



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

**DISEÑO OPERACIONAL BASADO EN LA ELIMINACIÓN DE MUDAS EN
LAS INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE 120 HORAS DE LA
FLOTA UH-60 DEL CACOM No 5**

TE. JONATHAN RAMIREZ VILLALOBOS

Programa de Maestría en Logística Aeronáutica

Escuela de Postgrados Fuerza Aérea Colombiana

Director OD15. Yeisson Alexis Rincón Cuta / Asesor Técnico TC (RVA). Elvin Perea Lemos

Septiembre de 2022



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

**DISEÑO OPERACIONAL BASADO EN LA ELIMINACIÓN DE MUDAS
EN LAS INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO PROGRAMADO DE 120
HORAS DE LA FLOTA UH-60 DEL CACOM No 5**

TE. JONATHAN RAMIREZ VILLALOBOS

DIRECTOR DE PROYECTO

OD15. Yeisson Alexis Rincón Cuta

ASESOR TÉCNICO

TC (RVA). Elvin Perea Lemos

MAESTRÍA EN LOGÍSTICA AERONÁUTICA

ESCUELA DE POSTGRADOS DE LA FUERZA AÉREA COLOMBIANA

COHORTE V- 2022



DEDICATORIA

El presente trabajo de grado está dedicado con cariño especial:

A mis señores padres, Henry y Alba que con su gran amor, dedicación y esfuerzo han sido de gran apoyo hoy para lograr un sueño más, gracias por enseñarme de sacrificios y perseverancia, que las luchas constantes que en la vida se deben poseer creyendo y pensando en que Dios está conmigo siempre.

A mi novia y prometida Ana Lucía, por su apoyo incondicional, durante gran parte del proceso, por estar conmigo en todo momento: ¡Gracias!

A mi escuela, el Grupo Técnico de CACOM-5, donde tuve muchas experiencias que me llevaron a ser mejor persona.

Y a mi familia, por siempre creer en mí.



AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco a Dios por la oportunidad de poder realizar mi pregrado, el cual me impulsó a ser admitido en la Fuerza Aérea Colombiana y por ende permitirme realizar mis estudios de Postgrados, a mi papá quien ha estado animando, motivando y diciéndome que hay momentos difíciles pero que con tenacidad y disciplina se pueden superar, a mi mamá que ha sido mi soporte, quien ha hecho lo necesario para apoyarme hasta donde he llegado en mi vida profesional, personal y académica, a mi compañera sentimental y prometida Ana Lucia quien es una bendición en mi vida, con quien siento respaldo, compañía y hace que todo sea más fácil.

A mi tío Hugo que está en el cielo, a quien admiré mucho y que extraño mucho, de quien rescato todo lo bueno de él y ha sido ejemplo en muchos procesos de mi vida.

Agradezco al profe Yeisson mi director de trabajo de grado quien ha sido un excelente orientador en este proceso, a mi Teniente Coronel (RSVA) Elvin Perea Lemos quien desde el principio en mi carrera militar creyó en mi proceso de formación, me apoyó para realizar a la Maestría y hoy ha sido mi asesor técnico y a la ingeniera Luisa por su apoyo y motivación para siempre seguir adelante.

Al Grupo Técnico en cabeza de los señores comandantes, oficiales, suboficiales y civiles a quienes les aprendí muchísimo y doy gracias infinitas porque han sido claves para mi proceso de formación como militar y profesional.



TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1- INTRODUCCIÓN	12
1.1. ANTECEDENTES	13
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	19
1.4. JUSTIFICACIÓN	19
1.5. OBJETIVOS	22
1.5.1.General.....	22
1.5.2. Objetivos específicos.....	22
1.6. HIPOTESIS	22
CAPITULO 2 – MARCO REFERENCIAL	24
2.1. MARCO CONTEXTUAL.....	24
2.1.1 Lean en el sector aeronáutico	24
2.1.2. La inspección de la aeronave.....	25
2.1.3. Filosofía Lean	26
2.1.4. Ciclo DMAIC y Lean six sigma	27
2.1.5. Rutina esbelta y dimensión humana de Lean	29
2.2. MARCO SITUACIONAL.....	29
2.3. MARCO TEORICO	31
2.3.1. Sistema de Producción Toyota	31
2.3.2. Lean Manufacturing	31
2.3.3. Mejora Continua.....	32
2.4. MARCO LEGAL Y NORMATIVO.....	34



2.5. MARCO CONCEPTUAL	36
2.5.1. Cadena de valor	36
2.5.2. Elementos de la cadena de valor	38
2.5.3. Cadena de Suministro	38
2.5.4. Fases de la Cadena de Suministro	39
2.5.5. Lean six sigma con el método DMAIC	40
2.5.6. Los Ocho Desperdicios.....	42
2.5.7. Transporte	43
2.5.8. Inventario.....	43
2.5.9. Movimiento.....	43
2.5.10. Tiempo de Espera	43
2.5.11. Sobre procesamiento.....	44
2.5.12. Sobreproducción	44
2.5.13. Defectos	44
CAPITULO 3 – DESARROLLO METODOLOGICO	46
3.1. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.2. NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	48
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....	50
CAPITULO 4 – ANALISIS Y RESULTADOS	51
4.1. GENERALIDADES.....	51



4.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN (D.M.A.I.C)	52
4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL PROCESO CUANTITATIVO	53
4.3.1. Aplicación del Lean six sigma, con el método DMAIC.....	53
4.3.2. Fases del DMAIC para el proyecto de aplicación	54
4.3.3. Fase complementaria del Análisis: Identificación de improductividad.....	73
4.4. RESULTADOS DEL PROCESO CUALITATIVO: ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS A LAS ENTREVISTAS	81
4.5. RESULTADOS POR OBJETIVO	84
4.5.1. Objetivo 1: Diagnosticar el estado actual de la cadena de valor de las inspecciones programadas de 120 horas de la flota UH-60.	84
4.5.2. Objetivo 2: Identificar las actividades improductivas y mudas que se presentan en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60.....	85
4.5.3. Diseñar estrategias de mitigación y eliminación de actividades improductivas y mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60	86
4.5.4. Objetivo 4: Validar la factibilidad de desarrollar la propuesta de mejora.	86
4.6. LIMITACIONES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN	87
4.7. CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS E HIPÓTESIS	88
CAPITULO 5 – CONCLUSIONES	91
5.1. CONCLUSIONES GENERALES	91
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS	91



5.3. RECOMENDACIONES	93
5.4. FUTURAS INVESTIGACIONES	94
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	99
ANEXO B: CTQ y Mapas de valor.....	100





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alistamiento (porcentaje de aeronaves listas para volar por mes, en años 2019 y 2020).....	14
Tabla 2. Capacidad productiva para las inspecciones y trabajos especiales, 2021 y 2022	18
Tabla 3. Mapa general del proyecto	54
Tabla 4. Descripción del proyecto de aplicación.....	55
Tabla 5. Voz del cliente.....	56
Tabla 6. Medidas de dispersión	61
Tabla 7. Plan de recolección de datos.....	63
Tabla 8. Análisis de modos y efectos de falla	66
Tabla 9. Análisis de desviación y Diagrama de Pareto	71
Tabla 10. Prueba de hipótesis	72
Tabla 11. Acciones priorizadas a partir de las alternativas potenciales	75
Tabla 12. Complemento de la Tabla 11 (control o verificación) Ver anexo.	79
Tabla 14. Análisis costo-beneficio por horas-hombre.....	80
Tabla 15. Categorización resultados de la entrevista	82



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Cantidad de inspecciones de 120 horas, entre 2018 y 2021	20
Gráfica 2. Informe de capacidad del proceso	70
Gráfica 3. Diagrama de Pareto	71
Gráfica 4. Estadísticas descriptivas	72
Gráfica 5. Estrategia diseñada	76
Gráfica 6. Diagrama de Pareto de los efectos.....	77
Gráfica 7. Efectos principales. Medias ajustadas.....	77
Gráfica 8. Interacción para resultado.....	78



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Ishikawa.....	62
Figura 2. Mapa de la cadena de valor actual	101
Figura 3. Mapas de la cadena de valor esperada (VSM) futuro.	102





CAPITULO 1- INTRODUCCIÓN

El proceso de inspecciones del mantenimiento programado de 120 horas de las aeronaves UH-60, se realizan en Grupo Técnico (Grute) del Comando Aéreo de Combate No 5 (CACOM-5) de la Fuerza Aérea Colombiana que se encuentra ubicado en la ciudad de Rionegro-Antioquia en la parte anterior del Aeropuerto Internacional “José María Córdoba”, que cuenta con aeronaves de ala rotatoria, los cuales son helicópteros UH-60, y con aviones c-208 Caravan que tienen propósitos de transporte, inteligencia y reconocimiento, con este conjunto de equipos de aeronaves se apoya a la población colombiana y se cumple la misión institucional la cual consiste en ejercer soberanía sobre el espacio aéreo colombiano.

El CACOM-5 se ha destacado como unidad importante de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) a lo largo de los años, por las distintas operaciones que ha ejecutado mediante las aeronaves que conforman la flota de UH-60, las cuales son una herramienta en las operaciones aéreas de rescate, búsqueda de personas, traslados aeromédicos, así mismo, en operaciones certeras en contra del narcotráfico, grupos insurgentes, minería ilegal en zonas del departamento de Antioquia y sus cercanías (FAC, 2021).

Para lograr el éxito de las distintas misiones, el Grupo técnico de la Unidad y principal administrador del mantenimiento de las aeronaves, a través de la Sección de ingeniería, Sección Confiabilidad, Sección Calidad, Sección Planeación, Sección de Pronósticos e Inventarios, y de manera conjunta con el Escuadrón de Abastecimientos y el Escuadrón de Armamento Aéreo, velan por el cumplimiento de las distintas inspecciones de mantenimiento programado.



ANTECEDENTES

El alcance solo abarcará las inspecciones de 120 horas, dadas las siguientes necesidades:

De acuerdo con información obtenida de SAP-ERP FAC, donde se evidencian 25 inspecciones programadas, se identifican en proporcionalidad del 70% las inspecciones de 120 horas, las cuales presentan novedades en las fechas pautadas de culminación de las inspecciones, administración desbalanceada de los insumos y materiales que son requeridos durante la fase y programación de mallas de trabajo adicionales a lo planeado inicialmente por parte de la Sección Planeación. Cabe resaltar que por el envejecimiento de la flota UH-60 con más de 30 años en Colombia operando de manera continua, la vida útil de sus componentes, repuestos e inclusive su estructura física en razón al transcurrir del tiempo, se empieza a deteriorar y por ende se requieren hacer cambios importantes para que puedan seguir operando sin ninguna novedad especial.

En los hangares del Grupo Técnico del CACOM 5, se realizan las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas en donde con escasos recursos se logra un cumplimiento de la entrega de las aeronaves cada vez que el evento de mantenimiento se cumpla, en una medida la cual se puede apreciar en la Tabla 1.



Tabla 1.

Alistamiento (porcentaje de aeronaves listas para volar por mes, en años 2019 y 2020)

ALISTAMIENTO			
	MES	2019	2020
Trimestre I	Enero	74,97	76,88
	Febrero	72,69	71,98
	Marzo	72,04	71,64
Trimestre II	Abril	71,25	69,86
	Mayo	68,95	73,79
	Junio	67,22	74,58
Trimestre III	Julio	69,22	77,96
	Agosto	69,17	57,47
	Septiembre	73,92	63,9
Trimestre IV	Octubre	66,4	66,67
	Noviembre	67,07	62,48
	Diciembre	79,84	55,65
	PROMEDIO	71,04	68,57

Nota: se evidencia variación del porcentaje de alistamiento a lo largo del año 2019 y 2020 y su promedio final, Fuente: SAP-ERP (CACOM-5)

De acuerdo con el Manual de Mantenimiento Aeronáutico (FAC, 2016), se cuenta con disponibilidad de reparación de repuestos en los talleres y estos son afectados por variables ajenas a la injerencia del personal que administra el mantenimiento de las



aeronaves, quienes realizan un mantenimiento en donde se optimizan al máximo los recursos asignados para tal fin, por ende, es importante destacar que las mencionadas variables que se indicaron anteriormente hacen parte de un gran listado de actividades que afectan la ejecución de la producción de horas de mantenimiento de las aeronaves UH-60, las cuales se relacionan a continuación:

Conforme con el Manual TM1-1520-237-23IP de las aeronaves UH-60 (US Army, 2021), se establecen tiempos de uso y aplicación de los sellantes como PRC'S, pegantes, adhesivos aeronáuticos, con relación a la variable vida útil, la cual limita la cantidad de unidades para adquirir, la cual por la amplia rotación de este tipo de insumos promueve la rápida escasez de estos elementos y en algunos casos el mal uso de estos insumos genera desperdicios.

Con base al Plan Anual de Soporte Logístico Aeronáutico (FAC, 2020) se revisa que hay otras actividades que afectan la producción de mantenimiento en las inspecciones de 120 horas de los helicópteros, es la carencia de repuestos y/o componentes mayores, como lo son palas de rotor principal y de cola, motores, elementos hidráulicos, los cuales son los que muestran mayor tendencia a fallar ya que la gran mayoría funcionan es por condición. Dada esta situación, gracias a que en los talleres aún existe personal motivado y altamente calificado (FAC, 2016), logran reparar y corregir los daños presentados en los imprevistos de los componentes mencionados, siempre y cuando ellos tengan los recursos como el talento humano que apoyen esas labores de mantenimiento específicas y los insumos que les permita dar solución a las novedades presentadas.

El alistamiento de la zona donde se va a realizar el mantenimiento de las aeronaves (hangares) muchas veces no está apta para recibir una nueva inspección, es decir, los bancos



de trabajo no están ubicados en la posición correcta para el inicio de la inspección; en otras ocasiones, la documentación de la inspección no está lista para iniciar los trabajos, o no está organizado el hangar de manera que se le abra espacio a la nueva aeronave que llega a mantenimiento. Las áreas de soporte muchas veces no se encuentran al tanto del ingreso de una nueva inspección por lo cual se percibe que, en ese momento, hubo falla en la comunicación, así mismo, durante la inspección se presentan imprevistos que muchas veces denotan mucho tiempo y recursos por la misma complejidad de la falla.

Todo lo anterior minimiza la atención, el talento humano, los insumos y materiales para el mantenimiento de una aeronave que se requiere pronto en la línea de vuelo y entra a ser prioridad sobre la aeronave que está en inspección programada de 120 horas. En ocasiones, el personal de la sección ingeniería y de la sección planeación del Grupo Técnico, se encuentran con dualidades en los planes de mantenimiento ya que por la similitud de los nombres de los planes y de los componentes, y el cumplimiento de Hard Times, TBO's y Overhauled, entonces, no se sabe que acción tomar, lo que en ocasiones puede generar retrasos durante la inspección para el jefe de grupo y sus operarios.

Los operarios de la inspección han señalado que no hay continuidad en los trabajos, porque no se ubican el mismo jefe de grupo, el inspector y operarios que iniciaron los trabajos, lo cual genera confusiones, traumatismos, demoras, retrasos debido a esa falta de secuencia en el personal. Por otra parte, no hay flujo normal en las tareas especiales que se puedan presentar durante el mantenimiento de las aeronaves; así mismo no se ha establecido una forma práctica y coherente que evite el desplazamiento del operario hasta el almacén a buscar repuestos o insumos, teniendo en cuenta que el operario no se debe mover de su puesto de trabajo, si no que todas las herramientas y material necesario deben hacerse llegar al



técnico en sus labores donde se encuentre trabajando, evitando así tiempos rojos, desplazamientos adicionales que disminuyen la producción de horas de las aeronaves UH-60. (FAC, Mensaje técnico No 884 REV 2, AbriL 19, 2018).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El CACOM-5, se ha destacado por llevar a cabo operaciones con aeronaves de la flota de UH-60, las cuales son una herramienta en las operaciones aéreas de rescate, búsqueda de personas, traslados aeromédicos, así mismo en operaciones certeras en contra del narcotráfico, grupos insurgentes, minería ilegal en zonas del departamento de Antioquia y a nivel nacional.

Gracias al Grupo técnico de la Unidad y principal administrador del mantenimiento de las aeronaves, se vela por el cumplimiento de las distintas inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas el cual forma parte del programa de mantenimiento de los helicópteros; valga señalar que la continua fluctuación en el alistamiento operacional y logístico de la flota, trae como consecuencia, en ocasiones, el incumplimiento de los indicadores logísticos de la unidad. (Cardozo y Perea, 2017)

La baja capacidad productiva de las inspecciones de las aeronaves UH-60, como consecuencia de la ausencia de personal militar que actualmente se proyecta en el grupo técnico, la disminuida pericia y agilidad de las nuevas generaciones de técnicos que realizan el mantenimiento, los repuestos, insumos, materiales de alta rotación, la falta de continuidad o secuencia del personal involucrado en la inspección como lo son el inspector, jefe de grupo y operarios. Todos estos aspectos se han reflejado en el Indicador de capacidad real (ver Tabla 2). En esta tabla se observa, para el año 2021, un total de horas-hombre referido a la



capacidad del grupo técnico de 26.830; no obstante, se presentó en ese mismo año, un déficit de (-) 13.200 horas-hombre en total.

Tabla 2.
Capacidad productiva para las inspecciones y trabajos especiales, 2021 y 2022

CAPACIDAD PRODUCTIVA PARA LAS INSPECCIONES Y TRABAJOS ESPECIALES							
N°	EQUIP O	TIPO INSPECCIÓN	H/H REQ X INSPE CCIÓN	2021		2022	
				CANT INSPEC CIONES	CANT H/H X TIPO DE INSP	CA NT INS P	CANT H/H X TIPO DE INSP
1		120 HORAS	960	21	20160	15	14400
2		120 HORAS ALL	1920	11	21120	2	3840
3		PMI-1	3200	3	9600	6	35200
4		PMI-2	3840	4	15360	10	38400
5		MANTENIMIENTO MAYOR	19200	1	19200	1	19200
6	UH-60	MODERNIZACIÓN DE AVIÓNICA	1600	1	1600	1	1600
7		720 HORAS	3840	1	3840	0	0
8		TRABAJOS EN TALLERES	19200	1	19200	1	19200
TOTAL DE INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO Y H/H				43	110080	36	11584 0
TOTAL H/H CAPACIDAD GRUTE					26880		26880
TOTAL H/H DEFICIT					83200		-83200
					-		-
					46,3333		46,33
					3333		33333
							3
AERONAVES	CANTI	HORAS DE VUELO					
	DAD	ASIGNADAS 2021					
AERONAVES	25	5100					
ASIGNADAS							
LOGISTICAM							
ENTE							
AERONAVES	8						
ASIGNADAS							
OPERATIVAM							
ENTE							

Fuente: SAP-ERP (UH-60)



Nota: se calcula el déficit de horas hombre que abunda en el grupo técnico para la realización de trabajos especiales de las aeronaves, así como para las inspecciones de mantenimiento programado.

Sumado a lo anterior, hay tareas específicas que generan mayores demoras en la inspección, de las cuales no hay herramientas existentes que ayuden a volver la actividad ergonómica y productiva, así como también, la falta de apropiación y entendimiento de la tarea en particular, señalada en el manual de mantenimiento, que requiere realizar en su momento el operario, además, el desplazamiento del operario hasta el almacén a buscar repuestos o insumos, teniendo en cuenta que el operario no se debe mover de su puesto de trabajo, sino que todas las herramientas y material necesario deben hacerse llegar al técnico en el sitio donde se encuentre desempeñando sus labores (FAC, Mensaje técnico No 884 REV 2, Abril 19, 2018).

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué componentes Lean conllevarían a aumentar la eficiencia en la cadena de valor en las inspecciones programadas de 120 horas en la flota UH-60 bajo el enfoque de eliminación de mudas en el mantenimiento del CACOM-5?

JUSTIFICACIÓN

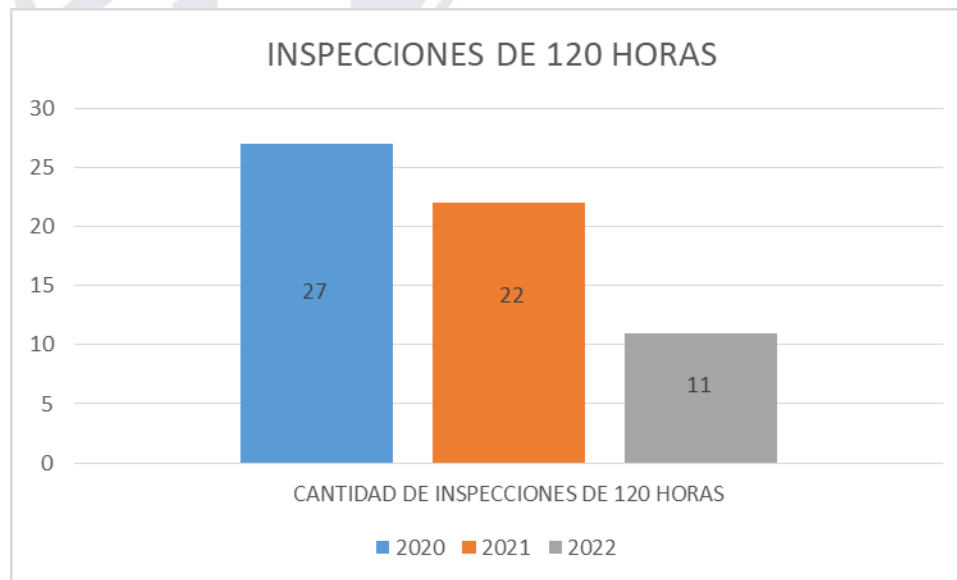
Según datos históricos recopilados de la herramienta ERP – SAP - FAC, ha permitido extraer información acerca de los costos que consume una inspección de 120 horas del UH-60, los cuales ascendieron en el año 2020 a un valor de \$995.499.816,11 en este tipo de



inspecciones, para una cantidad de 3493,1 horas hombre y 15 turnos de trabajo en promedio por inspección, así mismo, de las 31 inspecciones programadas en el año 2020, 27 fueron inspecciones de 120 horas, representando un porcentaje importante en la cantidad de inspecciones programadas que se realizan en nuestro Comando Aéreo de Combate No 5, de este modo para el año 2021 se realizaron 31 inspecciones, de las cuales 22 son inspecciones de 120 horas, en el año 2022 se han programado 23 de inspecciones de 120 horas y se han realizado 11 inspecciones de este tipo restando para el año en curso 12 inspecciones de 120 horas, así mismo se confirma la importancia de disminuir el consumo de horas hombre y recursos que conlleva este tipo de inspección. (ERP-SAP. Julio, 2022)

A continuación, se describe el comportamiento de las cantidades de inspecciones de 120 horas realizadas desde el año 2020 hasta Julio del año 2022. Ver Gráfico 1.

Gráfica 1. Cantidad de inspecciones de 120 horas, entre 2018 y 2021



Fuente: SAP-ERP



Con las metodologías derivadas de la filosofía LEAN se promueven las herramientas para la mejora en los procesos, lo cual es importante para minimizar y mitigar las actividades que no añaden valor y “que se presentan entre los eslabones de la cadena de abastecimiento como lo son el tiempo que tarda el proveedor en entregar la materia prima, insumos o material de consumo que se requiera para los almacenes” (Gattorn, 2009, p. 12). Asimismo, siguiendo con el flujo logístico se considera “el tiempo que existe entre la entrega de material hacia las líneas de producción desde los almacenes, en este caso hasta la aeronave que se encuentra en inspección programada” (Maskell y Baggaley, 2003, p. 4).

En las operaciones de la unidad de análisis se extraen los procesos que generan mayor demora en la inspección como son: falta de repuestos, falta de continuidad del personal involucrado, demoras en la inspección, de las cuales no hay herramientas existentes que ayuden a volver la actividad ergonómica y productiva. Tal como se señaló anteriormente, el mantenimiento en cuanto a tiempos se ve afectado por el desplazamiento del operario hasta el almacén a buscar repuestos o insumos (teniendo en cuenta que el operario no se debe mover de su puesto de trabajo, si no que todas las herramientas y material necesario deben hacerse llegar al técnico en el sitio donde se encuentre desempeñando sus labores).

Por lo antes expuesto, se hace relevante la presente investigación, ya que se orienta hacia la disminución de mudas o desperdicios, entendiéndose las inspecciones de mantenimiento como procesos de producción a los cuales se puede aplicar los principios de la filosofía Lean con el fin de incrementar el alistamiento operacional y logístico de las aeronaves UH-60 del CACOM-5 y a su vez replicarlo en todas las unidades de la FAC que lo requieran. Con ello, mejorar el porcentaje de alistamiento y cumplir con la misión de la institución la cual es defender la soberanía del espacio aéreo colombiano, lo que se alcanza,



al replicar esta acción de mejora en toda la Fuerza Aérea Colombiana. Por tal motivo, la investigación tiene una justificación institucional.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema operacional basado en la eliminación de mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60 del CACOM-5 que conlleve a la eficiencia exigida en el cumplimiento de la misión.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la cadena de valor de las inspecciones programadas de 120 horas de la flota UH-60.
- Identificar las actividades improductivas y mudas que se presentan en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60.
- Diseñar estrategias de mitigación y eliminación de actividades improductivas y mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60
- Validar la factibilidad de desarrollar la propuesta de mejora.

HIPOTESIS

La Hipótesis del estudio es: el diseño de estrategias sustentadas en una metodología de mejora continua como DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) como herramienta incremental de la mejora de los procesos, propio de la filosofía Lean, es la llave



a la puerta en las soluciones de eliminación de mudas y aumento en la productividad y eficiencia de las tareas y actividades de la producción de inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de las aeronaves UH-60 del CACOM-5.





CAPITULO 2 – MARCO REFERENCIAL

MARCO CONTEXTUAL

Lean en el sector aeronáutico

Organizaciones líderes mundiales en la industria del transporte aéreo, como es el caso de Airbus, tienen como objetivo mejorar sus procesos y así innovar continuamente con sus productos. Ello se obtiene con la aplicación de tecnologías probadas que proporcionan beneficios reales para todas las partes interesadas, ya sea en la fabricación, las operaciones o el mantenimiento. Dichos avances incluyen la introducción de tecnología completa de controles de vuelo fly-by-wire, empleando materiales avanzados en sus fuselajes y desarrollando diseños de cabina que mejoran la carga de trabajo y la eficiencia del piloto. (EAS, 2021).

La manufactura esbelta (usando su traducción literal) o Lean, ofrece aportes en las distintas esferas organizacionales, “tocando áreas gerenciales, estratégico y operacional, optimizando los procesos más críticos que causan retardos, tiempos rojos; en su defecto se ha reafirmado como filosofía de trabajo más eficaz y potente para mejorar la competitividad de las empresas” (“Lean Manufacturing Hoy”, 2013), p. 1).

Los modelos de gestión pretenden buscar soluciones frente a situaciones de crisis con el fin mejorar la competitividad en el sector de la aeronáutica, pero también ejerciendo un papel protagónico en el desarrollo y evolución de organizaciones que priorizan en el I+D para posicionarse dentro del mercado global. De modo que “la fabricación sin desperdicios es aplicable a cualquier tipo de organización” (Organización “Lean Manufacturing Hoy”, 2013, p. 1).



Según la precitada fuente, el Lean manufacturing como metodología fue implementada en Airbus Puerto Real en 2007. Igualmente, allí se creó una sección o departamento dedicado a identificar, seguir y catalizar la puesta en marcha de acciones de mejora a través de la eliminación de mudas o desperdicios, así como fortalecer los procesos y concretar sus principios. Dicho departamento se apoya en los Agentes del Cambio para, según la organización “Lean Manufacturing Hoy” (2013), se resalte lo siguiente.

Destacar que el personal del grupo técnico conozca y sepa como es el manejo de las herramientas Lean, desde el líder o comandante del GRUTE hacia los niveles tácticos y operativos dentro del mismo grupo asegurarán equipos polivalentes, todo esto conducente en la mejora continua de todos los procesos, así misma una adecuada implementación de Lean, teniendo en cuenta una pertinente gestión visual, sistema adecuado de solución de fallas y el constante abastecimiento de las líneas de producción en el momento y lugar indicado, lo cual es herramienta necesaria para reducir inventarios.

Así, conforme con la Organización “Lean Manufacturing Hoy” (2013), Airbus ha generado innovaciones importantes realizando alianzas estratégicas con el Ejército del Aire de España, implementando herramientas Lean en la inspección de sus aeronaves de carga y transporte, en tareas específicas que se realizan en la producción del mantenimiento aeronáutico, tal como se explica a continuación:

La inspección de la aeronave

El ejército aéreo español ha empleado el método Lean, herramienta ergonómica que apoya el proceso de inspección de las aeronaves que se encuentran en trabajos, esta forma de mantenimiento está para realizarlo dentro y fuera del avión. Según Geinfor (2022) “sacando



provecho de la tecnología, no se realiza uso del dron, si no que el operario usa gafas 3D y una Tablet con realidad aumentada” (p, 1). Esta herramienta se denomina Control visual (Andon en japonés.

El precitado autor explica que el control visual o inspección directa es “herramienta fundamental y diferenciadora en la identificación de mudas o desperdicios; mediante la observación del proceso, genera señal de alerta en el momento de un inconveniente, para ser corregido de inmediato por el responsable” (Geinfor, 2022, p. 1).

Dentro del proceso Inspección de mantenimiento, en el presente estudio, de un equipo UH-60, podría serle aplicado el Andon (arriba definido), el cual forma parte de los mecanismos Jidoka; estos permiten la identificación instantánea de las novedades técnicas que se producen, por lo que permite encontrar de forma sencilla las causas que generen el inconveniente presentado. Este método “justo a tiempo”, del Jidoka, es una de las herramientas de Lean Manufacturing. (Organización “Item”, 2019).

Filosofía Lean

Una organización emplea el Lean, en procura de mejorar los procesos a nivel general, lo cual implica aumentar el valor para el cliente con un mínimo de desperdicio. Lean es simplemente agregar más valor para los clientes con menos recursos. La ventaja de este concepto es que reduce los recursos sin valor agregado, incluyendo espacio, material, herramientas y mano de obra.

El Lean aplica principios tales como minimización de desperdicios, flexibilidad y capacidad de respuesta al cambio; estos están respaldados por esfuerzos para optimizar el



flujo de material e información y lograr una calidad superior con el fin de eliminar desperdicios y reprocesos.

Aunque la manufactura esbelta (simplificada) se desarrolló originalmente para la industria automotriz, no obstante, las empresas de fabricación aeroespacial han descubierto que estos principios también se pueden aplicar en esta industria de alta precisión para mejorar la eficiencia de la producción. Tal como afirman Shiva et al (2017), donde se tiene como fin saber claramente los cuellos de botella que generan retardos en la líneas de producción. (Bharadwajb et al, 2017)

Los citados autores afirman también que la industria de las aerolíneas es extremadamente competitiva, con notorios márgenes de beneficio. Por lo tanto, es fundamental para ellas mejorar continuamente sus operaciones y alcanzar excelencia operativa, por ende, la mejora continua de sus procesos.

Ciclo DMAIC y Lean six sigma

La metodología DMAIC es un elemento importante de Lean Six Sigma que permite a las organizaciones controlar las entradas correctas para impulsar mejoras en los procesos. DMAIC: cuyas iniciales indican fases que, llevadas a cabo, creando un equilibrio entre la gestión de herramientas y los objetivos organizacionales. Esto, a través de la mejora de los procesos en el mantenimiento aeronáutico” Aguirre (2020), Concretamente, se persigue: Para la constante mejora de los procesos dentro de la producción del mantenimiento aeronáutico se debe tener en cuenta que se debe poseer una adecuada planeación generando una adecuada detección y pronta resolución de problemas, todo esto conducente a suplir las necesidades



del Grupo de Combate, el cual en este caso es el cliente, enfocados en agilizar procesos de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60 en el CACOM No5

El método DMAIC está conformado por las siglas traducidas al español: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Todo esto conducente a simplificar los procesos y volverlos más ágiles, asegurando calidad y control durante todo el proceso de gestión de mantenimiento.

El método DMAIC nace a partir de la metodología Lean Six Sigma, creada por el ingeniero Bill Smith de la empresa Motorola, a principios de los años 90. Con el empleo de la estructuración, DMAIC también se orienta por los objetivos de Lean Six Sigma: “Ganar productividad y rentabilidad, satisfacer al cliente, ahorrar recursos, reducir el desperdicio, aumentar la calidad de vida y la seguridad de los empleados” (Aguirre, 2020, p. 1).

Como ejemplo, Van Goethem (2016) presenta un estudio de caso práctico sobre cómo Kenia Airlines y su departamento de servicios terrestres de Airways aplicó el método Lean Six Sigma para mejorar el tiempo-rendimiento y reducir los retrasos en la conectividad del equipaje en el Aeropuerto Internacional “Jomo Kenyatta”.

Ahora bien, el propósito de DMAIC hace referencia al método Kaizen, el cual perfecciona la gestión de los procesos y la mejora continua, de manera más ágil (Aguirre, 2020). Con lo anterior, la intervención en procesos propenso a cambios decisivos que permitan reducir la cantidad de mudas, desperdicios en aspectos claves de la organización, desde el mando superior hasta las áreas operativas, se espera que el alistamiento de las aeronaves del CACOM-5, unidad militar en estudio, se mantenga en un buen porcentaje de alistamiento, el cual incidirá en resultados positivos para seguir llevando a cabo la misión institucional.



Cabe resaltar que el trabajo de transformación organizacional es un desarrollo importante que requiere suficiente tiempo y dedicación, donde todos los miembros de la organización son líderes, artífices y protagonistas de las mejoras que presentan las inspecciones de mantenimiento programado de las aeronaves UH-60 del CACOM-5.

Rutina esbelta y dimensión humana de Lean

En pro de mejorar sus procesos, bajo Lean, se considera a los colaboradores como líderes en sus niveles, todos, desde los manipuladores de equipaje, tripulaciones de vuelo y los directores de la junta buscan la mejor forma de hacer las cosas, así mismo se busca eliminar la ineficiencia, pues en algunas ocasiones es cuestión de usar el sentido común. Mantener el desperdicio fuera, es algo que solo se puede lograr mediante un cambio estructural en todos los niveles de la organización. De todos los enfoques, Lean “es el único que aborda explícitamente el problema de los cambios de comportamiento” (Andreu, 2021, p. 1).

En este sentido, señala la precitada autora, “Lean se basa en la eliminación de aquellas actividades que no aportan valor al proceso, para lo cual es esencial su dimensión humana, ya que considera a las personas como el capital más importante de la empresa” (Andreu, 2021, p. 1). De modo que una filosofía Lean implica una colaboración y comunicación entre los distintos niveles de una empresa.

MARCO SITUACIONAL

El control total de la producción con un enfoque sensible fundamenta esta investigación para ser empleada en las inspecciones de 120 horas de los helicópteros UH-60 del CACOM-5. Mejorar los procesos logísticos en el mantenimiento y poder entregar



aeronaves completamente listas para la operación, el análisis, y la planeación de todos los recursos, son los elementos centrales para asegurar el cero desperdicio (Cardozo y Perea, Garzón, 2017).

De esta manera, se pueden aprovechar todos los recursos del medio industrial aeronáutico, apoyado en la Sinergia teniendo en cuenta el punto de vista de la teoría general de sistemas que sincroniza a todos los datos históricos, análisis, diagnóstico y toma de decisiones para que los planes estratégicos del Grupo Técnico puedan ser cumplidos a cabalidad.

El alcanzar el cero mudas, requiere la previa identificación de desperdicios o despilfarros, en tiempos (por ejemplo, horas-hombre) y en materiales (entre otros recursos). Según los precitados autores, el uso de Lean y la administración de la cadena de abastecimiento en las organizaciones aeronáuticas pueden ser viables, teniendo en cuenta la competencia y los cambios tecnológicos que obligan a la industria aeronáutica a tener flexibilidad y, además, deben generar un balance entre los técnicos de mantenimiento y el escuadrón de abastecimientos, a través de comunicaciones asertivas con usos de tecnologías para optimización de los canales de comunicación (TIC), con las ventajas que brinda un mundo globalizado, así como el aprovechamiento de los Enterprise Resources Planning (ERP) efectivos tal como el SAP que ayuda a mejorar las comunicaciones para que CACOM-5 se convierta en una unidad cuyos resultados y procedimientos sean óptimos, para la mejora de la logística aeronáutica.



MARCO TEORICO

Sistema de Producción Toyota

De acuerdo con Mathaisel (2005), hace aproximadamente 8 décadas, la descendencia de Sakichi Toyoda desarrolló el sistema justo a tiempo, el cual ha sido referente en la producción lean de vehículos o también llamada producción esbelta y junto con su primo Kiichiro quien se convirtió en presidente de la compañía Toyota, siempre tuvieron como premisa aumentar la productividad. (Toyota, 2017, p. 1).

La citada fuente afirma también que: “Ohno desarrolló el método Deming, basado en el ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar) el cual fue herramienta clave desde el diseño hasta la post-venta, esto fue soporte para el concepto de Justo a tiempo. El sistema de producción Toyota se ha convertido en el mundo un modelo de clase mundial en la producción de vehículos, el cual se basó en la metodología lean manufacturing o también llamada manufactura esbelta.

Lean Manufacturing

Como indica Toyota (2017, p. 2), “es una filosofía de trabajo, también llamada Lean Production, el cual tiene como fin la disminución o eliminación de mudas y elevar la productividad en todos los procesos, en este caso en la producción de mantenimiento aeronáutico.

En cuanto a su definición, un desperdicio “es el mal aprovechamiento que se realiza de alguna cosa o de alguien” (Real Academia de la Lengua Española, 2021). Como segunda acepción en el mencionado diccionario, un desperdicio es algo que genera pérdida de valor al proceso de interés.



De acuerdo con Abdulmalek y Rajgopal (2007, p. 222), “Muda es una palabra japonesa que significa desperdicio y es un concepto esencial en el Toyota Production System (TPS) o Manufactura Esbelta”. Muda es uno de los tres tipos de residuo: muda, mura, mun y la base es que disminuir los residuos es una manera efectiva de acrecentar la rentabilidad. Por su parte, Harbour (2015), expresa que: para que un proceso agregue valor, debe generar la satisfacción del cliente, generando en él una experiencia el cual el cliente pagará a gusto en caso contrario en un proceso que no agregue valor, es lento en las entregas, no supe los requisitos del cliente y no se satisfacen todas las necesidades de diseño y calidad que el cliente espera disfrutar.

Se aclara que el término muda significa desperdicio, mura desnivel y muri sobrecarga.

Mejora Continua

De acuerdo con lo establecido en la teoría Kaizen, Gisbert (2015), se define como mejora continua al impacto directo a la productividad basado en la implementación del DMAIC, el cual es un proceso organizado de cinco (5) fases y le permite a un proceso eliminar los desperdicios de este. Ahora bien, algunas definiciones de Mejora Continua son las siguientes:

Según la ISO 9001(2008 p. 1) es una “actividad recurrente para aumentar la capacidad para cumplir los requisitos”

Para Harrington (1993, p. 15): “es mejorar un proceso, cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable”

Deming (citado en Quiroam 2022, p, 1) señala que es “un proceso sistemático donde siempre se busca la perfección”.



Ishikawa, (citado en Gisbert, 2015, p. 11) la define: “es lo que las empresas necesitan hacer si quieren siempre ser competitivas”.

En cuanto a ventajas de la Mejora Continua según Gisbert (2015), se encuentran:

Se concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales, Consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles., Reduce el % de productos defectuosos, incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad. Contribuye a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos. Permite eliminar procesos repetitivos. (p. 12)

La mejora continua es una filosofía, pero también un sistema orientado a mejorar cada vez más los siguientes aspectos organizacionales: “niveles de calidad, productividad, costos, niveles de satisfacción, niveles de seguridad, tiempos totales de los diversos ciclos, tiempos de respuesta y grado de fiabilidad de los procesos”. (Esquivel et al, 2015, p. 4).

Relacionado con el requerimiento de reducir tiempos en la producción del mantenimiento de aeronaves, se plantean algunos aspectos:

La evolución de Lean Production, el cual se propone al igual que otros métodos, hacia la mejora continua, se vincula con el SPT ante la necesidad de tener una mayor variedad de vehículos a clientes cada vez más exigentes. Lean Production “ha estado evolucionando a lo largo de un período de tiempo y seguirá haciéndolo” (Womack, citado en Hines et al, 2004, p. 2). Esta filosofía de producción debe involucrar al escuadrón de abastecimientos para eliminar los desperdicios.

Asimismo, todo el personal debe mejorar en cuanto a procesos y procedimientos para así reducir tiempos, haciendo entregas rápidas que agilicen el cambio de piezas dentro del mantenimiento programado de los helicópteros UH-60. El caso de Cardozo y Perea (2017),



fue pionero dentro de las inspecciones de 720 horas, debido a tener que analizar las 1.053 tareas y los componentes a reemplazar en un tiempo récord.

Los principios de Lean se muestran como: “una serie de prácticas sinérgicas que se refuerzan mutuamente y que sirven para lograr los objetivos del sistema en su conjunto” (Shah y Ward, 2003, p. 1), involucrando todo el personal de nivel estratégico y táctico donde ejecutan labores de mantenimiento y civiles de la empresa CIAC-ALAS. (Cardozo y Perea, 2017)

En otro caso de interés, relacionado con las mejoras y la aeronáutica, sus autores (Bustamante et al, 2013), se propusieron reducir la cantidad de tareas de mantenimiento que actualmente se le efectúan a un helicóptero UH-60 Black Hawk de la Fuerza Aérea Colombiana durante una inspección PMI-1. Ello tuvo como objetivo disminuir los tiempos de inspección, aumentar el alistamiento de estas aeronaves y mejorar el flujo de inspecciones que ingresan al hangar del Comando Aéreo de Combate No. 5, de tal manera que se garantice el dispositivo de helicópteros UH-60 en todo el territorio nacional para efectuar operaciones aéreas que derrotan al enemigo.

MARCO LEGAL Y NORMATIVO

El documento doctrinario que rige el mantenimiento aeronáutico para la Fuerza Aérea colombiana, plasma las normas, reglamentos que guían al personal técnico-logístico o grupo técnico encargado del mantenimiento de las aeronaves en todas las unidades de la FAC, es el Manual de Mantenimiento Aeronáutico (MAMAE, 2016). Con este manual se normativizan los distintos aspectos que aseguran la aeronavegabilidad y la confiabilidad de las máquinas.



El manual indica las normas que rigen el mantenimiento preventivo, correctivo y recuperativo. Asimismo, contiene los lineamientos del sistema de calidad aeronáutica: auditorias y programas de entrenamiento, entre otros aspectos. También aborda el sistema de confiabilidad aeronáutica: gestión, análisis, evaluación y seguimiento de la confiabilidad de las aeronaves.

Por otra parte, el Manual de procedimientos administrativos y financieros para el manejo de bienes del Ministerio de Defensa (MDN, 2021), norma los procesos “para el registro, manejo, responsabilidad y control de los bienes de propiedad del MDN” (p. 8). Aplicando alguna de las normas, a lo referido al mantenimiento de las aeronaves militares, el mencionado manual establece lineamientos para el manejo de los repuestos:

Gracias a la gestión del mantenimiento generado a través del ERP-SAP, cada vez que salga un elemento o repuesto del almacén, esta es soportada por la orden de mantenimiento en la que está señalada la aeronave que está en mantenimiento programado y todo esto debe estar enterado el jefe de la bodega logística para control de sus inventarios.

Asimismo, el Manual también trata el aspecto del mantenimiento de la siguiente manera: los mantenimientos son realizados con la intención de elevar el valor del bien y alargar su vida útil.

Por su parte, las normativas incluyen Mensajes Técnicos (MT). Tal es el caso del MT-918, Rev. 2 (2020), que establece que inmediatamente se notifique al supervisor que carga, al personal de mantenimiento o la tripulación de vuelo sí hay cualquier escape o derrame de líquido. Limpiar cualquier escape o derrame antes del vuelo, podría ocasionar daños a los sistemas de la aeronave. (Esto incide favorablemente al aspecto preventivo del mantenimiento). Igualmente, el MT citado señala: si se están realizando labores de



mantenimiento, deben asegurarse elementos tales como: cubiertas, herramientas, trapos, etc., que puedan causar daño a los motores o la estructura de la aeronave, y asegurarse que los bancos o equipos requeridos se encuentren en una posición segura.

MARCO CONCEPTUAL

Cadena de valor

De acuerdo con Porter (1980) quien acuñó el concepto de cadena de valor, una organización es una cadena o eslabón que, a través de una serie de fases, va sumando valor para clientes y grupos de interés. De este modo, crea y mantiene su ventaja competitiva; dentro del esquema de la cadena de valor, se tiene en cuenta, según el precitado autor que:

...además de los procesos y actividades internas de la organización, visualizar y analizar el entorno contemplando que las organizaciones en muchas oportunidades subcontratan actividades que son ejecutadas a través de outsourcing especializados que tienen experiencia y estándares en la ejecución de los procesos que se les delegan. (p. 18)

Porter (1980) consideró que los niveles funcionales pueden dividirse en actividades individuales, agregando también estos factores: “(a) las fuentes de la ventaja competitiva, (b) el liderazgo en bajo costo y (c) diferenciación respecto a la competencia” (p. 26).

Todo lo cual, en su teoría de Estrategia competitiva, dependían de tales actividades individuales. Así, “mediante esta desagregación, la cadena de valor proveía a la firma con las capacidades de entender sus costos y de identificar sus fuentes de diferenciaciones existentes o potenciales” (Porter, 1980, p. 20).

Un concepto fundamental de la teoría de Porter (1980, p. 22) es el de margen. “El margen es el valor que los productos y servicios de la compañía tienen desde el punto de



vista de los clientes, menos los costos”. Por ende, el excedente de los precios sobre los costos se llama margen. Asimismo, indica Porter (1980) que, “desde el punto de vista de la competencia, el valor es lo que la gente está dispuesta a pagar por lo que se le ofrece” (p. 14). El valor se mide por los ingresos totales, reflejo del precio que se cobra por el producto y de las unidades que logra vender. “Una empresa es rentable si su valor rebasa los costos de crear su producto o servicio” (Porter, 1980, p. 54). Por otra parte, “el valor de un producto o servicio se mide con base en la cantidad que el comprador está dispuesto a pagar, en otras palabras, un precio” (Mintzberg, Quinn y Voyer, 1997, p.90).

Porter (1980) conceptualiza la cadena de valor como la red de actividades de la empresa, en vista de que esta “aspira transformar insumos de bajo costo en productos o servicios con un precio superior a sus costos. La cadena de valor es una estrategia para el análisis de las fuentes de ventaja competitiva” (p. 6).

Asimismo, puede concebirse como un medio sistemático que posibilita el examen completo de las actividades que se realizan. Permite “dividir la compañía en sus actividades estratégicamente relevantes a fin de entender el comportamiento de los costos, así como las fuentes actuales y potenciales de diferenciación” (Porter, 1980, p. 5); por último, entendida como herramienta de gestión, facilita el análisis de actividades y procesos al interior de una organización “utilizando como metodología la segregación o descomposición de las principales actividades en donde se genera valor al producto o servicio” (Porter, 1980, p. 5).

En definitiva, la cadena de valor “es lo que se gerencia en una organización, es la parte estratégica de la compañía, en donde se contemplan la totalidad de las áreas, procesos y actividades que generan valores diferenciales al producto o servicio y al negocio” (Porter, 1980, p. 5). El modelo de la cadena de valor de Porter (1980) es:



Herramienta de gestión enfocada para generar análisis estratégico del negocio

Donde se genere control continuo a las estrategias indicadas por la institución donde se orienten a cumplir los objetivos de la compañía.

Elementos de la cadena de valor

Las actividades de la cadena de valor “son dependientes entre sí, ya que están relacionadas por vínculos que representan la necesidad de coordinación, bien sea para aumentar la diferenciación o reducir costos” (Agrisino et al, 2005, p. 3). Los precitados autores definen lo siguiente:

“Las Actividades Primarias son aquellas que están, vinculadas con el desarrollo del producto o servicio, su producción, las de logística y comercialización y los servicios de post-venta”.

“Las Actividades de Soporte a las actividades primarias se componen por la gestión del talento humano, adquisición de bienes y servicios, desarrollo tecnológico y las de infraestructura empresarial”

Cadena de Suministro

Con bases en la definición del Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, citado en Estaún, 2019) por cadena de suministro se entiende al conjunto formado por los distintos “eslabones que se suceden en una organización, que van desde las materias primas no procesadas hasta los productos terminados que llegan al consumidor final” (CSCMP, citado por Estaún, 2019, p. 1). La cadena de gestión de suministro (SCM) “es el ciclo de vida de un producto o servicio, desde que se concibe hasta que se consume” (Estaún,



2019, p. 1). Asimismo, es un subsistema dentro de la organización que engloba la planificación de las actividades de: suministro, fabricación y distribución de los productos.

Fases de la Cadena de Suministro

Existen distintas cadenas (compras, suministro, gestión de existencias, transporte, mantenimiento). En ellas participan “actores externos como: proveedores, fabricantes, distribuidores, mayoristas, detallistas y clientes o consumidores finales” (Estaún, 2019, p. 1). Según la precitada autora, las siguientes fases se diferencian en la Cadena de Gestión de Suministro:

Suministro. Cómo y de dónde se obtienen las materias primas

Fabricación. Convertir dichas materias primas en productos terminados o en alistamiento de los servicios que presta la organización” (Estaún, 2019, p. 1).

Distribución. Traslada el producto o servicio hasta las locaciones donde el usuario adquiere el producto (puntos de venta) o el servicio que produce la organización, destinado a los consumidores.

La Cadena de Suministro, que hay en cada fase del proceso de un producto o servicio, es un método de trabajo integrador que ayuda a gestionar los diferentes flujos existentes en los distintos canales de distribución y con el consumidor final.

Según Perea y Sánchez, 2018, p. 15), “las operaciones aéreas que desarrolla la FAC son importantes para la seguridad y defensa del país, en ese sentido, la gestión logística de la organización es esencial para el cumplimiento de la misión de la organización”; por ello, se considera que la cadena de suministro debe estar articulada con esos requerimientos de la



organización, y así, se alcancen las mencionadas operaciones al desarrollarse de manera exitosa (Perea y Sánchez, 2018).

Lean six sigma con el método DMAIC

La aplicación mencionada metodología orientada a la mejora de procesos, está conformada por cinco (5) fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Por sus siglas en inglés, se denomina DMAIC, y sobre lo cual se trató anteriormente. Se selecciona este enfoque de Lean six sigma para la mejora y optimización de procesos, cuando en estos se ve involucrado el trabajo de las personas.

Asimismo, se emplea el Lean six sigma para eliminar desperdicios o mudas, identificando caminos críticos y cuellos de botella, en las acciones de los operarios, durante el proceso que se gestiona mediante dicho método. Ahora bien, de acuerdo con Magnusson (2000, p. 6), Lean six sigma también puede seguirse según la metodología de DMADV (define o definir, measure o medir, analyze o analizar, design o diseñar, verification o verificación), “que es utilizada cuando las organizaciones requieren diseñar o rediseñar los productos y procesos buscando alcanzar un nivel Seis Sigma”. Valga señalar que “en los ámbitos académico y empresarial, este enfoque es denominado Diseño para Seis Sigma (DPSS)” (Gómez y Barrera, 2011, p. 230).

Las fases de definir, medir, analizar, mejorar y controlar del método DMAIC, se conciben de acuerdo con las nociones de Gómez y Barrera (2011), a saber:

Definir: Puntualizar problemas y métricas que permitan establecer cómo los procesos y productos afectan los requerimientos de los clientes, los cuales se denominan CTQ (por sus siglas en inglés: Critical to Quality).



Medir: Fase que permite medir el desempeño actual del proceso que se busca mejorar a través de la medición de los CTQ, los cuales permiten establecer cuantitativamente los defectos u oportunidades que se desarrollarán en las fases posteriores del proyecto. Esta medición se soporta en el diseño y ejecución de un plan de recolección de datos que incluye fuentes primarias o secundarias de los mismos. Por último, se comparan los resultados actuales con los requerimientos del cliente para determinar la magnitud de la mejora requerida.

Analizar: Revisar, evaluar y seleccionar alternativas de diseño de procesos, que permitan satisfacer los requerimientos de los clientes, definidos y medidos en fases anteriores, a través del CTQ.

Mejorar: desarrollar los detalles del diseño, se debe evaluar la capacidad del diseño propuesto y elaborar los planes para realizar pruebas piloto o prototipos del nuevo producto, servicio o proceso, buscando el cumplimiento de las especificaciones técnicas. **Controlar:** Construir o desarrollar un producto o proceso piloto para verificar o validar el cumplimiento de los CQT (por sus siglas en inglés: Critical to Quality), lo que significa ver en qué medida los procesos afectan favorable o desfavorablemente al usuario final del proceso). (p. 231).

A partir de las generalidades, objetivos y metodologías de mejoramiento y diseño del Seis Sigma, “se puede identificar que esta herramienta se enfoca en la satisfacción de las necesidades de los usuarios finales y la disminución de costos” (Gómez y Barrera, 2011, p. 231). En cuanto al análisis, se debe analizar qué características técnicas deben elegirse para reducir los defectos y la variabilidad que permitan alcanzar un nivel Seis Sigma (Chao y Chía, 2008).



En resumen, la implementación del Seis Sigma implica utilizar las metodologías DMADV(DPSS) y DMAIC, las cuales apoyan el mejoramiento y diseño de productos y procesos, respectivamente. En vista que el presente estudio se refiere a un diseño operacional con el propósito de optimizar (eliminación de mudas) el proceso de inspección de mantenimiento de 120 horas, de la flota UH-60 (del CACOM-5), se sigue el DMAIC que es el método del Lean six sigma cuando se trata de procesos, centrados en este caso, en la mencionada inspección. Vale señalar que el usuario final son los funcionarios que hacen uso de las aeronaves que pasan por tal inspección, pero también se consideran los usuarios intermedios o clientes internos.

Los Ocho Desperdicios

Una de las fases fundamentales en Lean y el sistema de producción Toyota es la consigna de saber que trabajos aumentan valor y cuáles no. De modo que “al lograr una clasificación de las actividades del proceso en estas dos categorías, podrá emprenderse acciones para mejorar las primeras y eliminar las segundas” (SPC Group, 2016, p. 1). Esto es importante para la efectividad de las fases de identificación y clasificación; así como en la posterior mejora o eliminación, según sea el caso.

Los siguientes ocho residuos (8 mudas) se refieren a los recursos que son comúnmente desperdiciados. Fueron identificados “por el Ingeniero en Jefe de Toyota, Taiichi Ohno como parte del Sistema de Producción Toyota” (SPC Group, 2016, p. 1). Según la precitada fuente, la definición literal de estas mudas, son:

Ocho tipos de desperdicios Lean Manufacturing

- Sobreproducción
- Tiempo de espera



- Transporte
- Re-trabajos
- Inventario
- Movimientos
- 7. Defectos
- 8. Conocimiento o talento no aprovechado

Transporte

Cuando un producto es cambiado de sitio o de posición, se incurre en riesgos de daños, pérdidas, retrasos, entre otros. Adicionalmente, constituye un costo sin valor añadido. Esta muda no otorga un proceso en el producto o servicio que el cliente querrá pagar.

Inventario

Bien sea en forma de materias primas, insumos, productos en proceso (conocido como WIP), o productos terminados, constituyen un gasto de capital que aún no ha generado ingresos (por el productor o para el consumidor). Ya que ninguno de esos elementos está activamente procesado para añadir valor, por tanto, es desperdicio.

Movimiento

Se refiere a los movimientos innecesarios y repetidos que realiza algún operario de forma ineficiente por mal uso o carencia de una herramienta especial o de transportes de mercancía o material no planeado en su recorrido.

Tiempo de Espera

Se refiere al momento en que no está generando valor una parada inesperada en alguna etapa de la producción, lo cual genera represamiento y detección de la producción



Sobre procesamiento

En el procesamiento de un producto o servicio, a veces sucede que se realizan muchos más trabajos sobre el producto o servicio que lo que es requerido por el cliente. Ello sucede por también, por el uso de herramientas que son más precisas, complejas o caras de lo estrictamente necesario.

Sobreproducción

Esta muda se presenta frecuentemente en la producción de grandes lotes. La sobreproducción es la muda más compleja debido a que esconde y/o compone todos los demás. “La sobreproducción conduce a exceso de inventario, el cual requiere el gasto de los recursos de espacio de almacenamiento y conservación, actividades que no benefician a los clientes” (Gisbert, 2015, p. 10).

Defectos

En los casos donde el producto o servicio presentan imperfecciones, se generan costos extras debido a la necesidad de re-elaborar el producto o servicio defectuoso, y re-programación en la producción, etc. Efectivamente, con frecuencia se duplica el costo de producción de dicho producto, lo cual se considera como una pérdida ya que no debe transmitirse al consumidor/cliente.

Conforme con Gisbert (2015), y de acuerdo con la definición académica, para el Lean Manufacturing se infiere como muda a aquellas actividades que usan más recursos de lo necesario, de esta manera se pueden identificar diferentes tipos de desperdicios como: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimientos innecesarios, no conformidades.



Por otra parte, las técnicas del Lean son todas las acciones que aumenten valor y tiendan a eliminar los desperdicios, tales como: organización de puestos de trabajo, gestión de la calidad, flujo interno de producción, mantenimiento, gestión de la cadena de suministro y cualquier otro que optimice los recursos.

En definitiva, “el punto de partida para optimizar los recursos y mejorar de forma continua es reconocer la necesidad. La complacencia es el gran enemigo del Lean Manufacturing” (Gisbert, 2015, p. 45).



CAPITULO 3 – DESARROLLO METODOLOGICO

ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según el problema presentado y los objetivos planteados para el presente trabajo, este se inscribe en el enfoque mixto (cuali-cuantitativo), concebido por Hernández-Sampieri et al (2014), como un conjunto de procesos de investigación que “implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio” (p. 534).

Por una parte, en el presente estudio se responde al proceso cualitativo, debido a que parte de los resultados o información que se recolecta no es de carácter numérica. Además, “la investigación desde la ruta cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en su ambiente natural y en relación con el contexto” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 390).

En el presente estudio, se plantea diagnosticar el estado actual de la cadena de valor de las inspecciones de mantenimiento de 120 horas de la flota UH-60, e identificar las mudas en dicho proceso, lo cual vienen siendo los fenómenos por conocer mediante la perspectiva de los participantes.

No obstante, la búsqueda y análisis de información también evidencian a procesos cuantitativos, en la aplicación de Lean six sigma, con el método DMAIC, lo que se vincula con los objetivos de investigación de diseñar y validar mediante prueba piloto.

En cuanto al tipo de investigación, es Proyectiva; ya que, con bases en un trabajo de campo, el estudio proyectivo “propone soluciones a una situación determinada a partir de un



proceso de indagación” (Hurtado, 2012, p. 122). La propuesta, en este caso, se sustenta en los análisis de datos recopilados con el fin de darle solución a lo que estos arrojen, a través de un diseño operacional -basado en eliminación de mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60-, como medio de solución. Según Arias (2012, p. 46), una propuesta se enfoca en dar solución a un problema práctico o satisfacer una necesidad, en este caso, mejorar el proceso de inspecciones de mantenimiento de la flota UH-60, arriba mencionado.

NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El nivel de la presente investigación es descriptivo, la cual hace referencia “en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (Arias, 2012, p. 24), es decir, sus aspectos más distintivos. En el presente caso, se trata de cómo ocurre (estado actual de) la cadena de valor en el proceso en estudio, y la presencia de mudas en él.

En cuanto al diseño, el estudio es no experimental porque se realiza la acogida de información a los sujetos indagados directamente, o de la realidad donde ocurren los hechos (entendidos como datos primarios), sin manipularla o controlarla, solo será observada y registrada. También es no experimental porque no requiere de ensayo error para comprobar que el estudio generará algún efecto, ya que la metodología Lean ya ha sido aplicada en otros entornos y ha mostrado positivos resultados, de esta manera en este caso se trata de implementar mencionada filosofía como herramienta de mejora de procesos para la problemática presentada.



Así mismo, es de corte transversal, lo cual significa que la recolección de la información se efectúa una sola vez en el tiempo. Por otra parte, se trata de un trabajo en campo para la búsqueda de la información que dará respuesta al diagnóstico de la cadena de valor y la indagación de mudas en el proceso bajo estudio. Las técnicas de este diseño son de dos tipos: observación y entrevistas.

Por último, se desarrolló un diseño documental a fin de conocer a profundidad la filosofía Lean y analizar la posibilidad de su aplicación en el ambiente de la aviación, en particular, en el mantenimiento de equipos de ala rotatoria. Del mismo modo, el ERP-SAP es una plataforma que proporciona datos e información relevante (es decir, documentos) a la investigación.

POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

En este estudio, la población es la totalidad de las 25 aeronaves que conforman la flota UH-60 del CACOM-5, y que son sujetas a la observación directa sobre las inspecciones de mantenimiento de 120 horas. La muestra seleccionada es de 25 aeronaves, es decir, la totalidad de ellas, por tanto, el criterio de muestreo fue no probabilístico, de carácter censal.

Asimismo, se considera la muestra de los participantes en las entrevistas, arrojando 10 funcionarios, de distintos grados y cargos, quienes consintieron participar en el estudio; entre ellos, operarios de mantenimiento, inspectores, entre otros, los cuales son codificados como P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10 (por la inicial de Participante). La muestra siguió un criterio intencionado.



TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la definición se utiliza los datos históricos de la producción de mantenimiento aeronáutico enfocado a la flota UH60, permitiendo establecer las variables de impacto en la disponibilidad de aeronaves, así como, la entrevista (Anexo A), basada en los lineamientos del Mensaje técnico 884 que establece el procedimiento, así como informes de confiabilidad evidenciando las oportunidades de mejora, encontrando la fundamentación de las 8 mudas.

Asimismo, la fase de Definir, incluye el mapa general de la aplicación del six sigma, descripción del proyecto de aplicación, Voz del cliente, Requerimientos críticos del cliente (CTQ), Tiempos y tareas en inspección de una aeronave concreta.

A la fase de Medir corresponden: cálculos de nivel del valor sigma, de las estadísticas del proceso, Diagrama Ishikawa, plan de recolección de datos.

Para la fase de Analizar: mapa de la cadena de valor futuro y presente, a fin de comparar, el análisis de la información, Análisis de modos y efectos de fallas, Capacidad de los procesos, Análisis de la desviación, Diagrama de Pareto de los efectos, Estadísticas descriptivas, Prueba de hipótesis, Análisis de la información (gráfica de C1 e histograma de C1), Propuesta de soluciones potenciales, Identificación de improductividades.

En la fase de Mejorar: se realiza presentan acciones seleccionadas, la estrategia diseñada, diagrama de Pareto de los efectos, Efectos principales, Interacción para resultados.

La fase de Controlar: incluye un plan de control o verificación y tablas de costo-beneficio antes y después de la aplicación. (Ver anexo C)

Por otra parte, se emplearon las técnicas de observación directa y la entrevista. Algunas de las observaciones fueron reflejadas en instrumentos llamado Rejillas de observación, tanto en los procesos cualitativos como en los cuantitativos. Respecto a la



entrevista, se diseñó un guion de entrevista (Ver Anexo A). Mediante este trabajo de campo (observación y entrevistas), destaca conocer: (a) tiempos que tarda la inspección; (b) tareas en el proceso de la inspección de mantenimiento programado; (c) movimientos y desplazamientos requeridos en la inspección de mantenimiento programado; (d) improductividades, (e) sugerencias para la mejora de la inspección, entre otros elementos.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS

La forma de trabajar con la información son la estadística descriptiva y el analítico, ya que se describe numéricamente pero también se analiza cualitativamente el evento en estudio: procesos de inspección de mantenimiento de 120 horas de la flota UH-60. Lo anterior implica el empleo de técnicas estadísticas y lógicas para detallar el impacto de la información, estructurar la información, resumir el comportamiento de los datos, ilustrarlos mediante gráficos, y analizar las tendencias estadísticas, para obtener conclusiones significativas (Arteaga, 2020).

En cuanto análisis cualitativo, este concierne a la interpretación de la información, en la manera como fueron recolectados. Los datos, en este caso, “son heterogéneos y provienen tanto de entrevistas, como de observaciones directas y de documentos públicos o privados” (Taylor y Bogdan, 2002, p. 15).

Tanto la información proporcionada por la observación de eventos (a ser procesada cuantitativamente, y a ser procesada cualitativamente), así como la derivada de las entrevistas, es analizada e interpretada para dar cuenta de los objetivos del estudio, y por ende, dar respuesta a la interrogante de la investigación.



CAPITULO 4 – ANALISIS Y RESULTADOS

GENERALIDADES

El Grupo Técnico del CACOM-5, cuenta con una capacidad instalada para desarrollar el mantenimiento a la aeronave UH-60 Black Hawk y sus componentes, bajo los requerimientos del Reglamento Aeronáutico de Aviación de Estado (RACAE), el Grute 53 en cumplimiento de los parámetros del manual del fabricante se mantienen las capacidades bajo la estructura del DOMPI, así:

Doctrina: en el desarrollo de la metodología Lean Six Sigma y de acuerdo con la revisión realizada, los mensajes técnicos, documentación del Ministerio de Defensa como el Manual de Bienes, alertas, órdenes de ingeniería, entre otros, han sido referencia para el presente trabajo, pero no involucra en la modificación u afectación de estos.

Organización: en este aspecto la escasez de personal en todos los niveles jerárquicos tanto administrativos y operativos demuestran una afectación importante en razón a que no se cumple la Tabla de Organización y Equipo (TOE), en este aspecto Lean Sigma actúa como herramienta de mejora para administrar de forma organizada los turnos de trabajo, donde se evidencia improductividad y variabilidad en el proceso.

Materiales y equipos: para la ejecución del mantenimiento se debe contar con los materiales necesarios para efectuar una inspección de 120 horas, lo cual se puede adquirir con el PASLO, contratación local y a través de FMS. En este aspecto Lean Six Sigma requiere que lo anterior funcione de manera excepcional, porque sin insumos no se puede realizar el trabajo de las aeronaves, así mismo se requieren equipos especiales de UH-60 de los cuales hay muy pocos en stock, con los cuales se puede trabajar, sin embargo, sería ideal contar con mayor proporción de estos para trabajar de forma óptima.



- Personal: debido a la carencia de personal en toda la institución, Lean surge como herramienta solución para afrontar esta situación y administrar los recursos de la mejor manera.
- Infraestructura: luego de analizar la situación actual, Lean puede trabajar con lo que se administra actualmente, la falta de plantas eléctricas y bancos especiales afectan la capacidad instalada del Grute-53.

Viéndose reflejado en la disponibilidad de las aeronaves operativas este grupo posee personal entrenado y en constante capacitación, todo lo anterior cumpliendo con los atributos de calidad que contiene el Manual de Mantenimiento Aeronáutico –MAMAE- (Fuerza Aérea Colombiana, 2016).

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN (D.M.A.I.C)

Para el análisis de la información, se sigue tal como anteriormente fue explicado, el método DMAIC del Lean six sigma, que, aplicado al proceso de inspección de mantenimiento programado de 120 horas a la flota UH-60, será especificado de la siguiente manera:

Definir, incluye el mapa general de la aplicación del six sigma, descripción del proyecto de aplicación, Voz del cliente, Requerimientos críticos del cliente (CTQ), Tiempos y tareas en inspección de una aeronave.

Medir, corresponden los cálculos respectivos: nivel del valor sigma, estadísticas del proceso, Diagrama Ishikawa, plan de recolección de datos.

Analizar: mapa de la cadena de valor futuro, el mapa de la cadena de valor actual, con el fin de comparar, el análisis de la información, Análisis de modos y efectos de fallas, Capacidad de los procesos, Análisis de la desviación, Diagrama de Pareto, Estadísticas



descriptivas, Prueba de hipótesis, Análisis de la información (gráfica de C1 e histograma de C1), Propuesta de soluciones potenciales, Identificación de improductividades.

Mejorar: se realiza presentan acciones seleccionadas, la estrategia diseñada, diagrama de Pareto de los efectos, Efectos principales, Interacción para resultados.

Controlar: incluye un plan de control o verificación y tablas de costo-beneficio, antes y después de la aplicación. (Ver anexo C)

RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL PROCESO CUANTITATIVO

Aplicación del Lean six sigma, con el método DMAIC

El método DMAIC es adecuado para la aplicación del Lean six sigma. Sus siglas en inglés indican: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar. El mapa general de la aplicación que aquí se trata, se asienta en un formato de proyecto, usando la plataforma Project Charter de la FAC, donde se destacan los beneficios esperados, cualitativos y cuantitativos, entre otros aspectos de la mencionada aplicación del lean six sigma. Ver Tabla 3.



Fases del DMAIC para el proyecto de aplicación

Definir (D)

Tabla 3.

Mapa general del proyecto

Formato PROJECT CHARTER	
INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	
Nombre del Proyecto	REDUCCIÓN TIEMPOS INSPECCIONES 120 HORAS UH-60
Objetivo	Reducir de 15 a 12 días de trabajo las inspecciones de 120 horas de las aeronaves uh-60 al 1ro de diciembre del año 2021
Alcance	Desde el inicio de la ejecución de la inspección de 120 horas hasta la entrega de la aeronave para vuelo de prueba
Proceso Impactado	Proceso de apoyo (mantenimiento aeronáutico)
Fecha Estimada de Inicio	8/31/2021
Fecha Estimada Final	11/30/2021
Beneficios Esperados (Cualitativo y Cuantitativo)	Disminución de costos de mantenimiento de mantenimiento programado en inspecciones de 120 horas organización y estandarización de tareas de mantenimiento integración y conocimiento de las actividades para la ejecución de operaciones aéreas, reducción de tiempos en hangar y el aumento de la disponibilidad de aeronaves para el cumplimiento de horas de horas y de la misión institucional
Costos Esperados	\$1,137,130

Nota: la tabla tiene como meta mostrar la intención general del proyecto, ya que tiene como objetivo reducir de 15 a 12 turnos de trabajo en las inspecciones de mantenimiento de 120 horas de las aeronaves UH-60 a la fecha establecida por el diseñador operacional del proyecto de aplicación de Lean six sigma, Fuente: elaboración propia



Tabla 4.

Descripción del proyecto de aplicación

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
Descripción del Problema	Se han aumentado la cantidad de turnos de trabajo de 8 a 15 de las inspecciones de 120 horas. Esto afecta el alistamiento logístico y operativo de las aeronaves uh-60 para el cumplimiento de la misión institucional y así mismo el herario público.
Caso de Negocio	Con el análisis realizado y las acciones de mejora a implementar, se busca reducir los tiempos de tareas determinadas con mayor desviación y por consiguiente en las inspecciones de 120 horas del equipo uh-60
Metas / Métricos	8 turnos de trabajo se realizaba una inspección de 120 horas / a la fecha se realizan en 15 turnos de trabajo. La meta es llegar a 12 turnos de trabajo
Entregables Esperados	Acciones de mejora que apunten directamente a la eliminación de las variables que afectan los tiempos en hangar, con estrategias alcanzables

Nota: se realiza descripción general del proyecto en la plataforma Project Charter, Fuente: elaboración propia

En esta fase, tal como se ha explicado, se define el proceso a optimizar, desde el parecer del cliente. A continuación, en la Tabla 5, se plasma “la voz del cliente” de la fase de definición.



Tabla 5.

Voz del cliente

Formato VOZ DEL CLIENTE				
Proyecto	REDUCCIÓN TIEMPOS INSPECCIONES 120 HORAS UH-60			
Fecha Actualización	9/26/2021			
Cantidad de Aeronaves	25			
MATRIZ DE LA VOZ DEL CLIENTE				
VOC (Voz del Cliente Interno)	Drivers	CTQ's (Critico para la Calidad)	Operabilidad	Formula
AERONAVES UH-60 BLACK HAWK SE PRESENTAN LISTAS PARA OPERACIONES AÉREAS TANTO DE RESCATE COMO DE ATAQUE	Reducción de los Tiempos de Mantenimiento	Mantenimiento < 12 turnos de trabajo	9 - 11 Dias	N/A
	Capacitación personal técnico	Personal capacitado para efectuar mantenimiento en las aeronaves UH-60	3 años	(Cantidad de cursos efectuados / cantidad de cursos requeridos) *100
	Disponibilidad de repuestos	Listas maestras de los repuestos requeridos para las inspecciones de 120 horas de las aeronaves UH-60	Anual	(Cantidad de repuestos contratados / cantidad de repuestos disponibles)*100
	Alistamiento de Aeronaves	Aeronaves Listas para el servicio	>= 15 Aeronaves	N/A
	Confiabilidad de la Flota	Confiabilidad de despacho (>95,00% Meta mensual definida para las aeronaves UH-60)	Entre 95% y 100% Mensual	Nº misiones programadas / Nº misiones canceladas por mantenimiento
Confiabilidad de operación (>60% Meta mensual definida para las aeronaves UH-60)		Entre 60% y 100% Mensual	Confiabilidad = e ^ - (Autonomia aeronave (2,5 hrs) / MTBF (Mid Time Between Failure) (6,5 hrs)	

Nota: en esta tabla se aprecian las necesidades y requisitos del cliente teniendo en cuenta los respectivos indicadores, Fuente: elaboración propia

Asimismo, en la fase de definición, se estableció el CTQ (por sus siglas en inglés: *Critical to Quality*), que son los requerimientos del cliente. (Ver Tabla 6 y 7, en el Anexo B).



Los atributos de calidad y la adquisición del plan anual de adquisiciones hacen mucho peso relacionándolos con el alistamiento de las aeronaves y disponibilidad de repuestos ya que se demuestran alta interacción entre estos factores lo cual genera importancia para trabajar en ellos y centrar los esfuerzos que generan mudas y tiempos rojos durante las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de las aeronaves UH-60. Respecto a los tiempos reales de las tareas de inspección de mantenimiento, se consultó el ERP-SAP. Como ejemplo de esta observación, hecha sobre las tareas del proceso de inspección, se presenta la siguiente rejilla referida a una parte de las operaciones de inspección a la aeronave FAC-4129.

Tabla 8.

Tareas y tiempos en inspección 120 horas en aeronave FAC 4129

Op.	SOp	Ubicación técnica	Texto breve operación	Trabajo real
0030		FAC4129	Inicio inspección 120 hrs	0,000
0040		FAC4129	Note: before starting this inspection.	0,000
0050		FAC4129	Efectuar lavado de compresores motor no	2,000
0060		FAC4129	Prevac "aseo y limpieza por fod zona de	0,200
0070		FAC4129	Efectuar toma de muestras de MGB, IGB	2,000
0090		FAC4129	Remover y efectuar inventario aeronave	1,500
0100		FAC4129	Enviar botiquines a ESM para inspección	1,000
0110		FAC4129	Inspeccionar extintores tm 1-1500-204-23	1,000
0120		FAC4129	Efectuar inspeccion recibo y formas	9,000
0121		FAC4129	Efectuar inspeccion condicion general	4,000
0130		FAC4129	Remove all covers and fairings for	3,000
0210		FAC4129	Remove cabin soundprofing as required	4,500
0240		FAC4129	If installed, remove internal hoist	2,000
0250		FAC4129	2.27 remove internal hoist upper mount	1,500



0320		FAC4129	Remove engine inlets	1,500
0340		FAC4129	Inspect main rotor damper bearings for	6,000
0350		FAC4129	Remove main rotor blades	7,500
0490		FAC4129	Lavado de aeronave m.t 914 rev.5 06	21,000
0490	0010	FAC4129	Verificar visualmente después del lavado	3,000
0695		FAC4129	B.t. Fac 1h-ah-60-578 corrosion esss.	5,000
0765		FAC4129	Inspect troop/cargo door exteriors	5,000
0765	0010	FAC4129	Check cargo door window emergency	5,000
0785		FAC4129	Inspect troop and gunner seats	0,100
0785	0010	FAC4129	Inspect troop/gunner seat energy	0,100
0820		FAC4129	Inspect main transmission support beams	12,000
0820	0010	FAC4129	Alerta de mantto. Fac no 700 inspección	8,000
0820	0020	FAC4129	Cumplir NDI rajaduras STA 308 lh / rh wl	6,000

Nota: Op es el número de la operación, SOP indica el número de la sub-operación, la Ubicación Técnica hace referencia al número de cola de la aeronave, el Texto breve de operación, hace referencia a una cierta tarea de mantenimiento que se ejecuta en la inspección de 120 horas y el Trabajo real que relaciona los tiempos reales que tardó cada tarea en la inspección.

Medir (M)

En esta fase se mide funcionamiento del proceso de inspección de mantenimiento, el cual se desea mejorar a través de los CTQ. Mediante los CTQ se establecen cuantitativamente los defectos u oportunidades a desarrollar en las subsiguientes fases del proyecto. A continuación, se presenta el cálculo del nivel sigma de variabilidad.



Tabla 9.

Nivel sigma

CALCULO SIGMA	
Defecto	79
Unidades	116
Oportunidades	116
DPU	0,6810345
DPO	0,6810345
DPMO	681034,48
Yield	30,90%
Sigma	1

Fuente: Minitab

Por otra parte, se hicieron los cálculos respectivos de las medidas de tendencia central (media, mediana y moda), las medidas de dispersión y los índices de capacidad. El cálculo del nivel sigma es 1 (uno) por ende la variación es alta y es menor el nivel de calidad, con esto se confirma que deben tomarse acciones para mejorar este nivel sigma y hacer lo posible para elevarlo.



Tabla 10.
Cálculo nivel sigma

MÉTRICA	DEFINICIÓN
U	Unidades inspeccionadas
OP	Cada característica que se inspecciona
DPU	Defectos por unidad
DPO	Número de defectos
DPMO	Defectos por millón de oportunidades
YFT	Representa el porcentaje de productos o servicios buenos (medidos en porcentajes)

Fuente: Minitab

Tabla 11.
Estadísticas del proceso

Medidas de tend. Central	
Media	24,715517
Mediana	18,5
Moda	1

Nota: se realizan estos cálculos para poder mejor hallar el nivel sigma del proceso. Fuente: Minitab



Tabla 12.

Índice de capacidad del proceso

Índices de capacidad	
LES	12
LEI	9
N	10,5
Cp	0,0207006
Cpi	0,2168804
Cps	0,1754792
Cpk	0,1754792
K	9,477

Nota: al hallar los índices de capacidad del proceso, se evidencia la capacidad real del proceso y la necesidad de intervenirlo, Fuente: el autor a través del software Minitab.

Tabla 6. Medidas de dispersión

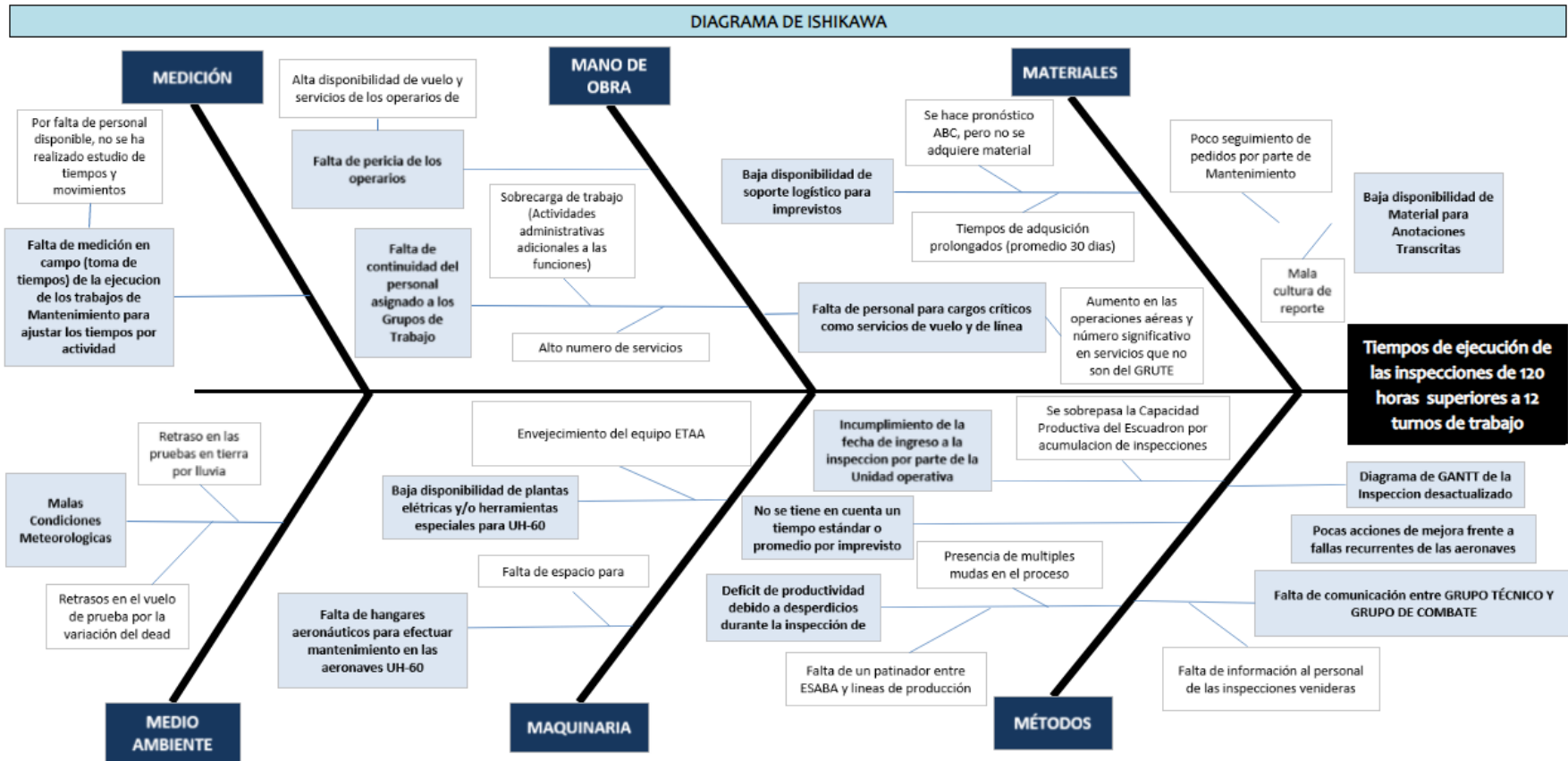
Medidas de dispersión	
Máximo	114
Mínimo	1
Rango	143
Desviación	24,153891
Varianza	583,41045

Nota: se realizan cálculos del nivel de dispersión y centramiento de los datos y el error del sistema, Fuente: el autor a través del software Minitab.

Es relevante destacar que, para la fase de medición, se empleen herramientas tales como Diagrama Ishikawa denominado también de cola de pescado y de causa-efecto), ver Figura 1.

Figura 1. Diagrama Ishikawa

Fuente: elaboración propia



Por otra parte, la medición se sustenta en la creación e implementación un plan de recolección de datos que incluye las fuentes primarias o secundarias, el cual se presenta a continuación.



Tabla 7.

Plan de recolección de datos

Variables	Variable	Tipo de Variable (Entrada/Proceso/Salida)	Tipo de Dato (Continuo/Discreto)	Definición Operacional	Responsable de la Recolección	Método de Recolección	Frecuencia de la Medida	Fuente de datos / Almacenamiento	Metas
DE ACUERDO A LO DEFINIDO EN LOS CTQ'S	Tiempos de Mantenimiento	PROCESO	DISCRETO	Valor de las personas que requieren efectuarse mantenimiento	EL AUTOR	Si se extrae de SAP o como se tomó de campo	Se establece de acuerdo a la necesidad real	Dependiendo de donde se tome (SAP o campo)	Definición de la operación (de acuerdo a la voz del cliente)
	Capacitación personal técnico	ENTRADA	DISCRETO	Cantidad de personas aptas para efectuar mantenimiento	SEPLA	Campo y SIEFA con el control técnico profesional	TRIMESTRAL	SIEFA	Cantidad de cursos programados y llevados a cabo
	Disponibilidad de repuestos	ENTRADA	DISCRETO	Cantidad de repuestos con tarjeta amarilla o trazables	SEPRI Y ESABA	Erp SAP y elementos ingresados al almacén	MENSUAL	SAP Y CONTRATOS LOCALES	Repuestos necesarios para suplir toda una inspección programada
	Alistamiento de Aeronaves	SALIDA	CONTINUO	Porcentaje de aeronaves listas	Todo el grupo técnico	ERP SAP	MENSUAL	Erp SAP y estado real de las aeronaves	Entre 60% y 100% Mensual
	Confiabilidad de la Flota	SALIDA	CONTINUO	Confiabilidad de despacho (>95,00% meta mensual definida para las aeronaves uh-60)	Sección confiabilidad	ERP SAP	MENSUAL	ERP SAP	Entre 95% y 100% Mensual



Variables	Variable	Tipo de Variable (Entrada/Proceso/Salida)	Tipo de Dato (Continuo/Discreto)	Definición Operacional	Responsable de la Recolección	Método de Recolección	Frecuencia de la Medida	Fuente de datos / Almacenamiento	Metas
DE ACUERDO AL ANALISIS DE ISHIKAWA	Trabajos que requieren de especialistas	PROCESO	DISCRETO	Cantidad de personas que tercerizadas que se requieren por especialidades	SEPLA	BASE DE DATOS	Por cantidad de inspecciones programadas en el año	Revisión registros históricos y base de datos en sap y logbook	N/A
DE ACUERDO CON NECESIDADES	Número de operarios para realizar operaciones de mtto	PROCESO	DISCRETO	Cantidad de personal idóneo para realizar el mantenimiento programado de 120 hrs	SEPLA	De acuerdo a la planeación de mantenimiento en campo	ANUAL	SAP	De acuerdo a los mantenimientos programados para el siguiente año
	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO ETAA Y HERRAMIENTAS ESPECIALES UH-60	PROCESO	DISCRETO	Cantidad de equipos y herramientas disponibles para efectuar el mantenimiento programado	ESMAN, ESABA Y SEPLA	CAMPO	ANUAL	Inventario del equipo etaa y herramientas especiales de uh-60	N/A
	Aeronaves que cumplen con fecha de ingreso	ENTRADA	DISCRETO	Cantidad de aeronaves que ingresan puntual al mantenimiento programado	SEPLA	SAP	MENSUAL	SAP	Aeronaves que cumplieron la fecha de ingreso planeada
	Ubicación de las aeronaves donde se realiza el mtto	PROCESO	DISCRETO	Ubicación óptima en el hangar para realizar el mantenimiento	SEPLA	De acuerdo a la planeación de mantenimiento en campo	SEMANAL	CAMPO	N/A



Variables	Variable	Tipo de Variable (Entrada/Proceso/Salida)	Tipo de Dato (Continuo/Discreto)	Definición Operacional	Responsable de la Recolección	Método de Recolección	Frecuencia de la Medida	Fuente de datos / Almacenamiento	Metas
	Cantidad de insumos con fechas de vencimiento acorde al número de inspecciones en el año	ENTRADA	DISCRETO	Cantidad de insumos necesarias para la inspección de las aeronaves en el año	ESABA/SEPLA	CAMPO	ANUAL	CAMPO	Aeronaves en inspección que no presenten faltantes y no detengan la inspección
	Inspecciones de 120 horas realizadas en unidades operativas distinta a la logística	PROCESO	DISCRETO	Cantidad de inspecciones de 120 horas realizadas fuera del cacom-5	SEPLA	SAP Y PARTE DE AERONAVES	ANUAL	SAP	N/A
	Mantenimientos mayores, pintado de aeronaves, modernizaciones de aviónica, trabajos especiales e imprevistos	PROCESO	DISCRETO	Cantidad de inspecciones que poseen trabajos especiales mayores e imprevistos	SEPLA	SAP	ANUAL	SAP	N/A

Nota: se toman todos los interesados en el proceso, se le realiza clasificación de los datos de la información recolectada, se identifica de donde se extrae y se fijan metas específicas, Fuente: Elaboración propia

Analizar (A)

Revisar, evaluar y seleccionar alternativas de diseño de procesos, que permitan satisfacer los requerimientos de los clientes. Se elaboró un mapa de la cadena de valor, esperada, y otro actual del proceso en estudio (Figuras 2 y 3, del Anexo). Por otra parte, se realizó un análisis de modos y efectos de fallas (ver Tabla 14).



Tabla 8.

Análisis de modos y efectos de falla

Paso del Proceso	Descripción	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	SEV	Causa Potencial de Falla	OCC	Current Controls	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha
1	PREPARACION DEL MANTENIMIENTO	Falta de suministros	Retraso en la ejecución del Mantenimiento y se deben efectuar gestiones para el préstamo con otras UMA o FFMM	04 - Causar una pérdida de desempeño menor	Baja asignación de recursos, Mala planeación o el contrato aun no se ha ejecutado	03 - Varias veces por mes	Se identifica suministros requeridos 1 mes antes de la inspección (Junta de Planeación mensual)	01 - Los defectos son obvios y pueden ser eliminados sin afectar al cliente	12	1. Sustentar mediante análisis de rotación e inspecciones de mantenimiento; la necesidad real de asignación de presupuesto ante el CAF. 2. Descentralizar el contrato de Tercerización del mantenimiento del equipo ETAA.	CONTRATACION, ESCUADRON MANTENIMIENTO, ABASTECIMIENTOS Y CDTE GRUPO TECNICO
		No se cuenta con los kit de inspección completos	Retraso en la ejecución del Mantenimiento y se deben efectuar gestiones para el préstamo con otras UMA o FFMM	03 - Causar una molestia menor, pero es superada con el desempeño	Mala planeación o el PASLO no llega completamente	03 - Varias veces por mes	Se identifica material de los kit de inspección requeridos 1 mes antes de la inspección (Junta de Planeación mensual)	01 - Los defectos son obvios y pueden ser eliminados sin afectar al cliente	9	1. Realizar mayor seguimiento a la contratación del PASLO a nivel central. 2. Desarrollar análisis con mayor fiabilidad de necesidades PASLO por parte del CACOM-5.	ESCUADRON MANTENIMIENTO, ABASTECIMIENTOS
		No se cuenta con el material suficiente para cubrir el mantenimiento programado	Retraso en la ejecución del Mantenimiento	05 - Causar una pérdida de desempeño la cual probablemente resulte en una queja	Falta de control, seguimiento y gestión del material requerido	05 - Varias veces por semana	Seguimiento por parte de la Sepri quienes gestionan el material, SECAL quienes deben efectuar actas de extensión por lo	05 - El proceso es vigilado con CEP e inspeccionado manualmente	125	Priorizar semanalmente por parte de SEPRI con SEING Y SECAL las necesidades de material para corregir imprevistos en los mantenimientos programados e imprevistos en línea de vuelo anotaciones transcritas y	ESCUADRON MANTENIMIENTO, ABASTECIMIENTOS Y SECCION CALIDAD



Paso del Proceso	Descripción	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	SEV	Causa Potencial de Falla	OCC	Current Controls	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha
		e imprevisto, así como para las anotaciones transcritas					general no se cuenta con el material			pasarlas al Escuadrón Abastecimientos.	
		Falta de Inspectores y jefes de grupo de la flota UH-60 para atender las inspecciones e imprevistos	Retraso en la ejecución del Mantenimiento, se sobre carga de trabajo a los inspectores actuales por lo cual se hace necesario terceriza 02 inspectores	06 - Resultar en un mal funcionamiento parcial	Falta de proyección de personal de inspectores y/o bajo apoyo para el traslado de los mismos al CACOM-5	04 - Una vez por semana	Ninguno	05 - El proceso es vigilado con CEP e inspeccionado manualmente	120	1. Formación de 05 Inspectores por parte de SECAL - CACOM5 2. Formación de 05 Jefes de Grupo por parte de GRUTE-SEPLA-GRUEA	SECCION CALIDAD Y COMANDANTE GRUPO TECNICO
		Alta variabilidad del grupo de trabajo asignado a las inspecciones	Retraso en la ejecución del Mantenimiento	03 - Causar una molestia menor, pero es superada con el desempeño	Alta carga de servicios, comisiones y/o cursos del personal técnico	05 - Varias veces por semana	Se planea con la proyección de inspecciones, servicios etc. 1 mes antes por parte de la Subsección Talento Humano del Escuadrón	02 - Todas las unidades son inspeccionadas automáticamente	30	Gestionar una menor asignación de servicios por parte del Comandante del ESTEC ante el SECOM del CACOM-5	COMANDANTE GRUPO TECNICO Y SECCION PLANEACION



Paso del Proceso	Descripción	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	SEV	Causa Potencial de Falla	OCC	Current Controls	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha
		Traslado de las aeronaves a mantenimiento fuera de la programación	Retraso en la ejecución del Mantenimiento y pérdida de eficiencia por sobrepasar la capacidad productiva del Escuadrón al juntarse más inspecciones de las planeadas	05 - Causar una pérdida de desempeño la cual probablemente resulte en una queja	Mala planeación de la Unidad Operativa o requerimientos operacionales	03 - Varias veces por mes	Se emiten documentos con 1 mes de anticipación para la programación del mantenimiento y adicional se establece comunicación telefónica con inspectores o personal táctico de los Grupos de Combate de las Unidades Operativas	05 - El proceso es vigilado con CEP e inspeccionado manualmente	75	Definir acuerdos de servicios mensuales con las Unidades Operativas, y que estos sean avalados por el CAF para garantizar el cumplimiento.	UNIDAD LOGISTICA Y UNIDAD OPERATIVA
2	EJECUCION DEL MANTENIMIENTO	Improductividad del personal que ejecuta el mantenimiento	Retraso en la ejecución del Mantenimiento	05 - Causar una pérdida de desempeño la cual probablemente resulte en una queja	Falta de cultura y compromiso del personal, así como un bajo control y doctrina por parte del Comandante del Escuadrón	06 - Cada dos días	Ninguno	05 - El proceso es vigilado con CEP e inspeccionado manualmente	150	1. Efectuar la evaluación del desempeño del personal por inspección. 2. Definir unos niveles o estándares de eficiencia.	COMANDANTE ESCUADRON MANTENIMIENTO



Paso del Proceso	Descripción	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	SEV	Causa Potencial de Falla	OCC	Current Controls	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable y Fecha
					de Mantenimiento						
		Poca supervisión y control de la inspección	Retraso en la ejecución del Mantenimiento	06 - Resultar en un mal funcionamiento parcial	Bajo control, seguimiento y compromiso por parte del Comandante del Escuadrón de Mantenimiento	05 - Varias veces por semana	Ninguno	04 - El CEP es usado con reacción inmediata a condiciones fuera de control	120	1. Definir la funciones y rol del Comandante de Mantenimiento en el MAMAE. 2. Incluir en la evaluación de acuerdos de servicio al Comandante de Mantenimiento.	COMANDANTE ESCUADRON MANTENIMIENTO

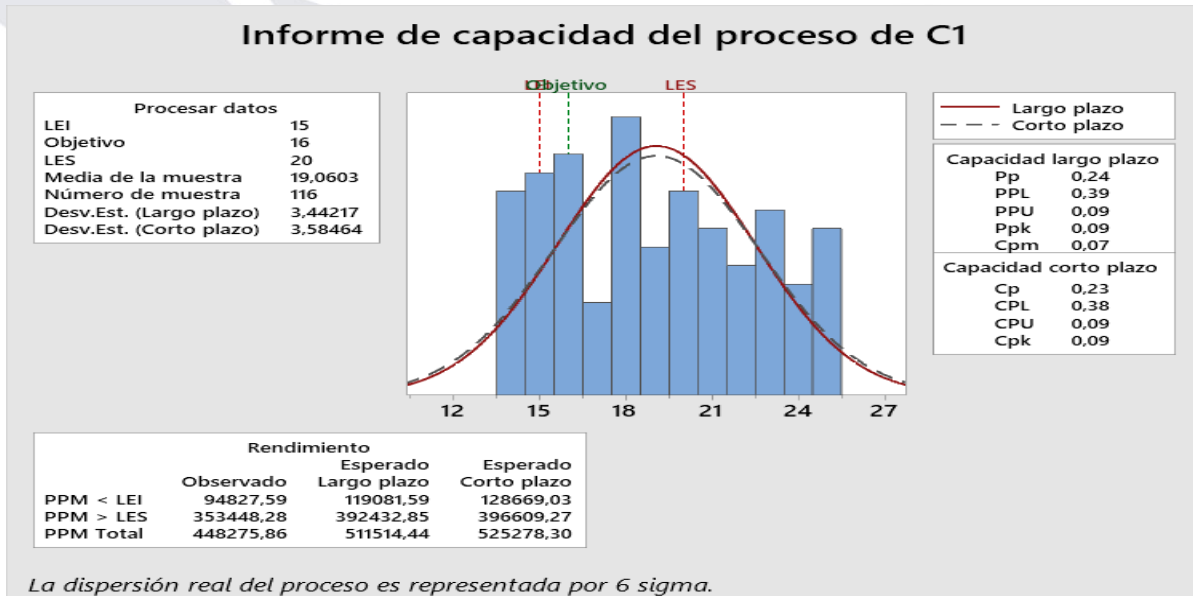
Nota: se realiza asignación de actividades con sus responsables y grados de prioridad, Fuente: el autor a través del software

Minitab.



Se realizó un análisis completo de todas las partes importantes del GRUPO TÉCNICO, con sus responsabilidades para una apropiada ejecución del mantenimiento relacionando las falencias y las acciones por tomar para disminuir la variabilidad en cada una de las dependencias y generar el compromiso en toda la organización.

Gráfica 2. Informe de capacidad del proceso



Nota: representa la distribución de los datos donde se evidencia que el objetivo se encuentra entre el límite superior e inferior de la información recopilada, pero con una tendencia hacia el límite inferior muy cerca de la media de la muestra, Fuente: el autor a través del software Minitab.



Tabla 9.

Análisis de desviación y Diagrama de Pareto

#	MOTIVO DESVIACION	TOTAL EVENTOS (AÑO 2019, 2020, 2021)	%	% ACUMULADO	%
1	Repuestos y material	34	43%	43%	75,95%
2	Mano de Obra	26	33%	33%	
3	Herramienta descalibrada	10	13%	13%	24,05%
4	Falla estructural	6	8%	8%	
5	Reparación Local	3	4%	4%	
TOTAL MOTIVO DESVIACIÓN		79			100,00%

Nota: se realiza análisis teniendo en cuenta el diagrama de Pareto con sus respectivos motivos de desviación, Fuente: el autor a través del software Minitab.

Gráfica 3. Diagrama de Pareto



Nota: el diagrama de Pareto representa en forma ordenada los mayores motivos de desviación los cuales son: repuestos y material y mano de obra representando un 75,9% acumulado, Fuente: el autor a través del software Minitab.



Tabla 10.

Prueba de hipótesis

Hi	Ho
media del tiempo de la inspección de 120 horas de las aeronaves UH-60 es diferente a 16 días de trabajo	media del tiempo de la inspección de 120 horas de las aeronaves UH-60 es 16 días de trabajo
$\mu=16$	$\mu \neq 16$
<p>Prueba</p> <p>Hipótesis nula $H_0: \mu = 16$</p> <p>Hipótesis alterna $H_1: \mu \neq 16$</p> <p><u>Valor Z</u> <u>Valor p</u></p> <p>10,99 0,000</p> <p>$\sigma: 1.0 \alpha 0.5 \mu=16$</p>	

Nota: después de introducir los datos en Minitab, con una Hipótesis Nula igual a 16 se acepta, pero con una hipótesis alterna distinta de 16 se rechaza, esto quiere decir que el valor $\mu=16$, hace referencia al valor del tiempo que debe demorar una inspección de 120 horas en días, esto con una desviación de 0.5, lo cual demuestra fuerte nivel de confianza.

Gráfica 4. Estadísticas descriptivas

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la IC de 95% para μ
116	19,060	3,442	0,279 (18,514; 19,606)

μ : media de C1
Desviación estándar conocida = 3

Nota: se infiere que para una muestra de 116 existe una desviación estándar conocida de 3 y el rango de los datos para μ oscila entre 18,514 y 19,606.



Fase complementaria del Análisis: Identificación de improductividades

A través de inspección visual u observación directa, en visitas efectuadas a las instalaciones del Grupo Técnico, propiamente en la ubicación donde se coloca la aeronave próxima a inspección de mantenimiento, se identificaron las siguientes improductividades:

Antes de la inspección

- En Junta técnica general, se visualizan las aeronaves que poseen menos de 25 horas antes del inicio de la inspección, por ende, se valúan y proyectan los recursos requeridos para garantizar que el mantenimiento se pueda realizar sin contratiempos y de manera oportuna.

Al inicio de la inspección:

- Los bancos de trabajo no están ubicados en la respectiva zona de trabajo
- En los tableros de control producción, no se evidencia la documentación propia de la inspección de la aeronave.
- Los operarios programados en el turno de trabajo llegan retardados por desconocer la ubicación de la aeronave o por situaciones personales.
- La aeronave no se encuentra ubicada donde se proyecta que se le realizarán los trabajos.
- El área en general no está preparada para iniciar la inspección de la aeronave.
- Durante y al final de la inspección:
- A los operarios programados les corresponde desplazarse a buscar repuestos e insumos hasta los almacenes



- Cuando es tiempo de lavado de la aeronave, no hay espacio en la zona de lavado, o existe la posibilidad que la persona encargada de realizar el movimiento de trasladar a la aeronave hasta la zona de lavado, no lo hace en el momento indicado
- Reprogramación de tareas para los operarios por distintas razones como: de falta de insumos de mayor rotación, escasez de herramientas especiales, continuidad de operarios, jefes de grupo e inspectores en los turnos de trabajo.
- Hace falta un buen mobiliario como computadores para la realización de las extensas notificaciones que realizan los jefes de grupo.
- No hay puestos de trabajo ergonómicos para inspectores y jefes de grupo.
- Los imprevistos
- La falta de comunicación

Es así como, para el presente diagnóstico de la cadena de valor e indagación de mudas, se realizó una observación del estado del trabajo de las inspecciones, en cuanto a las actividades que realizan, relación de movimientos, tareas, tiempos, que en conjunto afectan al trabajo total de la inspección programada de 120 horas (lo cual se presenta en el proceso cuantitativo del presente estudio.

También se relacionaron las actividades improductivas que se presentan en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60, de la siguiente manera: reconociendo las actividades que denotan mayor y menor tiempo, así como aquellas tareas que generan reprocesos e impiden el flujo normal de los procesos de mantenimiento, generando sobre-costos.

Ahora bien, respecto a los tiempos reales de las tareas de inspección de mantenimiento, se consultó el ERP-SAP.



Mejorar (I)

Es la organización de la nueva forma de trabajo que permita intervenir las actividades que no agregan flujo de valor en las inspecciones programadas de 120 horas: de acuerdo con las actividades que se identificaron en el punto anterior, se seleccionaron entre las soluciones potenciales, las principales acciones lo que constituye la propuesta de diseño planteada junto con la definición, medición, análisis y validación, como entregable de la investigación.

Tabla 11.

Acciones priorizadas a partir de las alternativas potenciales

Cumplimiento Acciones	Reducción de costos asociados a mantenimiento	Incrementar la productividad del proceso	Llevar un control de la gestión de compra de insumos	Unidad operativa encargada de la acción
Estandarizar los horarios de trabajo para la ejecución de mantenimiento programado	3	9	9	Grupo técnico (10/11/2021)
Contemplar los tiempos imprevistos para la inspección de mantenimiento de 120 horas	3	9	3	Sección Planeación (cumplido en VSM por inspección)
Fortalecer el cumplimiento de la programación, por parte de las unidades operativas	1	3	9	Sección Planeación (permanente)

Nota: Las correlaciones mostradas se clasifican en 0=No hay relación; 1=Débil; 3=

Normal y 9=Fuerte.



Gráfica 5. Estrategia diseñada

Turno de trabajo	No. Operarios	resultado
1	16	16
2	8	9
1	8	16
1	16	16
2	8	9
1	8	16
2	16	9
2	16	9

Resumen del modelo

	R-cuad.	R-cuad.
S	R-cuad. (ajustado)	(pred)
0	100,00%	100,00% 100,00%

Fuente: minitab

Nota: en las 8 corridas realizadas aleatoriamente, la que más se ajusta como solución es la resaltada en el círculo rojo, la cual describe la mejor propuesta que describe lo siguiente:

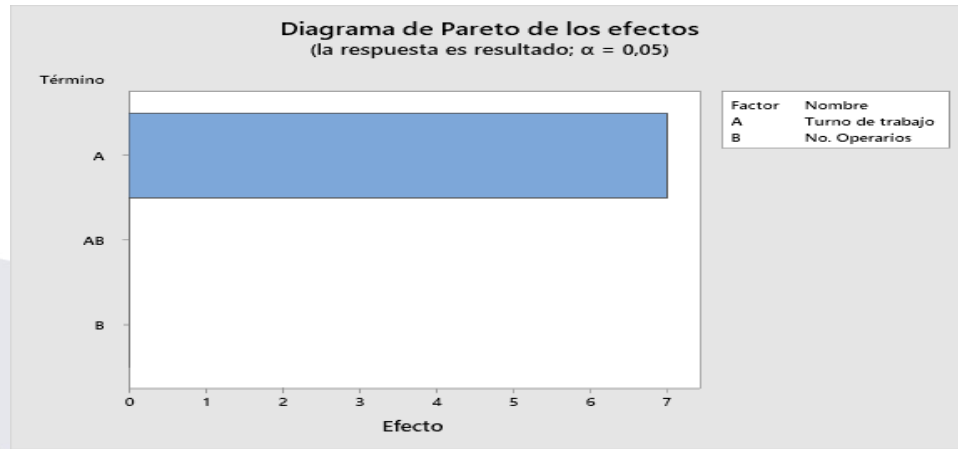
Deben realizar 02 turnos de trabajo con 08 operarios y deben ser con una intensidad horaria de 09 horas para que la inspección de 120 horas fluya de la mejor manera, economizando recursos y talento humano.

Estructura de alias

Factor	Nombre
A	Turno de trabajo
B	No. Operarios
Alias	
I	
A	
B	
AB	

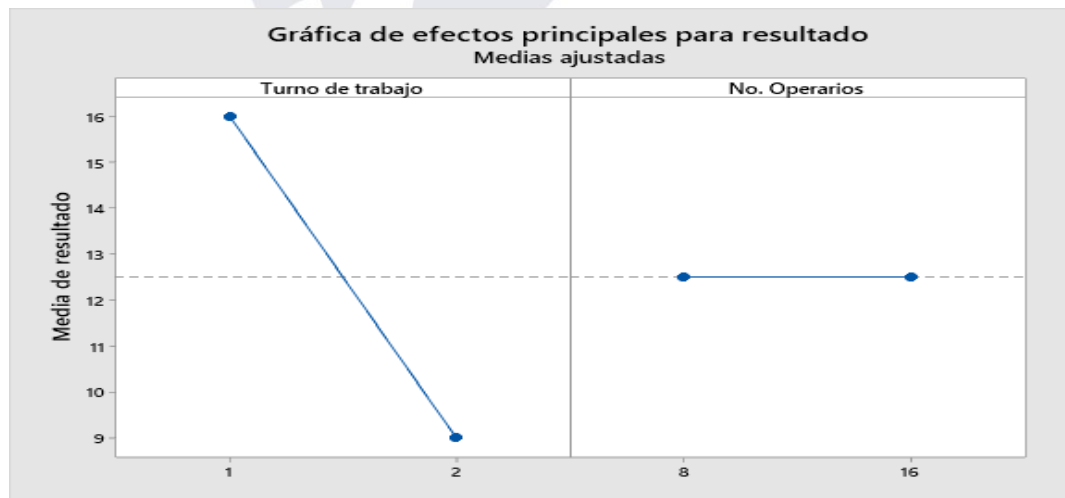


Gráfica 6. Diagrama de Pareto de los efectos



Nota: permite evidenciar que donde se debe enfocar la acción de mejora es en los turnos de trabajo donde se presenta mayor variabilidad, Fuente: Minitab.

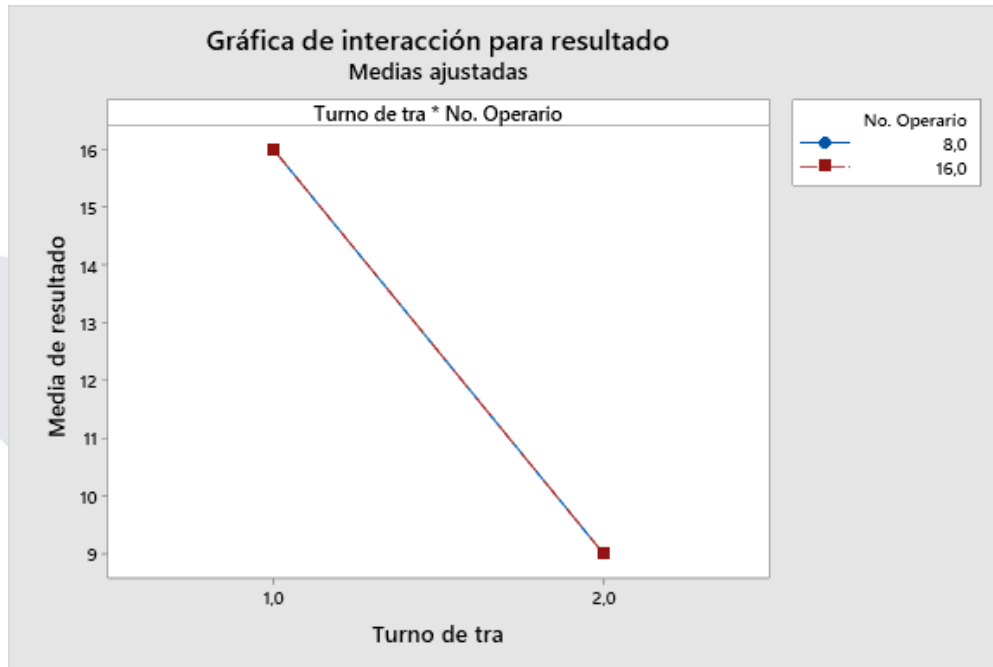
Gráfica 7. Efectos principales. Medias ajustadas.



Nota: de acuerdo con el comportamiento de los datos se debe trabajar en 2 turnos de trabajo, cada uno de 8 personas sumando así las 16 que se evidencia al lado izquierdo de la gráfica para reducir tiempos y mejorar la variabilidad del proceso, Fuente: Minitab



Gráfica 8. Interacción para resultado



Nota: de acuerdo con la anterior representación gráfica arrojada por Minitab, se analiza lo siguiente: la tendencia va alineada hacia 02 turnos de 08 operarios, Fuente: Minitab.

Después de haber realizado las mejoras aplicadas en Lean six sigma, se generó mapa de la cadena de valor (VSM) futuro. Ver anexo B

Controlar (C)

Se realizó una prueba piloto de la propuesta de mejora diseñada, es decir, proceder a la implementación de las acciones descritas en la propuesta de diseño, priorizando de manera previa los trabajos con mayor relevancia en el proceso de inspección de mantenimiento de 120 horas. Con bases en la revisión de la prueba piloto, se obtiene el siguiente plan de control, que permite validar el diseño elaborado, lo que es lo mismo, verificar que el diseño se está



cumpliendo. Este plan proviene de lo que se observó en el diseño implementado o prueba piloto.

Plan de control o verificación. Ver anexo C

Nota: se trata básicamente del control o verificación, de la reducción de los tiempos de inspección de mantenimiento de la flota UH-60, (durante la prueba piloto) que es el objetivo del diseño. Por otra parte, el plan es complementado por la consecución de ciertas actividades, para la reducción de los tiempos de inspección de mantenimiento, objetivo del diseño.

Tabla 12.

Complemento de la Tabla 11 (control o verificación) Ver anexo.

PARA OBTENER LA REDUCCION DE COSTOS PROYECTADOS PARA LA VIGENCIA 2022 DE LAS INSPECCIONES DE 120 HORAS PARA LA FLOTA UH-60 SE DEBE TENER ENCUENTA LO SIGUIENTE
1. Un verdadero liderazgo y compromiso por parte del Comandante del Grupo Técnico y de los Stakeholders del proceso
2. La adopción de al menos las propuestas definidas en el VSM futuro (estallidos KAIZEN)
3. Es pertinente hacer permanente el seguimiento y control de las variables definidas en la "Matriz Recolección de Datos"
4. Efectuar un seguimiento permanente al Plan de Control.
5. Se define bajo las 25 aeronaves asignadas logísticamente al CACOM-5
6. Se debe realizar especial monitoreo a la gestión de compras y adquisición de insumos para la producción continua de horas de vuelo de la flota UH-60

Nota: adopción de nuevas formas de trabajo a nivel estratégico, gerencial y operativo,

Fuente: elaboración propia



Por último, cabe destacar que los costos antes de la implementación del diseño eran superiores a los calculados. Así mismo como el consumo de las horas hombre ya después de dicha prueba piloto. Ver Tablas 13 y 14.

Tabla 13.

Análisis costo-beneficio por comparación de costos antes y después

PROYECCIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS DE SERVICIOS PÚBLICOS AÑO 2021 VS 2022				
DESCRIPCIÓN	MATRIZ COSTOS	COSTOS SERVICIOS PÚBLICOS POR DÍA	COSTOS SERVICIOS PÚBLICOS POR AERONAVE	COSTO TOTAL POR FLOTA (17 INSPECCIONES)
VSM ACTUAL (15 TURNOS)	\$ 35.195.932,82	\$ 1.173.197,76	\$ 17.597.966,41	\$ 439.949.160,25
VSM FUTURO (12 TURNOS)	\$ 28.156.746,26	\$ 938.558,21	\$ 11.262.698,50	\$ 281.567.462,56
			AHORRO	\$ 158.381.697,69
PROYECCIÓN REDUCCIÓN TOTAL DE COSTOS AÑO 2022				\$ 241.997.997,69

Nota: datos recopilados del ERP-SAP, teniendo en cuenta el consumo de servicios

públicos, Fuente: elaboración propia

Tabla 13.

Análisis costo-beneficio por horas-hombre.

DESCRIPCIÓN	CONSUMO HORAS POR INSPECCIONES DE 12 MESES	COSTO TARIFA ESTÁNDAR MANO DE OBRA (HORA)	COSTO TOTAL MANO DE OBRA	COSTO TOTAL POR FLOTA (25 INSPECCIONES)
VSM ACTUAL	\$ 309,00	\$ 30.132,00	\$ 9.310.788,00	\$ 232.769.700,00
VSM FUTURO	\$ 198,00	\$ 30.132,00	\$ 5.966.136,00	\$ 149.153.400,00
			AHORRO	\$ 83.616.300,00

Nota: análisis del consumo de horas hombre con VSM actual y VSM futuro extraída y

organizada del ERP-SAP, Fuente: elaboración propia



RESULTADOS DEL PROCESO CUALITATIVO: ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS A LAS ENTREVISTAS

En esta instancia se requirió de la experticia, conocimiento y experiencia de los jefes de grupo, inspectores, operarios de mantenimiento, entre otros. Mediante las entrevistas se indagó sobre cómo se realizan las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas, cuáles técnicas utilizaban que ya no se usan, cuáles recomendaciones se pueden dar acerca de las circunstancias con las que se trabaja actualmente, teniendo en cuenta restricción de presupuesto que ralentiza la inspección para la adquisición de repuestos, insumos y talento humano altamente calificado. De esta manera se obtuvo información técnica que ayuda para organizar una inspección, que sea planeada, sin faltantes (y si los hay con su plan de acción) lo cual genera reducción de tiempos rojos y ayuda a incrementar la productividad.

Por otra parte, mediante la información obtenida de las entrevistas se logra implementar las acciones más coherentes y realizables, que conlleven a incrementar la productividad de la forma más sana y segura para todos los que están involucrados en la operación de producción de mantenimiento y realizar seguimiento continuo hasta el final de su ejecución.

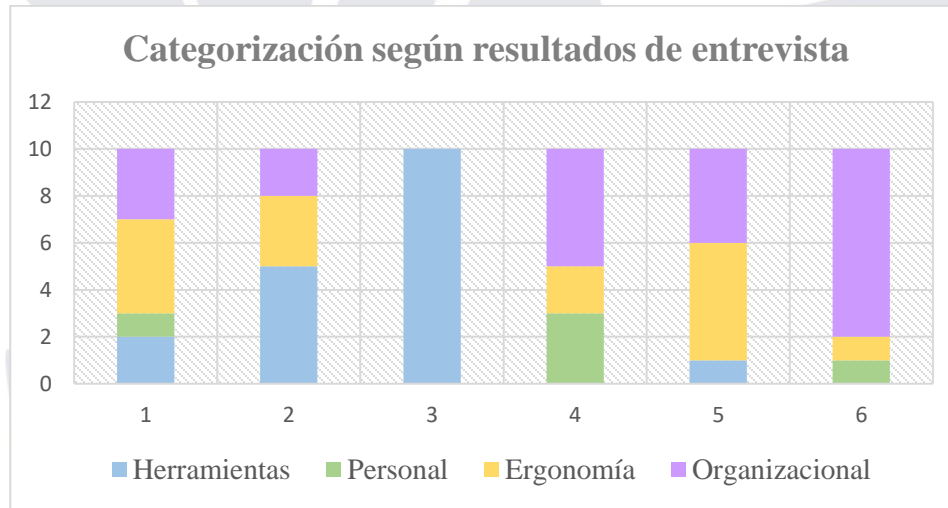
De modo que este aspecto cualitativo se apoya en las asesorías de los más expertos sobre el proceso en estudio, generando un acompañamiento en las mejoras, con la supervisión y orientación de los participantes, como principales actores dentro del proceso productivo y del monitoreo en la ejecución de las acciones asociadas al diseño de las mejoras utilizando Lean six sigma, bajo DMAIC. A continuación, se resumen las respuestas de los participantes, para cada uno de los seis (6) ítems.



Grados: Aerotécnico, Mayor, Subteniente, Técnico primero, Técnico cuarto, Teniente, Técnico Subjefe.

Cargos: Operario de taller, Jefe sección planeación, comandantes de escuadrilla técnica, inspector UH-60, Jefe de taller, inspector de control de mantenimiento, técnico inspector de aviónica.

Tabla 145.
Categorización resultados de la entrevista



Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados de la entrevista, en la categoría Organizacional se identifican las diferentes causas que generan ralentización en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas, así como algunas propuestas de solución planteadas por técnicos especialistas en mantenimiento que trabajan con aeronaves UH-60, de acuerdo a su grado y cargo en el Grupo Técnico de CACOM-5. Para la primera pregunta, la categoría Ergonomía es clave para ejecutar con seguridad, destreza y comodidad las tareas



de mantenimiento que se le asignan en un turno de trabajo, así como el enfoque Organizacional, pues son fundamentales a la hora de optimizar tareas y desarrollar labores en el mantenimiento de forma eficiente. La segunda pregunta hace referencia a las herramientas que les gustaría se mejoren o se diseñaran en el puesto de trabajo de los entrevistados, por lo que para ellos es indispensable tener ergonomía en el diseño de las mismas, así como la organización muestre alto interés en el desarrollo de herramientas para el mantenimiento de aeronaves UH-60. Respecto a las tareas de mantenimiento más complicadas de realizar en una inspección de 120 horas, aquellas que corresponden a la categoría Herramientas representan mayor complejidad debido al grado de pericia y poca ocurrencia de dichas tareas. Según los entrevistados, aquellos aspectos que se pueden sugerir para mejorar una inspección de 120 horas, y esta sea más sencilla y fácil de realizar en el menor tiempo posible, se enmarcan en que la organización debe enfatizar sus esfuerzos en el personal, los cuales están estrechamente ligados al mantenimiento. Así mismo, las tareas de mantenimiento más incómodas de realizar en una inspección de 120 horas son las que involucran la ergonomía. La totalidad de las recomendaciones tienen una orientación a la optimización del proceso de inspección, de lo cual destacan la escasez de algunas herramientas/equipos, falta de personal, cuidar el horario de los turnos, y la necesidad de soporte logístico.



RESULTADOS POR OBJETIVO

Objetivo 1: Diagnosticar el estado actual de la cadena de valor de las inspecciones programadas de 120 horas de la flota UH-60.

Con bases en el estado del VSM (ver anexo B) actual se estableció la necesidad de implementar algún sistema de mejora continua, en particular, debido a las improductividades referidas a los tiempos reales de las tareas de inspección de mantenimiento programado (120 horas), de la flota UH-60, que fue la población concerniente al estudio.

Por otra parte, el método DMAIC propio del Lean six sigma, inicia por definir tanto los tiempos rojos como los que ocurren en la movilización de los insumos de la inspección. Para esto, se usó la técnica de observación directa del ERP-SAP, de donde se recogieron los tiempos reales en diversas tareas que conforman la inspección de determinada aeronave. La identificación de improductividades y mudas a través de la observación directa se hizo necesaria para reforzar el presente diagnóstico, y fue respondida en el objetivo 2 del estudio, formando parte, además, de la fase de Análisis del método DMAIC.

Asimismo, a partir del proceso cualitativo, se obtuvo mediante entrevistas a funcionarios vinculados a la flota UH-60, que existen pérdidas innecesarias de tiempos en las tareas de inspección, debido a una logística no optimizada, como, por ejemplo, bancos de trabajo incómodos, escasez en la iluminación, horarios que generan cansancio, falta de oportunidad en la llegada y entrega de insumos o repuestos para el mantenimiento, falta de protectores de algunas piezas por lo que se rayan y debe reponerse con frecuencia, tareas imprevistas, escasos criterios de ergonomía, etc.



De modo que el diagnóstico arroja problemáticas que, si bien están centradas en los tiempos, al mismo tiempo, se asocian con recursos materiales, por lo tanto, se hace relevante aplicar el Lean six sigma para la mejora continua del proceso de inspección, en estudio.

Objetivo 2: Identificar las actividades improproductivas y mudas que se presentan en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60.

Debido al diagnóstico presentado, y sustentado, es de relevancia detectar las improproductividades que se presentan en dicho proceso, lo cual se obtiene de un proceso cualitativo denominado Observación directa (o inspección visual). Este objetivo fue desarrollado en la fase de Análisis, donde se presentaron los resultados de la observación directa. En ese punto, se dividieron en dos partes: las improproductividades que se presentan al inicio de la inspección, y las que se presentan durante y al final de la inspección.

Los resultados presentados coinciden con la mayoría de las respuestas que ofrecieron los participantes (entrevistados). De modo que lo obtenido en el objetivo 2, concuerda y refuerza el diagnóstico previamente logrado. Sumado a esto, las capacidades productivas para la inspección, en tiempo horas-hombre, en el año 2021, hubo un total de horas-hombre (del grupo técnico) de 26.830; no obstante, se presentó en ese mismo año, un déficit de (-) 13.200 horas-hombre en total. Esto constituye una muda importante, que fue considerada ampliamente en el proyecto de aplicación del six sigma.



Diseñar estrategias de mitigación y eliminación de actividades improductivas y mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60

Teniendo en cuenta la problemática presentada de las distintas mudas en los turnos de trabajo, de los trabajos de mantenimiento programado de los UH-60, y teniendo como punto de inicio los resultados de la fase de Definir, se denotó una desviación que es influenciada por la Organización, la cual afecta directamente a la programación de los turnos de trabajo, a partir del objeto de estudio se hace el análisis inicial six sigma, de acuerdo con datos históricos del ERP-SAP y observación directa.

Después de este manejo de datos se observa el resultado de unas pasadas en el software Minitab (Tabla 16), donde se obtiene el siguiente resultado: 2 turnos de trabajo, de 8 operarios de 8 a 9 horas, lo cual es el resultado ideal para minimizar tiempos en la inspección, evitar derroche de horas hombre y el turno de trabajo es más productivo.

Las estrategias de Mejorar o diseño, fueron: (a) valuación de las soluciones potenciales de la fase de Analizar, para posteriormente priorizar en la fase de diseño, las acciones a cumplir; (b) estrategia de valorar los turnos de trabajo y número de operarios, con el software antes mencionado; (c) estructura gráfica para la medición de los efectos; (d) desarrollo del mapa de la cadena de valor futura.

Objetivo 4: Validar la factibilidad de desarrollar la propuesta de mejora.

De acuerdo con la Tabla 25, se tomaron las siguientes acciones HEIJUNKA, GEMBA, 3MU y ESTANDARIZACIÓN, según la metodología de Lean six sigma, y por cada una de estas se elaboró el siguiente plan de acción:



- La Subsección Talento Humano asignará la cantidad óptima de operarios (plantilla dinámica del VSM futuro) – HEIJUNKA.
- La Subsección Producción actualizará anualmente los tiempos estándar por imprevistos en la plantilla dinámica del VSM futuro - GEMBA.
- La Subsección Producción en conjunto con el Comandante Escuadrón Mantenimiento actualizará anualmente los tiempos estándar por actividad de mantenimiento en la plantilla Dinámica del VSM futuro – 3MU.
- La sección Planeación enviará a la Sección Ingeniería el acta de actualización de tiempos por actividad para ser evidenciados en la forma FAC201T y SAP – 3MU.
- Se controlará semanalmente en Junta de Materiales dando prioridad a las aeronaves del CACOM-5, en especial a las aeronaves UH-60 – ESTANDARIZACIÓN.

Por lo que se generó un ahorro de \$158.381.697,69 en costos de servicios públicos, según proyección del año 2021 vs 2022. Así mismo, se ahorraron \$3.616.300,00 por horas hombre. Siendo la proyección de reducción total de costos al año 2022 de \$241.997.997,69. (Tablas 18 y 19).

LIMITACIONES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se encuentra limitada, desde el punto de vista metodológico, por el tipo de diseño desde la perspectiva temporal que correspondió a un diseño transversal. Este tipo de diseño aplica las técnicas de recolección, una sola vez en el tiempo. En el presente estudio, esa única oportunidad ocurrió básicamente en el desarrollo de la prueba piloto (en la fase Controlar). Ahora bien, también hubo medición de datos cuantitativos en el resto de las fases DMAIC, lo cual habría tenido mayor alcance si la presente investigación hubiese



replicado tales mediciones, mínimo una vez más, habiendo pasado un tiempo después de la mencionada prueba piloto. Con ello, se obtendría una estabilidad (a lo largo del tiempo) del diseño operacional para la mejora de la inspección del mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60, basada en la eliminación de mudas.

Por otra parte, aun cuando el hecho de que haya sido una sola vez (transversal) la recolección de información cualitativa a través de entrevistas, no incidió negativamente en los análisis correspondientes, sin embargo, otra limitación metodológica, radicó en el contenido del guion de entrevista, ya que, durante el análisis de los resultados de su aplicación, se observó que podían haberse añadido o bien, modificado, interrogantes que previamente no fueron consideradas o eran susceptibles a ser más detalladas. Estos cuestionamientos suelen ocurrir en los procesamientos cualitativos, y se intentan subsanar en cierto modo, aplicando las suficientes entrevistas hasta que se observe saturación de la información proveniente de las respuestas a las mismas. Orientado por esta estrategia, el presente estudio minimizó el posible sesgo en tal información.

CONTRASTACIÓN DE OBJETIVOS E HIPÓTESIS

La Hipótesis del estudio es: El diseño de estrategias sustentadas en una metodología de mejora continua como DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) como herramienta incremental de la mejora de los procesos, propio de la filosofía Lean, es la llave a la puerta en las soluciones de eliminación de mudas y aumento en la productividad y eficiencia de las tareas y actividades de la producción de las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de las aeronaves UH-60 del CACOM-5.



Contraste 1: En el despliegue del método DMAIC, propio de Lean six sigma, es requerido conocer los eslabones de la cadena de valor inicial del proceso de inspección en estudio; este conocimiento debía plasmarse a manera de diagnóstico de la cadena, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, todo lo cual arrojó las problemáticas presentes en el proceso diagnosticado, en términos de tiempos y de recursos materiales/insumos insatisfactorios y/o insuficientes en la cadena de valor, que en definitiva, conforman las mudas existentes en el proceso de inspección de mantenimiento programado de 120 horas, de la flota UH-60 (CACOM-5), antes de la aplicación del proyecto (fases de mejora y control).

De esa manera, existe una convergencia de la afirmación de la hipótesis con el cumplimiento del primer objetivo específico de la investigación: diagnosticar el estado actual de la cadena de valor de las inspecciones programadas de 120 horas de la flota UH-60.

Contraste 2: Asimismo, el diagnóstico que obedece al primer objetivo, es reforzado por el seguimiento del segundo objetivo: identificar las actividades improductivas y mudas que se presentan en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60. En este sentido, se obtuvo entre otros resultados, un elevado déficit de horas-hombre en el proceso de inspección en estudio, para el período analizado. Para la mejora de los procesos, usando Lean six sigma, en la fase de Análisis se recogieron y describieron, datos acerca de las improductividades y demás mudas. Uno de los aspectos analizados fueron los datos obtenidos por inspección visual del proceso, antes, al inicio, durante y al final del proceso. En definitiva, el segundo objetivo converge con la aceptación de la hipótesis de la investigación.



Contraste 3: El tercer objetivo que trata sobre el diseño de estrategias para las mejoras, con el método DMAIC, contuvo en primer lugar varias soluciones potenciales al problema diagnosticado e improductividades y mudas detectados. Los conjuntos de posibilidades fueron establecidos en base a lo anterior desarrollado y formaron parte de la fase de Análisis. Posteriormente, en la fase de Mejora, se presenta el diseño: estrategia diseñada, efectos, cadena de valor futura, entre otros aspectos. Por ello, se alcanzó tanto el objetivo general como el tercer objetivo específico: diseñar estrategias de mitigación y eliminación de actividades improductivas y mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60, lo cual converge con la aceptación de la hipótesis del estudio.

Contraste 4: Para dar respuesta al cuarto objetivo específico, se desplegó un plan de control o verificación (ver anexo C); asimismo, un monitoreo de costos para la comparación de los mismos, antes y después de la aplicación del DMAIC. Ahora bien, reiterando que el cuarto objetivo es: validar la factibilidad de desarrollar la propuesta de mejora, se denota una convergencia con la aceptación de la hipótesis, debido a que, por un lado, da cuenta de la fase Controlar, y por otro, arroja resultados favorables, por ejemplo, en cuanto a los costos horas-hombre en lo cual se presenta un ahorro de \$3.616.300,00. Por tanto, se valida la factibilidad económica de la propuesta, y así, es aceptable la hipótesis del estudio. Aún más, los logros referidos al cuarto objetivo también contribuyeron al objetivo general, que el diseño operacional para la eliminación de mudas, conlleve a la eficiencia exigida por el cumplimiento de la misión. (Ver anexo D)



CAPITULO 5 – CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

En términos generales, la presente investigación alcanzó su objetivo, a saber, diseñar un sistema operacional basado en la eliminación de mudas en las inspecciones de mantenimiento programado de 120 horas de la flota UH-60 del CACOM-5 que conlleve a la eficiencia exigida en el cumplimiento de la misión. En torno a una búsqueda de la eficiencia, entendida bajo el requerimiento de una mejora continua, se planteó la utilización de la filosofía Lean six sigma, mediante uno de sus métodos: el DMAIC. Este tiene, teóricamente, como uno de sus pivotes, la eliminación de mudas (desperdicios tal como tiempos perdidos por numerosas razones: fallas en la movilización de insumos, actividades poco ergonómicas, entre otras).

De modo que la eliminación de mudas (con la aplicación de DMAIC), en la que se basó el diseño operacional que ocupó este estudio, constituyó también la vía que enseñó las sucesivas fases: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar. Puede concluirse que el diseño operacional, objetivo del estudio, fue principalmente la fase de Mejorar, sin que, por ello, pueda decirse que haya una desvinculación del resto de las fases, ya que todas se entrelazan para finalmente diseñar el sistema de eliminación de mudas, y verificar su factibilidad. La verificación señala al mismo tiempo la fase de Controlar, pero también demuestra la eficiencia del proceso de inspección, posterior a la aplicación del proyecto.

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

A partir del proceso cualitativo, desplegado mediante entrevistas a funcionarios vinculados a la flota UH-60, se denotaron pérdidas innecesarias de tiempos en las tareas de inspección, debido a una logística no optimizada. De igual modo, se obtuvo resultados



cuantitativos, iniciales, que dan cuenta de los tiempos reales de las tareas de la cadena de valor. La sigma (nivel de variabilidad) arrojó un valor de 1, que indica una variabilidad alta en los procesos, y, por ende, un menor nivel de calidad, indicando que deben ejercerse acciones para mejorarlo. El diagnóstico arrojó problemáticas que, si bien están centradas en los tiempos, también, se asocian con recursos materiales; desde este diagnóstico, se hizo relevante aplicar el Lean six sigma para la mejora del proceso de inspección y así alcanzar la eficiencia de este proceso.

Por otra parte, se concluye que las capacidades productivas para la inspección, en tiempo horas-hombre, en el año 2021, hubo un total de horas-hombre (del grupo técnico) de 26.830; no obstante, se presentó en ese mismo año, un déficit de (-) 13.200 horas-hombre en total. Esto constituye una muda importante, que fue considerada ampliamente en el proyecto de aplicación del Lean six sigma que ocupó esta investigación. Por tal motivo, la identificación de improductividades y mudas se realizó analíticamente, y que partió de una observación directa, tuvo suma utilidad para la obtención de la información proveniente de fuentes primarias. Por la misma razón, se infiere la relevancia de las entrevistas a funcionarios allegados a la flota UH-60. Igualmente, de la fase Análisis, gráficamente se evidenciaron efectos desfavorables, ya que la escasa estabilidad de los procesos de inspección de 120 horas, estaría considerando un tiempo de ejecución a 12 turnos, algo totalmente improductivo. Por ello, el análisis enfoca la fase de mejora en términos de una mejor variabilidad y reducción de tiempos. El análisis incluyó una prueba de hipótesis, donde la hipótesis estadística nula fue H_0 : la media del tiempo de la inspección de 120 horas de las aeronaves UH-60 es 16 días de trabajo μ : 16, la cual resultó aceptada, bajo un $Z=95\%$.



La fase Mejorar del método DMAIC, conllevó las estrategias para el diseño de estrategias de mitigación y eliminación de improductividades y mudas en el proceso de inspección. Es así que tal diseño se desplegó bajo el Lean six sigma, principalmente en dicha fase de Mejorar, pero entrelazada con el resto. El estudio de la tendencia, estadísticamente, arrojó que va alineada con 2 turnos con ocho operarios cada turno. Asimismo, el proyecto piloto se propuso y logró mejorar la variabilidad del proceso.

En cuanto al control o verificación, se obtuvo de manera destacada la viabilidad económica: con ahorros en varios aspectos; lo que indica que la aplicación del Lean six sigma proporciona beneficios a la institución, sumado a una elevación de la eficiencia del proceso de inspección. Tal es el caso del ahorro en costo total por flota (para 25 inspecciones), que dio una suma de \$83.616.300.

RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar una retroalimentación: mediante el mismo método DMAIC de Lean six sigma, aplicar cíclicamente una o más de las fases, y así recorrer las herramientas empleadas reformulando cálculos y otros contenidos, en aquellos aspectos que son inestables en el tiempo.

Plantear un estudio longitudinal, es decir, realizar otra prueba piloto, dejando pasar un lapso determinado.

Implementar en el contexto estudiado, en el mediano plazo, el diseño operacional logrado, una vez haya pasado por otro ciclo del método y otra prueba piloto.

Se recomienda aplicar el presente diseño operacional, en otras unidades militares de la Fuerza Aérea Colombiana, por ejemplo, el resto de los Comandos Aéreos de Combate.



Diseñar un poster o afiche, donde se sintetice la filosofía Lean six sigma, con el fin de concientizar a sus lectores funcionarios de las Fuerzas Militares, acerca de la importancia de minimizar improductividades y mudas en sus áreas de trabajo.

La presente investigación es de relevancia para otros investigadores que tengan a bien considerarla como antecedente de interés en las disciplinas de la logística, la aeronáutica militar y sobre la mejora continua.

FUTURAS INVESTIGACIONES

Importancia del Lean six sigma en la mejora continua del mantenimiento aeronáutico en las FAC.

Diseño operacional basado en DMAIC con apoyo en estrategias de realidad aumentada, orientado al mantenimiento de las flotas aeronáuticas de las FAC.



BIBLIOGRAFIA

Abdulmalek, F.; Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1): pp. 223-236.

Agripino, M.; Cathcart, T.; Mathaisel, D. (2005). *Sustaining the Military Enterprise: Architecture for a Lean Transformation*. Auerbach Publications.

Aguirre, M. (2020). Método DMAIC. <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/dmaic>

Andreu, I. (2021). Lean Manufacturing: ¿qué es y cuáles son sus principios? <https://www.apd.es/lean-manufacturing-que-es/>

Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación*. (6ta ed.). Episteme.

Arteaga, G. (2020). Qué es el análisis de datos. <https://www.testsiteforme.com/tecnica-de-procesamiento-y-analisis-de-datos/>

Bharadwajb, N.; Shiva, S.; Munigala, M.; Dheeraje, S. (2017). *Applying lean in aerospace manufacturing*. Parthasarathy Garrea.

Bustamante, J.; Cardozo, A.; Moreno, H. (2013). *Propuesta logística para reducir la cantidad de tareas en las inspecciones PMI-1 de los helicópteros UH-60 de la Fuerza Aérea Colombiana [Tesis]* Escuela de Postgrados de la FAC.

Cardozo, A.; Perea, E. (2017). *Propuesta Logística para optimizar recursos de mantenimiento en las tareas mayores de las Inspecciones de 720 Horas en los Helicópteros UH-60 de la Fuerza Aérea Colombiana [Tesis]*. Escuela de Postgrados de la FAC.

CHAO, S.; CHIA, C. (2008). A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry. *Expert Systems with Applications*. 34(4): pp. 2693-2703.



EAS (2021). El sistema fly-by-wire para el control de las aeronaves. European Aviation School. <https://easbcn.com/el-sistema-fly-by-wire-en-el-control-de-las-aeronaves/>

Estaún, M. (2019). La cadena de gestión de suministro (SCM). <https://www.iebschool.com/blog/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/#:~:text=Atendiendo%20a%20la%20definici%C3%B3n%20del,que%20llegan%20al%20consumidor%20final%C2%BB>.

Esquivel, A.; León, R.; Castellanos, G. (2017). Mejora continua de los procesos de gestión del conocimiento. Retos de la Dirección, 11(2): pp. 56-72

Fuerza Aérea Colombiana (FAC, 2016). Manual de Mantenimiento Aeronáutico. (MAMAE). FAC.

FAC (2020). Plan anual de soporte logístico aeronáutico (PASLO). FAC.

FAC (2021). Informe de Gestión Fuerza Aérea Colombiana 2021. FAC.

Gattorn, J. (2009). Cadenas de Abastecimientos dinámicas. Editorial ECOE.

Geinfor (2022). Andon: sistema de control visual de la producción. <https://geinfor.com/business/que-es-andon-sistema-de-control-visual-de-produccion/>

Gisbert, V. (2015). Lean manufacturing: Qué es y qué no es, errores en su aplicación e interpretación más usuales. 3C Tecnología, 4(3): pp. 42 – 52.

Gómez, R.; Barrera, S. (2011). Seis Sigma: un enfoque teórico y aplicado en el ámbito empresarial. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/515/1/13.%20223-242.pdf>

Harbour, J. (2015). Lean Human Performance Improvement. Productivity Press.

Harrington, J. (1993). Mejoramiento de los procesos de la empresa. Editorial Mc. Graw-Hill Interamericana.



Hernández-Sampieri, R.; Fernández, C.; Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta. Ed.). McGraw-Hill.

Hernández-Sampieri, R.; Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Editorial McGraw-Hill.

Hines, P.; Holweg, M.; Rich, N. (2004). Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, 24: pp. 994-1011.

ISO/Organización Mundial de Normalización (2008). Sistemas de gestión de la calidad, ISO-9001. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-4:v2:es>

Maskell, B.; Baggaley, B. (2003). *Practical Lean Accounting: A Proven System for Measuring and Managing the Lean Enterprise*. Productivity Press, Inc.

Mathaisel, D. (2005). A Lean Architecture for Transforming the Aerospace Maintenance, Repair and Overhaul Enterprise. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17410400510627499/full/html>

Magnusson, K. (2000). *Seis Sigma, una estrategia pragmática*. 1ª ed. Ediciones Gestión.

Ministerio de Defensa Nacional (2021). *Manual de procedimientos administrativos y financieros para el manejo de bienes del Ministerio de Defensa Nacional*. MDN.

Mintzberg, H.; Quinn, J.; Voyer, (1997). *El Proceso Estratégico*. Prentice Hall.

Organización “Item” (2019). *Jidoka: definición, orígenes y ventajas*. <https://blog.item24.com/es/produccion-ajustada/jidoka-definicion-origenes-y-ventajas/>

Organización “Lean Manufacturing Hoy” (2013). *Lean manufacturing, la experiencia*. <https://www.leanmanufacturinghoy.com/lean-manufacturing-la-experiencia/>



Perea, E. y Sánchez, P. (2018). Diseño de un modelo de transferencia de la metodología de referencia de operaciones para cadena de suministro (SCOR) para la Fuerza Aérea Colombiana. *Ciencia y Poder Aéreo*, 13(2): pp. 46-66.

Porter, M. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Free Press.

Quiroa, M. (2022). Ciclo de Deming. <https://economipedia.com/definiciones/ciclo-de-deming.html>

Real Academia Española (2021). *Diccionario*. <https://dle.rae.es/desperdicio?m=form>

Shah, R.; Ward, P. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21: pp. 129-149.

SPC Group (2016). 7 mudas. <https://spcgroup.com.mx/7-mudas/>

Taylor, S.; Bogdan, R. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. (3ra ed.). Paidós.

Toyota (2017). *Sistema de producción Toyota: la filosofía empresarial más admirada*. <https://www.toyota.mx/nota/sistema-de-produccion-toyota-la-filosofia-empresarial-mas-admirada>

Zamora, A. V. (24 de 02 de 2011).

US Army (2021). *Manual de consulta del operador de aeronaves (TM1-1520-237-23IP)*. US Army.

Van Goethem, W; Musila, Omondi, T.; Yvette Bogaert, Y. (2016). Improving the baggage connection process using the lean six sigma approach. *AGIFORS 56th Airline Operations Annual Symposium*. pp 1-11.



ANEXOS

Anexo A: Guion de entrevista

1. ¿Qué aspectos le gustaría que se mejoraran en su puesto de trabajo, que le ayude a ejecutar con seguridad, destreza y comodidad las tareas de mantenimiento que se le asignan en un turno de trabajo? Explique.

2. ¿Cuáles herramientas le gustaría que se mejoren o se diseñaran en su puesto de trabajo que le ayude a ejecutar con seguridad, destreza y comodidad las tareas de mantenimiento que se le asignan en un turno de trabajo? Describa.

3. ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento más complicadas de realizar en una inspección de 120 horas? Describa las que recuerde.

4. Describa como puede transformar o que aspectos puede sugerir para mejorar en una inspección de 120 horas para que esta sea más sencilla y fácil de realizar en el menor tiempo posible.

5. ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento más incómodas de realizar en una inspección de 120 horas? Describa como puede transformarla para que sea más sencilla y fácil de realizar en el menor tiempo posible.

6. ¿Qué recomendaciones sugiere para que una inspección se realice en el menor tiempo posible desde su puesto de trabajo, sin descuidar factores como calidad y seguridad?



ANEXO B: CTQ y Mapas de valor

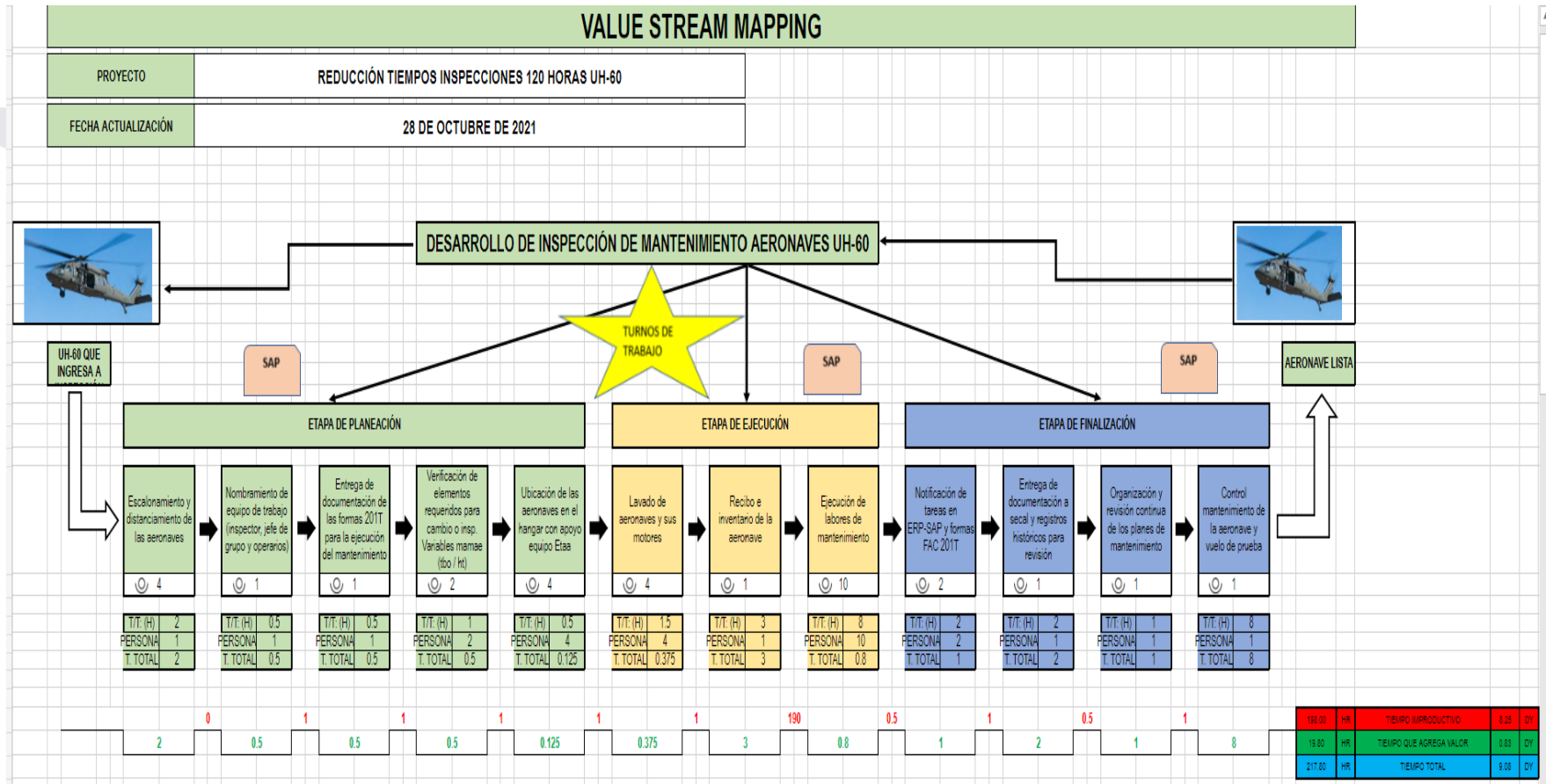
Requisitos críticos del cliente (CTQ)

Requisitos críticos para el cliente (CTQ'S)	Atributos de calidad	Adquisición plan anual de soporte logístico	Contratación local y por FMS	Gestiones logísticas de material y herramienta entre UMA Y/O FFMM	Control de la producción de operarios en turnos de trabajo	Cumplimiento con el distanciamiento de las aeronaves próximas a ingresar a mantenimiento programado	Aeronaves en mantenimiento imprevisto	Control de la producción en la gestión de recursos del mantenimiento	Factores del medio ambiente que afectan el estado de las aeronaves	Grado de preparación del personal oficial para supervisar y ejecutar el mantenimiento	Impacto y probabilidad de ocurrencia 1-10
Reducción de los tiempos de mantenimiento	9	9	9	5	9	5	5	9	0	9	10
Capacitación personal técnico	9	5	1	3	9	5	5	9	1	9	7
Disponibilidad de repuestos	5	9	9	5	3	9	9	9	3	1	5
Alistamiento de aeronaves	9	9	5	9	9	9	9	9	3	5	7
Confiabilidad de la flota	9	9	5	0	1	1	9	1	5	5	6
Grado de interacción	295	287	207	159	237	199	247	267	73	223	
	6,6	6,4	4,6	3,6	5,3	4,5	5,5	6	1,6	5	

Fuente: elaboración propia



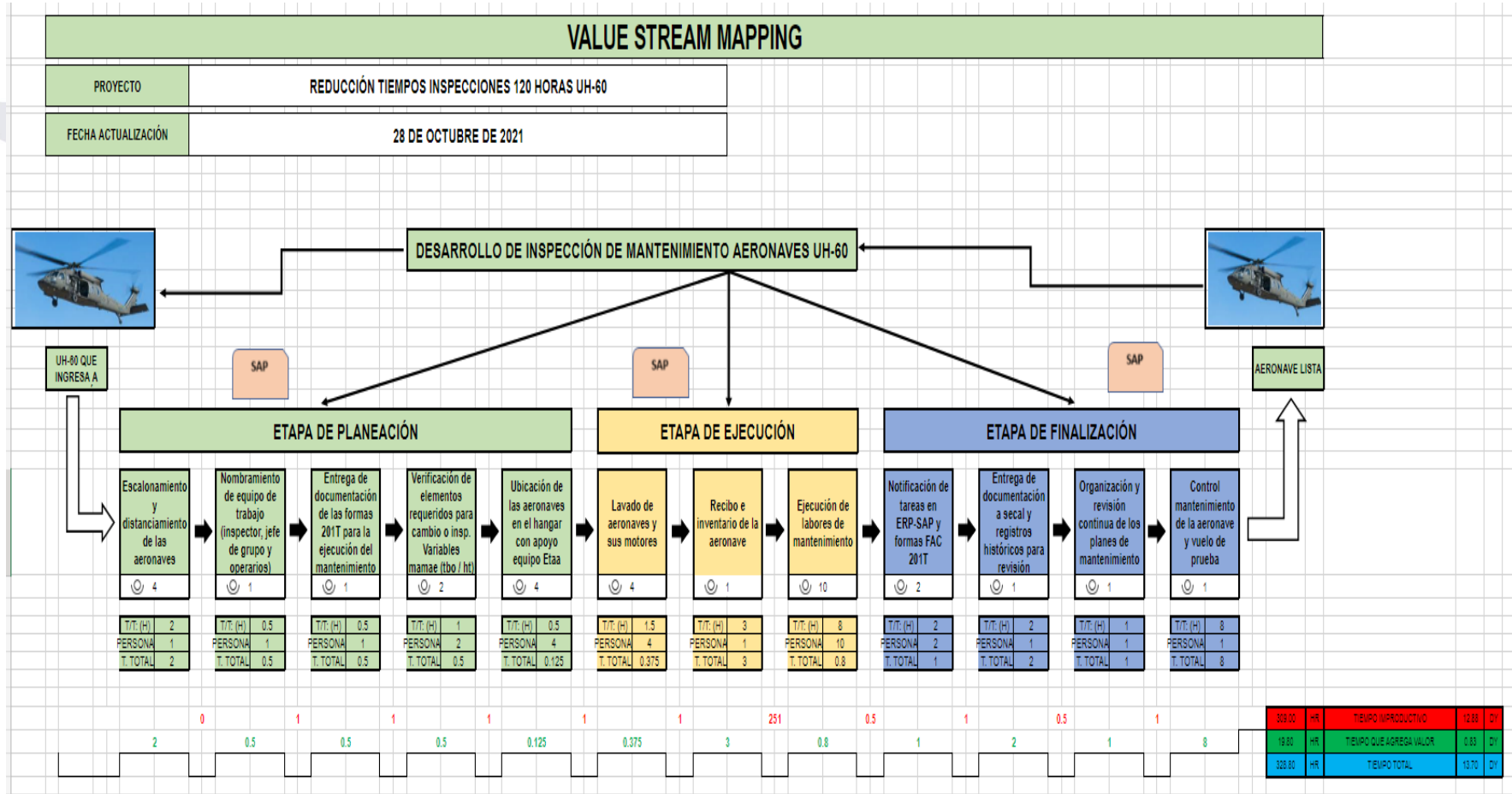
Mapa de la cadena de valor actual



Fuente: elaboración propia



Mapas de la cadena de valor esperada (VSM) futuro.



Fuente: elaboración propia



ANEXO C. Plan de control o verificación

Ubicación	Fuente	Problema / Causa	Acción Tomada	Plan de Control	Variable	Medición	Responsable
Talento Humano - Sección Planeación - GRUTE-CACOM5	VSM FUTURO (Para alcanzar el ahorro esperado de \$241.997.997,69 para la vigencia 2022)	No se tenía definida la cantidad optima de operarios a las inspecciones de 120 horas de las aeronaves UH-60 (Se manejaba un estándar de 01 Inspector, 01 Jefe de Grupo y 05 Operarios, sin embargo se asignaba un número mayor de acuerdo a disponibilidad; pero no obedecía a un estudio adecuado de producción nivelada y eficiente)	HEIJUNKA Se elaboró la plantilla dinámica VSM FUTURO, para poder determinar la cantidad optima de operarios por sistema o especialidad a ser asignados a cada inspección de 120 HORAS	La Subsección Talento Humano asignara la cantidad optima de operarios (plantilla dinámica del VSM FUTURO)	Cantidad de Operarios por Inspección	Por Inspección	TE. RAMIREZ VILLALOBOS JONATHAN - Sección Planeación
subsección Producción - Sección Planeación - GRUTE-CACOM5		No se tenía incluido dentro del tiempo de inspección un tiempo por imprevistos. (No se tenía contemplado, ni medido los imprevistos para la	GEMBA Se tomó datos históricos de 3 años (SAP) para poder determinar un tiempo estándar o promedio por imprevistos de acuerdo a cada sistema y así ser incluido en la plantilla dinámica del VSM	La subsección Producción actualizara anualmente los tiempos estándar por Imprevistos en la plantilla dinámica del VSM FUTURO	Tiempo de Imprevistos por inspección	Por inspección	TE. RAMIREZ VILLALOBOS JONATHAN - Sección Planeación



		asignación de los días de inspección)	FUTURO. Con el fin, de determinar el tiempo real por inspección de 12 meses.				
Escuadrón Mantenimiento y subsección Producción - Sección Planeación - GRUTE-CACOM5		No se tenía actualizado o medido los tiempos por actividad de mantenimiento. (Se manejaba el tiempo estándar determinado desde el traslado logístico de la flota UH-60)	3MU Se tomó datos históricos de 3 años (SAP), se complemento con mediciones de campo de algunas actividades de mantenimiento, análisis y reducción de MUDAS y finalmente se perfeccionó con la revisión del personal de especialistas e Inspectores de las aeronaves UH-60. Con el fin, de determinar un nuevo estándar por actividad	1. La subsección Producción en conjunto con el Comandate Escuadrón Mantenimiento actualizara anualmente los tiempos estándar por actividad de mantenimiento en la plantilla dinámica del VSM FUTURO. 2. La Sección Planeación enviara a la Sección Ingeniería el acta de actualización de tiempos por actividad para ser evidenciados en la Forma FAC201T y SAP	Tiempo por Actividad de Mantenimiento	Por inspección	TE. RAMIREZ VILLALOBOS JONATHAN - Sección Planeación y Comandante Escuadrón Mantenimiento



<p>Comandante GRUPO TÉCNICO CACOM5</p>		<p>No existen planes de contingencia para al adquisición de repuestos para aeronaves con mantenimiento imprevisto</p> <p>(Se manejaban horarios variables, sin un estudio adecuado de productividad y desempeño)</p>	<p>ESTANDARIZACION Se definió una propuesta para generar un presupuesto alternativo que fuera solo para el mantenimiento imprevisto de la flota, la cual es la que incide en los mantenimientos programados de 120 horas de las aeronaves, este debe ser coordinado con JELOG con el fin de garantizar de las aeronaves se encuentren listas con sus materiales y repuestos a la mano.</p>	<p>Se controla semanalmente en junta de materiales dando prioridad a las aeronaves del cacom-5, en especial a las aeronaves uh60</p>	<p>Cantidad de repuestos llegados a la unidad</p>	<p>Semanal</p>	<p>TE. RAMIREZ VILLALOBOS JONATHAN - Sección Planeación y SECCIÓN PRONÓSTICOS E INVENTARIOS</p>
<p>Escuadrón Mantenimiento y Sección Planeación - GRUTE-CACOM5</p>		<p>No se tenía una adecuada cultura de productividad y eficiencia en el personal que ejecuta el mantenimiento.</p> <p>(Este factor complementa la Calidad y Seguridad en Mantenimiento)</p>	<p>KAIZEN Se definió que al inicio de cada inspección se debe realizar un Briefing (15 minutos) al Grupo de Trabajo de la inspección de 120 horas, liderado por la Sección Planeación donde se hace la revisión a una lista de chequeo (Elaborada por SEPLA); donde se definen las metas, el tiempo de la inspección, horarios y demás políticas. Esta actividad es complementada con impartir doctrina y/o</p>	<p>Se evaluara al final de cada inspección por parte de la Sección Planeación y Comandante del Escuadrón Mantenimiento la productividad y eficiencia del personal que participo en la ejecución de la inspección de 120 horas</p>	<p>Briefing por Grupo de Trabajo</p>	<p>Por día</p>	<p>TE. RAMIREZ VILLALOBOS JONATHAN - Sección Planeación y Comandante Escuadrón Mantenimiento</p>



			<p>cultura de productividad y eficiencia en el mantenimiento.</p> <p>Asimismo, para los días siguientes de inspección, el Inspector y Jefe de Grupo deben liderar diariamente el Briefing (10 minutos)</p> <p>Finalmente, una vez cada mes se realiza una reunión de estandarización (30 minutos) con los inspectores y Jefes de Grupo, con el fin de fortalecer el liderazgo y cultura de mantenimiento (Calidad, Seguridad y Productividad)</p>				
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--

Fuente: elaboración propia



ANEXO D. Selección de alternativas de soluciones

MATRIZ DE SELECCIÓN DE SOLUCIONES												
Proyecto	REDUCCION DE LOS TURNOS DE MANTENIMIENTO DE LA INSPECCIÓN DE 120 HORAS DE LAS AERONAVES UH-60											
Fecha Actualización	11/30/2021											
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES												
CRITERIOS	Peso - %	SOLUCIONES										
		<u>ISHIKAWA</u> A Definir responsabilidades claras y funciones pertinentes al Especialista de SEPRI para que haya una verdadera gestión de materiales	<u>ISHIKAWA</u> A Fortalecimiento de la doctrina de mantenimiento (LEAN MANUFACTURING) - Incluir dentro de los sílabos para curso básico de aeronaves, jefe de grupo e Inspectores contenido de LEAN SIX SIGMA	<u>ISHIKAWA - 5W</u> Fortalecimiento del trabajo en Equipo de los STAKEHOLDERS (Escuadrón MTTO, ABASTECIMIENTOS y Sección Calidad, Planeación e Ingeniería)	<u>ISHIKAWA</u> WA Formación DE INSPECTORES Y JEFES DE GRUPO EN EL CACOM 5	<u>PRD</u> Definir tableros de Control eficientes	<u>QFD - ISHIKAWA</u> WA Controlar la compra, adquisición y gestión de materiales para el mantenimiento programado	<u>VSM - 5W</u> Estandarización de los horarios de trabajo para la ejecución del Mantenimiento Programado	<u>QFD - VSM</u> Asignación de grupos de trabajos acordes a las necesidades reales	<u>VSM - PRD</u> Contemplar el tiempo de Imprevistos para las Inspecciones de 120 HORAS	<u>ISHIKAWA - WA - 5W</u> Mejora en el registro de datos en las Formas FAC 201T y de igual forma en el sistema SAP (Notificaciones)	<u>ISHIKAWA - 5W</u> Gestionar la consecución de 01 Equipo para efectuar pruebas NDT



RESPONSABLE	JELOG / CDTE GRUPO TECNICO	CDTE ESCUADRON MANTENIMIENTO	CDTE GRUPO TECNICO	SECCION CALIDAD	SECCION PLANEACION / CDTE ESCUADRON MANTENIMIENTO	SEPRI-COMANDO GRUTE	CDTE GRUPO TECNICO	SECCION PLANEACION	SECCION PLANEACION	SECCION PLANEACION / CDTE ESCUADRON MANTENIMIENTO	ESCUADRON ABASTECIMIENTOS	SECCION PLANEACION
CUMPLIMIENTO	PERMANENTE	PERMANENTE	PERMANENTE	1RA ETAPA 30/01/2022 2DA ETAPA 30/07/2022	11/20/2021	PERMANENTE	11/10/2021	CUMPLIDO VSM FUTURO POR INSPECCION	CUMPLIDO VSM FUTURO POR INSPECCION	POR INSPECCION	6/6/2022	PERMANENTE
Reducción de costos asociados al mantenimiento	30%	9	9	9	9	9	3	9	3	3	1	1
Incrementar la Productividad del proceso	30%	9	9	9	9	3	9	3	9	9	9	3
Incrementar la gestión de compras de materiales	40%	9	9	9	9	9	9	1	3	1	3	9
	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	7.20	7.20	4.00	4.80	4.00	4.20	4.80
	11%	11%	11%	11%	11%	9%	9%	5%	6%	5%	5%	6%

Fuente: elaboración propia



ANEXO E. Resultados de la entrevista.

	Grado	Cargo		1. ¿Qué aspectos le gustaría que se mejoraran en su puesto de trabajo, que le ayude a ejecutar con seguridad, destreza y comodidad las tareas de mantenimiento que se le asignan en un turno de trabajo? Explique.	2. ¿Cuáles herramientas le gustaría que se mejoren o se diseñaran en su puesto de trabajo que le ayude a ejecutar con seguridad, destreza y comodidad las tareas de mantenimiento que se le asignan en un turno de trabajo? Describa.	3. ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento más complicadas de realizar en una inspección de 120 horas? Describa las que recuerde.
ENTREVISTADOS	Aerotécnico	Operario de taller	P1	Cada inspección debería tener mínimo 01 computador con acceso a SAP, y los manuales actualizados para evitar desplazamientos	Las herramientas especiales deberían estar todas, ya que con ellas no se improvisa con bujes viejos y arandelas raras, con ellos se agiliza la inspección	Casi todo es esencial para agilizar la inspección.
	Mayor	Jefe sección planeación	P2	Un área donde la documentación de la inspección se organice de una forma la cual quede segura, ordenada y de fácil consulta, que el puesto de trabajo cuente con las herramientas adecuadas para la comodidad del jefe de grupo como la silla y el escritorio del computador, debido a las largas jornadas, al final se termina perdiendo más tiempo en buscar algo cómodo y se desenfoca en la ejecución o supervisión.	Diseñar protectores para los windshield, flexiglass ya que en las inspecciones por ausencia de esto se rayan y deterioran ocasionando gastos innecesarios.	Casi todo es esencial para agilizar la inspección.
	Subteniente	Comandante de escuadrilla técnica	P3	Mejorar el mobiliario	Diseño e implementación de un sistema de monitoreo del desempeño de los motores en las operaciones aéreas	Casi todo es esencial para agilizar la inspección.



	Técnico primero	inspector UH-60	P4	Asignación de más personal	Mejorar los soportes logísticos	Inspección de vigas transmisión e imprevistos
	Técnico primero	Jefe de taller	P5	Escritorios y computadores de escritorio para jefe de grupo e inspector, los bancos de trabajo solo deben ser para trabajos de mantenimiento no para consultar tareas, más puntos de conexión eléctrica y red FAC.	Servicio frenos, servicio ruedas, extracción balineras damper, prensas hidráulicas nuevas, herramienta para clasificación varillas de control de vuelo por 48 meses, herramienta ventilación tanques fuel más eficiente	Inspección de sistemas pitostáticos, inspección de conjunto de frenos e imprevistos
	Técnico cuarto	Operario de taller	P6	Mobiliario cómodo (sillas, escritorios, etc.)	Conectividad, tomas eléctricas, puntos de hidratación, equipos de cómputo en buen estado y que cumplan con las características de lo requerido actualmente	Palas del rotor de cola
	Teniente	Jefe sección personal	P7	Un horario en el cual no sea tan extenso ya que no se trabaja con el mismo ánimo, empezar siempre en el mismo helicóptero y así hacer las tareas y poder finalizarlas	Bancos adecuados	Palas del rotor de cola
	Aerotécnico	Técnico inspector de aviónica	P8	Capacitaciones en el ámbito de planta motriz	Como tal sería mejora de bancos de trabajo e infraestructura	Palas del rotor de cola



	Técnico Subjefe	Inspector de control de mantenimiento	P9	Disposición inmediata del manual AIDS porque las consultas hay que hacerlas en portátiles personales con win10; cajas de herramientas de acuerdo a la especialidad, extensiones eléctricas y neumáticas suficientes, bancos de trabajo con graduación de altura	Los puestos de trabajo deben ser más ergonómicos	Palas del rotor de cola
	Técnico Subjefe	inspector UH-60	P10	Disponibilidad de repuestos, insumos, herramientas y equipos. Reducción de tiempos en movimientos desde y hacia el almacén. Estantes para almacenar material cerrados para mejorar el control de lo que se tiene, ya que estantes abiertos generan pérdida de material. Disponibilidad de especialistas para corrección de anotaciones.	Estantes con cerramiento tipo malla y con puertas para mantener el control del material aeronáutico	Palas del rotor de cola
	Análisis			Se denota en las respuestas que existe cierta escases de herramientas (computacionales, documentos, estantería, mobiliario). Las respuestas señalan que contar con todo este tipo de herramientas y/o equipos, sumado a una reducción de las horas de turnos de trabajo, optimizaría la inspección de mantenimiento programado de la flota HU-60.	en este ítem se interroga concretamente sobre la herramienta en específico, considerada esencial para mejorar las tareas del proceso de inspección. En ese sentido, los participantes señalan numerosas piezas, como protectores para los windshield, flexiglass, bancos ergonómicos, estantes que permitan cerrarse, conectores eléctricos, computadora con sistema actualizado, en fin, tal como afirmó P1: casi todo es esencial para agilizar la inspección.	Cada participante considera como más complicada cierta tarea del proceso de inspección, distinta a las indicadas por los demás. Vale la pena señalar que P9 piensa en la necesidad de más luces portátiles, es decir, al parecer, es la escasez de luz para la actividad lo que considera complicado, más que determinada tarea en sí. Por otra parte, dos entrevistados mencionaron que las tareas imprevistas les resultan complejas.
	Grado	Cargo		4. Describa como puede transformar o que aspectos puede sugerir para mejorar una inspección de 120 horas para que esta sea más sencilla y fácil de realizar en el menor tiempo posible.	5. ¿Cuáles son las tareas de mantenimiento más incómodas de realizar en una inspección de 120 horas? Describa como puede transformarla para que sea más sencilla y fácil de realizar en el menor tiempo posible.	6. ¿Qué recomendaciones sugiere para que una inspección se realice en el menor tiempo posible desde su puesto de trabajo, sin descuidar factores como calidad y seguridad?



ENTREVISTADOS	Aerotécnico	Operario de taller	P1	Las NDI deben de realizarse el 1er día de la inspección y realizar la inspección de recibo bien detallada, ojalá hablar con los tripulantes que viniera volando que ellos dan una información pormenorizada de cómo venía volando el helicóptero.	Si hablamos de tarea recurrente como imprevisto sería el pegado del drain pan, pero la inspección de 120 no consideró que tenga tarea incómoda	La continuidad de las personas en la inspección, no solo para la de 120 sino para todas. El desorden de planeación lo paga al final el retardo de la inspección
	Mayor	Jefe sección planeación	P2	Esto abarca varios factores, iniciando por la motivación del personal que dirige y ejecuta el mantenimiento, realizar kits de elementos fijos a cambiar durante la inspección ahorrando tiempo de búsqueda de material y recepción en el almacén, un buen control de recibo dando el tiempo para ejecutarlo de forma sensata, la infraestructura como bancos utilizados alrededor de la chopper estén completos al inicio de la inspección, ahorrando tiempo al operario en búsqueda de dichos bancos.	La remoción o remplazo del componente preventivo de los ejes impulsores del rotor de cola, se podría agilizar teniendo los bancos adecuados alrededor de la chopper.	Planear el cumplimiento de los atributos de calidad
	Subteniente	Comandante de escuadrilla técnica	P3	Personal fijo en la inspección de inicio a final.	Implementar un sistema de ergonómico que permita la correcta posición para realizar la limpieza de las vigas.	Personal fijo, programación definida, soporte logístico e insumos
	Técnico primero	inspector UH-60	P4	Personal fijo, soportes logísticos, puesto de trabajo de jefe de grupo.	Fuel feed, vigas y pisos, se mejoraría con herramientas e insumos	Para grupos de trabajo fijos se requieren mínimo 16 inspectores y 16 jefes de grupo más especialistas de aviónica, para imprevistos, línea, vuelos de prueba, clases en Grupo de educación Aeronáutica, registros históricos, control mantenimiento, recibo de repuestos en almacenes, tareas de centro de producción entre otros.



Técnico primero	Jefe de taller	P5	Grupos de trabajo fijos, operarios, especialistas, inspector y jefe de grupo en una sola aeronave, genera más compromiso y hay continuidad en las tareas. Que los almacenistas, herramientas y aeronáutico lleven los pedidos para no perder tiempo de los operarios, la orden la dieron, pero no se cumple.	Imprevistos, herramienta de servicio de frenos incompleta, manómetros servicio ruedas en calibración todos, horarios fijos de descanso y almuerzo al personal	Mantener constancia en los turnos, tener en cuenta que la programación de trabajos a altas horas de la noche implica que la energía y agilidad de los trabajos no es la misma
Técnico cuarto	Operario de taller	P6	Mantener una constante capacitación de personal militar y que se vea el incentivo por realizar las tareas.	Inspecciones en zona 3 de la aeronave	Mejorar logística realizar paquetes con los elementos requeridos
Teniente	Jefe sección personal	P7	Tener mejor logística, normalmente se sabe que es lo que más falla o que es lo que se debe cambiar por condición y normalmente se dificulta por qué no están los repuestos listos.	Inspección de vigas y tail cone	Recursos de personal y material aplicable a la especialidad, hay falencias en equipos de prueba, obsolescencia y equipos de cómputo insuficientes y lentos.
Aerotécnico	Técnico inspector de aviónica	P8	La mejor forma de ser más sencilla y ágil la inspección es contar con la cantidad suficiente de repuestos.	Inspección del tail cone interior	Evitar la remoción controlada de componentes, trabajos de especialidades desde el inicio de la fase y no al final, revisión de la hoja de ruta de la inspección de recibo lo cual garantiza que desde el principio se tienen contemplados en gran proporción los imprevistos.
Técnico Subjefe	Inspector de control de mantenimiento	P9	La búsqueda de herramientas y repuestos, incluso remoción controlada de partes limita mucho el avance normal de la inspección.	Trabajo en altura e interior de cono de cola	Organizar un equipo de trabajo solo para realizar labores de mantenimiento y otro equipo de trabajo para funciones de vuelo y estos se roten cada 3 meses.



	Técnico Subjefe	inspector UH-60	P10	Revisión de las formas 201T dónde no está estandarizado los tiempos de inspección de tareas, algunas tareas madre tienen horas para notificar, en otras las tareas son las que se notifican, en conclusión, que entre SAP y las 201T sea lo mismo. Se reducen tiempos de notificación y firmas en las formas FAC, ya que muchas veces hay que hacer doble trabajo.	La consola central debería tener soporte para protección de equipos.	Gestionar más repuestos de aviación e inversión de más personal militar en el Grupo Técnico.
	Análisis			Si bien, todos los factores o aspectos señalados son importantes, para agilizar de manera sencilla las inspecciones, destacan el planteamiento de las fallas en el inventario de repuestos, así como el control de la movilización de las piezas y que haya un personal fijo en cada aeronave en inspección. Destacó entonces, la logística.	Destacó el aspecto de la ergonomía, pero también algunas tareas de la inspección.	La totalidad de las recomendaciones tienen una orientación a la optimización del proceso de inspección, de lo cual destacan la escasez de algunas herramientas/equipos, falta de personal, cuidar el horario de los turnos, y la necesidad de soporte logístico.

Fuente: elaboración propia.



**ESCUELA DE
POSTGRADOS**
FUERZA AÉREA COLOMBIANA

