

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ARMADO**

**DE UNA AERONAVE DE UNA EMPRESA ESTATAL**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial**

**AUTOR:**

Rodolfo David Charaja Saldaña

**ASESOR:**

Wilmer Jhonny Atoche Diaz

Lima, Noviembre, 2023

### Informe de Similitud

Yo, WILMER JHONNY ATOCHE DIAZ, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada:

ANALISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE ARMADO DE UNA AERONAVE DE UNA EMPRESA ESTATAL,

del autor: Rodolfo David Charaja Saldaña, de

constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 18%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 21/11/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas. Lugar y fecha: San Miguel, 21 de noviembre de 2023

Apellidos y nombres del asesor: <u>ATOACHE DIAZ, Wilmer Jhonny</u>	
DNI: 08134370	 Firma
ORCID: 0000-0002-0923-7608	

## RESUMEN

Actualmente, la tecnología y la innovación son factores que determinan el desarrollo de un país. Específicamente en el Perú, las fuerzas armadas junto con el ministerio de defensa del Perú invierten en la implementación y modernización de aeronaves y helicópteros, los cuales son utilizados en situaciones que ameriten el rápido transporte de personas y/o recursos. Por este motivo, esta tesis se enfoca en proponer mejoras en el proceso de armado de una aeronave en una empresa estatal.

Esta tesis comienza mencionando algunas aeronaves con renombre en otros países latinoamericanos. Concretamente, en los casos del Calima T-90, primera aeronave fabricada en Colombia, el IA-100, el cual busca recuperar la capacidad de diseño y fabricación de Argentina, y finalmente, el Embraer KC-390, el cual es el avión más grande fabricado en Brasil.

Luego, se definen algunos conceptos relacionados a los proyectos, los procesos y aeronaves. Dentro de la temática de los proyectos se define lo que es un proyecto, el ciclo de vida de un proyecto, las fases y los grupos de procesos de la dirección de un proyecto. Dentro de la temática de los procesos, se define que es un proceso, un flujograma y un diagrama de Gantt. Finalmente, se explica que es una aeronave y cuáles son sus partes fundamentales.

Más adelante, se describe la empresa sobre la que se realiza este estudio. La empresa se dedica a la formación de pilotos, brinda servicios de mantenimiento de aeronaves comerciales y militares, fabrica aeronaves y componentes, y realiza el mantenimiento y la reparación de componentes. Dentro de sus procesos principales se encuentra el brindar servicios de mantenimiento de aeronaves comerciales y militares, y fabricar aeronaves y componentes. El departamento de aeronaves es el encargado de este último proceso mencionado que, junto con el departamento de proyectos, trabajan en conjunto en los diferentes proyectos. Uno de estos proyectos es el proyecto de reparación mayor de aviones el cual será en el que se centrará esta tesis. Dentro de este proyecto, el proceso de armado juega un papel importante, puesto que es el proceso que mayor demanda de personal requiere.

En lo que respecta al diagnóstico, se realizó un comparativo entre la fase de armado planificada y la fase de armado ejecutada. Los resultados mostraron un incremento de 11 días, un incremento en la eficiencia del 12.39%, un incremento en el pico de personal de 8 personas y menores costos con respecto a lo planificado. Este último se debe a que la empresa tiene como política presupuestar costos superiores a los que normalmente se planifica en caso sucedan fallas, reprocesos, deterioro de herramientas, etc.

Lo que se propone en la presente tesis es utilizar la metodología PERT/CPM para estimar de manera más exacta la duración de las actividades del proyecto y un intervalo de confianza de duración del proyecto más preciso. Además, la tesis propone generar un documento entendible que defina las bases para todo lo trabajado en el proyecto y la manera en que se llevará a cabo el trabajo. Para generar este documento es necesario seguir los pasos del plan de dirección del proyecto de la Guía PMBOK.

Realizando la evaluación económica de las mejoras propuestas se encontró que, mediante los indicadores de VAN, TIR y Beneficio/Costo que el proyecto es económicamente viable. Lo que resalta de las mejoras propuestas es el ahorro que se genera al terminar el proyecto casi 1 mes antes de los que normalmente resulta de la ejecución de la fase del proyecto.

A mi padre y madre, Rodolfo y Nancy,  
por brindarme su sabiduría y apoyo  
incondicional para seguir adelante.



A mis hermanos, Yuri y Renato,  
por estar siempre a mi lado en  
los buenos y malos momentos.

# INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES Y DEFINICIONES TEÓRICAS .....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.1.1 Caso 1: Colombia Calima T-90.....	2
1.1.2 Caso 2: Argentina IA-100.....	3
1.1.3 Caso 3: Brasil Embraer KC-390 .....	4
1.2 Definiciones Teóricas.....	5
1.2.1 ¿Qué es un Proyecto? .....	5
1.2.2 ¿Qué es la Dirección de Proyectos? .....	5
1.2.3 Ciclo de Vida del Proyecto.....	5
1.2.4 Fases del Proyecto.....	7
1.2.5 ¿Qué es un Proceso?.....	8
1.2.6 Procesos de la Dirección de Proyectos.....	9
1.2.7 Grupo de Procesos de Inicio.....	10
1.2.8 Grupo de Procesos de Planificación.....	10
1.2.9 Grupo de Procesos de Ejecución.....	11
1.2.10 Grupo de Procesos de Monitoreo y Control.....	11
1.2.11 Grupo de Procesos de Cierre .....	12
1.2.12 Diagrama de Flujo .....	12
1.2.13 Diagrama de Redes .....	12
1.2.14 Diagrama de GANTT.....	13
1.2.15 Distribución Beta.....	13
1.2.16 Criterios de Evaluación de Proyectos.....	14
1.2.17 La Aeronave y sus Principales Componentes.....	15
2 LA EMPRESA Y EL PROYECTO .....	17
2.1 La Empresa .....	17
2.1.1 Descripción.....	17
2.1.2 Misión.....	17
2.1.3 Visión.....	17
2.1.4 Organigrama del Área de Ensamblaje.....	17
2.1.5 Mapa de Procesos .....	18
2.1.6 Organigrama del Departamento de Aeronaves .....	22
2.1.7 Fases del Proyecto de Reparación Mayor de Aeronaves .....	23
3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y DIAGNÓSTICO .....	25

3.1	Introducción .....	25
3.2	Diagrama de Flujo del Proyecto .....	26
3.3	Disponibilidad de personal .....	27
3.4	Fase de Armado del Proyecto Planificado .....	28
3.5	Diagrama de Gantt de la Fase Planificada .....	34
3.6	Diagrama de Cargas (Fase Planificada).....	38
3.7	Fase de Armado del Proyecto Ejecutado.....	39
3.8	Diagrama de Gantt de la Fase Ejecutada.....	45
3.9	Diagrama de Cargas (Fase Ejecutada) .....	50
3.10	Costos de la Mano de Obra .....	50
3.11	Costos del Fase Planificada.....	51
3.12	Costos de la Fase Ejecutada.....	51
3.13	Diagnóstico .....	52
4	PROPUESTA DE MEJORA .....	53
4.1	Propuesta de Mejora.....	53
4.1.1	Metodología PERT/CPM.....	53
4.1.2	Guía PMBOK.....	58
5	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	69
5.1	Evaluación Económica .....	69
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
6.1	Conclusiones.....	71
6.2	Recomendaciones.....	74
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 T-90 Calima.....	2
Figura 1.2 IA-100 .....	3
Figura 1.3 Embraer KC-390 .....	4
Figura 1.4 Costo y Nivel de Dotación de Personal vs. Tiempo.....	6
Figura 1.5 Grado de Riesgo y Costo de los Cambios vs. Tiempo del Proyecto .....	7
Tabla 1.6 Tecnología Productiva vs. Repetitividad del Proceso.....	8
Figura 1.7 Límites del Proyecto.....	10
Figura 1.8 Diagrama de Flujo .....	12
Figura 1.9 Diagrama de GANTT .....	13
Figura 1.10 Curva de función de densidad beta .....	14
Figura 1.11 Partes de una Aeronave.....	16
Figura 2.1 Organización del Área de Ensamblaje.....	18
Figura 2.2 Mapa de Procesos del Área de Ensamblaje .....	19
Tabla 2.3 Actividades de los Procesos de Soporte .....	20
Tabla 2.4 Actividades de los Procesos Estratégicos.....	20
Tabla 2.5 Actividades de los Proceso Operativos (Clave).....	21
Figura 2.6 Organigrama del Departamento de Aeronaves.....	22
Figura 2.7 Fases del Proyecto.....	23
Figura 3.1 Diagrama de procesos del Proyecto.....	26
Tabla 3.2 Disponibilidad de Personal.....	27
Tabla 3.3 Descripción de Actividades – Fase Planificada .....	29
Figura 3.4 Diagrama de Gantt (Fase Planificada).....	34
Figura 3.5 Diagrama de Cargas (Fase Planificada).....	38
Tabla 3.6 Descripción de Actividades – Fase Ejecutada .....	40
Figura 3.7 Diagrama de Gantt (Fase Ejecutada).....	45
Figura 3.8 Diagrama de Cargas (Fase Ejecutada).....	50
Tabla 3.9 Costos de la Fase Planificada.....	51
Tabla 3.10 Costos de la Fase Ejecutada.....	51
Tabla 3.11 Comparación entre Fase Planificada y Fase Ejecutada.....	52
Tabla 4.1 Tiempos Estimados y Análisis Estadísticos.....	54
Figura 4.2 Diagrama de Redes Simplificado.....	57
Figura 4.3 Plan para la Dirección del Proyecto.....	58
Figura 4.4 Diagrama de Contexto.....	59

Figura 4.5 Matriz de Trazabilidad de Requisitos.....	60
Figura 4.6 EDT desglosada hasta el nivel de Paquetes de Trabajo.....	61
Figura 4.7 EDT organizada por fases.....	62
Figura 4.8 EDT basada en Entregables Principales.....	62
Figura 4.9 Método de Diagramación por Precedencia.....	63
Figura 4.10 Curva S de un Análisis Monte Carlo.....	65
Figura 4.11 Diagrama Tornado.....	66
Tabla 5.1 Evaluación Económica.....	69
Tabla 5.2 Indicadores de Viabilidad.....	70



# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo de la tecnología en la industria aeronáutica va tomando mayor relevancia como factor de desarrollo de un país. Así mismo, cada país tiene la obligación de velar por la integridad, soberanía e independencia de su respectivo territorio es por ese motivo que cada Estado Nación instaure esta responsabilidad mediante la creación de entidades gubernamentales. En el Perú, se cuenta con el Ministerio de Defensa para cumplir esta labor, la cual realiza en conjunto con las Fuerzas Armadas, el Ejército, la Marina de Guerra y la Fuerza Aérea.

La Fuerza Aérea del Perú se encarga de velar por la integridad del espacio aéreo peruano, para lo cual necesita de personal capacitado en el vuelo y conocimiento técnico de aeronaves. Debido a la necesidad de contar con personal capacitado en el vuelo y conocimiento técnico de aeronaves, es que el análisis del proceso de armado de una aeronave es fundamental para conseguirlo. Es importante que los futuros pilotos cuenten con horas de vuelo en las que puedan mejorar las técnicas de pilotaje, el uso correcto del timón y el uso correcto en el manejo de los controles de la cabina de una aeronave; así mismo, es importante que los futuros pilotos tengan conocimiento sobre el funcionamiento de las diferentes partes mecánicas y eléctricas de una aeronave. Cada una de estas partes cumple un rol fundamental en el funcionamiento, sostenibilidad y seguridad de una aeronave.

Es debido a la importancia de que los futuros pilotos cuenten con la disponibilidad de una aeronave en la cual puedan mejorar su aprendizaje sobre el pilotaje y conozcan el funcionamiento de las diferentes partes mecánicas y eléctricas de una aeronave que el fin académico de esta tesis es el de realizar un análisis y una propuesta de mejora al proceso de armado de una aeronave en una empresa estatal. La tesis enfocará el proceso de armado de una aeronave como un producto único, es decir, como un proyecto. Este proyecto será conocido como el proyecto de reparación mayor de una aeronave, en el cual el estudio se enfocará en la fase de instalación y armado. Para realizar la propuesta de mejora de esta fase se utilizarán el método PERT-CPM para calcular la ruta crítica y se explicará el funcionamiento de algunas herramientas de dirección de proyectos de la Guía del PMBOK.

# 1 ANTECEDENTES Y DEFINICIONES TEÓRICAS

## 1.1 Antecedentes

### 1.1.1 Caso 1: Colombia Calima T-90

Según un reportaje publicado en la página web “elColombiano”, la FAC y la Corporación de la Industria Aeronáutica Colombiana diseñaron y fabricaron 25 aviones de instrucción primaria para la formación de los pilotos militares, esta aeronave sería el Calima T-90, un biplaza de uso militar de 8,8 metros de envergadura, 1500 libras de peso, motor Lycoming IO-390 A1-A6 de 210 caballos de fuerza, velocidad crucero y tren de aterrizaje fijo (elColombiano 2013). La aeronave cuenta con una pantalla de visualización principal de vuelo y otra de múltiples funciones para los otros controles, cuenta con un GPS el cual se encarga de la navegación y una radio para la comunicación con la base en tierra (Echeverry 2017). Este proyecto reemplazaría a los aviones de entrenamiento T-34 Mentor que fueron utilizados por cuatro décadas (elColombiano 2013). Con el pasar de los años, se fueron mejorando características del Calima T-90 tales como la ubicación del timón de dirección, la adición de generadores de micro-vórtices en los estabilizadores, la instalación de wing cuff y stall strip, así como aletas compensadoras de mayor tamaño (Equipo Volavi 2013).



Figura 1.1 T-90 Calima  
Fuente: IQ Latino (2013)

### 1.1.2 Caso 2: Argentina IA-100

Según un informe publicado en la página web “Gaceta Aeronautica” por el editor Esteban Brea, comenta sobre el programa IA-100 de la FAdEa, el cual indica el desarrollo tecnológico de una aeronave que pretende dar solución a los entrenamientos aéreos de civiles y militares. Brea describe esta aeronave de una manera técnica.

El IA-100 es un entrenador elemental acrobático de estructura primaria de material compuesto. Es un monomotor de ala baja y conjunto de cola convencional con tren de aterrizaje triciclo fijo. Posee una configuración biplaza lado a lado para una mejor comunicación entre alumno e instructor, la misma posee un parabrisas de una sola pieza, y una cúpula, también de una pieza de plexiglás, esta última posee una manija de apertura en su parte superior frontal, tras accionarla se desliza hacia atrás por una guía ubicada en la parte superior del fuselaje (Brea 2016).

La inserción de esta aeronave al mercado permitiría a la FAdEa volverse una de las contadas fábricas en el mundo con la capacidad de brindar alternativas de solución para el ciclo completo de instrucción de pilotos. Dentro de los objetivos más relevantes se encuentra la recuperación de la capacidad de diseño, la fabricación integral de aeronaves y ensayos aeronáuticos en Argentina. Este proyecto une la industria local y once PYMES ubicadas en Córdoba que participan como proveedores estratégicos, consolidando, de esta manera, una cadena de valor (Brea 2016).



Figura 1.2 IA-100  
Fuente: Radio Gráfica (2020)

### 1.1.3 Caso 3: Brasil Embraer KC-390

Según el artículo publicado por el Grupo Edefa, tanto en la aviación regional como en los jets de negocio, el Embraer KC-390 tiene proyección a ser el avión más grande que ha realizado la industria aeronáutica brasileña (Grupo Edefa 2014). Esta aeronave quiere asentarse en un hueco de mercado aún no explorado por el fabricante brasileño. Para el año 2014, el Embraer KC-390 contaba con una petición de 28 aeronaves realizada por la FAB (Grupo Edefa 2014). Esta aeronave podría ser exportada a naciones que busquen sustituir aeronaves que contemplen las mismas características. Así mismo, la Embraer KC-390 participará en el proceso de sustitución de aeronaves estratégicas, un mercado para el cual prevé que sustituirá cerca de 698 aeronaves en la próxima década (Grupo Edefa 2014). Esta aeronave ha sido proyectada para suplir al modelo norteamericano C-130 Hércules en las asignaciones de movilización de personal y recursos, lanzamiento de paracaidistas y combate contra incendios; así mismo, la aeronave está capacitada para movilizarse sobre pistas sin asfalto y en las condiciones climáticas extremas pudiendo alcanzar los 870 km/h sobre los 671 km/h del C-130 Hércules (Ministério da Defesa 2015).



Figura 1.3 Embraer KC-390

Fuente: Roberto Caiafa (2019)

El KC-390 ofrece varias funciones en una sola plataforma configurable: desde el repostaje aire-aire hasta la extinción de incendios desde el aire. Las capacidades de alto rendimiento de la aeronave, como la velocidad y la carga útil, ofrecen una productividad superior. Al volar más rápido y transportar más carga, el KC-390 es una plataforma con el tamaño ideal para los despliegues más complejos.

## **1.2 Definiciones Teóricas**

### **1.2.1 ¿Qué es un Proyecto?**

Se puede definir un proyecto de la siguiente manera: “un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (Project Management Institute 2017: 4). Esta definición indica que un proyecto se desarrolla durante un periodo fijo o definido, sin embargo, esto no quiere decir que se desarrolle durante un periodo corto. Por lo tanto, se puede afirmar que todo proyecto tiene un inicio y un final. Anteriormente, se mencionó que un proyecto crea un resultado único, este puede ser tangible o intangible, cuyos elementos pueden tener entregables repetitivos y que, a pesar de ello, no altera las propiedades que hacen único al proyecto. Un proyecto mueve a una organización, es decir, le permite pasar de un estado actual a otro estado con el fin de lograr un objetivo. Desde la perspectiva de los negocios, los proyectos son importantes para crear valor y beneficio a las empresas, estos beneficios se ven reflejados en los resultados de los proyectos.

### **1.2.2 ¿Qué es la Dirección de Proyectos?**

Se puede definir la dirección de proyectos de la siguiente manera: “la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo” (Project Management Institute 2013: 5). Cuando una dirección de proyectos es eficaz cuando se logra cumplir los objetivos fijados, resolver problemas y situaciones, optimizar el uso de recursos, responder oportunamente a los riesgos, competir de forma eficaz, ligar los resultados a los objetivos de la empresa y responder al efecto de la variabilidad en el entorno de la empresa.

### **1.2.3 Ciclo de Vida del Proyecto**

Se puede definir el ciclo de vida de un proyecto de la siguiente manera: “el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases por la que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su cierre” (Project Management Institute 2013: 38). Además, este nos brinda un marco de referencia básico para dirigir el proyecto. Según la Guía del PMBOK, en el ciclo de vida de un proyecto pueden existir una o más fases vinculadas al progreso del producto, servicio o resultado final, llamadas también ciclo de vida del desarrollo, el cual puede ser predictivo, iterativos, incrementales, adaptativos o un modelo híbrido (2017: 19).

Según la Guía del PMBOK, en un ciclo de vida predictivo o en cascada, el alcance, el tiempo y el costo del proyecto se establecen en el comienzo del ciclo de vida (2017: 19). En un ciclo de vida iterativo, el alcance del proyecto por lo general se establece de manera anticipada en el ciclo de vida del proyecto, pero las valoraciones de tiempo y costo cambian de manera constante en la misma proporción en la que aumenta la comprensión del producto (2017: 19). En un ciclo de vida incremental, el producto se origina

por medio de un conjunto de relaciones que progresivamente agregan utilidad dentro de un periodo de tiempo estimado. El producto solo se considerará completo después de la última relación (2017: 19). Un ciclo de vida adaptativo se caracteriza por ser ágil, iterativo o incremental. Antes del inicio de cada iteración, el alcance debe encontrarse definido y aprobado (2017: 19). Un ciclo de vida híbrido es una mezcla entre el predictivo y el adaptativo. Los componentes del proyecto que son notables o tienen cualidades predeterminadas siguen un ciclo de vida predictivo, mientras que los componentes que todavía están en proceso de transformación siguen un ciclo de vida adaptativo (2017: 19).

Según la Guía del PMBOK, determinar el mejor ciclo de vida para cada proyecto es función del equipo de dirección del proyecto y para lograr esto el ciclo de vida debe ser adaptable. Para alcanzar esto, el equipo de dirección del proyecto debe establecer los procesos que deben realizar en cada fase, deben realizarse los procesos reconocidos y deben ajustar los atributos de una fase. Es importante resaltar que el ciclo de vida del proyecto no depende del ciclo de vida del producto; no obstante, el proyecto debe tener en cuenta la fase actual del ciclo de vida del producto (2017: 19).

Según la Guía del PMBOK, la composición general del ciclo de vida de un proyecto es la combinación del inicio del proyecto, la organización y preparación, la ejecución del trabajo y el cierre del proyecto (2013: 39). Se puede observar esta estructura genérica a lo largo del tiempo en el siguiente gráfico:



Figura 1.4 Costo y Nivel de Dotación de Personal vs. Tiempo  
Fuente: Project Management Institute (2013)

Según la Guía del PMBOK, se puede observar que los niveles de costo y dotación de personal son bajos al comienzo del proyecto, los mismos se incrementan conforme avanza el proyecto y bajan velozmente cuando el proyecto está por acabar. Pese a que el gráfico muestra una curva común de costo y nivel de dotación de personal, no necesariamente se puede aplicar a todos los proyectos, ya que algunos

requerirán costos considerables para garantizar que se tenga la materia prima necesaria al inicio del ciclo de vida, mientras que otros deberán contar con todo su personal disponible desde el inicio en su ciclo de vida (2013: 40).

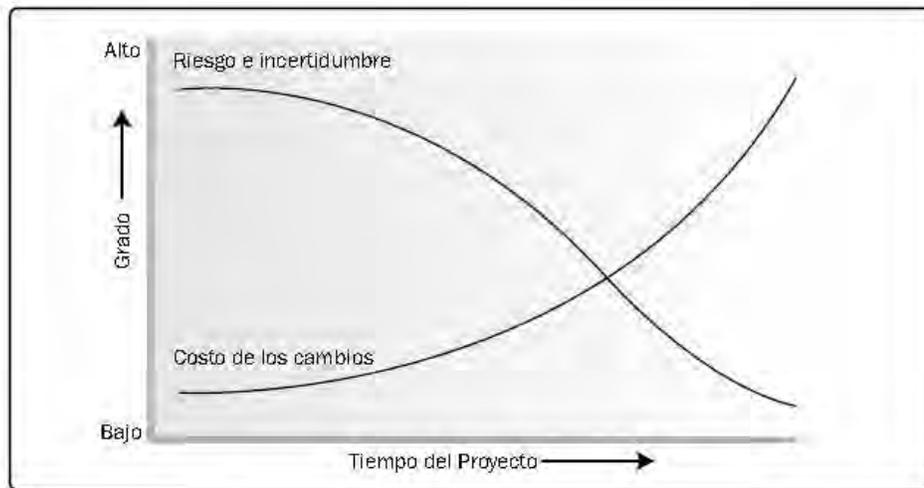


Figura 1.5 Grado de Riesgo y Costo de los Cambios vs. Tiempo del Proyecto  
Fuente: Project Management Institute (2013)

Como se puede observar en la Figura 1.5, los riesgos y la incertidumbre o variabilidad son más grandes al comienzo del proyecto y van disminuyendo acorde avanza el proyecto, conforme se van dictaminando decisiones y aprobando los entregables. Además, la Figura 1.5 muestra de que el costo de efectuar cambios y de corregir errores aumenta mientras más avanzado se encuentre el proyecto, es decir, el efectuar cambios al inicio del proyecto supone costos bajos, mientras que el efectuar cambios casi al final del proyecto supone costos altos.

#### 1.2.4 Fases del Proyecto

Se puede definir una fase del proyecto de la siguiente manera: “una fase del proyecto es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica, que culmina con la finalización de uno o más entregables” (Project Management Institute 2013: 41), cuando el desarrollo de una de las partes del proyecto es único se utilizan las fases del proyecto las cuales se comportan de manera ordenada, pero se superponen en ciertas situaciones. Según la Guía del PMBOK, en una relación secuencial (ordenada), una fase sólo puede comenzar cuando termina la fase anterior, este tipo de relación disminuye la variabilidad; sin embargo, esto puede eliminar alternativas que reduzcan el cronograma. En una relación de superposición, una fase comienza antes de que termine la anterior. Una de las técnicas más conocidas para acortar el cronograma es la ejecución rápida, la cual requiere de materia prima adicional para permitir que las actividades avancen en paralelo; sin embargo, esto puede aumentar el riesgo de

repetición de actividades de un proceso si la fase anterior no envía la información necesaria a la fase siguiente y la misma se realice sin recibir esta información (2013: 42-43).

### 1.2.5 ¿Qué es un Proceso?

Se puede definir un proceso de la siguiente manera: “todo proceso tiene que verse como el conjunto de actividades que toman una entrada (insumos/costos) y la convierten en una salida (producto/beneficio), con el consiguiente valor agregado, que es lo que dará una de las ventajas competitivas más importantes a la organización y la diferenciará de otras empresas que produzcan lo mismo” (D’Alessio 2004: 8). Así mismo, a la relación entre entradas y salidas de un proceso se le conoce como productividad, esta se utiliza para medir el aprovechamiento de las entradas.

Según el libro Administración y dirección de la producción, la diferencia entre un proceso productor de bienes y uno productor de servicio radica en que el proceso productor de bienes utiliza materia prima como entrada, estos se transforman mediante materiales indirectos en el proceso para crear el producto terminado o la salida. Mientras que en el proceso productor de servicio utiliza a la persona o cliente como entrada, el proceso sería el servicio brindado y el producto sería el mismo cliente satisfecho (2004: 9). De acuerdo con el tipo de proceso a realizar, el cual se caracteriza por su tecnología productiva (volumen) y la repetitividad del proceso (frecuencia), se encuentran los siguientes tipos de producción:

Tabla 1.6 Tecnología Productiva vs. Repetitividad del Proceso  
Fuente: Fernando D’Alessio Ipinza (2004)

	REPETITIVIDAD	UNA VEZ	INTERMITENTE	CONTINUO (LINEA)
TECNOLOGÍA				
ARTÍCULO ÚNICO	Proyecto			
LOTE		Lote de trabajo		
SERIE		Serie		
MASIVO		Masivo		
CONTINUO				Continuo

FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN

Según el libro Administración y dirección de la producción, un artículo único consiste en producir un solo producto, es único en su clase, con un alto tiempo de producción. Este producto involucra una alta cantidad de recursos, con un alto costo unitario, por lo general no es estandarizado, con una larga corrida de producción, usa maquinaria y el operario desempeña un rol muy importante en su creación (2004: 25).

Según el libro Administración y dirección de la producción, las tres siguientes formas de producción serían las siguientes: lote, bajo volumen de productos, baja corrida de producción y utiliza operarios altamente especializados; serie, alto volumen de productos, requiere una mayor cantidad de recursos, el tiempo de preparación de la maquinaria es mayor y tiene una alta corrida de producción; masivo, cuando existen líneas de ensamblaje con largas corridas de producción y requieren personal altamente especializado con equipos muy técnicos. La ventaja que caracteriza a las formas expuestas de producción es su flexibilidad, es decir, su rápida adaptación a células productivas y su respuesta a la variabilidad de la demanda (2004: 26-27).

Según el libro Administración y dirección de la producción, una producción continua se encuentra configurada para volúmenes de producción de productos iguales y se caracteriza por su producción constante. La ventaja más destacable son las economías de escala como resultado; sin embargo, su gran desventaja radica en lo rígido de sus procesos para adaptarlo a un producto diferente y al no adaptarse a la variabilidad de la demanda (2004: 27).

### **1.2.6 Procesos de la Dirección de Proyectos**

Se podría definir a la dirección de proyectos de la siguiente manera: “la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos de este. Esta aplicación de conocimientos requiere de la gestión eficaz de los procesos de dirección de proyectos” (Project Management Institute 2013: 47). Según la Guía del PMBOK, un proceso es un grupo de actividades relacionadas unas con otras para generar un resultado esperado. Cada proceso se distingue por sus ingresos, herramientas, métodos y sus resultados. Los activos de los procesos de la organización deben ser considerados por el equipo del proyecto, ya que estos guiarán y brindarán criterios para preparar los procesos para los requerimientos del proyecto. Al integrarse los procesos de la dirección de proyectos forman cinco categorías llamadas Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos (2013: 47-48).

### 1.2.7 Grupo de Procesos de Inicio

Se puede definir el grupo de procesos de inicio de la siguiente manera: “el grupo de procesos de inicio está compuesto por aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente al obtener la autorización para iniciar el proyecto o fase” (Project Management Institute 2013: 54). Según la Guía del PMBOK, dentro de esta definición se determina el alcance inicial, se involucran las inversiones necesarias, se reconocen a los posibles participantes, y finalmente, en caso no hubiera sido nombrado aún, se asigna el director del proyecto. En el acta de constitución del proyecto y en el registro de interesados quedará registrada esta información y cuando se apruebe esta acta, el proyecto se considerará oficialmente autorizado (2013: 54).

Se puede definir el límite de un proyecto de la siguiente manera: “el límite de un proyecto se define como el momento en que se autoriza el inicio o la finalización de una fase de un proyecto” (Project Management Institute 2013: 54). Asimismo, según la Guía del PMBOK, el propósito principal de este grupo de procesos es el de alinear el propósito del proyecto con las expectativas de los interesados, así como darles mayor detalle sobre el alcance y los objetivos, y enseñarles como su colaboración y sus fases vinculadas pueden garantizar el cumplimiento de sus expectativas (2013: 54).

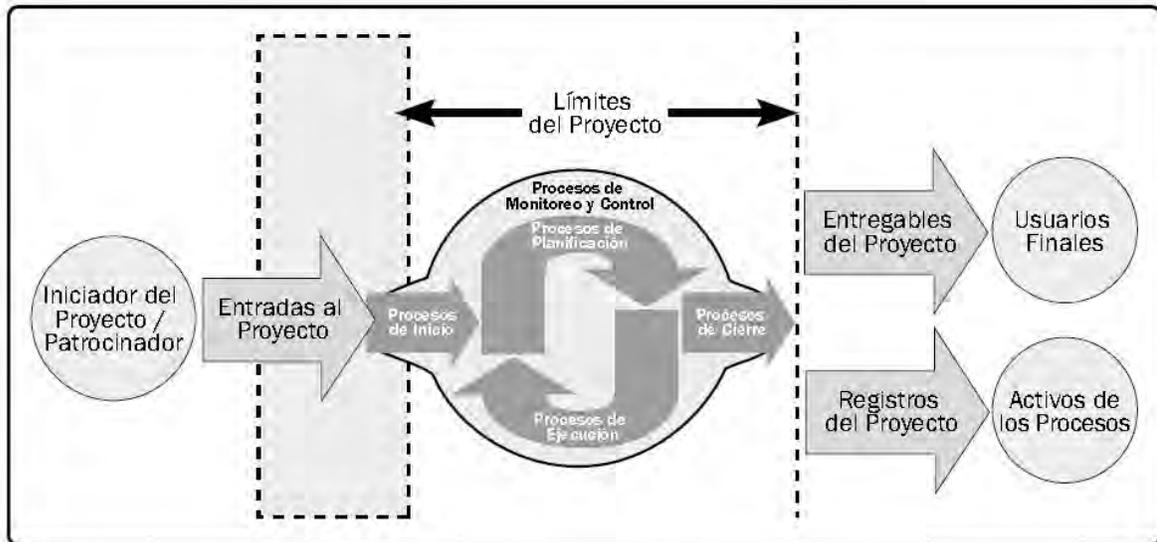


Figura 1.7 Límites del Proyecto  
Fuente: Project Management Institute (2013)

### 1.2.8 Grupo de Procesos de Planificación

Se puede definir el grupo de procesos de planificación de la siguiente manera: “el grupo de procesos de planificación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y desarrollar la línea de acción requerida para alcanzar dichos objetivos” (Project Management Institute 2013: 55). Según la Guía del PMBOK, el grupo de procesos

realiza el plan para la dirección del proyecto y los entregables del proyecto que se emplearán para ejecutarlo. A medida que avanza el proyecto, van ocurriendo cambios importantes los cuales ocasionan el replanteo de más de un proceso de planificación y quizás más de un proceso de inicio. Esta incorporación de procedimientos al plan para la dirección del proyecto es conocida como elaboración progresiva, y sirve para señalar que la planificación y la documentación son tareas repetitivas y persistentes. El beneficio principal es la trazabilidad de la estrategia y las tácticas, así como la ruta para finalizar el proyecto o fase exitosamente. Es por eso que es más fácil conseguir la colaboración de los interesados cuando la planificación es gestionada de manera correcta (2013: 55).

### **1.2.9 Grupo de Procesos de Ejecución**

Se puede definir el grupo de procesos de ejecución de la siguiente manera: “el grupo de procesos de ejecución está compuesto por aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto a fin de cumplir con las especificaciones del mismo. Este grupo de procesos implica coordinar personas y recursos, gestionar las expectativas de los interesados, así como integrar y realizar las actividades del proyecto conforme al plan para la dirección del proyecto” (Project Management Institute 2013: 56). Según la Guía del PMBOK, durante la ejecución del proyecto se puede necesitar un reajuste en la planificación y una verificación de la línea base en función de los resultados alcanzados, lo cual puede involucrar variaciones en el tiempo estimado de las actividades, en las reservas y utilidades de los recursos, así como riesgos no anticipados. Estos cambios pueden alterar al plan para la dirección del proyecto o a los entregables (documentación), y podrían necesitar un estudio profundo y la exposición de respuestas apropiadas para la dirección de proyectos. Los resultados de este estudio podrían permitir el desarrollo de requerimientos de modificación que podrían alterar el plan para la dirección del proyecto o a los entregables (documentación) de ser aceptados (2013: 56).

### **1.2.10 Grupo de Procesos de Monitoreo y Control**

Se puede definir el grupo de procesos de monitoreo y control de la siguiente manera: “el grupo de procesos de monitoreo y control está compuesto por aquellos procesos requeridos para rastrear, analizar y dirigir el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes” (Project Management Institute 2013: 57). Según la Guía del PMBOK, el beneficio más importante de este grupo de procesos es que el rendimiento del proyecto se evalúa con una frecuencia constante a partir de situaciones particulares con la finalidad de encontrar posibles modificaciones en el plan para la dirección del proyecto (2013: 57).

Según la Guía del PMBOK, en el grupo de procesos de monitoreo y control también se realiza la comparación del plan para la dirección del proyecto y la línea base con las actividades del proyecto para la medir el desempeño del proyecto, así como monitorear las modificaciones, sugerir medidas que

corrijan o prevean situaciones problemáticas y monitorear los elementos que podrían evitar la gestión y el control de los cambios (2013: 57).

### 1.2.11 Grupo de Procesos de Cierre

Se puede definir el grupo de procesos de cierre de la siguiente manera: “el grupo de procesos de cierre está compuesto por aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades a través de todos los grupos de procesos de la dirección de proyectos, a fin de completar formalmente el proyecto, una fase del mismo u otras obligaciones contractuales” (Project Management Institute 2013: 57). Según la Guía del PMBOK, una vez finalizado, este grupo de procesos corrobora que los procesos establecidos han sido concluidos dentro de sus respectivos grupos de procesos con el objetivo de dar fin al proyecto y determina de manera formal que el proyecto ha concluido (2013: 57).

### 1.2.12 Diagrama de Flujo

Según el libro administración y dirección de la producción, un diagrama de flujo es una representación gráfica que describe el orden de las actividades de un proceso, el mismo utiliza una simbología estandarizada la cual hace más comprensible el proceso. Se recomienda que para describir un diagrama de flujo deben realizarlo personas que conocen el proceso (2004: 520).

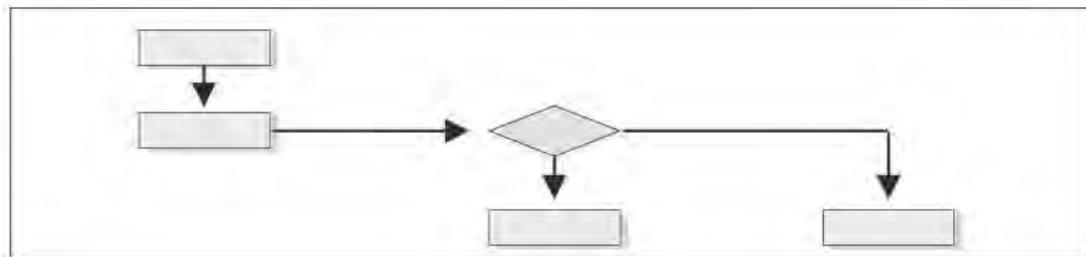


Figura 1.8 Diagrama de Flujo  
Fuente: Fernando D’Alessio Ipinza (2004)

### 1.2.13 Diagrama de Redes

Según el libro Administración de operaciones: Procesos y cadenas de suministro, la diagramación de redes es un método de planeación de redes el cual está hecho para tratar a un proyecto como un conjunto de actividades interrelacionadas. Visualmente, se compone de nodos (los cuales describen una actividad) y arcos (los cuales describen la relación entre dos actividades). Diagramar la red de un proyecto implica establecer relaciones de precedencia entre las actividades, esto especificará que una actividad no puede empezar hasta que la actividad precedente haya culminado. Así mismo, también implica la estimación de tiempos en las actividades y el uso del enfoque de actividades en los nodos. Esta tesis se enfocará en 2 métodos de planeación: la técnica de revisión y evaluación de proyectos (PERT), y el método de la ruta crítica (CPM); sin embargo, a lo largo de los años las características que

los diferenciaban fueron disminuyendo, de manera que, para fines de este estudio, se referirá a ellos como PERT/CPM (2013: 54). Para realizar la metodología PERT/CPM se debe determinar cada actividad de proyecto y estimar el tiempo de ejecución de cada una, definir el orden de actividades y armar una red que indique las relaciones de precedencia, determinar la ruta crítica y definir las fechas de inicio y terminación tempranas y tardías.

### 1.2.14 Diagrama de GANTT

Según el libro Administración y dirección de la producción, el diagrama de Gantt se originó debido a la necesidad de dirigir proyectos, por lo que, probablemente, sea la primera técnica de monitoreo y planificación. Este diagrama muestra, de manera anticipada, las fechas en la que culminan las actividades del proyecto, la duración de estas se encuentra graficada en forma de barras a lo largo del tiempo. Además, el diagrama Gantt puede establecer el orden de las actividades de las máquinas, las actividades de reparación y mantenimiento. El diagrama Gantt exige al administrador del proyecto a preparar un plan con anticipación y brinda un panorama general del avance del proyecto (2004: 287).

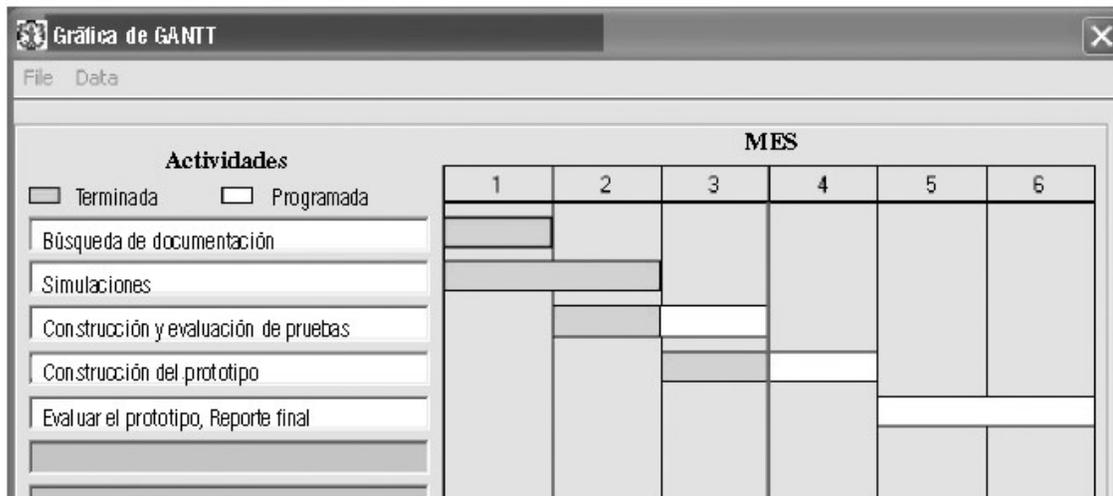


Figura 1.9 Diagrama de GANTT  
Fuente: Fernando D'Alessio Ipinza (2004)

### 1.2.15 Distribución Beta

Según el libro Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, la distribución beta es un derivado de la distribución uniforme. Definimos a esta como función beta:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1} dx = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)}, \text{ para } \alpha, \beta > 0$$

, donde  $\Gamma(\alpha)$  es la función gamma

La distribución uniforme en (0, 1) es una distribución beta con los parámetros  $\alpha=1$  y  $\beta=1$ . La variable aleatoria continua  $X$  tiene una distribución beta con los parámetros  $\alpha>0$  y  $\beta>0$ , si su función de densidad es dada por (2008: 201):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, & 0 < x < 1, \\ 0, & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

La distribución beta se utiliza, la mayoría de las veces, para formar la incertidumbre en la proporción o porcentaje de una cantidad que se presenta en distintas muestras. El uso de los parámetros alfa y beta determina la curvatura de la función de densidad como se puede observar en la siguiente gráfica:

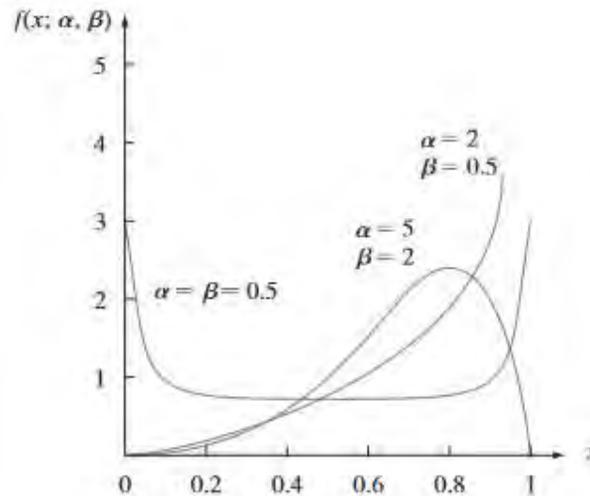


Figura 1.10 Curva de función de densidad beta  
Fuente: Devore J. (2008)

### 1.2.16 Criterios de Evaluación de Proyectos

Según el libro Preparación y evaluación de proyectos, el valor actual neto (VAN) se denota como la diferencia entre los ingresos y egresos denotados en moneda vigente, en caso este criterio sea mayor o igual a cero, se sugiere que el proyecto debe aprobarse. Asimismo, lo que busca este criterio es establecer cuánto valor o desvalor produciría un proyecto para una empresa o inversionista en caso se apruebe. Como fórmula, el VAN puede ser representado de la siguiente forma (2021: 252-253):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

La variable  $Y_t$  simboliza el flujo de ingresos del proyecto,  $E_t$  sus egresos,  $I_0$  la inversión inicial en el momento inicial del proyecto y la variable  $i$  simboliza la tasa de descuento.

Según el libro Preparación y evaluación de proyectos, la tasa interna de retorno (TIR) valora el proyecto a partir de una única tasa de rendimiento por periodo, este criterio estipula que los beneficios totales son iguales a la inversión inicial expresada en moneda actual. Esta tasa es comparable con el costo de capital utilizado por la empresa para el descuento de los flujos proyectados. Cuando la TIR es mayor o

igual que el costo del capital utilizado, el proyecto deberá aprobarse; en caso sea menor, deberá rechazarse. Como fórmula, la TIR puede ser expresada de la siguiente manera (2021: 253):

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1 + r)^t} - I_0 = 0$$

La variable  $Y_t$  simboliza el flujo de ingresos del proyecto,  $E_t$  sus egresos y  $r$  es la tasa interna de retorno.

Según el libro Preparación y evaluación de proyectos, la razón beneficio-costos (RBC) es otro criterio aplicado en la evaluación de proyectos, el mismo se utiliza considerando los flujos no descontados de caja, los cuales implican problemas con respecto al valor tiempo del dinero. Debido a esto, se ha inducido a utilizar factores descontados. Como fórmula, la RBC puede ser expresada de la siguiente forma (2021: 262):

$$RBC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1 + i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1 + i)^t}}$$

La variable  $Y_t$  simboliza el flujo de ingresos del proyecto y  $E_t$  sus egresos (incluida la inversión  $I_0$ ).

### 1.2.17 La Aeronave y sus Principales Componentes

Según el libro Aeronaves y Motores Generalidades (2013), una aeronave es una nave que obtiene su fuerza de sustentación por medio del flujo de aire que pase por formas aerodinámicas fijas y que es producido por la tracción de una planta moto propulsora. El avión o aeronave se puede dividir en grupos para su estudio, en el cual se encuentran los siguientes componentes:

- 1.- Grupo Sustentador / Alas
- 2.- Empenaje
- 3.- Fuselaje
- 4.- Tren de Aterrizaje
- 5.- Motor propulsor

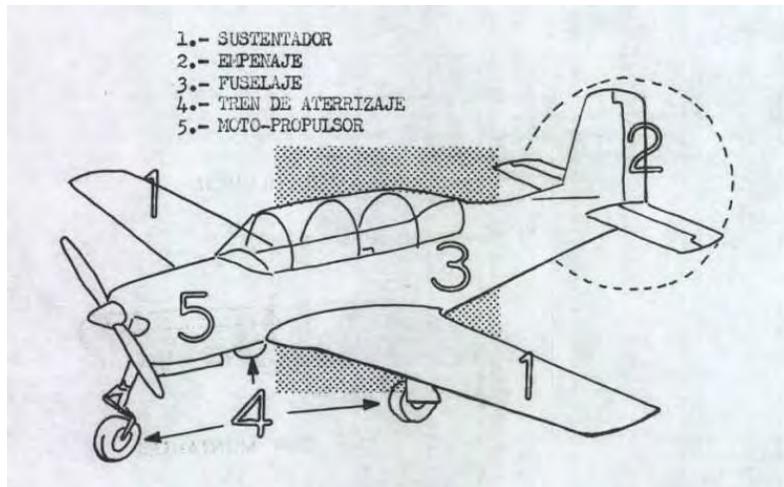


Figura 1.11 Partes de una Aeronave  
Fuente: Direccion General de Aeronautica Civil (2013)

De las alas, o grupo sustentador, se obtiene el 80% de la sustentación aproximadamente. Se produce esta sustentación debido al efecto del paso del aire a través de su forma aerodinámica, conocido como perfil. En el extremo posterior del fuselaje se ubica el empenaje, el cual se encuentra conformado por dos planos uno vertical y otro horizontal. El estabilizador vertical, realiza soporte a los movimientos del timón en el plano horizontal mientras que el estabilizador horizontal, realiza soporte a los movimientos del timón relacionados a la profundidad o elevación que se ejecutan en el plano transversal o vertical. El fuselaje es la principal unidad estructural de una aeronave, debido a que las demás unidades se integran o unen mediante el mismo. El tren de aterrizaje es la parte del avión sobre la que descansa cuando se encuentra en tierra, este componente se puede dividir en dos subgrupos, el tren de nariz, el cual se ubica en la parte delantera inferior, y los trenes principales, los cuales se ubican en la zona inferior del fuselaje. Finalmente, el grupo de motores, al cual se le denomina a toda máquina con la capacidad de transformar energía (química, neumática, hidráulica, eléctrica o térmica). Este grupo es el que permite el desplazamiento de la aeronave y su aceleración.

## **2 LA EMPRESA Y EL PROYECTO**

### **2.1 La Empresa**

#### **2.1.1 Descripción**

La empresa se dedica, principalmente, a la formación de pilotos, brinda servicios de mantenimiento de aeronaves comerciales y militares, fabrica aeronaves y componentes, y realiza el mantenimiento y reparación de componentes. De lo anterior, se puede decir que la empresa se dedica tanto a ofrecer tanto bienes como servicios para sus clientes, los cuales son, principalmente, las aerolíneas y las fuerzas armadas. Esta empresa cuenta con líneas de carrera en pilotaje, defensa área, operador de comunicaciones, mantenimiento de aeronaves y meteorología. El estudio se centrará en el ensamble de una aeronave, es decir, el tipo de producción que se va a realizar es el de artículo único, ya que una aeronave es un producto muy particular, que demanda una gran cantidad de recursos y mano de obra especializada. La empresa le da el enfoque de proyecto al ensamble de un avión, y es el mismo enfoque el que se realizará en este estudio.

#### **2.1.2 Misión**

La misión de la empresa es emplear el poder aeroespacial en la protección de sus intereses, en el control del orden interno, en el desarrollo económico y social del país, y en el apoyo a la política exterior; a fin de contribuir a garantizar el bienestar social.

#### **2.1.3 Visión**

La visión de la empresa es ser moderna, líder en el ámbito aeroespacial nacional y regional, con presencia internacional, disuasiva en la paz y decisiva en la guerra.

#### **2.1.4 Organigrama del Área de Ensamblaje**

El área de ensamblaje cuenta con distintos departamentos o subáreas dentro de esta. El área de ensamblaje de esta empresa se enfoca, principalmente, en el mantenimiento de aeronaves, también ofrece servicios especializados en pruebas no destructivas, fabricación de componentes estructurales, reparaciones, alteraciones, pintados y reparaciones de materiales compuestos avanzados; por lo que, el estudio se centrará en el departamento de aeronaves, el cual contiene los procesos clave de esta área. El área de ensamblaje cuenta con el organigrama que se muestran en la Figura 2.1.

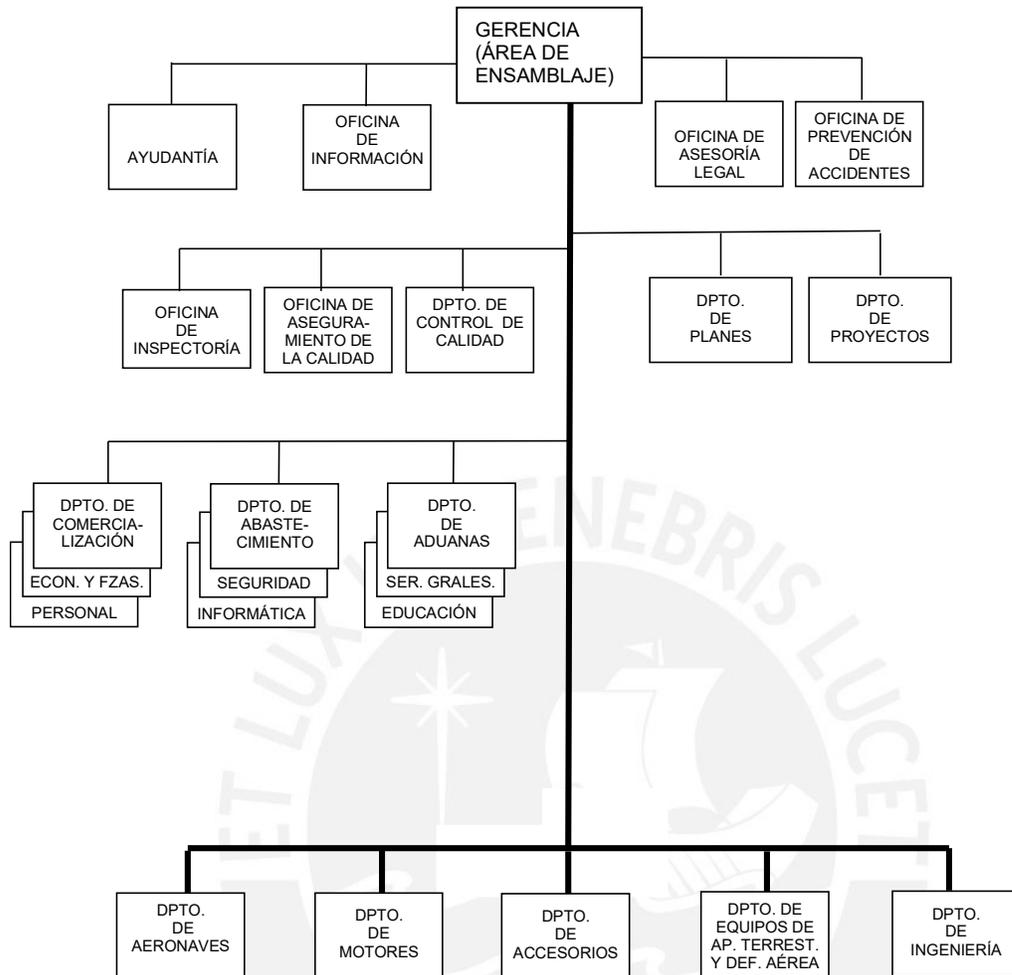


Figura 2.1 Organización del Área de Ensamblaje  
Fuente: La Empresa (2021)

### 2.1.5 Mapa de Procesos

Como se puede observar en el mapa de procesos (Figura 2.2) se pueden agrupar los procesos claves en tres, uno de los procesos está relacionado al mantenimiento de aeronaves comerciales y militares donde se realiza la reparación a nivel arsenal de los aviones de matrícula extranjera con certificaciones de Estados Unidos. El otro proceso está relacionado a la fabricación de aeronaves y componentes en donde se realiza el proceso de ensamblaje de algunos aviones y, en principio, se fabrican algunas partes tomando en cuenta su origen y en base a ordenes técnicas después de un estudio de análisis de cada componente utilizando el método de ingeniería en reversa. Otro proceso importante es el mantenimiento y reparación de componentes el cual revisa la parte estructural de los componentes, de los cuales se realizan procedimientos para la recuperación de partes, reparaciones estructurales mínimas y tratamiento de materiales compuestos. En el mapa de procesos, que muestra en la Figura 2.2, se pueden observar los procesos claves, los procesos estratégicos y los de soporte de la empresa en los que los clientes son las aerolíneas y fuerzas armadas.



Figura 2.2 Mapa de Procesos del Área de Ensamblaje

Fuente: La Empresa (2021)

Todos estos procesos de mantenimiento son gestionados y apoyados por otros procesos llamados estratégicos y de soporte. Dentro de los procesos estratégicos se encuentran la gestión de la calidad, de proyectos y comercial, y la planificación estratégica. Dentro de los procesos de soporte los cuales son manejados por el área administrativa, seguridad operacional, recursos humanos, ingeniería, análisis de laboratorio, financiero, legal y aduanera. Las actividades de los procesos de soporte se muestran en la Tabla 2.3, las actividades de los procesos estratégicos se muestran en la Tabla 2.4 y las actividades de los procesos operativos se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.3 Actividades de los Procesos de Soporte  
Fuente: La Empresa (2021)

<b>PROCESOS DE SOPORTE</b>	1	Mantenimiento de vehículos
	2	Mantenimiento de extintores
	3	Mantenimiento de barreras de contención
	4	Mantenimiento de plantas de poder eléctrica
	5	Mantenimiento de instalaciones
	6	Mantenimiento de material clase V
	7	Soporte de equipos informáticos
	8	Soporte de sistemas informáticos
	9	Soporte de línea de vuelo
	10	Administración de bienes muebles e inmuebles
	11	Adquisición de bienes y servicios
	12	Almacenamiento de materiales diversos
	13	Control de inventarios
	14	Procesos de aduanas
	15	Almacenamiento temporal de material (DMA)
	16	Ceremonial y protocolo
	17	Imagen institucional
	18	Mercadeo de oferta de servicios
	19	Administración de RRHH
	20	Gestión financiera y contable gubernamental
	21	Auditorías de control interno
	22	Asesoría legal
	23	Seguridad de instalaciones
	24	Trámite documentario

Tabla 2.4 Actividades de los Procesos Estratégicos  
Fuente: La Empresa (2021)

<b>PROCESOS ESTRATÉGICOS</b>	1	Auditorías Internas de Aseguramiento de la Calidad
	2	Desarrollo de manuales de gestión de la calidad
	3	Instrucción técnica
	4	Auditorías Externas de Aseguramiento de la Calidad
	5	Revisión de órdenes técnicas
	6	Planificación presupuestal
	7	Evaluación presupuestal
	8	Desarrollo de proyectos
	9	Racionalización administrativa

Tabla 2.5 Actividades de los Procesos Operativos (Claves)  
Fuente: La Empresa (2021)

<b>PROCESOS OPERATIVOS</b>	1	Mantenimiento Mayor Aeronaves Comerciales
	2	Mantenimiento Mayor Aeronaves Militares
	3	Reparación con material compuestos
	4	Pintado de aeronaves
	5	Modificación de aeronaves
	6	Reparaciones estructurales
	8	Pruebas no destructivas
	9	Peso y balance
	10	Simetría
	11	Inspección de baterías
	12	Análisis metalográfico
	13	Análisis de fluidos
	14	Fabricación de tuberías y mangueras
	15	Fabricación de partes
	16	Fabricación y mantenimiento de bancos y escaleras
	17	Diseño de estructuras
	18	Mantenimiento de motores
	19	Overhaul de motores
	20	Overhaul de hélices
	21	Overhaul de trenes
	22	Inspección y prueba de ATC Transponder
	23	Inspección de instrumentos anemométricos
	24	Inspección y prueba de Compás Magnético
	25	Inspección y prueba de accesorios electromecánicos
	26	Inspección y prueba de accesorios hidráulicos
	27	Inspección y prueba de accesorios de combustible
	28	Ensamblaje de aeronaves
	29	Ensamblaje de subconjuntos
	30	Procesos especiales (galvanoplastia)
	31	Soldadura
	32	Arenado
	33	Shot peening
	34	Tratamiento térmico
	35	Rectificado
	36	Pruebas funcionales de motor
	37	Metal mecánica

## 2.1.6 Organigrama del Departamento de Aeronaves

Este estudio se enfocará en el departamento de aeronaves el cual cuenta con un taller de ensamblaje de estructuras. En este taller se realizan las actividades de colocación de varillas, armado de cola, colocación de soporte de deriva, colocación de soporte de estabilizador horizontal, colocación de aletas, inferiores, colocación de trenes, colocación de compuertas de acceso, colocación de tomas de aire, instalación de motor, armado de cabina, cambio de detonante de cúpula, colocación de cúpula, cambio de válvula en el ala, cambio de válvula del fuselaje superior, instalación de flaps , instalación de alerones, instalación de deriva, instalación de estabilizador horizontal, instalación de elevadores, instalación de timón de dirección, colocación de tip tanks y control de calidad. Los procesos que se analizarán se ubican en el Hangar 1001 y en Talleres Especializados tal y como se muestra en la Figura 2.6.

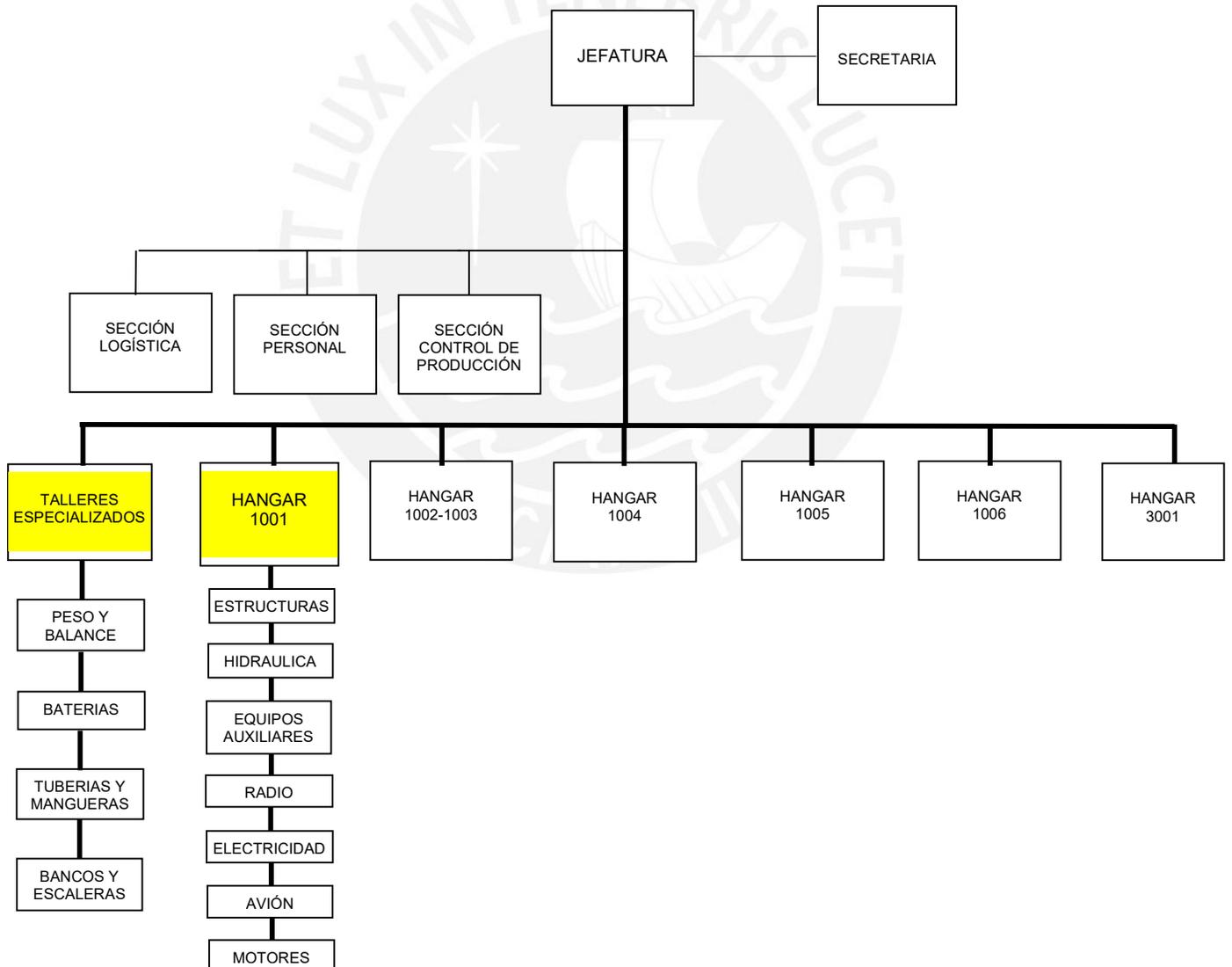


Figura 2.6 Organigrama del Departamento de Aeronaves  
Fuente: La Empresa (2021)

### 2.1.7 Fases del Proyecto de Reparación Mayor de Aeronaves

El departamento de aeronaves trabaja en conjunto con el departamento de proyectos para planificar la reparación o mantenimiento conjunto de un grupo específico de aviones, el cual es considerado como un proyecto. Este estudio se centrará en los proyectos de reparación mayor de aeronaves. La fase en la que se va a enfocar el estudio será en la fase de instalación y armado. Estos proyectos por lo general siguen la misma secuencia de fases las cuales se muestran en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Fases del Proyecto

Fuente: La Empresa (2021)

#### Fase 1: Desmontaje Total de Partes del Avión

En esta fase se realiza el desmontaje de las alas, de la cúpula, de la cola, del motor, de la deriva, del estabilizador horizontal, de las superficies móviles, de los trenes, de la cabina, del sistema de aire acondicionado, de las varillas, de los equipos eléctricos, de las tomas de aire, de los accesorios hidráulicos, de las compuertas de acceso y de los tips. Esta fase se realiza en el taller de estructuras.

#### Fase 2: Tratamiento Anticorrosivo

En esta fase se realiza el respectivo tratamiento anticorrosivo a las alas, a la cola, a la deriva (cambio de fittings), al estabilizador horizontal (cambio de fittings), a los tip tanks, al fuselaje delantero, al fuselaje delantero superior, a los pozos de tren, a los flaps, a los alerones, al speed brake, a los elevadores, al timo de dirección, a las cabinas, a las tomas de aire, a las compuertas de acceso, a los registros, carenados y varillas. Esta fase se realiza en el área de control de calidad.

#### Fase 3: Pruebas No Destructivas

En esta fase se realizaron las pruebas no destructivas de líquidos penetrantes, rayos X, partículas magnéticas, método luminiscente y corrientes parásitas a los soportes de deriva, soportes de estabilizador horizontal, pernos de ala, pernos de deriva, pernos de estabilizador horizontal, tubos de escape, abrazadera de tubos de escape, montante ala fuselaje, pernos cola fuselaje, empotramiento de tren principal, empotramiento tip-ala y componentes de trenes. Esta fase se realiza en el área de control de calidad.

#### Fase 4: Instalación y Armado

En esta fase se realiza la colocación de varillas, el armado de cola, la colocación de soporte de deriva, la colocación de soporte de estabilizador horizontal, la colocación de aletas, la inferiores, la colocación

de trenes, la colocación de compuertas de acceso, la colocación de tomas de aire , la instalación de motor, el armado de cabina, el cambio de detonante de cúpula, la colocación de cúpula, el cambio de válvula en el ala, el cambio de válvula fuselaje superior, la instalación de flaps, la instalación de alerones, la instalación de deriva, la instalación de estabilizador horizontal, la instalación de elevadores, la instalación de timón de dirección, la colocación de tip tanks y el control de calidad. Esta fase se realiza en el taller de ensamblaje de estructuras.

#### **Fase 5: Pruebas Funcionales Puestas a Punto**

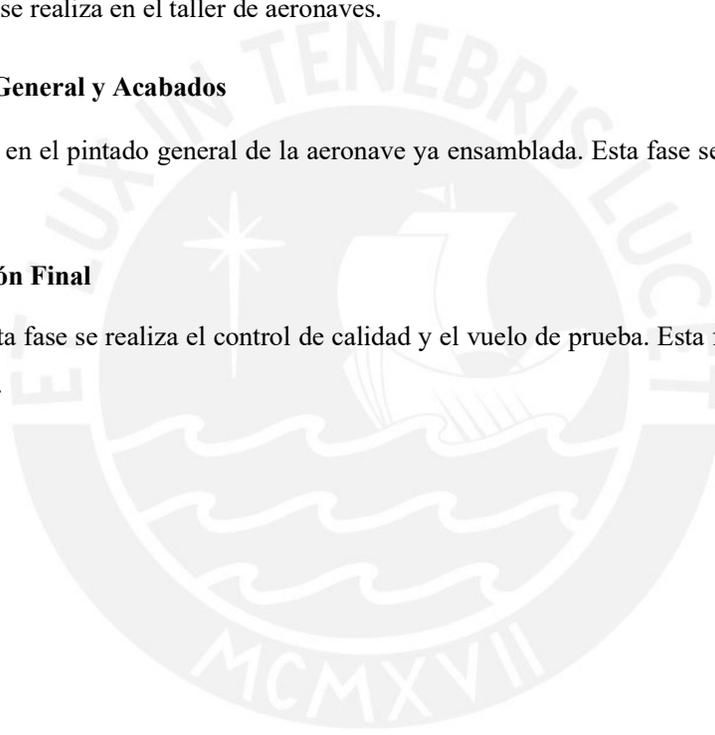
En esta fase se realizan las pruebas de trenes, la prueba de presurización, la prueba de deflexión de superficies móviles, las pruebas hidráulicas, la prueba de simetría, la prueba de motor y el control de calidad. Esta fase se realiza en el taller de aeronaves.

#### **Fase 6: Pintado General y Acabados**

Esta fase consiste en el pintado general de la aeronave ya ensamblada. Esta fase se realiza en el taller de pintado.

#### **Fase 7: Evaluación Final**

Finalmente, en esta fase se realiza el control de calidad y el vuelo de prueba. Esta fase se realiza en la pista de aterrizaje.

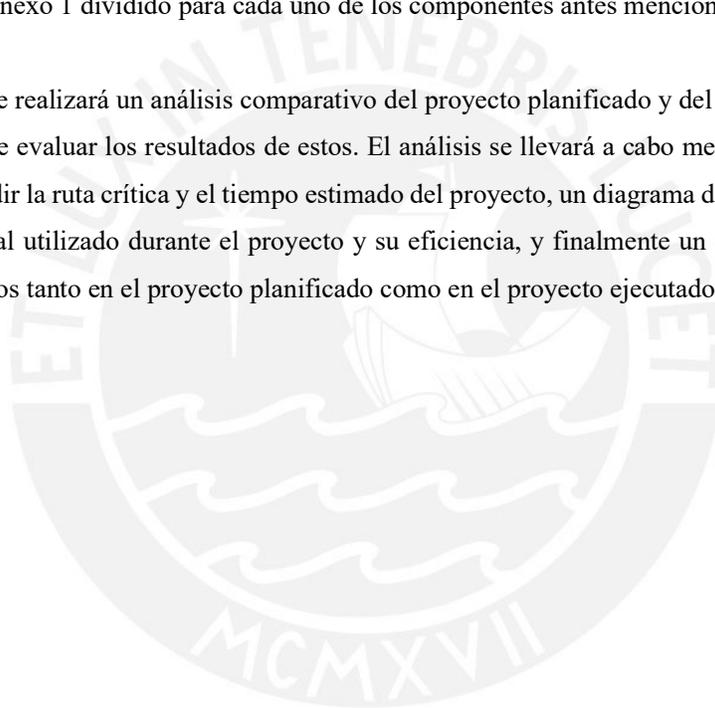


## **3 EVALUACIÓN DEL PROYECTO Y DIAGNÓSTICO**

### **3.1 Introducción**

En el capítulo anterior se pudo conocer a la empresa, su organigrama y sus principales procesos. En este capítulo se abarcará a mayor detalle el proyecto de reparación mayor de aeronaves, en el cual se enfocará en el armado e instalación de la aeronave (fase 4 del proyecto). Es importante señalar que una aeronave se subdivide en 5 principales componentes: las alas, el empenaje, el fuselaje, el tren de aterrizaje y el motor. Cada uno de estos componentes atraviesa diferentes procesos, algunos en paralelo, los cuales se unen y dan como resultado una aeronave, el diagrama de estos procesos se encuentran detallados en el Anexo 1 dividido para cada uno de los componentes antes mencionados.

En este capítulo se realizará un análisis comparativo del proyecto planificado y del proyecto ejecutado con la finalidad de evaluar los resultados de estos. El análisis se llevará a cabo mediante un diagrama de Gantt para medir la ruta crítica y el tiempo estimado del proyecto, un diagrama de cargas para medir el pico de personal utilizado durante el proyecto y su eficiencia, y finalmente un comparativo de los costos involucrados tanto en el proyecto planificado como en el proyecto ejecutado.



### 3.2 Diagrama de Flujo del Proyecto

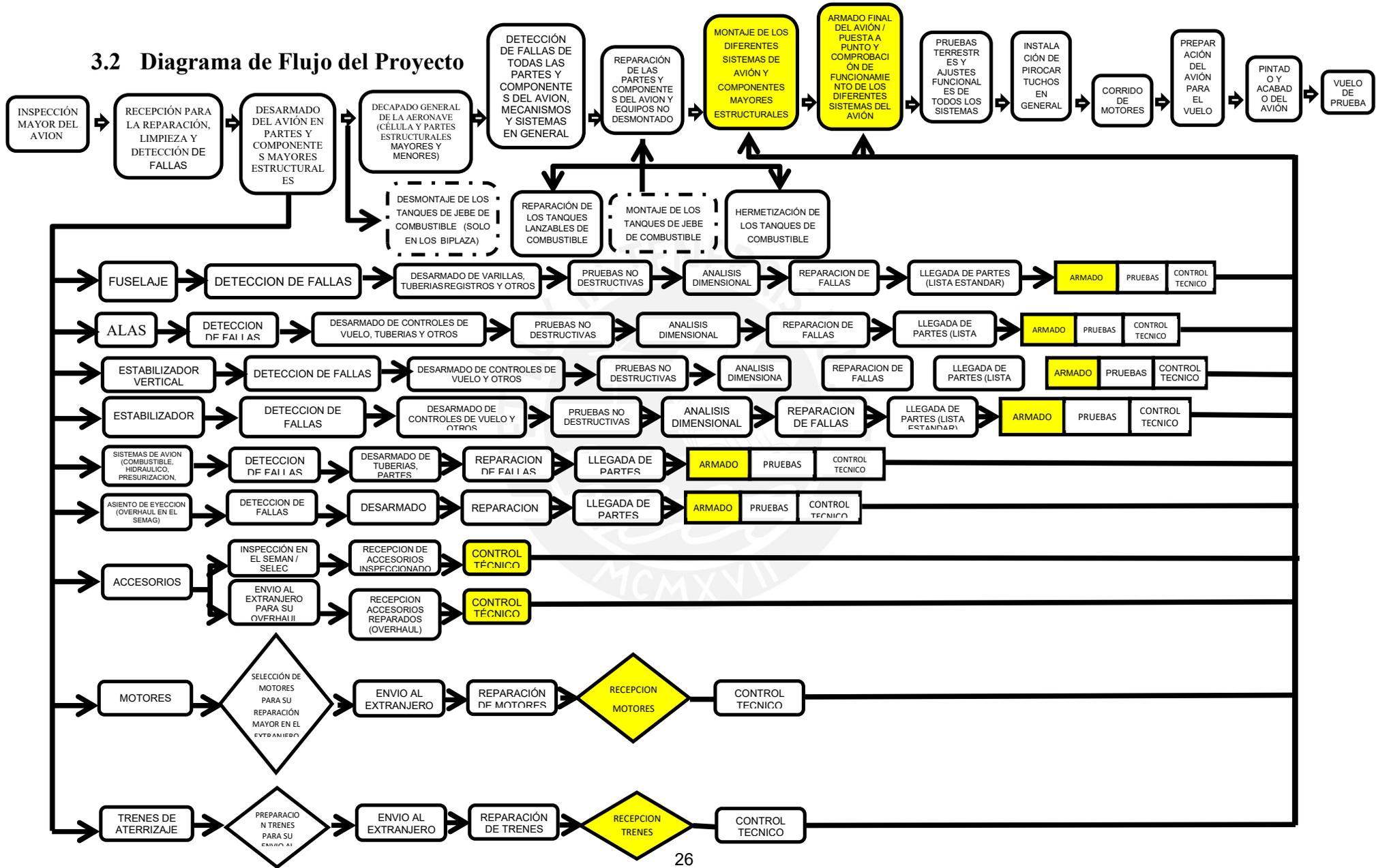


Figura 3.1 Diagrama de procesos del Proyecto

Fuente: Elaboración Propia (2021)

En el diagrama de flujo mostrado en la Figura 3.1 se observa el detalle de los diferentes procesos por los que a traviesa una aeronave, uno de estos procesos es el armado de la aeronave, el cual se encuentra estrechamente relacionado con el montaje. Se resaltaron el proceso y las actividades en las que se enfocará la tesis. El montaje consiste en la adición de los diferentes sistemas de la aeronave, así como sus componentes mayores estructurales.

### 3.3 Disponibilidad de personal

Tabla 3.2 Disponibilidad de Actividades

Fuente: La Empresa (2021)

N°	DEPENDENCIA	EFECTIVO		DESCUENTO		DISPONIBLE		SITUACIÓN															
		M	C	M	C	M	C	SERV	ATFA	E. FIS.	COMISIÓN		DESC. MED.		PERMISO		VACACIONES		WEEK END		FALTO		
											M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	M	C	
5	TALLER AERONAVES	15	1	9	0	6	1	2								1		6					
6	TALLER ARMAM/ EQ. AUXIL.	9	0	2	0	7	0	2															
7	TALLER DE AVIÓNICA	9	4	3	0	6	4	1	1									1					
11	TALLER ESTRUCTURAS	4	16	1	3	3	13		1			1				1		1					
14	TALLER DE TAC	1	9	0	2	1	7											2					
15	TALLER TUB. Y MANGUERAS	1	0	1	0	0	0											1					
16	PAÑOL DE HERRAMIENTAS	0	1	0	0	0	1																
17	TALLER DE MOTORES	7	0	5	0	2	0		3									2					
<b>SUB-TOTAL</b>		46	31	21	5	25	26	5	5	0	0	1	0	0	1	1	10	3	0	0	0	0	0
<b>TOTALES</b>		<b>77</b>		<b>26</b>		<b>51</b>		<b>26</b>															

En el cuadro mostrado en la Tabla 3.2 se puede observar el personal efectivo, los descuentos (los cuales están resumidos en el extremo derecho) y el personal disponible. Este personal se encuentra dividido por talleres. En total hay 77 trabajadores de los cuales solo se tienen disponibles 51 trabajadores.

### **3.4 Fase de Armado del Proyecto Planificado**

Se llama proyecto planificado al conjunto de actividades organizadas que representa la proyección o estimación de la mano de obra a utilizar, la cantidad de días que tomaría cada actividad y finalmente la durabilidad del proyecto y como este se desarrollaría a lo largo de toda su trayectoria.

Para realiza un analisis más profundo, se realizará un Diagrama de Gantt de la fase de armado del proyecto planificado, para esto se usará información proporcionada por la empresa respecto a las actividades a realizar, la cantidad de días que toma realizar cada actividad, la cantidad de personal que se requiere para efectuar dicha actividad y el orden en el que realiza cada actividad, esta información se puede apreciar de manera más detallada en la Tabla 3.3.



Tabla 3.3 Descripción de Actividades – Fase Planificada  
Fuente: La Empresa (2021)

Tarea	Nombre de tarea	Días	Mano de Obra	Predecesoras
A	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE LH	6	1	AG
B	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE RH	1	1	A
C	INST. DE SENSORES SIST. TESTER LH	1	2	A
D	INST. DE SENSORES SIST. TESTER RH	4	2	A
E	INST. DE SEMIALA LH	3	5	D+5 días
F	ACOND. SLATS LH / RH	2	5	D+5 días
G	INST. DE SEMIALA RH	5	5	E
H	INST. DE LOS SLAT LH	6	6	E
I	INST. PLUG DE EMPOTRAMIENTO ALA RH	5	1	E
J	INST. DE LOS SLAT RH	3	6	H;I
K	ACOND. ALERON LH / RH	4	2	J
L	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) LH Y MEC. DE RETORNO	5	2	J
M	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) RH Y MEC. DE RETORNO	2	2	J+1 día
N	INST. DE ALERON LR/RH	6	2	K;L
O	INST. DE SUPERFICIE FLAPS LH/RH	3	3	M
P	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK LH	6	1	O+1 día
Q	INST. DE LUCES DE NAVEGACION LH	2	1	O+1 día
R	INST. MICRO DE SLATS LH	1	1	P;BR;BS;BT
S	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK RH	3	1	R
T	INST. MICRO DE SLATS RH	2	1	R
U	INST. DE LUCES DE NAVEGACION RH	1	1	T
V	INST. ARTICULOS INSP. EN SEMAN	4	1	U+1 día
W	INSTALACION DE MANGUERAS Y ACTUADOR DE SLAT LH	6	1	U+1 día
X	INSTALACION DE MANGUERAS ACTUADOR DE SLAT RH	5	1	W
Y	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK LH Y TUBERIAS	2	2	X
Z	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK RH Y TUBERIAS	2	2	X+1 día
AA	INST. DE BU-45 (ALERONES) LH	5	2	X+1 día
AB	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP LH (02EA)	6	2	Y
AC	INST. DE BU-45 (ALERONES) RH	8	2	Z+1 día
AD	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP RH (02 EA)	9	2	Z+1 día
AE	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO LH	2	2	AA+1 día;AB+1 día
AF	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO RH	6	2	AD;AE

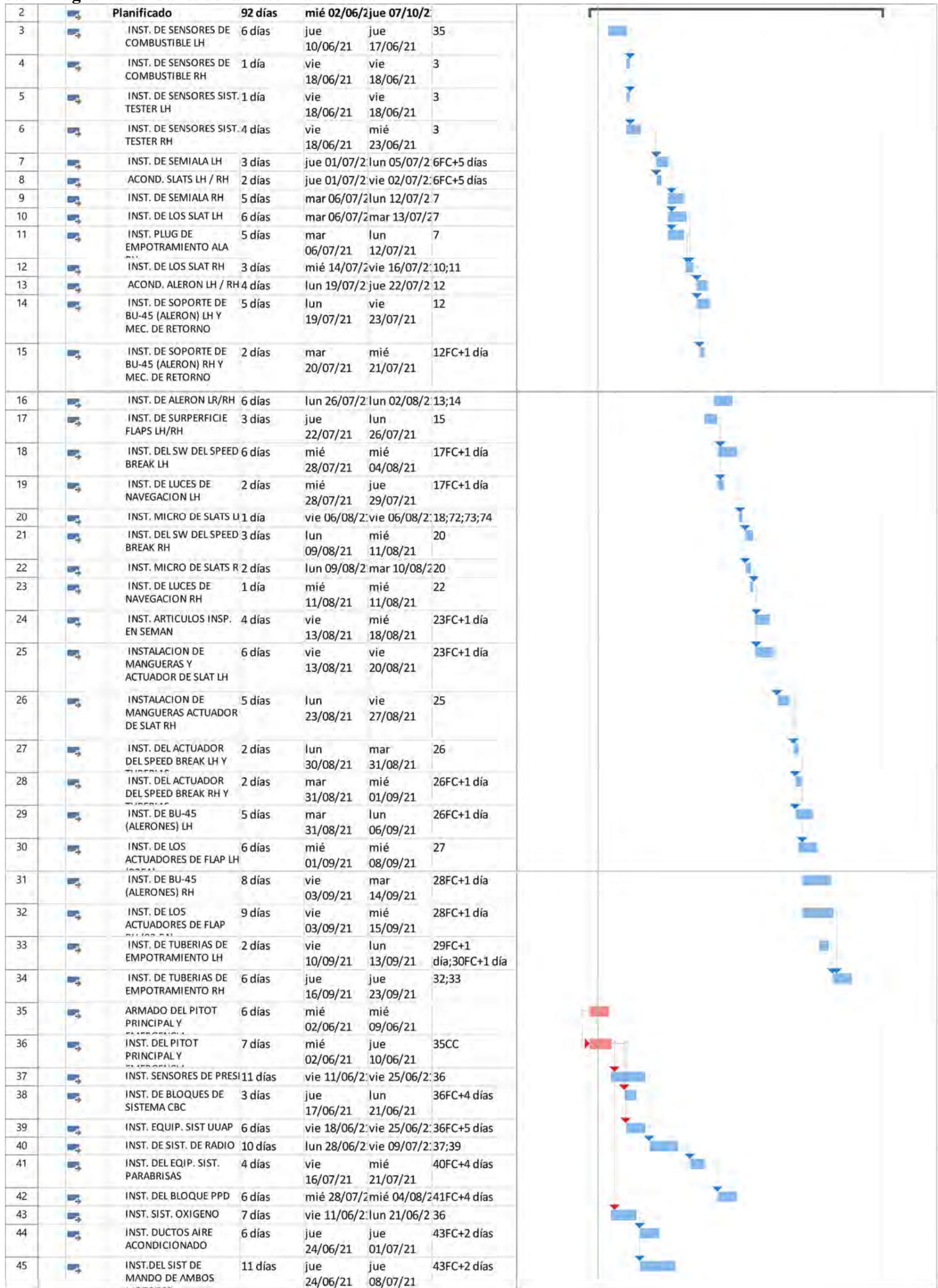
AG	ARMADO DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA	6	1	
AH	INST. DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA	7	1	AG CC
AI	INST. SENSORES DE PRESION	11	2	AH
AJ	INST. DE BLOQUES DE SISTEMA CBC	3	2	AH+4 días
AK	INST. EQUIP. SIST UUAP	6	1	AH+5 días
AL	INST. DE SIST. DE RADIO	10	2	AI;AK
AM	INST. DEL EQUIP. SIST. PARABRISAS	4	1	AL+4 días
AN	INST. DEL BLOQUE PPD	6	1	AM+4 días
AO	INST. SIST. OXIGENO	7	1	AH
AP	INST. DUCTOS AIRE ACONDICIONADO	6	1	AO+2 días
AQ	INST. DEL SIST DE MANDO DE AMBOS MOTORES	11	2	AO+2 días
AR	INST. CONSOLA LH	4	1	AO+2 días
AS	INST. VALV. NEUMOCONMUTADORA	8	1	AO+3 días
AT	INST. VOLTIMETRO	6	1	AS FF
AU	INST DE PANEL LATERAL RH	3	2	AS;AT
AV	INST. CONSOLA RH	5	2	AQ;AU
AW	INST DE PANELES FRONTAL RH	3	2	AV
AX	INST DE PANELES FRONTAL LH	7	2	AW
AY	INST. DE CONJUNTO DE PEDAL	6	2	AW+1 día
AZ	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 1	7	1	AW+1 día
BA	INST. MANETA DE EXTENSION DE TREN DE EMERGENCIA	4	2	AY;AZ
BB	INST. MANETA DE FRENADO DE PARQUEO	6	2	AZ+1 día
BC	INST DE LA CONSOLA LATERAL RH Y ALIMENTACION	4	1	BB
BD	INST DE PANELES FRONTAL	4	1	BC
BE	INST. CAMARA FOTOGRAFICA	1	1	BC+ 2 días
BF	INST. BLOQUE DE COMBUSTIBLE	5	1	BE
BG	INST. DE MANETA DE CONMUTACION PITOT	5	1	BE
BH	INST DE PANELES LATERAL RH / LH (TAPAS FIBRA VIDRIO)	7	2	BF;BG;BD
BI	INST DE EQUIPOS DE PUPITRES DE MANDO	8	1	BF;BG
BJ	INST DE BLOQUES SIST BOMBARDERO	4	1	BG+1 día
BK	INST. DE BASTON DE MANDO	2	2	BG+1 día
BL	INST. SIST. EYECCION	3	2	BI;BK
BM	INST. VARILLAS CONT. VUELO	12	2	AO+1 día
BN	INST. SENSORES COMBUST.	8	2	AJ

BO	INST. BLOQ. SIST. NAV.	4	1	AK
BP	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 2	5	2	E
BQ	INST. BLOQ. Y ANTENAS	5	1	BN+1 día;BO+1 día
BR	INST. TUBERIAS Y ARTICULOS INSP.	4	2	AX
BS	INST. RADIADOR Y VALV.	6	1	BQ+6 días
BT	INST. BOTELLA SOXIGENO	2	1	BQ+6 días
BU	INST. TUBERIAS DESM.	3	2	AH+5 días
BV	INSTALACIÓN DE TREN DE NARIZ	9	2	AH+4 días
BW	INST. ACTUADOR TREN DE NARIZ	3	2	AJ
BX	INST. VALV DEL SIST FRENADO	7	2	AJ
BY	INST. VALV. GA 184, LANZADERA, MEC. LEVA Y VARILLAJE STEERING	9	2	BV
BZ	INST. VALV. DE EXTENCION DE TREN EMERG,	2	2	BY
CA	INST. SIST. VARILLAJE COMP.	3	2	BZ
CB	INST. RUEDAS NEUMATICO, EJE, RODAJES, GUARDAFANGO	7	2	BZ+1días
CC	INST. EQUIPOS ELECT.	5	1	CA
CD	COMP. CINEMATICA NLG	7	2	CA
CE	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO2	6	1	CB
CF	INST. EQ. ARRANQUE	3	1	CC;CD
CG	INST. BLOQ. CYO-T8 / CONVERTIDOR ESTATICO PTC-1000 / 500	4	1	CC;CD
CH	INST. DEL MICRO DE NLG	4	1	CE
CI	INST. PLUG. VALV. HYD.	2	1	CF
CJ	INST EQ. NAV.	5	1	CI+1días
CK	INST. SENSORES SIST. TESTER	4	1	CJ
CL	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P RH	10	1	CI+1 día
CM	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P LH	7	1	CK;CL
CN	INST. TREN PRINCIPAL DER.	9	2	DH
CO	INST. TREN PRINCIPAL IZQ.	7	2	CM
CP	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P RH	5	2	CM+1 día
CQ	INST. DE ARO Y NEUMÁTICO DE T/P RH Y LH	5	2	CN
CR	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P LH	7	2	CP
CS	INS. DE TUBERÍAS Y MANGUERAS T/P RH	4	2	CP
CT	INST. EXTINTORES Y DUCTOS, SIST.CONTRAINCENDIOS	9	1	A
CU	INST. SENSORES DE COMB.	7	1	CT+3 días;BV

CV	INST. SENSORES SIST. TESTER	7	1	BX
CW	INST. SENSORES DE PRESIÓN HYD	2	1	CV
CX	INST. BLOQUES SIST. ACO-2B PUC-71 (POST. INTALACIÓN DE MOTORES)	4	1	CW+1 día
CY	INST. BATERÍA NRO1	6	2	CW+1 día
CZ	INST. DE EQUIPOS DE ARRANQUE	5	1	CC;CD
DA	INST. DE EQUIPOS DE SIST. CONTRAINCENDIO	2	1	CC;CD
DB	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. MONOFÁSICA	8	2	CX;CY
DC	INST. BATERÍA NRO2	4	2	CZ;DA
DD	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. TRIFÁSICA	4	2	CZ+1 día;DA+1 día
DE	INST. DE VALV. Y TUBERIAS DESMONTADAS	5	2	DD
DF	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO1	4	2	T
DG	INST. DE VALV. DE TRENES	5	2	DE
DH	INST. VALV. DE MECANIZACIÓN	5	2	DG
DI	INST. VALV. DE SPEED BRAKE	4	2	DH
DJ	INST. VARILLAS CONT. VUELO	6	2	CT
DK	INST ANTENA PION / TAPAS RADIOTRSPARENTES ESTB. VERT.	8	2	DJ
DL	INST. DEL INVERSOR Y EQ.	7	2	DH
DM	INST. BLOQ. SIST. TESTER	5	1	DH
DN	INST. SENSORES SIST. TESTER	7	1	DI;DL
DO	INST. CONTAINER PARACAIDAS	5	1	DL
DP	INST. DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	7	2	DN
DQ	INST. ACTUADOR ESTABILIZADOR	5	2	DP
DR	INST. CIERRE ELECTROMECC. DE PARACAIDAS	4	1	DP
DS	ACOND. EST. VERT. Y INST. VARILLAS	4	2	BV
DT	INSTALACION DEL ESTABILIZADOR VERTICAL Y TIMON DE DIRECCION	8	4	DS+1 día
DU	INST. BLOQUES SIT. TESTER	2	1	DS+1 día
DV	INST. BLOQUE SIST. MANDO	6	1	DU
DW	INST. BLOQUE SIST. NAVEGACIÓN	2	1	DV;DK
DX	INST. TUBERIAS HYD	4	2	DV;DK
DY	INST. MP-100 (TIMON DE DIRECCION)	4	1	DW;DX
DZ	TRAB. FINALES. CABLEADO	5	1	AW
EA	ACOND. ELEV.	3	2	CT
EB	ARM. E INST. ARBOL CARDANICO EN EST. HORIZONTAL	7	2	EA

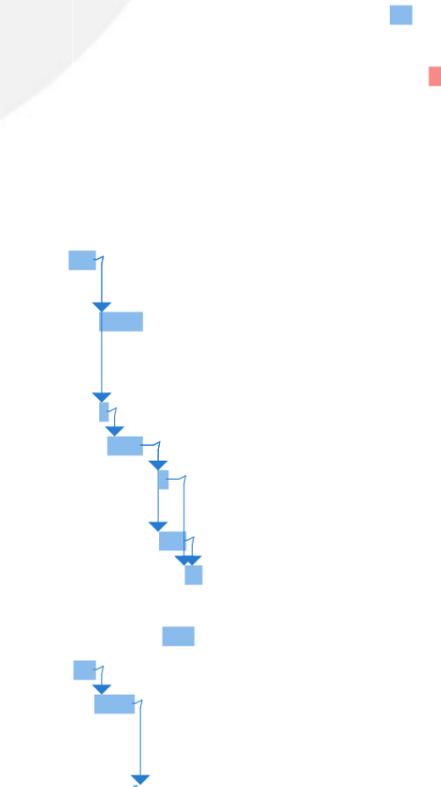
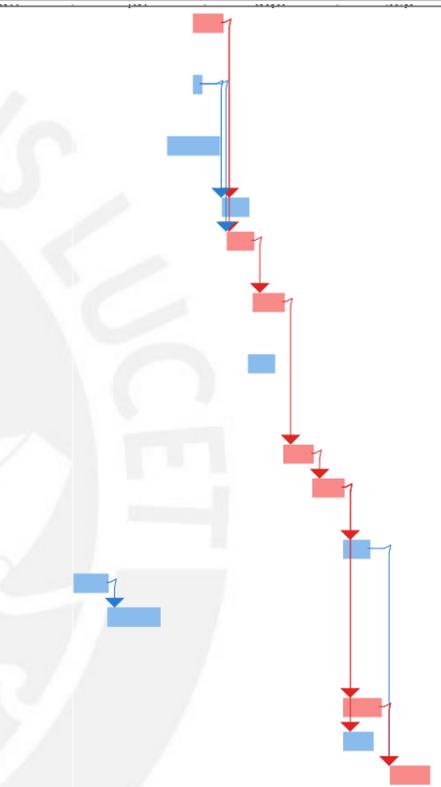
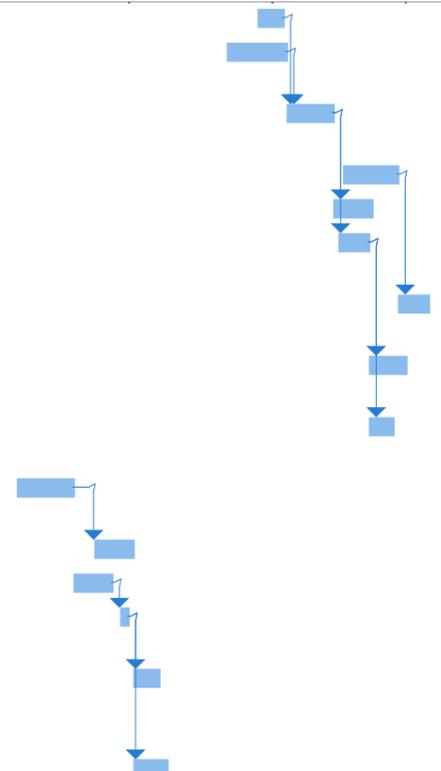
EC	ACOND. EST. HOR.	1	1	EB
ED	INST. EST. HORIZONTAL	6	4	EC+2 días;DK
EE	INST. DE LOS ELEVADORES	4	2	ED
EF	INST. MP-100	5	1	EE+1 día
EG	TRAB. FINALES CABLEADO	3	1	EE+1 día
EH	INST. SENSORES SIST. TESTER	5	1	EG+2 días
EI	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	4	1	AH+5 días
EJ	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	7	1	AH+5 días
EK	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	4	2	AH+5 días
EL	INST. TERMOCUPLES	6	2	CT
EM	INST. TANQUE HYD	4	2	CT
EN	INST. SENSORES SIST. TESTER	7	1	CT
EO	INST. ACUMULADOR HYD	7	2	EK
EP	ACOND. SENSORES MOTOR	6	1	EN
EQ	INST. DE ALTERNADOR	7	1	EN
ER	INST. DE MOTOR RH	5	4	EL;EP;EQ
ES	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	6	2	ER
ET	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	5	2	ES
EU	INST. COMPUERTAS MOTOR	6	1	EG;EH
EV	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	3	2	EG;EH
EW	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	1	2	EV
EX	CONEXIÓN PLUG DE MOTOR	1	2	EW
EY	INST. VIGAS ACO	1	1	EX
EZ	INST. TERMOCUPLES	10	2	EK
FA	LAVADO Y CHAQUEO FUGAS DE COMB.	7	4	EN
FB	INST. SENSORES SIST. TESTER	3	1	FA
FC	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	8	2	FA+1 día
FD	ACOND. SENSORES MOTOR	2	1	EZ;FB
FE	INST. FILTRO DE PRESION HYD	5	2	FC
FF	INST. FILTRO DE RETORNO HYD	4	2	FE
FG	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	3	2	FE
FH	INST. TANQUE HYD	6	2	FD;FE
FI	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	2	2	FG
FJ	INST. ACUMULADOR HYD	7	2	FH
FK	INST. DE ALTERNADOR	3	1	FJ
FL	INST. MANOMETRO HTM-240	6	2	FJ
FM	INST. VALV. DE CARGA 800600-1	6	2	FK
FN	INST. BOMB. HYD	4	2	FL
FO	INST. DE MOTOR LH	7	4	FN
FP	INST. COMPUERTAS MOTOR	6	1	FO
FQ	INST. VIGAS ACO	4	1	FP
FR	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	4	2	EY
FS	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	4	2	EY

### 3.5 Diagrama de Gantt de la Fase Planificada



46		INST. CONSOLA LH	4 días	jue 24/06/21	mar 29/06/21	43FC+2 días		
47		INST. VALV. NEUMOCOMMUTADORA	8 días	vie 25/06/21	mar 06/07/21	43FC+3 días		
48		INST. VOLTIMETRO	6 días	mar 29/06/21	mar 06/07/21	47FF		
49		INST DE PANEL LATERAL R3	3 días	mié 07/07/21	vie 09/07/21	47;48		
50		INST. CONSOLA RH	5 días	lun 12/07/21	vie 16/07/21	45;49		
51		INST DE PANELES FRONTALES	3 días	lun 19/07/21	mié 21/07/21	50		
52		INST DE PANELES FRONTALES	7 días	jue 22/07/21	vie 30/07/21	51		
53		INST. DE CONJUNTO DE PEDAL	6 días	vie 23/07/21	vie 30/07/21	51FC+1 día		
54		INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 1	7 días	vie 23/07/21	lun 02/08/21	51FC+1 día		
55		INST. MANETA DE EXTENSION DE TREN DE EMERGENCIA	4 días	mar 03/08/21	vie 06/08/21	53;54		
56		INST. MANETA DE FRENADO DE PARQUEO	6 días	mié 04/08/21	mié 11/08/21	54FC+1 día		
57		INST DE LA CONSOLA LATERAL RH Y MANEJO DE EMERGENCIA	4 días	jue 12/08/21	mar 17/08/21	56		
58		INST DE PANELES FRONTALES	4 días	mié 18/08/21	lun 23/08/21	57		
59		INST. CAMARA FOTOGRAFICA	1 día	vie 20/08/21	vie 20/08/21	57FC+2 días		
60		INST. BLOQUE DE COMBUSTIBLE	5 días	lun 23/08/21	vie 27/08/21	59		
61		INST. DE MANETA DE CONMUTACION PITOT	5 días	lun 23/08/21	vie 27/08/21	59		
62		INST DE PANELES LATERAL RH / LH (TAPAS DE PROTECCION)	7 días	lun 30/08/21	mar 07/09/21	60;61;58		
63		INST DE EQUIPOS DE PUPITRES DE MANDO	8 días	lun 30/08/21	mié 08/09/21	60;61		
64		INST DE BLOQUES SIST BOMBARDERO	4 días	mar 31/08/21	vie 03/09/21	61FC+1 día		
65		INST. DE BASTON DE MANDO	2 días	mar 31/08/21	mié 01/09/21	61FC+1 día		
66		INST. SIST. EYECCION	3 días	jue 09/09/21	lun 13/09/21	63;65		
67		INST. VARILLAS CONT. VUELTA	12 días	mié 23/06/21	jue 08/07/21	43FC+1 día		
68		INST. SENSORES COMBUSTIBLE	8 días	mar 22/06/21	jue 01/07/21	38		
69		INST. BLOQ. SIST. NAV.	4 días	lun 28/06/21	jue 01/07/21	39		
70		INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 2	5 días	mar 06/07/21	lun 12/07/21	7		
71		INST. BLOQ. Y ANTENAS	5 días	lun 05/07/21	vie 09/07/21	68FC+1 día;69FC		
72		INST. TUBERIAS Y ARTICULOS INSP.	4 días	lun 02/08/21	jue 05/08/21	52		
73		INST. RADIADOR Y VALV.	6 días	mar 20/07/21	mar 27/07/21	71FC+6 días		
74		INST. BOTELLA SOXIGENICA	2 días	mar 20/07/21	mié 21/07/21	71FC+6 días		
75		INST. TUBERIAS DESM.	3 días	vie 18/06/21	mar 22/06/21	36FC+5 días		
76		INSTALACIÓN DE TREN DE NARIZ	9 días	jue 17/06/21	mar 29/06/21	36FC+4 días		
77		INST. ACTUADOR TREN DE NARIZ	3 días	mar 22/06/21	jue 24/06/21	38		
78		INST. VALV DEL SIST FRENADO	7 días	mar 22/06/21	mié 30/06/21	38		
79		INST. VALV. GA 184, LANZADERA, MEC. LEVA Y VARILLAJE STEERING	9 días	mié 30/06/21	lun 12/07/21	76		
80		INST. VALV. DE EXTENSION DE TREN	2 días	mar 13/07/21	mié 14/07/21	79		
81		INST. SIST. VARILLAJE CONTROL	3 días	jue 15/07/21	lun 19/07/21	80		
82		INST. RUEDAS NEUMATICO, EJE, RODAJE	7 días	vie 16/07/21	lun 26/07/21	80FC+1 día		
83		INST. EQUIPOS ELECT.	5 días	mar 20/07/21	lun 26/07/21	81		
84		COMP. CINEMATICA NLG	7 días	mar 20/07/21	mié 28/07/21	81		
85		INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO2	6 días	mar 27/07/21	mar 03/08/21	82		
86		INST. EQ. ARRANQUE	3 días	jue 29/07/21	lun 02/08/21	83;84		
87		INST. BLOQ. CYO-T8 / CONVERTIDOR ESTATICO PTC-1000 / 500	4 días	jue 29/07/21	mar 03/08/21	83;84		
88		INST. DEL MICRO DE NLG	4 días	mié 04/08/21	lun 09/08/21	85		
89		INST. PLUG. VALV. HYD.	2 días	mar 03/08/21	mié 04/08/21	86		
90		INST EQ. NAV.	5 días	vie 06/08/21	jue 12/08/21	89FC+1 día		

91		INST. SENSORES SIST. TES	4 días	vie 13/08/21	mié 18/08/21	90
92		INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P RH	10 días	vie 06/08/21	jue 19/08/21	89FC+1 día
93		INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P LH	7 días	vie 20/08/21	lun 30/08/21	91;92
94		INST. TREN PRINCIPAL DE	9 días	jue 02/09/21	mar 14/09/21	114
95		INST. TREN PRINCIPAL IZC	7 días	mar 31/08/21	mié 08/09/21	93
96		INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P RH	5 días	mié 01/09/21	mar 07/09/21	93FC+1 día
97		INST. DE ARO Y NEUMÁTICO DE T/P RH Y	5 días	mié 15/09/21	mar 21/09/21	94
98		INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P LH	7 días	mié 08/09/21	jue 16/09/21	96
99		INS. DE TUBERÍAS Y MANGUERAS T/P RH	4 días	mié 08/09/21	lun 13/09/21	96
100		INST. EXTINTORES Y DUCTOS,	9 días	vie 18/06/21	mié 30/06/21	3
101		INST. SENSORES DE COM	7 días	mar 06/07/21	mié 14/07/21	100FC+3 días;76
102		INST. SENSORES SIST. TES	7 días	jue 01/07/21	vie 09/07/21	78
103		INST. SENSORES DE PRESIÓN HYD	2 días	lun 12/07/21	mar 13/07/21	102
104		INST. BLOQUES SIST. ACO-2B PUC-71 (POST. INTALACIÓN DE MOTORES)	4 días	jue 15/07/21	mar 20/07/21	103FC+1 día
105		INST. BATERÍA NRO1	6 días	jue 15/07/21	jue 22/07/21	103FC+1 día
106		INST. DE EQUIPOS DE ARRANQUE	5 días	jue 29/07/21	mié 04/08/21	83;84
107		INST. DE EQUIPOS DE SIST. CONTRA INCENDIO	2 días	jue 29/07/21	vie 30/07/21	83;84
108		INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. MONOFÁSICA	8 días	vie 23/07/21	mar 03/08/21	104;105
109		INST. BATERÍA NRO2	4 días	jue 05/08/21	mar 10/08/21	106;107
110		INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. TRIFÁSICA	4 días	vie 06/08/21	mié 11/08/21	106FC+1 día;107FC+1 día
111		INST. DE VALV. Y TUBERIAS	5 días	jue 12/08/21	mié 18/08/21	110
112		INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO1	4 días	mié 11/08/21	lun 16/08/21	22
113		INST. DE VALV. DE TRENES	5 días	jue 19/08/21	mié 25/08/21	111
114		INST. VALV. DE MECANIZACIÓN	5 días	jue 26/08/21	mié 01/09/21	113
115		INST. VALV. DE SPEED BR	4 días	jue 02/09/21	mar 07/09/21	114
116		INST. VARILLAS CONT. VU	6 días	jue 01/07/21	jue 08/07/21	100
117		INST ANTENA PION / TAPAS RADIOTRANSARENTES	8 días	vie 09/07/21	mar 20/07/21	116
118		INST. DEL INVERSOR Y EQ	7 días	jue 02/09/21	vie 10/09/21	114
119		INST. BLOQ. SIST. TESTER	5 días	jue 02/09/21	mié 08/09/21	114
120		INST. SENSORES SIST. TES	7 días	lun 13/09/21	mar 21/09/21	115;118
121		INST. CONTAINER PARACAIDAS	5 días	lun 13/09/21	vie 17/09/21	118
122		INST. DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS INSP. EN	7 días	mié 22/09/21	jue 30/09/21	120
123		INST. ACTUADOR ESTABILIZADOR	5 días	vie 01/10/21	jue 07/10/21	122
124		INST. CIERRE ELECTROMECC. DE	4 días	vie 01/10/21	mié 06/10/21	122
125		ACOND. EST. VERT. Y INST. VARILLAS	4 días	mié 30/06/21	lun 05/07/21	76
126		INSTALACION DEL ESTABILIZADOR VERTICAL Y TIMON DE DIRECCION	8 días	mié 07/07/21	vie 16/07/21	125FC+1 día
127		INST. BLOQUES SIT. TESTE	2 días	mié 07/07/21	jue 08/07/21	125FC+1 día
128		INST. BLOQUE SIST. MANI	6 días	vie 09/07/21	vie 16/07/21	127
129		INST. BLOQUE SIST. NAVEGACIÓN	2 días	mié 21/07/21	jue 22/07/21	128;117
130		INST. TUBERIAS HYD	4 días	mié 21/07/21	lun 26/07/21	128;117
131		INST. MP-100 (TIMON DE DIRECCION)	4 días	mar 27/07/21	vie 30/07/21	129;130
132		TRAB. FINALES. CABLEADO	5 días	jue 22/07/21	mié 28/07/21	51
133		ACOND. ELEV.	3 días	jue 01/07/21	lun 05/07/21	100
134		ARM. E INST. ARBOL CARDANICO EN EST. HORIZONTAL	7 días	mar 06/07/21	mié 14/07/21	133
135		ACOND. EST. HOR.	1 día	jue 15/07/21	jue 15/07/21	134



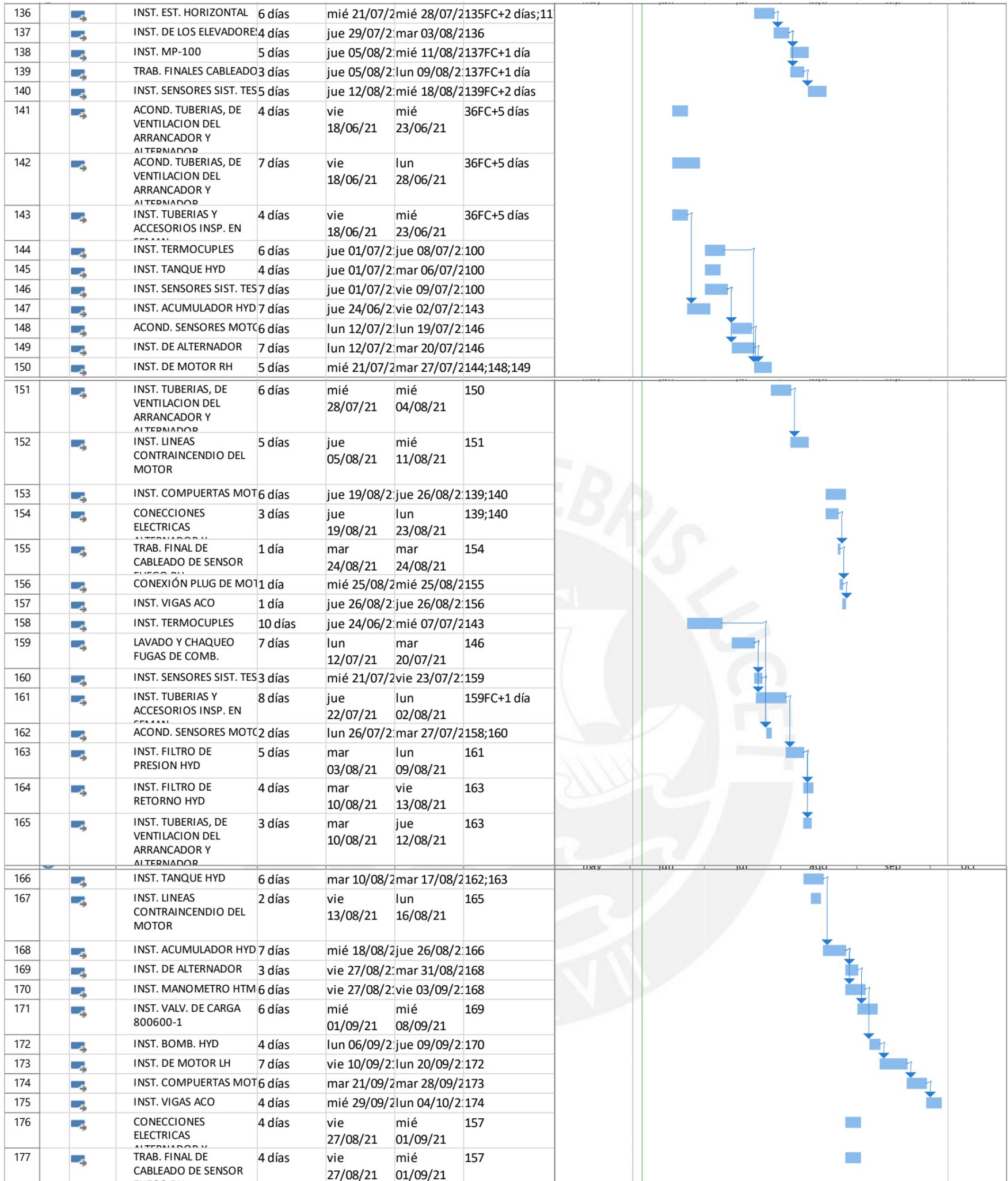


Figura 3.4 Diagrama de Gantt (Fase Planificada)  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Ruta Crítica: 35-36-76-79-80-81-84-106-110-113-114-118-120-122-123

### 3.6 Diagrama de Cargas (Fase Planificada)

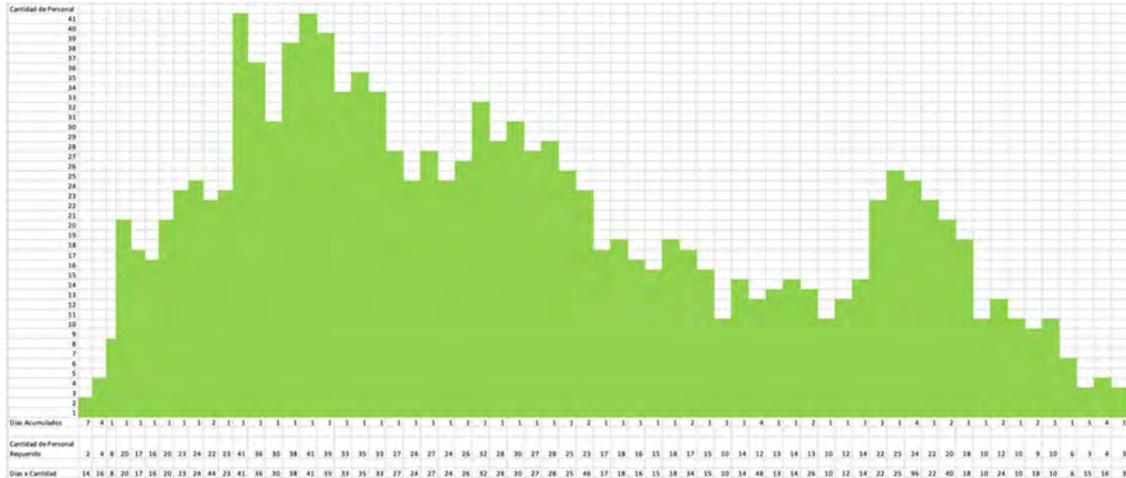


Figura 3.5 Diagrama de Cargas (Fase Planificada)  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se realizó el diagrama de cargas, mostrado en la Figura 3.5, en el cual el eje y representa la cantidad de personal requerido, mientras que el eje x representa la cantidad de días acumulados. En este diagrama se observó un pico de 41 personas en 1 día para realizar el proceso de armado de la aeronave. El personal termina la fase de armado en 92 días y se tienen disponibles 51 trabajadores de las distintas áreas, por lo que se cuenta con una eficiencia del 32.48%.

### **3.7 Fase de Armado del Proyecto Ejecutado**

Se llama proyecto ejecutado al conjunto de actividades organizadas que representa lo real o como finalmente se utilizó la mano de obra, la cantidad de días que tomó realizar cada actividad y la cuanto efectivamente duró el proyecto y como este se desarrolló a lo largo de toda su trayectoria.

Para realiza un analisis más profundo, se realizará un Diagrama de Gantt de la fase de armado del proyecto ejecutado, para esto se usará información proporcionada por la empresa respecto a las actividades a realizar, la cantidad de dias que toma realizar cada actividad, la cantidad de personal que se requiere para efectuar dicha actividad y el orden en el que realiza cada actividad, esta información se puede apreciar de manera más detallada en la Tabla 3.6.



Tabla 3.6 Descripción de Actividades – Fase Ejecutada  
Fuente: La Empresa (2021)

Tarea	Nombre de tarea	Días	Mano de Obra	Predecesoras
A	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE LH	11	4	AG
B	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE RH	1	2	A
C	INST. DE SENSORES SIST. TESTER LH	11	4	A
D	INST. DE SENSORES SIST. TESTER RH	9	4	A
E	INST. DE SEMIALA LH	4	5	D+5 días
F	ACOND. SLATS LH / RH	5	5	D+5 días
G	INST. DE SEMIALA RH	6	5	E
H	INST. DE LOS SLAT LH	8	6	E
I	INST. PLUG DE EMPOTRAMIENTO ALA RH	5	1	E
J	INST. DE LOS SLAT RH	3	6	H;I
K	ACOND. ALERON LH / RH	5	2	J
L	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) LH Y MEC. DE RETORNO	5	2	J
M	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) RH Y MEC. DE RETORNO	2	2	J+1 día
N	INST. DE ALERON LR/RH	7	2	K;L
O	INST. DE SUPERFICIE FLAPS LH/RH	6	3	M
P	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK LH	3	1	O+1 día
Q	INST. DE LUCES DE NAVEGACION LH	12	4	O+1 día
R	INST. MICRO DE SLATS LH	5	1	P;BR;BS;BT
S	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK RH	4	1	R
T	INST. MICRO DE SLATS RH	13	4	R
U	INST. DE LUCES DE NAVEGACION RH	1	1	T
V	INST. ARTICULOS INSP. EN SEMAN	4	1	U+1 día
W	INSTALACION DE MANGUERAS Y ACTUADOR DE SLAT LH	2	1	U+1 día
X	INSTALACION DE MANGUERAS ACTUADOR DE SLAT RH	3	1	W
Y	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK LH Y TUBERIAS	3	2	X
Z	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK RH Y TUBERIAS	5	2	X+1 día
AA	INST. DE BU-45 (ALERONES) LH	9	3	X+1 día
AB	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP LH (O2EA)	4	2	Y
AC	INST. DE BU-45 (ALERONES) RH	6	2	Z+1 día
AD	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP RH (O2 EA)	6	2	Z+1 día
AE	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO LH	2	2	AA+1 día;AB+1 día
AF	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO RH	3	2	AD;AE

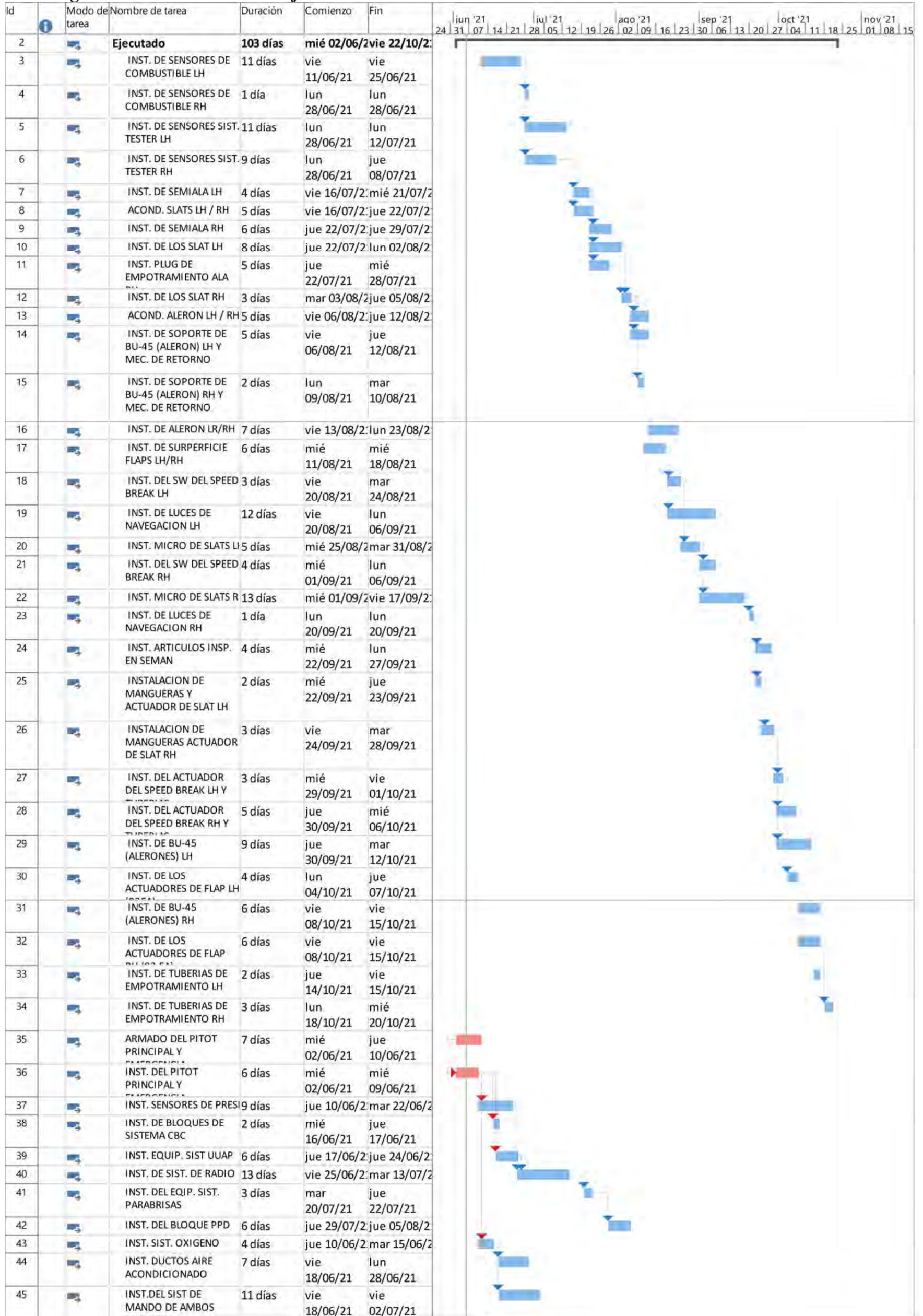
AG	ARMADO DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA	7	1	
AH	INST. DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA	6	1	AG CC
AI	INST. SENSORES DE PRESION	9	2	AH
AJ	INST. DE BLOQUES DE SISTEMA CBC	2	2	AH+4 días
AK	INST. EQUIP. SIST UUAP	6	1	AH+5 días
AL	INST. DE SIST. DE RADIO	13	2	AI;AK
AM	INST. DEL EQIP. SIST. PARABRISAS	3	1	AL+4 días
AN	INST. DEL BLOQUE PPD	6	1	AM+4 días
AO	INST. SIST. OXIGENO	4	1	AH
AP	INST. DUCTOS AIRE ACONDICIONADO	7	1	AO+2 días
AQ	INST. DEL SIST DE MANDO DE AMBOS MOTORES	11	2	AO+2 días
AR	INST. CONSOLA LH	3	1	AO+2 días
AS	INST. VALV. NEUMOCONMUTADORA	5	1	AO+3 días
AT	INST. VOLTIMETRO	7	1	AS FF
AU	INST DE PANEL LATERAL RH	5	2	AS;AT
AV	INST. CONSOLA RH	5	2	AQ;AU
AW	INST DE PANELES FRONTAL RH	7	2	AV
AX	INST DE PANELES FRONTAL LH	5	2	AW
AY	INST. DE CONJUNTO DE PEDAL	3	2	AW+1 día
AZ	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 1	2	1	AW+1 día
BA	INST. MANETA DE EXTENSION DE TREN DE EMERGENCIA	3	1	AY;AZ
BB	INST. MANETA DE FRENADO DE PARQUEO	2	2	AZ+1 día
BC	INST DE LA CONSOLA LATERAL RH Y ALIMENTACION	3	1	BB
BD	INST DE PANELES FRONTAL	9	1	BC
BE	INST. CAMARA FOTOGRAFICA	11	4	BC+ 2 días
BF	INST. BLOQUE DE COMBUSTIBLE	10	2	BE
BG	INST. DE MANETA DE CONMUTACION PITOT	14	4	BE
BH	INST DE PANELES LATERAL RH / LH (TAPAS FIBRA VIDRIO)	2	2	BF;BG;BD
BI	INST DE EQUIPOS DE PUPITRES DE MANDO	5	1	BF;BG
BJ	INST DE BLOQUES SIST BOMBARDERO	14	4	BG+1 día
BK	INST. DE BASTON DE MANDO	2	2	BG+1 día
BL	INST. SIST. EYECCION	3	2	BI;BK
BM	INST. VARILLAS CONT. VUELO	15	2	AO+1 día
BN	INST. SENSORES COMBUST.	10	2	AJ

BO	INST. BLOQ. SIST. NAV.	6	1	AK
BP	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 2	8	2	E
BQ	INST. BLOQ. Y ANTENAS	4	1	BN+1 día;BO+1 día
BR	INST. TUBERIAS Y ARTICULOS INSP.	4	2	AX
BS	INST. RADIADOR Y VALV.	5	1	BQ+6 días
BT	INST. BOTELLA SOXIGENO	5	1	BQ+6 días
BU	INST. TUBERIAS DESM.	6	2	AH+5 días
BV	INSTALACIÓN DE TREN DE NARIZ	8	2	AH+4 días
BW	INST. ACTUADOR TREN DE NARIZ	3	2	AJ
BX	INST. VALV DEL SIST FRENADO	9	2	AJ
BY	INST. VALV. GA 184, LANZADERA, MEC. LEVA Y VARILLAJE STEERING	8	2	BV
BZ	INST. VALV. DE EXTENCION DE TREN EMERG,	5	2	BY
CA	INST. SIST. VARILLAJE COMP.	6	2	BZ
CB	INST. RUEDAS NEUMATICO, EJE, RODAJES, GUARDAFANGO	3	2	BZ+1días
CC	INST. EQUIPOS ELECT.	6	1	CA
CD	COMP. CINEMATICA NLG	5	2	CA
CE	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO2	4	1	CB
CF	INST. EQ. ARRANQUE	3	1	CC;CD
CG	INST. BLOQ. CYO-T8 / CONVERTIDOR ESTATICO PTC-1000 / 500	6	1	CC;CD
CH	INST. DEL MICRO DE NLG	7	1	CE
CI	INST. PLUG. VALV. HYD.	3	1	CF
CJ	INST EQ. NAV.	7	1	CI+1días
CK	INST. SENSORES SIST. TESTER	2	1	CJ
CL	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P RH	10	1	CI+1 día
CM	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P LH	8	1	CK;CL
CN	INST. TREN PRINCIPAL DER.	5	2	DH
CO	INST. TREN PRINCIPAL IZQ.	4	2	CM
CP	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P RH	7	2	CM+1 día
CQ	INST. DE ARO Y NEUMÁTICO DE T/P RH Y LH	3	2	CN
CR	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P LH	2	2	CP
CS	INS. DE TUBERÍAS Y MANGUERAS T/P RH	3	2	CP
CT	INST. EXTINTORES Y DUCTOS, SIST.CONTRAINCENDIOS	9	1	A
CU	INST. SENSORES DE COMB.	7	1	CT+3 días;BV

CV	INST. SENSORES SIST. TESTER	7	1	BX
CW	INST. SENSORES DE PRESIÓN HYD	7	2	CV
CX	INST. BLOQUES SIST. ACO-2B PUC-71 (POST. INTALACIÓN DE MOTORES)	3	1	CW+1 día
CY	INST. BATERÍA NRO1	6	2	CW+1 día
CZ	INST. DE EQUIPOS DE ARRANQUE	4	1	CC;CD
DA	INST. DE EQUIPOS DE SIST. CONTRAINCENDIO	7	2	CC;CD
DB	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. MONOFÁSICA	5	2	CX;CY
DC	INST. BATERÍA NRO2	3	2	CZ;DA
DD	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. TRIFÁSICA	6	2	CZ+1 día;DA+1 día
DE	INST. DE VALV. Y TUBERIAS DESMONTADAS	4	2	DD
DF	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO1	6	2	T
DG	INST. DE VALV. DE TRENES	4	2	DE
DH	INST. VALV. DE MECANIZACIÓN	7	2	DG
DI	INST. VALV. DE SPEED BRAKE	2	2	DH
DJ	INST. VARILLAS CONT. VUELO	11	3	CT
DK	INST ANTENA PION / TAPAS RADIOTRANSARENTES ESTB. VERT.	3	2	DJ
DL	INST. DEL INVERSOR Y EQ.	7	2	DH
DM	INST. BLOQ. SIST. TESTER	3	1	DH
DN	INST. SENSORES SIST. TESTER	6	1	DI;DL
DO	INST. CONTAINER PARACAIDAS	4	1	DL
DP	INST. DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	3	2	DN
DQ	INST. ACTUADOR ESTABILIZADOR	7	2	DP
DR	INST. CIERRE ELECTROMECC. DE PARACAIDAS	15	6	DP
DS	ACOND. EST. VERT. Y INST. VARILLAS	8	2	BV
DT	INSTALACION DEL ESTABILIZADOR VERTICAL Y TIMON DE DIRECCION	4	4	DS+1 día
DU	INST. BLOQUES SIT. TESTER	2	1	DS+1 día
DV	INST. BLOQUE SIST. MANDO	7	1	DU
DW	INST. BLOQUE SIST. NAVEGACIÓN	12	6	DV;DK
DX	INST. TUBERIAS HYD	2	2	DV;DK
DY	INST. MP-100 (TIMON DE DIRECCION)	2	1	DW;DX
DZ	TRAB. FINALES. CABLEADO	2	1	AW
EA	ACOND. ELEV.	3	2	CT
EB	ARM. E INST. ARBOL CARDANICO EN EST. HORIZONTAL	4	2	EA

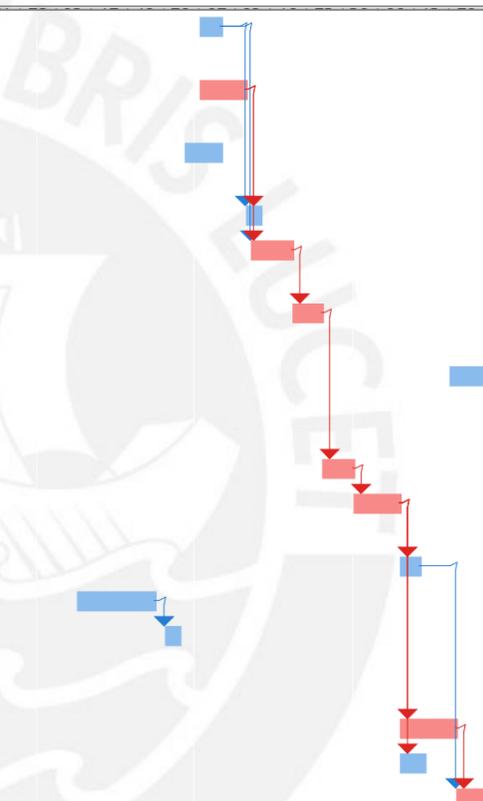
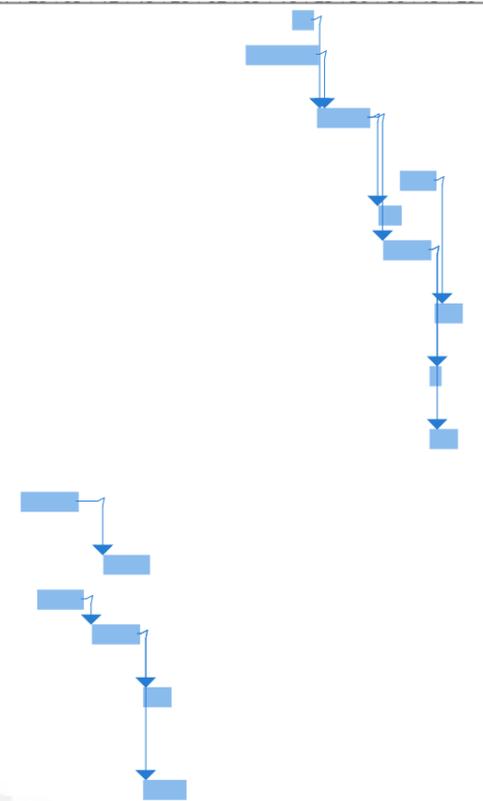
EC	ACOND. EST. HOR.	7	4	EB
ED	INST. EST. HORIZONTAL	2	4	EC+2 días;DK
EE	INST. DE LOS ELEVADORES	5	2	ED
EF	INST. MP-100	5	1	EE+1 día
EG	TRAB. FINALES CABLEADO	8	1	EE+1 día
EH	INST. SENSORES SIST. TESTER	4	1	EG+2 días
EI	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	6	1	AH+5 días
EJ	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	2	1	AH+5 días
EK	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	6	2	AH+5 días
EL	INST. TERMOCUPLES	7	2	CT
EM	INST. TANQUE HYD	4	2	CT
EN	INST. SENSORES SIST. TESTER	2	1	CT
EO	INST. ACUMULADOR HYD	3	2	EK
EP	ACOND. SENSORES MOTOR	4	1	EN
EQ	INST. DE ALTERNADOR	2	1	EN
ER	INST. DE MOTOR RH	9	4	EL;EP;EQ
ES	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	9	2	ER
ET	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	2	2	ES
EU	INST. COMPUERTAS MOTOR	10	2	EG;EH
EV	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	2	2	EG;EH
EW	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	2	2	EV
EX	CONEXIÓN PLUG DE MOTOR	10	6	EW
EY	INST. VIGAS ACO	13	6	EX
EZ	INST. TERMOCUPLES	10	2	EK
FA	LAVADO Y CHAQUEO FUGAS DE COMB.	2	4	EN
FB	INST. SENSORES SIST. TESTER	2	1	FA
FC	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	6	2	FA+1 día
FD	ACOND. SENSORES MOTOR	4	1	EZ;FB
FE	INST. FILTRO DE PRESION HYD	1	2	FC
FF	INST. FILTRO DE RETORNO HYD	15	6	FE
FG	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	6	2	FE
FH	INST. TANQUE HYD	7	2	FD;FE
FI	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	6	2	FG
FJ	INST. ACUMULADOR HYD	4	2	FH
FK	INST. DE ALTERNADOR	8	1	FJ
FL	INST. MANOMETRO HTM-240	6	2	FJ
FM	INST. VALV. DE CARGA 800600-1	10	2	FK
FN	INST. BOMB. HYD	9	2	FL
FO	INST. DE MOTOR LH	5	4	FN
FP	INST. COMPUERTAS MOTOR	6	1	FO
FQ	INST. VIGAS ACO	15	6	FP
FR	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	3	2	EY
FS	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	6	2	EY

### 3.8 Diagrama de Gantt de la Fase Ejecutada

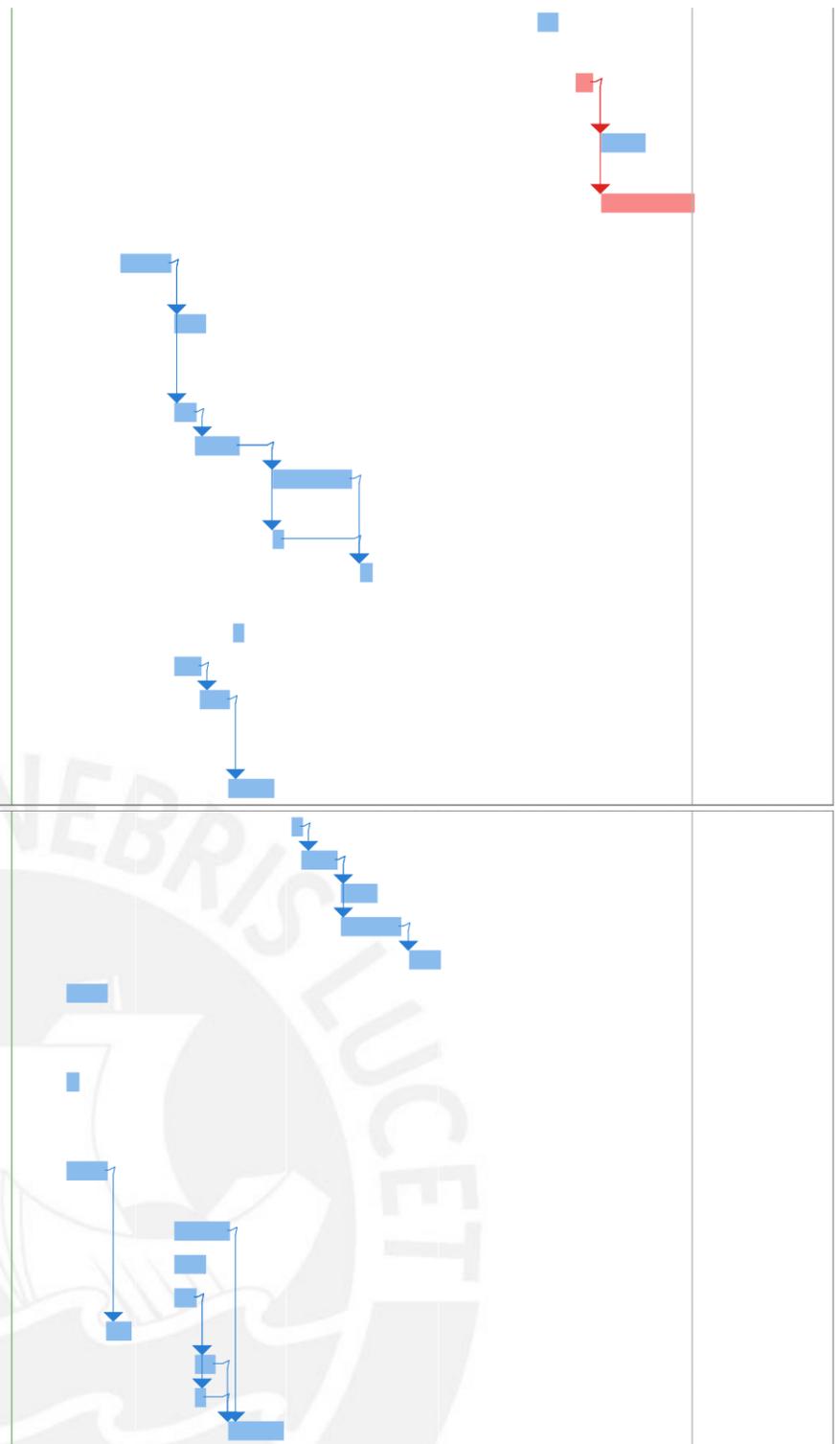




91		INST. SENSORES SIST. TES	2 días	vie 20/08/21	lun 23/08/21	
92		INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P RH	10 días	mié 11/08/21	mar 24/08/21	
93		INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P LH	8 días	mié 25/08/21	vie 03/09/21	
94		INST. TREN PRINCIPAL DE	5 días	vie 10/09/21	jue 16/09/21	
95		INST. TREN PRINCIPAL IZQ	4 días	lun 06/09/21	jue 09/09/21	
96		INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P RH	7 días	mar 07/09/21	mié 15/09/21	
97		INST. DE ARO Y NEUMÁTICO DE T/P RH Y	3 días	vie 17/09/21	mar 21/09/21	
98		INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P LH	2 días	jue 16/09/21	vie 17/09/21	
99		INS. DE TUBERÍAS Y MANGUERAS T/P RH	3 días	jue 16/09/21	lun 20/09/21	
100		INST. EXTINTORES Y DUCTOS, SIST. CONTRA INCENDIO	9 días	lun 28/06/21	jue 08/07/21	
101		INST. SENSORES DE COM	7 días	mié 14/07/21	jue 22/07/21	
102		INST. SENSORES SIST. TES	7 días	jue 01/07/21	vie 09/07/21	
103		INST. SENSORES DE PRESIÓN HYD	7 días	lun 12/07/21	mar 20/07/21	
104		INST. BLOQUES SIST. ACO-2B PUC-71 (POST. INTALACIÓN DE MOTORES)	3 días	jue 22/07/21	lun 26/07/21	
105		INST. BATERÍA NRO1	6 días	jue 22/07/21	jue 29/07/21	
106		INST. DE EQUIPOS DE ARRANQUE	4 días	lun 02/08/21	jue 05/08/21	
107		INST. DE EQUIPOS DE SIST. CONTRA INCENDIO	7 días	lun 02/08/21	mar 10/08/21	
108		INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. MONOFÁSICA	5 días	vie 30/07/21	jue 05/08/21	
109		INST. BATERÍA NRO2	3 días	mié 11/08/21	vie 13/08/21	
110		INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. TRIFÁSICA	6 días	jue 12/08/21	jue 19/08/21	
111		INST. DE VALV. Y TUBERIAS DESMONTADAS	4 días	vie 20/08/21	mié 25/08/21	
112		INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO1	6 días	lun 20/09/21	lun 27/09/21	
113		INST. DE VALV. DE TRENES	4 días	jue 26/08/21	mar 31/08/21	
114		INST. VALV. DE MECANIZACIÓN	7 días	mié 01/09/21	jue 09/09/21	
115		INST. VALV. DE SPEED BR	2 días	vie 10/09/21	lun 13/09/21	
116		INST. VARILLAS CONT. VU	11 días	vie 09/07/21	vie 23/07/21	
117		INST ANTENA PION / TAPAS RADIOTRASPARENTES ESTR. VERT	3 días	lun 26/07/21	mié 28/07/21	
118		INST. DEL INVERSOR Y EQ	7 días	vie 10/09/21	lun 20/09/21	
119		INST. BLOQ. SIST. TESTER	3 días	vie 10/09/21	mar 14/09/21	
120		INST. SENSORES SIST. TES	6 días	mar 21/09/21	mar 28/09/21	



121		INST. CONTAINER PARACAIDAS	4 días	mar 21/09/21	vie 24/09/21
122		INST. DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS INSP. EN	3 días	mié 29/09/21	vie 01/10/21
123		INST. ACTUADOR ESTABILIZADOR	7 días	lun 04/10/21	mar 12/10/21
124		INST. CIERRE ELECTROMEC. DE PARACAIDAS	15 días	lun 04/10/21	vie 22/10/21
125		ACOND. EST. VERT. Y INST. VARILLAS	8 días	lun 28/06/21	mié 07/07/21
126		INSTALACION DEL ESTABILIZADOR VERTICAL Y TIMON DE DIRECCION	4 días	vie 09/07/21	mié 14/07/21
127		INST. BLOQUES SIT. TESTE	2 días	vie 09/07/21	lun 12/07/21
128		INST. BLOQUE SIST. MAN	7 días	mar 13/07/21	mié 21/07/21
129		INST. BLOQUE SIST. NAVEGACIÓN	12 días	jue 29/07/21	vie 13/08/21
130		INST. TUBERIAS HYD	2 días	jue 29/07/21	vie 30/07/21
131		INST. MP-100 (TIMON DE DIRECCION)	2 días	lun 16/08/21	mar 17/08/21
132		TRAB. FINALES. CABLEADO	2 días	mié 21/07/21	jue 22/07/21
133		ACOND. ELEV.	3 días	vie 09/07/21	mar 13/07/21
134		ARM. E INST. ARBOL CARDANICO EN EST. HORIZONTAL	4 días	mié 14/07/21	lun 19/07/21
135		ACOND. EST. HOR.	7 días	mar 20/07/21	mié 28/07/21
136		INST. EST. HORIZONTAL	2 días	lun 02/08/21	mar 03/08/21
137		INST. DE LOS ELEVADORES	5 días	mié 04/08/21	mar 10/08/21
138		INST. MP-100	5 días	jue 12/08/21	mié 18/08/21
139		TRAB. FINALES CABLEADO	8 días	jue 12/08/21	lun 23/08/21
140		INST. SENSORES SIST. TES	4 días	jue 26/08/21	mar 31/08/21
141		ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	6 días	jue 17/06/21	jue 24/06/21
142		ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	2 días	jue 17/06/21	vie 18/06/21
143		INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN	6 días	jue 17/06/21	jue 24/06/21
144		INST. TERMOCUPLES	7 días	vie 09/07/21	lun 19/07/21
145		INST. TANQUE HYD	4 días	vie 09/07/21	mié 14/07/21
146		INST. SENSORES SIST. TES	2 días	vie 09/07/21	lun 12/07/21
147		INST. ACUMULADOR HYD	3 días	vie 25/06/21	mar 29/06/21
148		ACOND. SENSORES MOTOC	4 días	mar 13/07/21	vie 16/07/21
149		INST. DE ALTERNADOR	2 días	mar 13/07/21	mié 14/07/21
150		INST. DE MOTOR RH	9 días	mar 20/07/21	vie 30/07/21



151		INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	9 días	lun 02/08/21	jue 12/08/21
152		INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	2 días	vie 13/08/21	lun 16/08/21
153		INST. COMPUERTAS MOT	10 días	mié 01/09/21	mar 14/09/21
154		CONEXIONES ELECTRICAS	2 días	mié 01/09/21	jue 02/09/21
155		TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR	2 días	vie 03/09/21	lun 06/09/21
156		CONEXIÓN PLUG DE MO	10 días	mar 07/09/21	lun 20/09/21
157		INST. VIGAS ACO	13 días	mar 21/09/21	jue 07/10/21
158		INST. TERMOCUPLES	10 días	vie 25/06/21	jue 08/07/21
159		LAVADO Y CHAQUEO FUGAS DE COMB.	2 días	mar 13/07/21	mié 14/07/21
160		INST. SENSORES SIST. TES	2 días	jue 15/07/21	vie 16/07/21
161		INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN	6 días	vie 16/07/21	vie 23/07/21
162		ACOND. SENSORES MOT	4 días	lun 19/07/21	jue 22/07/21
163		INST. FILTRO DE PRESION HYD	1 día	lun 26/07/21	lun 26/07/21
164		INST. FILTRO DE RETORNO HYD	15 días	mar 27/07/21	lun 16/08/21
165		INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	6 días	mar 27/07/21	mar 03/08/21
166		INST. TANQUE HYD	7 días	mar 27/07/21	mié 04/08/21
167		INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	6 días	mié 04/08/21	mié 11/08/21
168		INST. ACUMULADOR HYD	4 días	jue 05/08/21	mar 10/08/21
169		INST. DE ALTERNADOR	8 días	mié 11/08/21	vie 20/08/21
170		INST. MANOMETRO HTM	6 días	mié 11/08/21	mié 18/08/21
171		INST. VALV. DE CARGA 800600-1	10 días	lun 23/08/21	vie 03/09/21
172		INST. BOMB. HYD	9 días	jue 19/08/21	mar 31/08/21
173		INST. DE MOTOR LH	5 días	mié 01/09/21	mar 07/09/21
174		INST. COMPUERTAS MOT	6 días	mié 08/09/21	mié 15/09/21
175		INST. VIGAS ACO	15 días	jue 16/09/21	mié 06/10/21
176		CONEXIONES ELECTRICAS	3 días	vie 08/10/21	mar 12/10/21
177		TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR	6 días	vie 08/10/21	vie 15/10/21

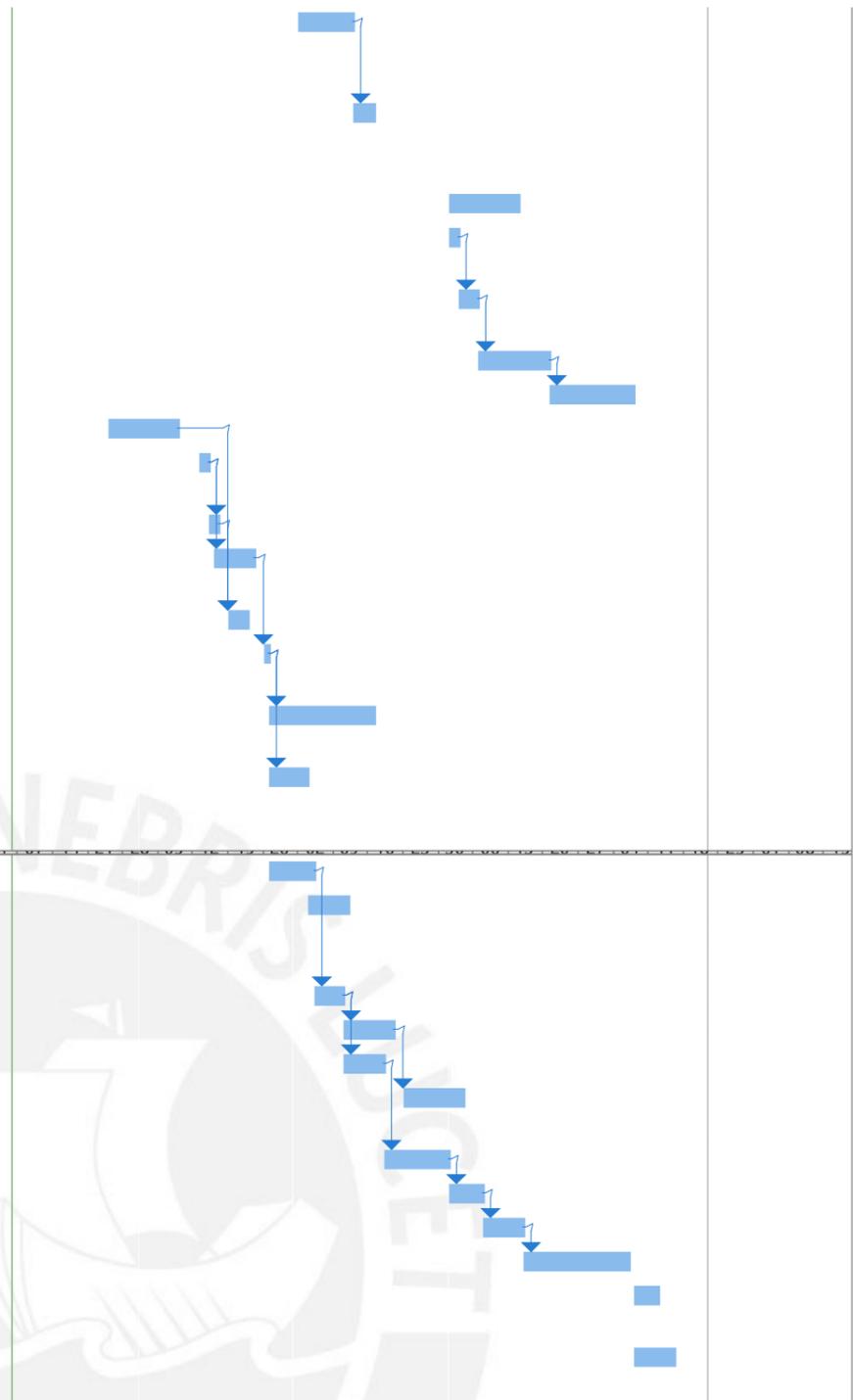


Figura 3.7 Diagrama de Gantt (Fase Ejecutada)  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Ruta Crítica: 35-36-76-79-80-81-83-107-110-111-113-114-118-119-122-124.

### 3.9 Diagrama de Cargas (Fase Ejecutada)

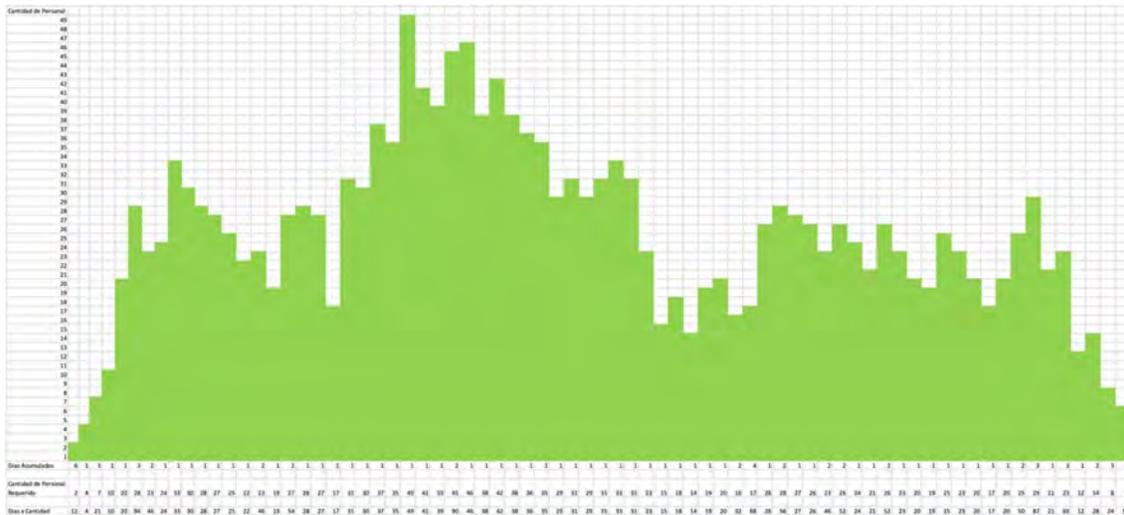


Figura 3.8 Diagrama de Cargas (Fase Ejecutada)

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se realizó el diagrama de cargas, mostrado en la Figura 3.8, en el cual el eje y representa la cantidad de personal requerido, mientras que el eje x representa la cantidad de días acumulados. En este diagrama se observó que se requiere un pico de 49 personas en 1 día para realizar el proceso de armado de la aeronave. El personal termina la fase de armado en 103 días y tiene disponible 51 trabajadores de las distintas áreas, por lo que cuenta con una eficiencia del 44.87%.

### 3.10 Costos de la Mano de Obra

La empresa cuenta con mano de obra calificada para realizar el armado de una aeronave, esta mano de obra se divide, a su vez, en distintas sub-áreas o talleres entre los cuales se va a enfocar en los talleres de estructura de aeronaves, el taller de aviónica de aeronaves, el taller de armamento y equipos auxiliares y el taller de motores. El taller de aeronaves y subsistemas cuenta con 23 operarios (5 de primer nivel, 16 de segundo nivel y 2 de tercer nivel), el taller de aviónica de aeronaves cuenta con 11 operarios (2 de primer nivel, 5 de segundo nivel y 4 de tercer nivel), el taller de armamento y equipos auxiliares cuenta con 8 operarios (4 de primer nivel, 3 de segundo nivel y 1 de tercer nivel) y el taller de aeronaves cuenta con 3 operarios (2 de primer nivel, 1 de segundo nivel). Los operarios de los diferentes talleres reciben pagos mensuales. Realizando un promedio, el sueldo mensual de los operarios es de S/.3000.

### 3.11 Costos del Fase Planificada

Los costos que se considerarán significativos son los relacionados al material misceláneo, material estructural y servicios de luz, ya que pueden variar dependiendo de la disponibilidad de stock de los materiales. Los montos para la fase planificada se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Costos de la Fase Planificada  
Fuente: La Empresa (2021)

N°	PARTIDA	MONTO
1	Adquisición de material misceláneo	311,411.95
2	Adquisición de grasas, aceites y lubricantes	160,095.00
3	Adquisición de sellantes	45,220.00
4	Adquisición de pinturas e insumos químicos	56,204.80
5	Adquisición de material estructural	424,611.29
6	Gastos de servicios (Luz)	12,000.00
7	Gastos de servicios (Agua)	3,000.00
8	Material de escritorio	900.00
9	Operarios	953,872.70
		<b>1,967,315.74</b>

### 3.12 Costos de la Fase Ejecutada

Los costos que se consideraran significativos son los relacionados al material misceláneo, material estructural y servicios de luz, ya que pueden variar dependiendo de la puesta en marcha de la fase de armado. Los montos para la fase ejecutada se muestran en la Tabla 3.15.

Tabla 3.10 Costos de la Fase Ejecutada  
Fuente: La Empresa (2021)

N°	PARTIDA	MONTO
1	Adquisición de material misceláneo	308,876.45
2	Adquisición de grasas, aceites y lubricantes	160,095.00
3	Adquisición de sellantes	45,220.00
4	Adquisición de pinturas e insumos químicos	56,204.80
5	Adquisición de material estructural	396,256.89
6	Gastos de servicios (Luz)	16,000.00
7	Gastos de servicios (Agua)	4,000.00
8	Material de escritorio	900.00
9	Operarios	1,067,922.70
		<b>2,055,475.84</b>

### 3.13 Diagnóstico

Para el diagnóstico, se realizará un comparativo entre el proyecto planificado y el proyecto ejecutado. Antes de realizar el diagnóstico, es importante resaltar las diferencias entre el proyecto planificado y el proyecto ejecutado. El proyecto planificado hace referencia al conjunto de actividades organizadas que representa la estimación de la mano de obra, la cantidad de días y como se espera que termine el proyecto, mientras que el proyecto ejecutado hace referencia como finalmente se utilizó la mano de obra, la cantidad de días y como terminó el proyecto. Se observó una diferencia de 11 días en la culminación entre el proyecto planificado y el proyecto ejecutado, representando este un aumento del 12% según lo planificado. En soles, y solo haciendo el detalle en los operarios, la empresa utilizó su mano de obra de manera adicional equivalente a una suma de S/.114'050.00. La ruta crítica de la fase planeada y la fase ejecutada son similares, ambas hacen énfasis en el fuselaje delantero, específicamente en el tren de nariz, y en el fuselaje posterior, específicamente en el estabilizador y los empenajes.

En el diagrama de cargas de la fase planificada y la fase ejecutada se observaron diferentes picos en un día del personal. La diferencia de picos de personal empleado fue de 8 personas, es decir, hubo un aumento de uso del personal en día pico de 19.51%. En cuanto a la eficiencia del uso del personal, se observó que la diferencia de eficiencias entre la planificada y la ejecutada fue de 12.39 puntos porcentuales, es decir, hubo un aumento de la eficiencia de 38.15%. Este aumento en la eficiencia se debe al intento de culminar en el plazo programado.

La diferencia de los costos entre las fases planificada y ejecutada fue de S/.88'160.10 y tuvo un aumento del 4.48%, es decir, hubo un sobrecosto en el presupuesto estimado. Es política de la empresa presupuestar más de lo estimado teniendo en consideración los inconvenientes que se pueden presentar a lo largo del proyecto, así como fallas, reprocesos y deterioro de herramientas; sin embargo, no se esperaba que el proyecto se prolongue 11 días más de lo planificado. Esta comparación se encuentra resumida en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Comparación entre Fase Planificada y Fase Ejecutada  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

	Planificado	Ejecutado	Diferencia	Incremento o Disminucion
Dias	92	103	11	12%
Picos (Personal)	41	49	8	19.51%
Eficiencia	32.48%	44.87%	12.39%	38.15%
Costos (S/.)	S/ 1,967,315.74	S/ 2,055,475.84	S/ 88,160.10	4.48%

## 4 PROPUESTA DE MEJORA

### 4.1 Propuesta de Mejora

#### 4.1.1 Metodología PERT/CPM

La metodología se aplicará a la fase planificada, ya que son las estimaciones de tiempo realizadas por el equipo del proyecto. Se utilizaron datos en base a 6 aviones ensamblados para realizar un análisis estadístico. Para lograr dicho análisis, según el libro Administración de operaciones: Procesos y cadena de suministro (2013), se requiere que los tiempos de actividades se establezcan en términos de tres estimaciones razonables:

- I. El tiempo optimista ( $a$ ): es el tiempo más corto en el que puede completarse una actividad, si todo sale excepcionalmente bien.
- II. El tiempo más probable ( $m$ ) es el tiempo más probable requerido para determinar una actividad. Por lo que, se utilizará una distribución beta para hallarla.
- III. El tiempo pesimista ( $b$ ) es el tiempo estimado más largo requerido para realizar una actividad.

Para lograr este objetivo, se identificará cada actividad y se le asignará una letra a cada tarea. Luego, se estimarán los tiempos de cada actividad, haciendo énfasis en el tiempo optimista, el más probable, el pesimista, el tiempo esperado y la varianza. Se va a suponer que  $a$ ,  $m$  y  $b$  se pueden estimar con precisión, además, se va a suponer que la desviación estándar del tiempo de la actividad es un sexto del intervalo  $b - a$ , de manera que la posibilidad de que los tiempos reales de la actividad caigan entre  $a$  y  $b$  es alta. Estas derivaciones muestran que la media de distribución de beta se estima usando el siguiente promedio ponderado de las tres estimaciones de tiempo:

$$t_e = (a + 4m + b)/6$$

Y la varianza de la distribución beta será:

$$\sigma^2 = (b - a)^2 / 6^2$$

De esta manera, con los datos brindados por la empresa, se obtiene la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Tiempos Estimados y Análisis Estadísticos  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tarea	Nombre de tarea	Predecesoras	Tiempos Estimados (días)			Estadísticas de la Actividad	
			Optimista (a)	Más Probable (m)	Pesimista (b)	Tiempo Esperado (te)	Varianza (σ <sup>2</sup> )
A	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE LH	AG	1	4.15	10	4.60	2.250
B	INST. DE SENSORES DE COMBUSTIBLE RH	A	1	3.8	9	4.20	1.778
C	INST. DE SENSORES SIST. TESTER LH	A	1	5.55	14	6.20	4.694
D	INST. DE SENSORES SIST. TESTER RH	A	1	3.8	9	4.20	1.778
E	INST. DE SEMIALA LH	D+5 días	2	3.4	6	3.60	0.444
F	ACOND. SLATS LH / RH	D+5 días	1	2.75	6	3.00	0.694
G	INST. DE SEMIALA RH	E	2	3.4	6	3.60	0.444
H	INST. DE LOS SLAT LH	E	3	4.75	8	5.00	0.694
I	INST. PLUG DE EMPOTRAMIENTO ALA RH	E	1	2.4	5	2.60	0.444
J	INST. DE LOS SLAT RH	H;I	3	4.75	8	5.00	0.694
K	ACOND. ALERON LH / RH	J	2	3.75	7	4.00	0.694
L	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) LH Y MEC. DE RETORNO	J	2	3.75	7	4.00	0.694
M	INST. DE SOPORTE DE BU-45 (ALERON) RH Y MEC. DE RETORNO	J+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
N	INST. DE ALERON LR/RH	K;L	2	3.75	7	4.00	0.694
O	INST. DE SUPERFICIE FLAPS LH/RH	M	2	3.4	6	3.60	0.444
P	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK LH	O+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
Q	INST. DE LUCES DE NAVEGACION LH	O+1 día	1	5.55	14	6.20	4.694
R	INST. MICRO DE SLATS LH	P;BR;BS;BT	1	2.4	5	2.60	0.444
S	INST. DEL SW DEL SPEED BREAK RH	R	2	3.75	7	4.00	0.694
T	INST. MICRO DE SLATS RH	R	1	5.2	13	5.80	4.000
U	INST. DE LUCES DE NAVEGACION RH	T	1	3.8	9	4.20	1.778
V	INST. ARTICULOS INSP. EN SEMAN	U+1 día	2	3.4	6	3.60	0.444
W	INSTALACION DE MANGUERAS Y ACTUADOR DE SLAT LH	U+1 día	1	2.75	6	3.00	0.694
X	INSTALACION DE MANGUERAS ACTUADOR DE SLAT RH	W	1	2.75	6	3.00	0.694
Y	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK LH Y TUBERIAS	X	2	3.4	6	3.60	0.444
Z	INST. DEL ACTUADOR DEL SPEED BREAK RH Y TUBERIAS	X+1 día	2	3.05	5	3.20	0.250
AA	INST. DE BU-45 (ALERONES) LH	X+1 día	4	5.75	9	6.00	0.694
AB	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP LH (02EA)	Y	3	4.75	8	5.00	0.694
AC	INST. DE BU-45 (ALERONES) RH	Z+1 día	3	4.75	8	5.00	0.694
AD	INST. DE LOS ACTUADORES DE FLAP RH (02 EA)	Z+1 día	4	5.75	9	6.00	0.694
AE	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO LH	AA+1 día;AB+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
AF	INST. DE TUBERIAS DE EMPOTRAMIENTO RH	AD;AE	2	3.4	6	3.60	0.444
AG	ARMADO DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA		2	3.75	7	4.00	0.694
AH	INST. DEL PITOT PRINCIPAL Y EMERGENCIA	AG CC	2	3.75	7	4.00	0.694
AI	INST. SENSORES DE PRESION	AH	6	7.75	11	8.00	0.694
AJ	INST. DE BLOQUES DE SISTEMA CBC	AH+4 días	2	4.45	9	4.80	1.361
AK	INST. EQUIP. SIST UUAP	AH+5 días	2	3.4	6	3.60	0.444
AL	INST. DE SIST. DE RADIO	AJ;AK	10	14.9	24	15.60	5.444
AM	INST. DEL EQUIP. SIST. PARABRISAS	AL+4 días	1	5.9	15	6.60	5.444
AN	INST. DEL BLOQUE PPD	AM+4 días	1	2.75	6	3.00	0.694
AO	INST. SIST. OXIGENO	AH	3	6.5	13	7.00	2.778
AP	INST. DUCTOS AIRE ACONDICIONADO	AO+2 días	2	3.75	7	4.00	0.694
AQ	INST. DEL SIST DE MANDO DE AMBOS MOTORES	AO+2 días	8	9.75	13	10.00	0.694
AR	INST. CONSOLA LH	AO+2 días	2	3.75	7	4.00	0.694
AS	INST. VALV. NEUMOCOMMUTADORA	AO+3 días	4	5.4	8	5.60	0.444
AT	INST. VOLTIMETRO	AS FF	1	3.1	7	3.40	1.000
AU	INST DE PANEL LATERAL RH	AS;AT	3	4.4	7	4.60	0.444
AV	INST. CONSOLA RH	AQ;AU	3	3.7	5	3.80	0.111
AW	INST DE PANELES FRONTAL RH	AV	1	3.1	7	3.40	1.000
AX	INST DE PANELES FRONTAL LH	AW	2	3.75	7	4.00	0.694
AY	INST. DE CONJUNTO DE PEDAL	AW+1 día	2	3.4	6	3.60	0.444
AZ	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 1	AW+1 día	2	6.2	14	6.80	4.000
BA	INST. MANETA DE EXTENSION DE TREN DE EMERGENCIA	AY;AZ	2	3.75	7	4.00	0.694
BB	INST. MANETA DE FRENADO DE PARQUEO	AZ+1 día	2	3.4	6	3.60	0.444
BC	INST DE LA CONSOLA LATERAL RH Y ALIMENTACION	BB	3	4.75	8	5.00	0.694
BD	INST DE PANELES FRONTAL	BC	4	5.75	9	6.00	0.694
BE	INST. CAMARA FOTOGRAFICA	BC+ 2 días	1	4.5	11	5.00	2.778
BF	INST. BLOQUE DE COMBUSTIBLE	BE	1	4.15	10	4.60	2.250
BG	INST. DE MANETA DE CONMUTACION PITOT	BE	1	5.55	14	6.20	4.694
BH	INST DE PANELES LATERAL RH / LH (TAPAS FIBRA VIDRIO)	BF;BG;BD	2	3.75	7	4.00	0.694
BI	INST DE EQUIPOS DE PUPITRES DE MANDO	BF;BG	3	4.75	8	5.00	0.694

BJ	INST DE BLOQUES SIST BOMBARDERO	BG+1 día	1	5.55	14	6.20	4.694
BK	INST. DE BASTON DE MANDO	BG+1 día	2	3.4	6	3.60	0.444
BL	INST. SIST. EYECCION	BI;BK	3	4.75	8	5.00	0.694
BM	INST. VARILLAS CONT. VUELO	AO+1 día	10	11.75	15	12.00	0.694
BN	INST. SENSORES COMBUST.	AJ	5	9.55	18	10.20	4.694
BO	INST. BLOQ. SIST. NAV.	AK	4	7.5	14	8.00	2.778
BP	INST. SIST. CAJA DISTRIBUCION C/C NRO 2	E	4	5.4	8	5.60	0.444
BQ	INST. BLOQ. Y ANTENAS	BN+1 día;BO+1 día	3	3.7	5	3.80	0.111
BR	INST. TUBERIAS Y ARTICULOS INSP.	AX	4	5.4	8	5.60	0.444
BS	INST. RADIADOR Y VALV.	BQ+6 días	2	3.75	7	4.00	0.694
BT	INST. BOTELLA SOXIGENO	BQ+6 días	2	3.75	7	4.00	0.694
BU	INST. TUBERIAS DESM.	AH+5 días	2	3.75	7	4.00	0.694
BV	INSTALACIÓN DE TREN DE NARIZ	AH+4 días	4	5.75	9	6.00	0.694
BW	INST. ACTUADOR TREN DE NARIZ	AJ	2	3.4	6	3.60	0.444
BX	INST. VALV DEL SIST FRENADO	AJ	5	6.75	10	7.00	0.694
BY	INST. VALV. GA 184, LANZADERA, MEC. LEVA Y VARILLAJE STEERING	BV	4	5.75	9	6.00	0.694
BZ	INST. VALV. DE EXTENCION DE TREN EMERG.	BY	2	3.4	6	3.60	0.444
CA	INST. SIST. VARILLAJE COMP.	BZ	2	3.75	7	4.00	0.694
CB	INST. RUEDAS NEUMATICO, EJE, RODAJES, GUARDAFANGO	BZ+1días	2	3.75	7	4.00	0.694
CC	INST. EQUIPOS ELECT.	CA	2	3.4	6	3.60	0.444
CD	COMP. CINEMATICA NLG	CA	2	3.75	7	4.00	0.694
CE	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO2	CB	2	3.4	6	3.60	0.444
CF	INST. EQ. ARRANQUE	CC;CD	2	3.75	7	4.00	0.694
CG	INST. BLOQ. CYO-T8 / CONVERTIDOR ESTATICO PTC-1000 / 500	CC;CD	1	2.75	6	3.00	0.694
CH	INST. DEL MICRO DE NLG	CE	2	3.75	7	4.00	0.694
CI	INST. PLUG. VALV. HYD.	CF	1	2.75	6	3.00	0.694
CJ	INST EQ. NAV.	CI+1días	3	4.4	7	4.60	0.444
CK	INST. SENSORES SIST. TESTER	CJ	2	6.2	14	6.80	4.000
CL	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P RH	CI+1 día	5	6.75	10	7.00	0.694
CM	INST. DE TUBERIAS DESMONTADAS T/P LH	CK;CL	4	5.4	8	5.60	0.444
CN	INST. TREN PRINCIPAL DER.	DH	4	5.75	9	6.00	0.694
CO	INST. TREN PRINCIPAL IZQ.	CM	4	5.75	9	6.00	0.694
CP	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P RH	CM+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
CQ	INST. DE ARO Y NEUMÁTICO DE T/P RH Y LH	CN	3	3.7	5	3.80	0.111
CR	INST. ACCESORIOS DE FRENADO T/P LH	CP	2	3.75	7	4.00	0.694
CS	INS. DE TUBERÍAS Y MANGUERAS T/P RH	CP	3	3.7	5	3.80	0.111
CT	INST. EXTINTORES Y DUCTOS, SIST.CONTRAINCENDIOS	A	5	8.5	15	9.00	2.778
CU	INST. SENSORES DE COMB.	CT+3 días;BV	3	4.4	7	4.60	0.444
CV	INST. SENSORES SIST. TESTER	BX	3	4.75	8	5.00	0.694
CW	INST. SENSORES DE PRESIÓN HYD	CV	2	3.75	7	4.00	0.694
CX	INST. BLOQUES SIST. ACO-2B PUC-71 (POST. INTALACIÓN DE MOTORES)	CW+1 día	2	3.4	6	3.60	0.444
CY	INST. BATERÍA NRO1	CW+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
CZ	INST. DE EQUIPOS DE ARRANQUE	CC;CD	2	3.75	7	4.00	0.694
DA	INST. DE EQUIPOS DE SIST. CONTRAINCENDIO	CC;CD	2	4.1	8	4.40	1.000
DB	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. MONOFÁSICA	CX;CY	3	4.75	8	5.00	0.694
DC	INST. BATERÍA NRO2	CZ;DA	3	3.35	4	3.40	0.028
DD	INST. DE EQUIPOS ELECT. C.A. TRIFÁSICA	CZ+1 día;DA+1 día	2	3.75	7	4.00	0.694
DE	INST. DE VALV. Y TUBERIAS DESMONTADAS	DD	3	4.05	6	4.20	0.250
DF	INST. DE EQUIPOS DE DISTRIB. C.A. TRIFÁSICA NRO1	T	2	3.75	7	4.00	0.694
DG	INST. DE VALV. DE TRENES	DE	2	3.75	7	4.00	0.694
DH	INST. VALV. DE MECANIZACIÓN	DG	2	3.75	7	4.00	0.694
DI	INST. VALV. DE SPEED BRAKE	DH	2	3.05	5	3.20	0.250
DJ	INST. VARILLAS CONT. VUELO	CT	6	7.75	11	8.00	0.694
DK	INST ANTENA PION / TAPAS RADIOTRANSARENTES ESTB. VERT.	DJ	3	4.75	8	5.00	0.694
DL	INST. DEL INVERSOR Y EQ.	DH	2	3.75	7	4.00	0.694
DM	INST. BLOQ. SIST. TESTER	DH	3	4.75	8	5.00	0.694
DN	INST. SENSORES SIST. TESTER	DI;DL	3	7.55	16	8.20	4.694
DO	INST. CONTAINER PARACAIDAS	DL	2	3.4	6	3.60	0.444
DP	INST. DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	DN	2	3.75	7	4.00	0.694
DQ	INST. ACTUADOR ESTABILIZADOR	DP	2	3.75	7	4.00	0.694
DR	INST. CIERRE ELECTROMECC. DE PARACAIDAS	DP	1	5.9	15	6.60	5.444
DS	ACOND. EST. VERT. Y INST. VARILLAS	BV	3	4.75	8	5.00	0.694

DT	INSTALACION DEL ESTABILIZADOR VERTICAL Y TIMON DE DIRECCION	DS+1 día	4	5.75	9	6.00	0.694
DU	INST. BLOQUES SIT. TESTER	DS+1 día	1	2.05	4	2.20	0.250
DV	INST. BLOQUE SIST. MANDO	DU	2	3.75	7	4.00	0.694
DW	INST. BLOQUE SIST. NAVEGACIÓN	DV;DK	1	4.85	12	5.40	3.361
DX	INST. TUBERIAS HYD	DV;DK	1	2.05	4	2.20	0.250
DY	INST. MP-100 (TIMON DE DIRECCION)	DW;DX	2	3.05	5	3.20	0.250
DZ	TRAB. FINALES. CABLEADO	AW	2	3.75	7	4.00	0.694
EA	ACOND. ELEV.	CT	3	4.4	7	4.60	0.444
EB	ARM. E INST. ARBOL CARDANICO EN EST. HORIZONTAL	EA	3	4.4	7	4.60	0.444
EC	ACOND. EST. HOR.	EB	1	3.1	7	3.40	1.000
ED	INST. EST. HORIZONTAL	EC+2 días;DK	2	3.75	7	4.00	0.694
EE	INST. DE LOS ELEVADORES	ED	3	3.7	5	3.80	0.111
EF	INST. MP-100	EE+1 día	3	4.75	8	5.00	0.694
EG	TRAB. FINALES CABLEADO	EE+1 día	3	4.75	8	5.00	0.694
EH	INST. SENSORES SIST. TESTER	EG+2 días	3	5.45	10	5.80	1.361
EI	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	AH+5 días	2	3.4	6	3.60	0.444
EJ	ACOND. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	AH+5 días	2	3.75	7	4.00	0.694
EK	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	AH+5 días	2	3.75	7	4.00	0.694
EL	INST. TERMOCUPLES	CT	4	5.75	9	6.00	0.694
EM	INST. TANQUE HYD	CT	3	4.75	8	5.00	0.694
EN	INST. SENSORES SIST. TESTER	CT	2	3.75	7	4.00	0.694
EO	INST. ACUMULADOR HYD	EK	2	3.75	7	4.00	0.694
EP	ACOND. SENSORES MOTOR	EN	2	3.4	6	3.60	0.444
EQ	INST. DE ALTERNADOR	EN	2	3.75	7	4.00	0.694
ER	INST. DE MOTOR RH	EL;EP;EQ	4	5.75	9	6.00	0.694
ES	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	ER	1	3.8	9	4.20	1.778
ET	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	ES	1	2.75	6	3.00	0.694
EU	INST. COMPUERTAS MOTOR	EG;EH	1	4.15	10	4.60	2.250
EV	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	EG;EH	1	2.75	6	3.00	0.694
EW	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	EV	1	2.75	6	3.00	0.694
EX	CONEXIÓN PLUG DE MOTOR	EW	1	4.15	10	4.60	2.250
EY	INST. VIGAS ACO	EX	1	5.2	13	5.80	4.000
EZ	INST. TERMOCUPLES	EK	5	6.75	10	7.00	0.694
FA	LAVADO Y CHAQUEO FUGAS DE COMB.	EN	2	3.75	7	4.00	0.694
FB	INST. SENSORES SIST. TESTER	FA	2	5.85	13	6.40	3.361
FC	INST. TUBERIAS Y ACCESORIOS INSP. EN SEMAN	FA+1 día	3	4.75	8	5.00	0.694
FD	ACOND. SENSORES MOTOR	EZ;FB	2	3.75	7	4.00	0.694
FE	INST. FILTRO DE PRESION HYD	FC	1	2.4	5	2.60	0.444
FF	INST. FILTRO DE RETORNO HYD	FE	1	5.9	15	6.60	5.444
FG	INST. TUBERIAS, DE VENTILACION DEL ARRANCADOR Y ALTERNADOR	FE	1	2.75	6	3.00	0.694
FH	INST. TANQUE HYD	FD;FE	3	4.4	7	4.60	0.444
FI	INST. LINEAS CONTRA INCENDIO DEL MOTOR	FG	1	2.75	6	3.00	0.694
FJ	INST. ACUMULADOR HYD	FH	2	3.75	7	4.00	0.694
FK	INST. DE ALTERNADOR	FJ	1	3.45	8	3.80	1.361
FL	INST. MANOMETRO HTM-240	FJ	2	3.75	7	4.00	0.694
FM	INST. VALV. DE CARGA 800600-1	FK	1	4.15	10	4.60	2.250
FN	INST. BOMB. HYD	FL	1	3.8	9	4.20	1.778
FO	INST. DE MOTOR LH	FN	4	5.05	7	5.20	0.250
FP	INST. COMPUERTAS MOTOR	FO	1	2.75	6	3.00	0.694
FQ	INST. VIGAS ACO	FP	1	5.9	15	6.60	5.444
FR	CONEXIONES ELECTRICAS ALTERNADOR Y GENERADOR	EY	1	2.75	6	3.00	0.694
FS	TRAB. FINAL DE CABLEADO DE SENSOR FUEGO RH	EY	1	2.75	6	3.00	0.694

La ruta crítica sería la siguiente:

Ruta Crítica: AG-A-D-E-H-J-M-O-P-R-T-U-W-X-Y-AB-AE-AF

Según el libro Administración de operaciones: Procesos y cadena de suministro, debido a la suposición de que las duraciones de las actividades son variables aleatorias independientes, se puede usar el teorema del límite central (TLC), el cual establece que la suma de un grupo de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas se acerca a una distribución normal conforme el número de variables aleatorias crece. La media de la distribución normal será la suma de los tiempos esperados de las actividades de la ruta crítica; de la misma manera, la varianza de la distribución normal será la suma

de las varianzas de las actividades de la ruta crítica (2013: 68). De esta manera, se calculan los siguientes valores:

$T_e = 81.8 \text{ días}$ $\sigma^2 = 17.583 \text{ días}$
--

Para conseguir un mejor entendimiento del proyecto, se simplificó el diagrama de redes del Anexo 2 como se muestra en la Figura 4.2 (solo se utilizaron los recorridos de mayor duración).

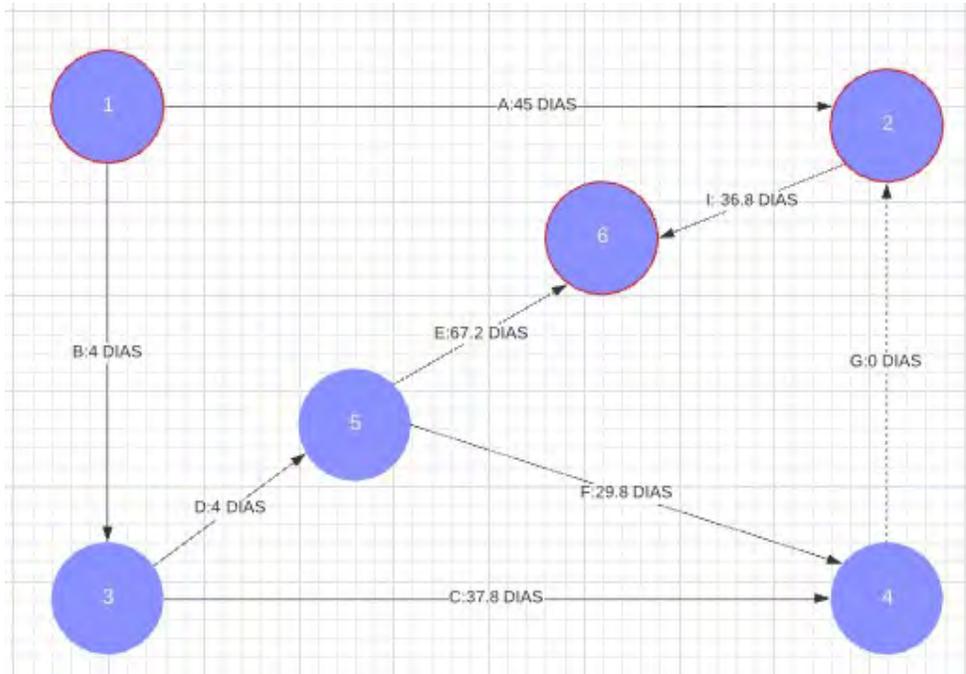


Figura 4.2 Diagrama de Redes Simplificado  
Fuente: Elaboración Propia (2021)

Considerando un nivel de confianza del 95% y tomando muestras de 6 aviones ensamblados:

$$IC = \left( \mu - Z_{\alpha/2} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \mu + Z_{\alpha/2} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$IC = \left( 81.8 - 1.96 \times \frac{4.193}{\sqrt{6}}, 81.8 + 1.96 \times \frac{4.193}{\sqrt{6}} \right)$$

$$IC = (78.4, 85.2) \approx (79, 86) \text{ días}$$

## 4.1.2 Guía PMBOK

Según la Guía PMBOK, realizar el plan para la dirección del proyecto consiste en precisar, planificar y organizar todos los componentes del plan integral para la dirección del proyecto. Lo que se busca es la redacción de un documento que defina las bases para todo lo desarrollado en el proyecto y la manera en que este se realizará (2013: 72). Las entradas, las herramientas y técnicas, y las salidas del plan para la dirección del proyecto se muestran en la Figura 4.3.



Figura 4.3 Plan para la Dirección del Proyecto

Fuente: Project Management Institute (2017)

Para la propuesta de mejora, se utilizarán las salidas del plan para la dirección del proyecto, ya que en este se encuentra el plan para la dirección del proyecto en sí. El plan para la dirección del proyecto tiene varios componentes como el plan gestión del alcance el cual describe la manera en la que el alcance se establecerá, se expandirá, se controlará y se confirmará. Luego se tiene el plan de gestión de los requisitos el cual describe la manera en la que se examinarán, registrarán y administrarán los requisitos. Luego se tiene el plan de gestión de cronograma el cual describe las pautas y las tareas que se realizarán para desplegar y examinar el cronograma. Luego se tiene el plan de gestión de costos el cual describe la manera en que se programarán, organizarán y monitorearán los costos. Luego se tiene el plan de gestión de la calidad el cual describe la manera en la que las normas, tácticas y modelos de calidad se desarrollarán. Luego se tiene el plan de gestión de los recursos el cual otorgará un manual el cual indicará la manera en la que se debe segmentar, distribuir, administrar y desatar los recursos. Luego se tiene el plan de gestión de las comunicaciones el cual describe la manera, en que momento y la persona o grupo de personas que gestionará y realizará los comunicados. Luego se tiene el plan de gestión de los riesgos el cual describe la manera en como se organizará y realizarán las tareas que involucran la gestión de riesgos. Luego se tiene el plan de gestión de adquisiciones el cual indicará la manera en la que se conseguirán los bienes y servicios para el equipo del proyecto. Finalmente, se tiene el plan de involucramiento de los interesados el cual describe la manera en la que se comprometerán los

inversionistas en las resoluciones y la ejecución del proyecto de acuerdo a sus exigencias, ganancias e impresiones.

En esta tesis se expondrán herramientas para algunos de los componentes del plan para la dirección del proyecto que necesitan más refuerzo. Los componentes del plan en los que se hará más énfasis son el plan de gestión del alcance, de los requisitos, del cronograma y de los riesgos. A continuación, se enunciarán las herramientas para estos componentes del plan de gestión:

La herramienta o técnica utilizada para gestionar el alcance del proyecto es el diagrama de contexto, mostrado en la Figura 4.4, el cual describe la magnitud del resultado del proyecto en el negocio de la empresa, y como el mismo se relaciona con diferentes personas y otros negocios. Los diagramas de contexto presentan la materia prima ingresante al sistema de la empresa, los actores ingresantes, los resultados del negocio y los actores que perciben estos resultados.

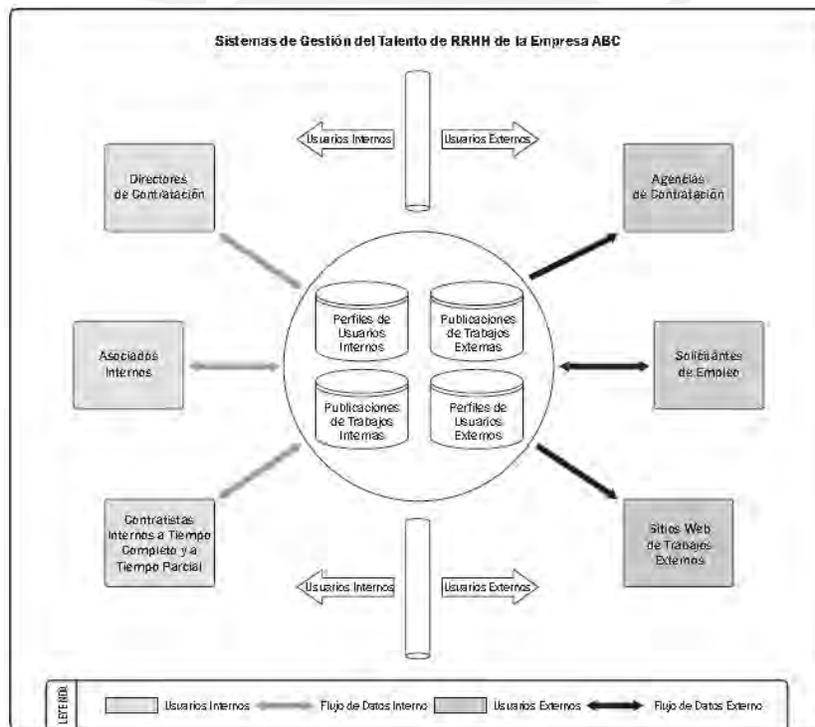


Figura 4.4 Diagrama de Contexto  
 Fuente: Project Management Institute (2017)

La herramienta o técnica utilizada para gestionar los requisitos del proyecto es la matriz de trazabilidad de requisitos, mostrada en la Figura 4.5. Según la Guía del PMBOK, esta matriz relaciona los requisitos con los respectivos entregables del proyecto. Asimismo, esta matriz garantiza que todos los requisitos

agreguen valor al vincularlos con los objetivos del proyecto, además de brindar una forma para controlar los requisitos a lo largo del proyecto, lo cual ayuda a confirmar que al final del proyecto se proporcionen de manera efectiva los requisitos aceptados en la documentación. Adicionalmente, brinda una estructura para administrar las modificaciones relacionadas con el alcance del producto. Además, en esta matriz se pueden reconocer las características asociadas a cada requisito. Estas características establecen aspectos importantes de cada requisito. Estas características o atributos habitualmente usados en esta matriz se caracterizan por tener un identificador, una descripción del requisito, el motivo por el cual se incorpora, la persona responsable, su origen, el orden de prioridad, la versión, el estado actual y la fecha del estado en que se registró (2017: 148-149).

Matriz de Trazabilidad de Requisitos								
Nombre del Proyecto:								
Centro de Costos:								
Descripción del Proyecto:								
ID	ID de Asociado	Descripción de los Requisitos	Necesidades, Oportunidades, Metas y Objetivos del Negocio	Objetivos del Proyecto	Entregables de la EDT/WBS	Diseño del Producto	Desarrollo del Producto	Casos de Prueba
001	1.0							
	1.1							
	1.2							
	1.2.1							
002	2.0							
	2.1							
	2.1.1							
003	3.0							
	3.1							
	3.2							
004	4.0							
005	5.0							

Figura 4.5 Matriz de Trazabilidad de Requisitos

Fuente: Project Management Institute (2017)

Según la Guía del PMBOK, para gestionar el cronograma del proyecto se utilizan diferentes técnicas para conseguirlo. Primero, se deben definir las actividades mediante un EDT, para esto se utiliza una técnica llamada descomposición, el cual es un método empleado para descomponer el alcance y los entregables del proyecto en partes más sencillas y accesibles. Los niveles de descomposición son dirigidos por la rigidez control que se desea aplicar para liderar el proyecto. El nivel de detalle para los trabajos de nivel más bajo cambia dependiendo del tamaño y la dificultad del proyecto. Para que ésta técnica pueda generar paquetes de trabajo se debe determinar y examinar los entregables y el trabajo realizado, construir la EDT, así como dividir las jerarquías superiores de la misma para que formen

parte de una menor jerarquía inferior, crear y designar códigos de identificación a los elementos de la EDT y confirmar que el grado de descomposición de los entregables sea el apto (2017: 158).

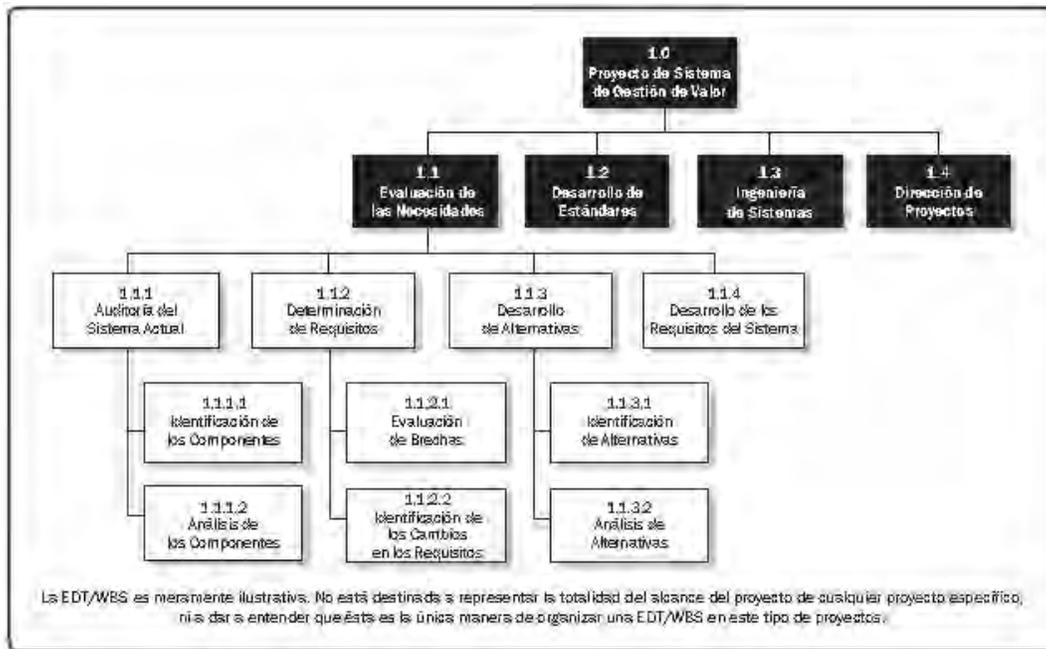


Figura 4.6 EDT desglosada hasta el nivel de Paquetes de Trabajo

Fuente: Project Management Institute (2017)

Según la Guía del PMBOK, la estructura de EDT se puede construir con diferentes enfoques. Las fases del ciclo de vida del proyecto pueden construir la segunda jerarquía, en la tercera jerarquía se encontrarían los entregables del producto y del proyecto, como segunda opción, se pueden utilizar los entregables principales para construir el segundo nivel o se pueden incorporar componentes de nivel inferior que puedan ser desarrollados por organizaciones externas al equipo del proyecto (2017: 159). Podemos encontrar algunos ejemplos como la Figura 4.6, la Figura 4.7 y la Figura 4.8.

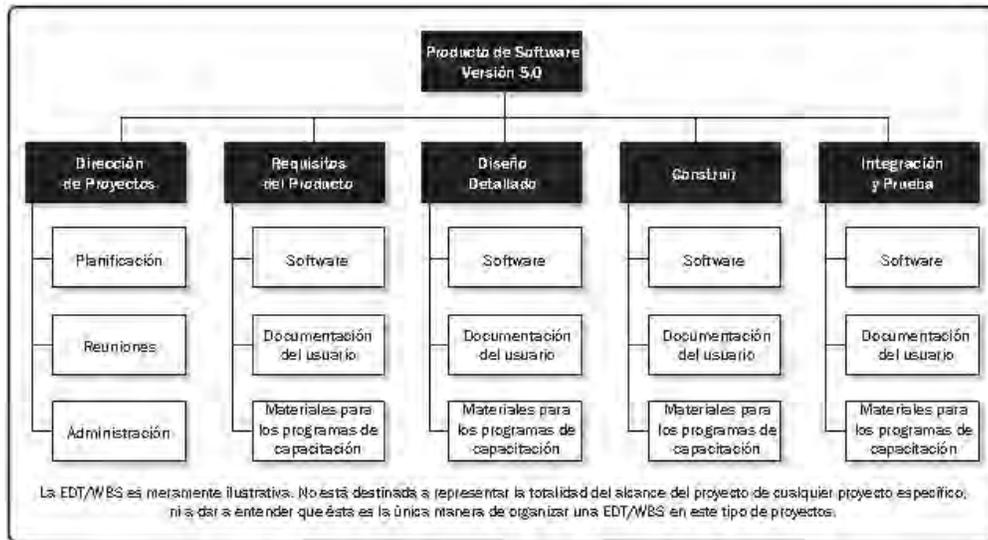


Figura 4.7 EDT organizada por fases  
 Fuente: Project Management Institute (2017)

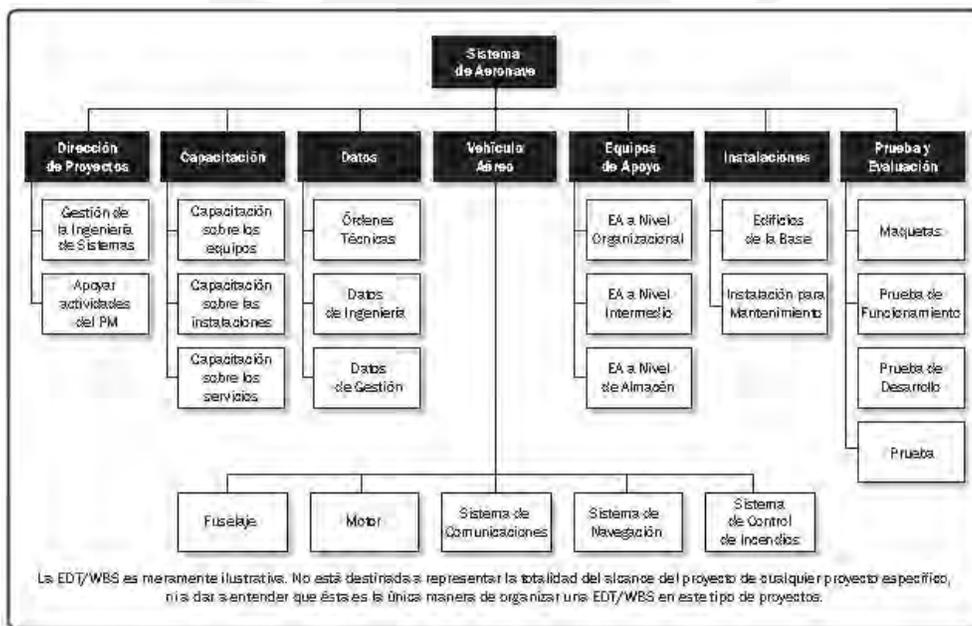


Figura 4.8 EDT basada en Entregables Principales  
 Fuente: Project Management Institute (2017)

Luego, se deben secuenciar las actividades, para lograr esto, se utilizará el método de diagramación por precedencia (PDM), mostrado en la Figura 4.9. Según la Guía PMBOK, este método se utiliza para construir un arquetipo en el que las tareas son representadas por nodos y se relacionan de manera gráfica a través de una o más relaciones lógicas para señalar el orden en que deben ser realizadas. Para poder ejecutarse es fundamental diferenciar una actividad predecesora de una actividad sucesora. Una actividad predecesora sucede antes que otra actividad, la cual sería una actividad sucesora. Una

actividad sucesora ocurre luego de otra actividad, la cual sería la actividad predecesora anteriormente mencionada. Para la aplicación de esta metodología existen cuatro tipos de dependencias o relaciones lógicas. Primero se tiene el tipo de dependencia final a inicio en el que una actividad sucesora no empieza hasta que la actividad predecesora finalice. Luego se tiene el tipo de dependencia final a final en el que una actividad sucesora no concluye hasta que la actividad predecesora finalice. Luego se tiene el tipo de dependencia inicio a inicio en el que una actividad sucesora no empieza hasta que la actividad predecesora inicie. Finalmente, se tiene el tipo de dependencia inicio a final en el que una actividad sucesora no concluye hasta que la actividad predecesora inicie (2017: 189-190) .

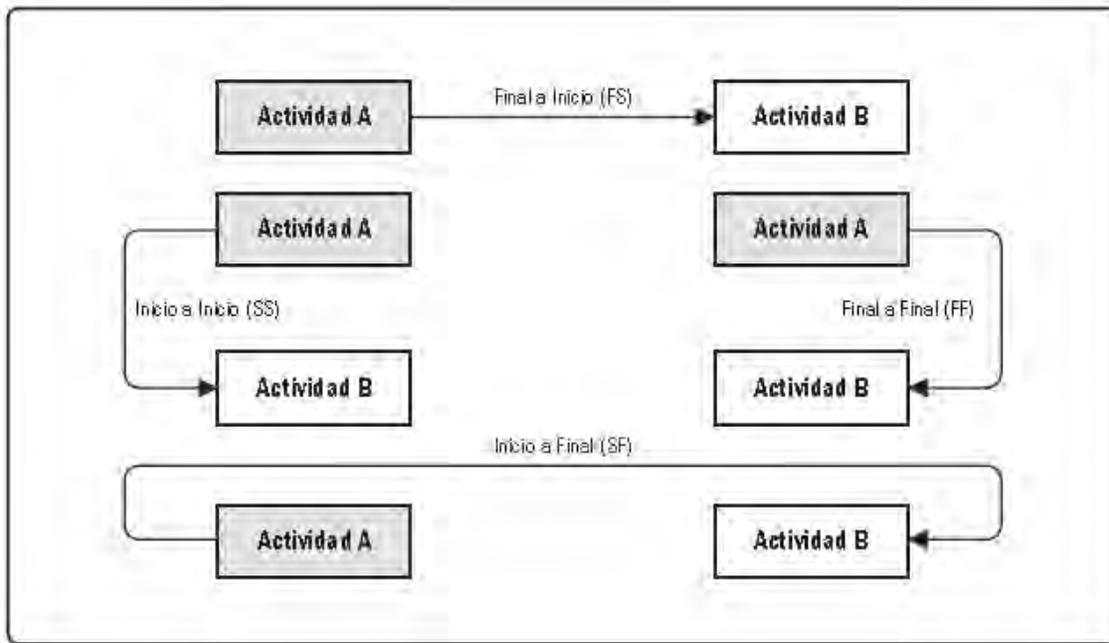


Figura 4.9 Método de Diagramación por Precedencia

Fuente: Project Management Institute (2017)

Luego, para estimar la duración de las actividades, la Guía PMBOK sugiere utilizar el método de estimación basada en tres valores, el cual consiste en estimar tres valores para establecer un valor esperado de duración de la actividad. Dentro de estos tres valores, se tiene el valor más probable (m), el cual es la duración de la actividad que depende de los insumos que le sean designados, de su productividad, del resultado esperado de disponibilidad para la actividad, de los factores relacionados a otros participantes y de los obstáculos que pudieran ocurrir. Luego se tiene el valor optimista (a) el cual vendría a ser la duración de la actividad calculada luego del análisis del mejor escenario. Finalmente, se tiene el valor pesimista (b) el cual vendría a ser la duración de la actividad calculada luego del análisis del peor escenario.

Se calcula la duración esperada ( $tE$ ) a partir de la distribución estimada de los valores estimados. La fórmula que se utilizará será la distribución triangular:

$$tE = (a + m + b) / 3$$

Las estimaciones de duración que se realizan en base a tres valores con una distribución establecida brindan una duración esperada y reducen el nivel de variabilidad o incertidumbre sobre la misma.

Luego, para desarrollar el cronograma en sí, la Guía del PMBOK sugiere utilizar el método de la ruta crítica para aproximar la mínima duración del proyecto y definir que tan flexible pueden ser los caminos de red lógicos dentro del modelo. Este método permite calcular las fechas en las que deben comenzar y terminar todas las actividades, sin considerar las limitaciones de los recursos. La ruta crítica se ve representada por el orden de actividades que indican el camino más largo para concluir con un proyecto, lo cual, a su vez, indica la menor duración posible del proyecto. Las fechas en las que comienzan y terminan las actividades indican los periodos en los que se podrían realizar las mismas, considerando las variables indicadas en el modelo de programación para duraciones de las actividades, dependencias, adelantos, retrasos, entre otras limitantes (2017: 210). Un ejemplo del uso de esta metodología es utilizado en la página 56 de esta tesis y mediante la cual se propone un mejor estimado de duración del proyecto.

Finalmente, se hará énfasis en el plan de gestión del riesgo, ya que la maquinaria e instrumentación utilizada para el ensamblado de una aeronave puede causar accidentes, y, por ende, retrasos. Primero, se debe identificar los riesgos existentes mediante una lista de ideas rápidas, la cual es una lista previamente establecida de categorías que constituyen diversos riesgos individuales del proyecto los cuales pueden significar una fuente de riesgo general para el proyecto. Según la Guía del PMBOK, este método se puede utilizar como un vistazo genérico que ayudará al equipo con la generación de ideas, utilizando métodos de reconocimiento de riesgos. Existen herramientas estratégicas adecuadas para el reconocimiento de orígenes de riesgo del proyecto como la herramienta PESTLE, TECOP o VUCA (2017: 416).

Luego, se realiza un análisis cualitativo de los riesgos en la que se utilizará una categorización de los riesgos. Según la Guía del PMBOK, los riesgos del proyecto se segmentan por orígenes del riesgo, por área afectada, por causas raíz o por otras categorías con la finalidad de definir qué áreas del proyecto son más vulnerables a los resultados de la variabilidad con la finalidad de desarrollar planes de acción más efectivas y reducir el riesgo (2017: 425).

Luego, se realiza un análisis cuantitativo de los riesgos en el que se puede utilizar una simulación de Monte Carlo, mostrado en la Figura 4.10, para el riesgo del costo o un análisis de sensibilidad mediante un diagrama de tornado. Según la Guía del PMBOK, la simulación de Monte Carlo usa como entradas las estimaciones de costos del proyecto y el cronograma junto con las estimaciones de duración. El resultado es un modelo de análisis cuantitativo de riesgos el cual puede ser generado por aplicaciones informáticas que iteran este modelo varias veces (2017: 433).

Según la Guía PMBOK, para cada iteración, los ingresos se escogen de manera aleatoria, los mismos se encuentran conformados por costos estimados y duraciones estimadas o ramas probabilísticas. Mientras que las salidas brindan los efectos probables sobre el proyecto, como fechas de termino del proyecto o el costo final del proyecto. Por lo general, se utiliza un histograma el cual indica la cantidad de corridas en las cuales ocurrió alguna particularidad para una simulación en especial, o una distribución de probabilidad acumulada (también conocida como curva S) la cual muestra la probabilidad de conseguir cualquier resultado. Asimismo, es posible realizar un análisis de criticidad el cual indique qué características del modelo de riesgo impactan de manera contundente sobre la ruta crítica del proyecto. Se evalúa un índice de criticidad para cada característica en el modelo de riesgo, en el cual se muestra qué tan frecuente se presenta esa característica en la ruta crítica durante la simulación (2017: 433).

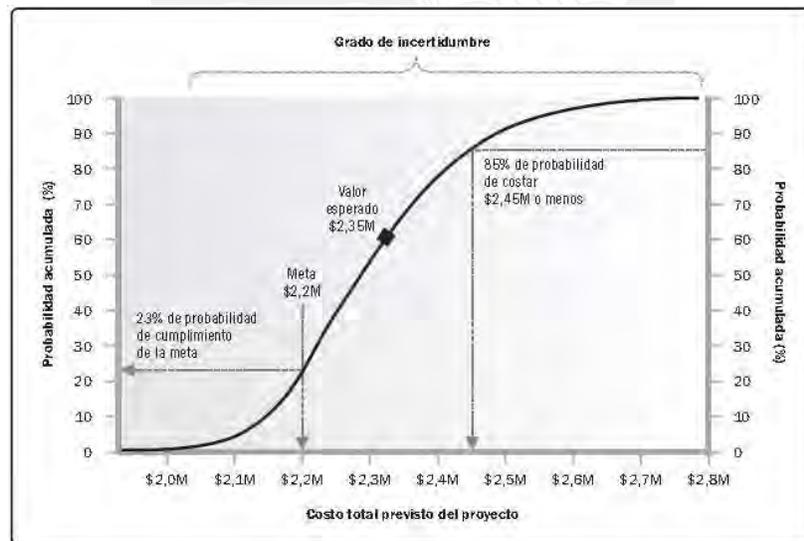


Figura 4.10 Curva S de un Análisis Monte Carlo

Fuente: Project Management Institute (2017)

Según la Guía del PMBOK, el análisis de sensibilidad define qué riesgos individuales del proyecto tienen efecto con mayor probabilidad de influir sobre los resultados del proyecto. Un gráfico común de análisis de sensibilidad es el diagrama de tornado, mostrado en la Figura 4.11, el cual muestra el

coeficiente de correlación calculado para cada característica del modelo de riesgos que tenga mayor efecto sobre el proyecto. El coeficiente comprende los riesgos individuales y las actividades del proyecto con un alto grado de incertidumbre. Las características están ordenados de manera que aquellas que tengan mayor fortaleza de correlación se encuentren arriba y las de menor fortaleza se encuentran abajo, generando la apariencia de un tornado (2017: 434).

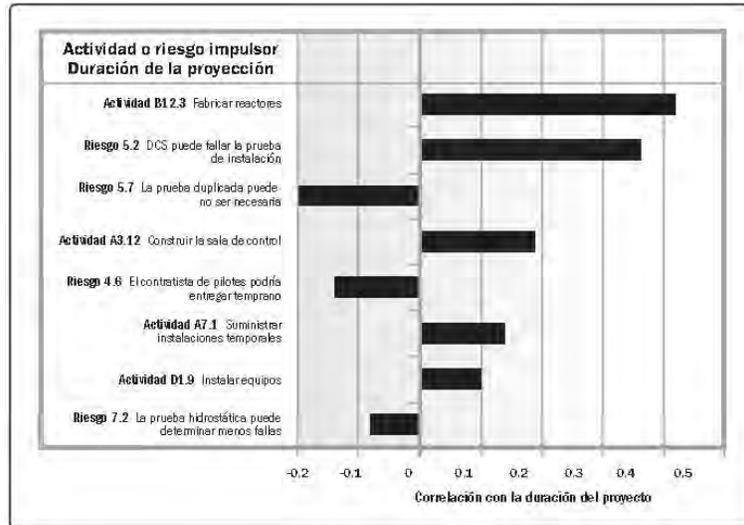


Figura 4.11 Diagrama Tornado

Fuente: Project Management Institute (2017)

Luego, se requiere planificar y ejecutar los planes de acción a los riesgos, los cuales se deben ejecutar tanto a los riesgos individuales como a los riesgos generales, para lo cual se utilizarán las siguientes estrategias:

La estrategia de evasión del riesgo se utiliza cuando el nivel de riesgo es considerablemente negativo y fuera de los parámetros de riesgo acordados para el proyecto. Esto conlleva a tomar acciones centralizadas en minimizar los resultados negativos de la variabilidad sobre el proyecto y colocarlo nuevamente dentro de los parámetros de riesgo acordados. Si es que no es posible llevar el proyecto otra vez dentro de los parámetros de riesgo acordados, el mismo podría anularse, lo cual significaría el nivel más intenso de evasión de riesgos y solo debe ser utilizado cuando el nivel de amenaza sobrepasa lo previsto.

La estrategia de explotación del riesgo es utilizada cuando el nivel de riesgo es considerablemente positivo y fuera de los parámetros de riesgo acordados para el proyecto. Esto conlleva a tomar acciones centralizada en retener los resultados positivos de la variabilidad sobre el proyecto.

La estrategia de transferir o compartir el riesgo es utilizada cuando el nivel de riesgo es elevado y la organización no es capaz de dirirlo de manera efectiva, por lo que se puede contactar con una empresa tercera para que pueda asumir el riesgo por la organización. Si es que este riesgo es negativo se requerirá una estrategia de transferencia, la cual implicaría un costo adicional para el proyecto. Mientras que si el riesgo se considera positivo, su manejo puede ser compartido con la finalidad de conseguir beneficios.

La estrategia de mitigar o mejorar el riesgo se basa en modificar el grado de riesgo para mejorar las probabilidades de conseguir los objetivos. Esta estrategia es utilizada cuando el riesgo es negativo y cuando es positivo se utiliza la estrategia de mejora. Algunas de las estrategias de mitigación o de mejora implican realizar la planificación del proyecto nuevamente, modificar el alcance y los parámetros del proyecto, cambiar el orden de relevancia del proyecto, modificar la designación de recursos, adecuar los tiempos de entrega, etc.

La estrategia de aceptar el riesgo es utilizada cuando no es posible realizar una estrategia de respuesta eficiente de cara al riesgo, se puede decidir seguir con el proyecto, aunque el riesgo se encuentre fuera de los parámetros acordados. La aceptación puede ser activa o pasiva, la primera consiste en instaurar una reserva en caso de contingencias, y que considere el tiempo, dinero y recursos a ser utilizados en caso el proyecto supere los parámetros acordados, mientras que la segunda no compromete ninguna acción proactiva, además de la revisión periódica del grado de riesgo para garantizar que no se reforme de manera considerable.



## 5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 5.1 Evaluación Económica

Para la realización de la evaluación económica, se necesitan hacer ciertas precisiones, entre las cuales se debe mencionar que se tomarán 22 días laborales por cada mes del proyecto, un rendimiento del mercado de 13%, una tasa libre de riesgo de 1.44%, un riesgo país de 1.63%, una tasa impositiva de 7.37%, un ratio Deuda/Capital de 1.4 y una TCEA de 1.5% por parte del banco Interbank. Se asumió una depreciación lineal de las maquinarias con un tiempo de depreciación de 10 años. Los salarios de los operarios son variables dependiendo de la especialidad de la que forman parte. Tanto los gastos en luz y energía fueron proporcionados por la empresa, así como el ahorro por ensamblar en el Perú un avión. Es importante aclarar que las patentes y/o licencias no se consideraran en el análisis puesto que son gastos ajenos al proyecto. Los días ahorrados con la metodología PERT/CPM fueron de 21 días, es decir, casi un mes, y estos fueron expresados en valores monetarios. Esta evaluación económica se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Evaluación Económica

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Mes	0	1	2	3	4
<b>Beneficio</b>					
Ahorro en MOD					S/217,731.81
Ahorro en Servicios (Energía)					S/3,818.18
Ahorro en Servicios (Agua)					S/954.55
Ahorro por Ensamblaje en Perú					S/24,000,000.00
<b>Beneficio Total</b>					<b>S/24,222,504.54</b>
<b>Costos</b>					
Salario de Empleados		-S/228,100.00	-S/228,100.00	-S/228,100.00	-S/10,368.19
Gastos de Servicios (Energía)		-S/4,000.00	-S/4,000.00	-S/4,000.00	-S/181.82
Gastos de Servicios (Agua)		-S/1,000.00	-S/1,000.00	-S/1,000.00	-S/45.45
<b>Costo Total</b>		<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/10,595.46</b>
<b>Inversion</b>					
Implementación de talleres	-S/8,500,000.00				
Materiales e Instrumentación	-S/1,000,000.00				
Capacitación en el Extranjero	-S/2,500,000.00				
<b>Costo + Inversion</b>	<b>-S/12,000,000.00</b>	<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/233,100.00</b>	<b>-S/10,595.46</b>
Depreciación Implementación		-S/850,000.00	-S/850,000.00	-S/850,000.00	-S/850,000.00
IR		-S/79,824.47	-S/79,824.47	-S/79,824.47	S/1,721,772.70
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/12,000,000.00</b>	<b>-S/312,924.47</b>	<b>-S/312,924.47</b>	<b>-S/312,924.47</b>	<b>S/25,933,681.77</b>

Con los datos antes mencionados y realizando el cuadro anterior, se pudo obtener el WACC, el VAN, el TIR y el ratio Beneficio-Costo. Como se puede observar el VAN es mayor a 0, la TIR es mayor al WACC en 8 puntos porcentuales y el ratio Beneficio-Costo es mayor a 1 por 0.93, por lo que se puede afirmar que el proyecto es viable. Estos indicadores se encuentran resumidos en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Indicadores de Viabilidad

Fuente: Elaboración Propia (2021)

<b>WACC</b>	<b>11.60%</b>
<b>Tasa Impositiva</b>	<b>7.37%</b>
<b>VAN</b>	<b>S/ 3,959,829.98</b>
<b>TIR</b>	<b>19.63%</b>
<b>B/C</b>	<b>1.93</b>



## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Cuando comparamos la fase planificada y la fase ejecutada de ensamble se observa un incremento en los días que inicialmente se estimaron, es decir, a la empresa le toma más tiempo concluir la fase del proyecto con respecto a lo que inicialmente se estimó, específicamente, a esta fase del proyecto le toma 11 días adicionales los programados para poder ser concluida. También se observó un incremento en los picos de personal utilizado en ambas fases, es decir, el proyecto necesito mayor tiempo de operación por parte de los trabajadores que lo estimado inicialmente en vista de que no se estaba progresando como se esperaba; por este motivo, es que identifica una mayor eficiencia en el uso del personal con respecto a la fase planificada, específicamente, se tuvo un incremento de 12.39 puntos porcentuales con respecto a la fase planificada. Sobre los costos, la empresa tiene como política presupuestar más de lo estimado en vista de que se pueden generar retrasos debido a fallas, reprocesos y deterioro de herramientas durante la ejecución de la fase del proyecto; sin embargo, hubo un sobrecosto en la fase ejecutada con respecto a la fase planificada de S/.88,160.10 (4.48%), debido a los 11 días adicionales durante los cuales se generaron costos extras por gastos de los servicios de luz y agua, y por las horas-hombre adicionales invertidas para la culminación del proyecto. Se pudo observar, además, que las rutas críticas entre la fase planificada y la fase ejecutada difieren ligeramente en pocas actividades debido a su duración, por lo que se puede afirmar que ambas rutas críticas son muy similares, solo difieren en la instalación de equipos eléctricos, la instalación de equipos de sistema contra incendio, la instalación de la compuerta cinemática NGL (tren de aterrizaje), la instalación de equipos de arranque, la instalación de válvulas y tuberías desmontadas, la instalación del bloq. sistema tester, la instalación de los sensores sistema tester, la instalación del actuador estabilizador y la instalación del cierre electromecánico de paracaídas.

Se puede concluir que mediante la metodología PERT/CPM, se logra conseguir una mejor manera de estimar la duración de las actividades (10 días y 21 días antes que los proyectos planificado y ejecutado respectivamente si se compara con el tiempo estimado de culminación de la propuesta de mejora) y, a partir de esto, se obtiene una duración de proyecto y un intervalo de confianza mejor estimados ( $\pm 4$  días con un nivel de confianza del 95%). También se observó que las actividades que mantienen mayor incertidumbre durante el proyecto son la instalación del sistema de radio, la instalación del equipo de sistema de parabrisas, la instalación del cierre electromecánico del paracaídas, la instalación del filtro de retorno HYD y la instalación de vigas ACO; sin embargo, estas actividades no impactan en la ruta crítica. Aquellas actividades con una incertidumbre considerablemente grande, y las cuales sí tienen impacto en la ruta crítica, son las instalación micro de SLATS del ala derecha y la instalación de sensores de combustible del ala izquierda, por lo que se concluye que es necesario comunicar al equipo de proyectos que analice las actividades antes mencionadas con el fin de encontrar la fuente de las

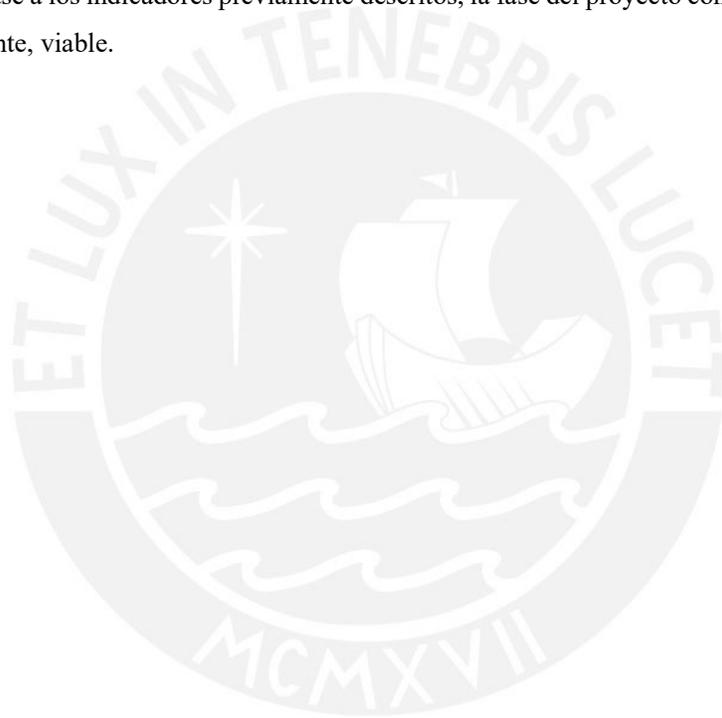
incertidumbres y de esta manera, reducir la incertidumbre del término de proyecto, es decir, la estimación del término del proyecto puede llegar a ser más precisa. También se observó que la ruta crítica de la propuesta de mejora difiere mucho de la ruta crítica del proyecto planificado y ejecutado, esto puede deberse a que en la propuesta de mejora los tiempos estimados considerados vendrían a ser un promedio de los tiempos de 6 aeronaves que se ejecutaron con anterioridad.

Lo que busca la propuesta de mejora es obtener una mejor estimación de la duración del proyecto y estimar un intervalo de confianza aceptable para el proyecto mediante la metodología PERT/CPM y mejorar la gestión de la dirección del proyecto mediante la implementación de las herramientas del plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK para generar, finalmente, un documento que defina las bases de toda la fase del proyecto.

Es importante recalcar que tanto la metodología PERT/CPM como las herramientas expuestas del plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK son vitales para lograr esta mejora, ya que ambas soluciones se complementan. Por un lado, la metodología PERT/CPM estima la duración de las actividades y, por lo tanto, del proyecto de manera más exacta, así mismo, permite estimar un intervalo de confianza sobre el cual se puede determinar un rango del término del proyecto, para este caso, al 95%, mientras que las herramientas expuestas en el plan para la dirección del proyecto de la Guía PERT/CPM mejoran la gestión de los componentes de la dirección del proyecto, los cuales impactan en los resultados obtenidos al final del proyecto con respecto al alcance, requisitos, entregables, costos y riesgos. Este plan para la dirección del proyecto incluye el plan de gestión del alcance del proyecto, para lo cual se utiliza un Diagrama de Contexto, el cual es una representación visual del alcance del producto y sus interacciones con los actores y otros sistemas del proyecto, se incluye, también, el plan de gestión de los requisitos del proyecto, para lo cual se utiliza una matriz de trazabilidad de requisitos, la cual vincula los requisitos del producto con los objetivos del proyecto con el fin de asegurar que estos requisitos agreguen valor al mismo, se incluye, además, el plan de gestión del cronograma del proyecto, para el cual se utilizan una serie de técnicas o metodologías las cuales siguen un orden; primero, se definirán las actividades mediante un EDT el cual es una técnica de descomposición que busca dividir y subdividir el alcance del proyecto; luego, se deben secuenciar las actividades mediante el método de diagramación por precedencia, el cual consta de construir un modelo en donde las actividades se representan mediante nodos y se vinculan gráficamente mediante relaciones lógicas; luego, se debe estimar la duración de las actividades mediante el método de estimación basada en tres valores; finalmente, desarrollar el cronograma mediante el método de la ruta crítica, y se incluye, por último, el plan de gestión de los riesgos, para lo cual se utilizará una serie de pasos y herramientas para su ejecución; primero se identificarán los riesgos mediante una lista rápida; luego se realizará un análisis cualitativo de los riesgos mediante una categorización de riesgos y, finalmente, se realizará un análisis cuantitativo de los riesgos mediante una simulación de Monte Carlo. Luego de haber realizado el plan

para la dirección del proyecto, los futuros proyectos que realice la empresa tendrán una base sólida sobre la cual podrán replicar, en cierto nivel, los mismos pasos anteriormente expuestos.

Como se ha observado, el proyecto en sí es, económicamente, viable; sin embargo, con la mejora incluida se concluye la fase del proyecto 21 días laborales antes de su culminación natural, los cuales se traducen en S/. 222'504.54 ahorrados en uso de personal y uso de servicios (agua y energía). Además, con la mejora incluida, el ratio Beneficio-Costo aumento en 2.11% lo cual equivale a 0.04 unidades. Asimismo, se observó que el VAN calculado es positivo, lo cual es un buen indicador de que el proyecto es económicamente viable. También, si comparamos la TIR con el WACC se observa una diferencia de 8 puntos porcentuales a favor de la TIR, lo cual es un buen indicador de que el proyecto es viable. Por lo tanto, en base a los indicadores previamente descritos, la fase del proyecto con la mejora incluida es, económicamente, viable.



## 6.2 Recomendaciones

En base al diagnóstico realizado, se recomienda a la empresa incrementar el presupuesto un 5% o hasta un 6% para evitar sobrepasar el presupuesto definido para el proyecto y para futuros proyectos. Se recomienda a la empresa considerar la metodología PERT/CPM y la implementación de las herramientas del plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK para sus futuras fases de ensamble de aeronaves, ya que se obtienen mejores estimaciones de las actividades y de la duración del proyecto, la utilización de un intervalo de confianza permitirá a la empresa saber cuándo sería la fecha máxima de entrega del proyecto, la utilización de sus recursos será más eficaz, así como en el uso de la mano de obra, materiales y servicios (agua y energía), tendrán mejor definidos los entregables del proyecto, estimarán mejor sus costos, y gestionarán mejor los potenciales riesgos, tanto individuales como generales. Esta propuesta de mejora, en conjunto con las herramientas del plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK, se muestra en una mejor estimación del tiempo de término del proyecto el cual es 10 días antes respecto a la fase planificada y 21 días antes de la fase ejecutada, se muestra, también, un intervalo de confianza de  $\pm 4$  días con un nivel de confianza del 95%, se refleja, además, de manera monetaria al generar un ahorro de S/. 222'504.54 en horas-hombre, servicios de luz y agua.

Es importante mencionar que en la propuesta de mejora del proyecto se observaron que la instalación micro de SLATS del ala derecha y la instalación de sensores de combustible del ala izquierda, actividades que forman parte de la ruta crítica, mantienen mayor incertidumbre que el resto de actividades del proyecto, por lo que se recomienda al equipo de proyectos analizar dichas actividades para encontrar la fuente de las incertidumbres y tomar acciones para reducir la varianza en las estimaciones de tiempos y, de esta manera, reducir la variabilidad del término del proyecto.

En general, se recomienda a la empresa implementar el plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK, ya que esta misma contiene múltiples herramientas de mejora, incluida la metodología PERT/CPM, que definirán y alinearán los esfuerzos del equipo de trabajo con los objetivos del proyecto. Dentro de estas herramientas se encuentra el diagrama de contexto el cual le brindará a la empresa un alcance claro de lo que se busca desarrollar o implementar, así mismo, se tendrán identificados a los actores que participarán tanto de las entradas como de las salidas del proyecto. También es importante considerar la matriz de trazabilidad de requisitos, ya que ayudará a identificar aquellos requisitos que agregan valor al vincularlo con los objetivos del proyecto. Asimismo, tener establecido el cronograma del proyecto a través de la técnica de descomposición, la cual subdivide el alcance y los entregables del proyecto en partes más manejables, para más adelante secuenciar las actividades mediante el método de diagramación por precedencia (PDM), la cual vincula gráficamente las actividades mediante una o más relaciones lógicas para indicar la secuencia lógica en que deben ser realizadas. Mas adelante, se

utilizará el método de estimación basada en tres valores para estimar la duración de las actividades, el cual consiste en el cálculo de estimaciones basado en tres valores para definir la duración de las actividades, se puede encontrar los siguientes valores: la más probable (m), la optimista (a) y la pesimista (b). Después, para estimar la mínima duración del proyecto se utilizará el método de la ruta crítica la cual permitirá calcular las fechas de inicio y finalización, tempranas y tardías, así como la ruta de actividades que determina la duración del proyecto (ruta crítica) y nivel de holgura total y libre. Más adelante, para la gestión del riesgo, se sugiere realizar una lista de ideas rápidas en la cual se busca identificar los riesgos individuales del proyecto, dentro de las herramientas más conocidas podemos encontrar PESTLE, TECOP o VUCA. Luego, para sugiere realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo para lo cual se sugiere realizar una categorización del riesgo y una simulación de Monte Carlo respectivamente. Para la categorización del riesgo lo que se busca es categorizar en base a algún concepto, por ejemplo, por fuentes de riesgo, por áreas afectadas, por categorías útiles, por causas raíz comunes, etc. Esto se realiza con el fin de desarrollar respuestas más efectivas a los riesgos identificados. Para la simulación de Monte Carlo lo que se busca es estimar fechas de finalización del proyecto, así como el costo del proyecto a la terminación, esta simulación toma como entrada las estimaciones de costos, estimaciones de duración o aparición de ramas probabilísticas. En la simulación de Monte Carlo es posible llevar un análisis de criticidad para determinar los elementos del modelo de riesgo que tienen mayor efecto sobre la ruta crítica del proyecto. A su vez, se recomienda priorizar el uso del Diagrama Tornado para determinar los riesgos con mayor potencial de impacto sobre los resultados del proyecto, y las estrategias de respuesta al riesgo del plan para la dirección del proyecto de la Guía PMBOK para la identificación, análisis y ejecución de respuestas a los riesgos individuales y generales, puesto que, en este tipo de proyectos, el mal uso de ciertas maquinarias o herramientas pueden poner en peligro la integridad del personal.

También se recomienda a la empresa contratar a un practicante que realice la toma de tiempos de las actividades del proyecto, puesto que la empresa no maneja este tipo de información tan al detalle. Serviría mucho contar con este tipo de información puesto que se podrán obtener mejores estimados de variación de actividades, tiempos de traslado, tiempos de espera, tiempos de las actividades, etc. Se podrían realizar un DOP, un DAP, incluso un DR de todas las actividades, Diagramas Pareto, Histogramas, Diagramas X-R o X-S o incluso simulaciones en arena. Cada una de estas herramientas podría dar mucha información sobre el estado de los procesos y a partir de estos proponer mejoras más precisas; y, por lo tanto, con un mayor impacto en el ahorro de materiales y horas laborales.

Seguir todas estas recomendaciones es importante para obtener los resultados deseados, puesto que brindará a la empresa un mayor nivel de preparación en proyectos similares y hasta de mayor alcance respecto a otras empresas aeronáuticas internacionales; finalmente, recordar que serán vidas de personas las que dependerán del buen funcionamiento de las aeronaves.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*AIRE el periódico de la industria aeroespacial española*. Jesús Santos.

<http://www.periodicoaire.com/aire33web.pdf>

*Aviación colombiana con calidad internacional*. Wilfred Carvajal Morales.

<https://portal.aenormas.aenor.com/revista/pdf/septiembre13/36septiembre13.pdf>

*BCRP - Series mensuales*. (2021). BCRP.

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01129XM-PN01138XM/html/2019-07/2021-07/>

*Betas*. (2021). Adamodaran.

[http://pages.stern.nyu.edu/%7Eadamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/%7Eadamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

*Bono de Estados Unidos a 10 años 2021*. (2021). datosmacro.com.

<https://datosmacro.expansion.com/bono/usa>

Brea, E. (2020). *FADEA IA-100*. Gaceta Aeronautica.

<https://www.gacetaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=14526>

*Colombia construye su primer avión militar el T-90 Calima*. (2013).

www.elcolombiano.com.

[https://www.elcolombiano.com/historico/colombia\\_construye\\_su\\_primer\\_avion\\_militar\\_el\\_t-90\\_calima-hcec\\_256247](https://www.elcolombiano.com/historico/colombia_construye_su_primer_avion_militar_el_t-90_calima-hcec_256247)

Chain, N. N. S., & Chain, R. R. S. (2021). *Preparación y Evaluación de Proyecto: Administración de Negocios* (6.<sup>a</sup> ed.). Editorial Mc Graw Hill.

Chase, R. (2019). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros* (15.<sup>a</sup> ed.). Mc Graw Hill Education

Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (7.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.

Dirección General de Aeronáutica Civil (2013). *Aeronaves y Motores Generalidades*. Secretaria de Comunicaciones y Transportes

Echeverry, M. (2017). *T-90 Calima: la única aeronave made in Colombia, ya acumuló 10.000 horas de vuelo*. Xataka Colombia.

<https://www.xataka.com/co/otros/t-90-calima-la-unica-aeronave-made-in-colombia-ya-acumulo-10-000-horas-de-vuelo>

- FAdeA IA-100. (2020). Gaceta Aeronáutica.  
<https://www.gacetaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=14526>
- F.D.I. (2004). *Administración y dirección de la producción* (2.<sup>a</sup> ed.). Pearson
- Grupo EDEFA S.A. (2014). *La presentación del avión KC-390 de Embraer da luz verde al arranque de la fase de industrialización con la participación de empresas españolas*. Defensa.com.  
<https://www.defensa.com/espana/presentacion-avion-kc-390-embraer-da-luz-verde-arranque-fase>
- KC-390. Embraer.  
<https://dafwcl3bnxyt.cloudfront.net/m/224c4ad27bf251b5/original/Brochuras-Defesa-KC-390-ES.pdf>
- Krajewski, L. (2013). *Administración de Operaciones: Procesos y Cadena de Suministro* (10.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.
- La Fuerza Aérea de Brasil prueba con éxito el avión militar KC-390 fabricado por Embraer*. (2015). Sputnik Mundo.  
<https://sputniknews.lat/20150203/1033942845.html>
- Niebel, B. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill Education.
- O.I.T. (1998). *Introducción al estudio del trabajo* (4.<sup>a</sup> ed.). Editorial Limusa.
- Producción nacional. IA-100 Malvina, el avión que se desarrollará en FADEA*. (2020). Radio Gráfica.  
<https://radiografica.org.ar/2020/08/24/ia-100-malvina-el-avion-que-desarrollara-en-el-pais-en-fadea/>
- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (6th ed.). Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) Quinta Edición*. (5.<sup>a</sup> ed.). Project Management Institute.
- Roberto Caiafa. (2019). *Embraer sobre el KC-390: «Tendremos versiones futuras para expandir la capacidad de misiones múltiples» - Noticias Infodefensa América*. Infodefensa.com.  
<https://www.infodefensa.com/latam/2019/11/14/noticia-etapa-actual.html>
- S&P 500® - S&P Dow Jones Indices. (2021). S&P 500® - S&P Dow Jones Indices.  
<https://espanol.spindices.com/indices/equity/sp-500>
- Urbina, G. B. (2016). *Evaluación De Proyectos* (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Volavi, E., & Volavi, E. (2020). *El T-90C Calima, la más reciente versión del nuevo avión de entrenamiento para la FAC*. volavi.

<https://volavi.co/aviacion/noticias/el-t-90c-calima-la-mas-reciente-version-del-nuevo-avion-de-entrenamiento-para-la-fac>

Walpole, R. E. (2012). *Probabilidad Y Estadística Para Ingeniería Y Ciencias* (9.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

