá conforme lo establece el artículo 85 del presente Reglamento para la realización del avalúo de bienes y/o inventarios de la entidad u organismo”*.
- Así mismo el Reglamento dictamina en el TITULO V-Mantenimiento de Bienes- TITULO V-MANTENIMIENTO DE BIENES - Art. 162.- *“Mantenimiento de bienes. - Las entidades y organismos comprendidos en el artículo 1 del presente Reglamento, velarán de forma constante por el mantenimiento preventivo y correctivo de los bienes, a fin de conservar su estado óptimo de funcionamiento y prolongar su vida útil. Para el efecto diseñarán y ejecutarán programas de mantenimiento preventivo y correctivo, a fin de no afectar la gestión operativa de la entidad u organismo. Los mantenimientos preventivos serán dados por las unidades técnicas si existieren, de acuerdo a la naturaleza de los bienes”*.
- La Dirección de Aeronavegabilidad de la Aviación del Ejército, es la encargada de emitir certificados de conformidad de los trabajos realizados a sus aeronaves, por lo que para constancia y seguridad del IGM, los trabajos realizados por los talleres de los oferentes deberán contar con la tenencia legal en vigencia de:
 - Certificados de habilitación de Taller Autorizado OMA 145, emitidos por la Autoridad Aeronáutica Civil del país donde está el taller o quien haga de sus



- veces, para realizar los trabajos en la aeronave modelo Cessna 550 Citation II o sus variantes.
- Certificados de habilitación para realizar los trabajos emitidos por la Fábrica de los equipos de aviónica.
 - Los Certificados Tipo Estándar aplicables aprobados y registrados bajo los números STC: ST02427LA y ST01897WI, donde se describen los procedimientos para la modificación de la aeronave.
- Según el fabricante de la aeronave TEXTRON AVIATION, el fuselaje, y sus componentes principales no tienen un tiempo de vida útil en tiempo de horas o tiempo calendario, y que el IGM podrá seguir operando la aeronave Cessna Citation II 550, siempre y cuando se dé cumplimiento a las inspecciones periódicas y cambio de partes según lo establecido en el Manual de Mantenimiento emitido por el Fabricante del avión.

CONCLUSIONES: TRABAJOS A REALIZAR EN EL CEMAE

- El Centro de Mantenimiento CEMAE, está ubicado Vía Amaguaña, en el sector de la Balbina en el Valle de los Chillos, este centro de mantenimiento brinda principalmente servicios de mantenimiento en nivel de campo a las aeronaves de ala rotatoria de la Aviación del Ejército en sus instalaciones, así mismo, brinda servicios de mantenimiento a estructuras y equipos de aviónica de aeronaves de ala fija de todos los repartos de la Aviación del Ejército, ya sea en los diferentes repartos, o en sus instalaciones, adicionalmente, en Latacunga, no se cuenta con un hangar propio del IGM, por lo que en caso de realizar los trabajos en la aeronave IGM-628, sería requerido realizarlos, en el GAE 44 Pastaza o en la ESAE Guayaquil.
- El CEMAE cuenta con personal técnico militar calificado, instalaciones, herramientas y equipos habilitados y certificados para realizar servicios de mantenimiento a las aeronaves de la Aviación del Ejército en temas de: Inspecciones, Peso y balance, boletines de servicio, capacitaciones, mantenimiento de motores, aviónica, estructuras y modernizaciones de aviónica.
- El CEMAE cuenta con experiencia en la modernización de aviónica de aeronaves de ala rotatoria y ala fija del Ejército Ecuatoriano en diferentes sistemas Garmin para sus navegadores mediante el soporte y asesoría de talleres privados, nacionales y extranjeros.
- La metodología para los procesos de modernización de las aeronaves consiste en el estudio de ingeniería, la contratación para la adquisición de bienes y servicios, lo que incluye el asesoramiento técnico y los equipos, uso de la mano de obra del CEMAE, preparación de la infraestructura para los trabajos, transferencia de conocimiento al personal técnico de apoyo, realización de los trabajos, pruebas y ensayos de vuelo y emisión del certificado de conformidad de aeronavegabilidad.



- En el análisis técnico, económico y legal, se determinó que la inversión de modernización de aviónica a la aeronave sería aproximadamente del 30% del valor actual, además de que con estos equipos podrá operar de forma segura por lo menos 10 años más, y considerando que la aeronave gracias a la inversión de repotenciación de motores y estructura realizada en 2019, podrá seguir operando hasta el 2031, por lo tanto se concluye que es factible realizar la modernización de la aviónica de la aeronave Cessna 550 Citation II IGM-628, con los equipos presentados en este estudio.
- Se concluye que no habría repercusiones legales al realizar una inversión en la modernización de la aeronave, ya que, según el REGLAMENTO ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE BIENES DEL SECTOR PÚBLICO, Art. 162.- *“Mantenimiento de bienes. - Las entidades y organismos comprendidos en el artículo 1 del presente Reglamento, velarán de forma constante por el mantenimiento preventivo y correctivo de los bienes, a fin de conservar su estado óptimo de funcionamiento y prolongar su vida útil.*
- Se concluye que la modernización de la aviónica de la aeronave es factible económicamente, frente al beneficio que se tendrá en términos de prestaciones de servicios con la aeronave, ya que el costo operativo gracias a la inversión realizada, se verá incrementado aproximadamente entre el 6 y el 12%, solamente.
- Adicionalmente, es más beneficioso en términos económicos realizar la modernización y tener la aeronave operativa, a tener la aeronave en tierra por tiempos prolongados debido a reportes de mantenimiento por la aviónica actual.
- Se concluye que si es factible realizar la actualización de la aviónica del CESSNA 550 CITATION II IGM-628, con mano de obra nacional y el respaldo de una empresa internacional calificada.

V. RECOMENDACIONES:

Esta comisión se permite realizar las siguientes recomendaciones:

- Gracias a la intervención técnica realizada en el 2019 en donde se realizó las inspecciones fase 5, 20 y 21; y overhaul de sus 2 motores, la aeronave tendría en sus motores unas 3500 horas de disponibilidad para su operación, al hacer un cálculo de 300 horas de vuelo anuales, el avión tendría hasta el año 2031 para operar antes de requerir un nuevo overhaul de sus motores, por esta razón se recomienda continuar con la explotación de la aeronave, por lo menos unos 5 años, con el fin de devengar la inversión realizada de \$ 1,593,246.81 en el año 2019.
- En caso de tomar la decisión de realizar la modernización de la aeronave, se recomienda, considerar las ventajas y desventajas presentadas en este informe



MINISTERIO DE
DEFENSA
NACIONAL



INSTITUTO
GEOGRÁFICO
MILITAR

de realizar los trabajos en el CEMAE con mano de obra nacional y asesoramiento extranjero.

- En caso de que se considere la modernización de la aeronave, se recomienda, que, para el estudio de mercado, se considere que los equipos sean tomados como parte de pago, ya que algunos de estos equipos todavía están operativos, lo cual nos permitirá disminuir los costos de la modernización

VI. ANEXOS:

- Anexo_1_IGM-IGM-2020-0057-M
- Anexo_2_Decreto_presidencial_No_1017_17_marzo_2020
- Anexo_3_Comparecencia_Ministro_finanzas_15_abril_2020
- Anexo_4_Acta de reavalúo aeronave IGM-628
- Anexo_5_cotizacion_REDIMEC_Inst_ECUADOR
- Anexo_6_cotizacion_MILENIAL_Inst_ECUADOR
- Anexo_7_cotizacion_MILENIAL_Inst_USA
- Anexo_8_Precio de aeronaves similares
- Anexo_9 Correo consulta TEXTRON

Distribución: 1 Ejemplar: SUBDIRECCIÓN IGM 2 Ejemplar: Archivo GCG	Revisado por: Fecha: 2020-05-22  Ing. Lizbeth Jimenez Evaluador Cartográfico	Aprobado por: Fecha: 2020-05-22  Mayo. Ricardo Coyago Jefe de Gestión Cartográfica
	Elaborado por: Fecha: 2020-05-22  Subp. Willian Sarango Oficial de Enlace - 15 BAE-IGM	Elaborado por: Fecha: 2020-05-22  Ing. Alejandro Vintimilla Especialista Geomático III