

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE VIÑA DEL MAR - JOSE MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA POSTA PARA EL
EXPENDIO DE COMBUSTIBLE DE AVIACIÓN (JET A-1) EN EL SUR DE CHILE**

Trabajo de Titulación para optar al
Título Profesional de **Ingeniero de
Ejecución en Gestión Industrial.**

Alumno:

RODRIGO ANDRÉS SILVA GUTIÉRREZ.

Profesor Guía:

RICARDO CAHE CABACH.



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Estudio de prefactibilidad para la instalación de una posta para el expendio de combustible de aviación (jet a-1) en el sur de Chile.

Nombre del candidato(a): Rodrigo Andrés Silva Gutiérrez

Carrera / Grado: Ingeniería de Ejecución en Gestión Industrial

Campus: Sede Viña del Mar Departamento: Electrotecnia e Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Ricardo Cahe Cabach, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 6-4-2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 01-04-2026 Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

DEDICATORIA

Este trabajo de título está dedicado con todo mi amor, respeto y gratitud a dos mujeres que marcaron profundamente mi vida y que hoy me acompañan desde el cielo.

A mi madre, **María Isabel**, quien fue mi primer ejemplo de amor, esfuerzo y fortaleza. Gracias por cada enseñanza, por cada sacrificio silencioso y por cada palabra de aliento que me dio a lo largo de mi vida. Todo lo que soy hoy lleva una parte de usted, de sus valores y de la forma en que me enseñó a enfrentar el mundo. Aunque ya no esté físicamente a mi lado, su presencia vive en mi corazón y en cada paso que doy. Este logro también es suyo, porque fue usted quien sembró en mí la perseverancia para nunca rendirme.

A mi querida **Yesenia**, mi compañera de vida, mi apoyo y mi inspiración. Gracias por tu amor, por tu paciencia y por creer siempre en mí, incluso en los momentos en que el camino parecía más difícil. Compartimos sueños, metas y esperanzas, y aunque hoy el destino nos haya separado físicamente, tu recuerdo sigue siendo una luz que guía mi camino. Cada esfuerzo puesto en este trabajo también lleva tu nombre, porque fuiste parte fundamental de mi motivación para seguir adelante.

A ambas, que hoy descansan en el cielo, les dedico este logro con todo mi corazón. Sé que de alguna manera siguen acompañándome, cuidándome y celebrando conmigo cada paso que doy.

Este trabajo no es solo una meta académica cumplida, sino también un homenaje a su amor, a su recuerdo y a todo lo que significan para mí.

Gracias por haber sido parte de mi vida y por seguir iluminando mi camino desde donde estén.

RESUMEN

Keywords: Combustible de aviación - Jet A-1 - Villa O'Higgins – aviación - infraestructura aérea – Patagonia – DGAC – SEC - Chile austral - logística aérea.

El presente estudio corresponde a una prefactibilidad técnica, económica y ambiental para la instalación de una posta de combustible de aviación Jet A-1 en Villa O'Higgins, Región de Aysén, Chile. Esta comuna, ubicada en el extremo sur de la Carretera Austral, constituye un punto estratégico de acceso a destinos como el Campo de Hielo Sur y el Parque Nacional Bernardo O'Higgins, y cumple un rol clave en la conectividad aérea y logística de la Patagonia.

Actualmente, la zona carece de un punto de abastecimiento certificado de combustible de aviación, lo que obliga a los operadores a cargar en lugares distantes como Coyhaique o Chile Chico, aumentando los costos y reduciendo la seguridad operacional. En este contexto, el proyecto propone una infraestructura moderna, regulada y sostenible que permita el reabastecimiento eficiente de aeronaves y promueva el desarrollo regional.

En el Capítulo 1, se presenta el diagnóstico general del proyecto, enmarcando la necesidad de instalar una posta de combustible de aviación Jet A-1 en Villa O'Higgins, Región de Aysén. Se identifican las condiciones geográficas, sociales y regulatorias que justifican la iniciativa, destacando la falta de infraestructura de abastecimiento certificada y el impacto negativo que ello genera en la conectividad aérea del extremo sur del país. Además, se definen los objetivos generales y específicos del estudio, los beneficios cualitativos esperados, y los impactos potenciales, tanto positivos como negativos. También, se establece el tamaño preliminar del proyecto, los marcos regulatorios aplicables y la metodología de evaluación que guiará el análisis técnico, económico y ambiental.

En el Capítulo 2, se desarrolla el análisis de prefactibilidad de mercado, donde se definen los productos principales a comercializar que es el combustible de aviación Jet Fuel A-1., se estudia la demanda actual y proyectada para un horizonte de quince años, y se analizan las variables que inciden en el consumo, tales como el precio internacional del petróleo, el tipo de cambio, la estacionalidad y las regulaciones aeronáuticas. Asimismo, se examina la oferta actual y potencial de combustible en la región, identificando la ausencia de competencia

directa y las condiciones oligopólicas del mercado. El capítulo concluye con la determinación del nivel de precios, el análisis de localización en el aeródromo de Villa O'Higgins y la definición del sistema de comercialización, que contempla un modelo de venta directa a operadores de aeronaves, bajo estrictos estándares de seguridad y calidad. En el Capítulo 3, se abordará el análisis técnico del proyecto, describiendo las características de la infraestructura requerida, los equipos de almacenamiento y distribución, los sistemas de seguridad y control ambiental, así como la selección de la tecnología más adecuada para operar en condiciones climáticas extremas. Este capítulo incluirá la definición del tamaño óptimo de la planta, los requerimientos de terreno y las especificaciones técnicas para la implementación de la estación de combustible. La inversión requerida aproximada es de \$191.993.906 millones de pesos $\approx$ 4.843UF.

En el Capítulo 4, se desarrollará el análisis financiero, donde se cuantificarán las inversiones iniciales, los costos operativos, los ingresos esperados y los flujos de caja proyectados. Con esta información, se calcularán los principales indicadores de rentabilidad, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI), junto con un análisis de sensibilidad que evaluará la incidencia de las variables críticas sobre los resultados del proyecto. En particular, para el escenario financiado al 75%, el proyecto demuestra una rentabilidad significativamente elevada, alcanzando un VAN de aproximadamente 25.990 UF, una TIR cercana al 159% y un PRI del orden de 1 año, lo que evidencia una alta capacidad de generación de valor y una recuperación muy rápida de la inversión gracias al efecto del apalancamiento financiero.

Finalmente, se presentarán las conclusiones y recomendaciones, donde se sintetizarán los resultados obtenidos en las etapas anteriores. Se determinará si la instalación de la estación de combustible es económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente sostenible, proponiendo además las acciones necesarias para avanzar a la etapa de factibilidad definitiva y su eventual ejecución en terreno.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	3
1. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	4
1.1 DIAGNÓSTICO	4
1.1.1 Antecedentes generales y específicos del proyecto	4
1.1.2 Objetivos del proyecto	4
1.1.3 Antecedentes cualitativos	5
1.1.4 Contexto de desarrollo del proyecto	5
1.1.4.1 Contexto Geográfico y Social:	5
1.1.4.2 Contexto Regulatorio	5
1.1.5 Tamaño del proyecto	5
1.1.6 Impactos relacionados con el proyecto	6
1.2 METODOLOGÍA	6
1.2.1 Definición de situación sin proyecto	6
1.2.2 Definición de situación con proyecto	6
1.2.3 Análisis de separabilidad	7
1.2.4 Método para medición de beneficios y costos	7
1.2.5 Indicadores	7
1.2.6 Criterios de evaluación	8
1.2.7 Estructura de evaluación del proyecto	8
1.2.7.1 Análisis de Mercado:	9
1.2.7.2 Análisis Técnico:	9

1.2.7.3 Análisis Financiero:	9
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO	11
2. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO	12
2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO	12
2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA	13
2.2.1 Demanda Actual:	13
2.2.2 Proyección de Demanda Futura:	17
2.3 VARIABLES QUE AFECTAN A LA DEMANDA	24
2.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL Y FUTURA	24
2.4.2 Oferta Futura	24
2.5 COMPORTAMIENTO DEL MERCADO	25
2.5.1 Análisis del medio interno	25
2.5.1.1 Fortalezas.	25
2.5.1.2 Debilidades.	26
2.5.2 Análisis del medio externo	26
2.5.2.1 Oportunidades.	27
2.5.2.2 Amenazas.	27
2.6 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PRECIO Y PROYECCIONES	28
2.7 ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN	28
2.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COMERCIALIZACIÓN	29
2.8.1 Sistema de Venta	30
2.8.2 Canales de Distribución	30
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA	32
3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA	33

3.1	DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE PROCESOS	33
3.2	DIAGRAMA DE FLUJO	34
3.2.1	Descripción detallada del flujo del proceso:	34
3.2.2	Explicación general del flujo.	37
3.3	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	38
3.3.1	Balance de masa	39
3.3.2	Balance de energía	41
3.3.3	Implicancias para el diseño y la operación	42
3.4	SELECCIÓN DE EQUIPOS	43
3.4.1	Tanques de almacenamiento de Jet A-1	44
3.4.2	Sistema de bombeo	44
3.4.3	Sistema de filtrado y control de calidad	45
3.4.4	Carro surtidor de Jet A-1	46
3.4.5	Sistema eléctrico ATEX	47
3.4.6	Sistema de seguridad y emergencia	47
3.4.7	Equipos de monitoreo y medición	47
3.5	PROYECTOS COMPLEMENTARIOS	48
3.5.1	Obras civiles y plataforma de apoyo	48
3.5.2	Cierre perimetral y control de acceso	49
3.5.3	Edificación auxiliar: oficina y bodega	49
3.5.4	Red de drenaje y manejo de aguas contaminadas	50
3.5.5	Sistema de seguridad industrial	50
3.5.6	Urbanización menor y servicios básicos	50
3.6	LAY-OUT	51

3.7	DETERMINACIÓN DE INSUMOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS	52
3.8	FLEXIBILIDAD Y RENDIMIENTO	53
3.9	CONSUMOS DE ENERGÍA	53
3.10	PROGRAMAS DE TRABAJO, TURNOS Y GASTOS EN PERSONAL	54
3.10.1	Organización de turnos	54
3.10.2	Jornada semanal y cobertura operacional	55
3.11	PERSONAL DE OPERACIONES, CARGOS, PERFILES Y SUELDOS	56
3.11.1	Jefe de Operaciones de Combustible	56
3.11.2	Operadores de Combustible	57
3.11.3	Resumen de dotación y gasto anual en personal	58
3.12	INVERSIONES EN EQUIPO Y EDIFICACIONES	60
3.12.1	Materias primas y materiales críticos para la construcción	61
3.12.2	Efecto del aislamiento en la inversión	61
3.12.3	Coherencia con la cifra global de inversión	62
3.13	INVERSIONES EN CAPITAL DE TRABAJO	63
3.13.1	Capital de trabajo asociado a costos fijos	64
3.13.2	Capital de trabajo asociado a costos variables	64
3.13.3	Capital de trabajo total y tratamiento financiero	65
3.13.4	Rol del capital de trabajo en la viabilidad del proyecto	66
3.14	COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	66
3.14.1	Componentes principales	68
3.14.2	Estimación de costos de instalación y puesta en marcha	69
3.15	COSTOS DE IMPREVISTOS	70
	CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA	73

4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	74
4.1	CONSIDERACIONES A UTILIZAR	74
4.1.1	Horizonte del proyecto	74
4.1.2	Moneda y tratamiento de precios	75
4.1.3	Tasa de descuento utilizada	75
4.1.4	Impuestos y régimen tributario	77
4.1.5	Depreciaciones	78
4.1.6	Reinversiones	80
4.1.7	Estructura básica de costos e ingresos	80
4.2	PROYECTO PURO (SIN FINANCIAMIENTO)	84
4.2.1	Flujo de caja del proyecto puro	84
4.2.2	Comentario sobre la rentabilidad del proyecto puro	87
4.3	PROYECTO CON FINANCIAMIENTO	87
4.3.1	Escenario A: 50 % de financiamiento	87
4.3.2	Escenario B: 75 % de financiamiento	90
4.3.3	Comentario general sobre el financiamiento	93
4.4	SENSIBILIZACIONES	94
4.4.1	Sensibilización respecto del precio de venta	94
4.4.2	Sensibilización respecto del costo del combustible	96
4.4.3	Comentarios generales	98
	CONCLUSIONES	100
	BIBLIOGRAFIA	104
	ANEXOS	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Descripción del producto _____	12
Tabla 2-2. Cálculo de la demanda actual total _____	15
Tabla 2-3. Escenarios de proyección _____	21
Tabla 2-4. Distribución de la demanda futura por cliente _____	22
Tabla 3-1. Resumen dotación y gasto anual en personal _____	59
Tabla 3-2. Cuadro de inversión inicial _____	63
Tabla 3-3. Resumen inversión capital de trabajo _____	65
Tabla 3-4. Tabla de estimación de costos _____	69
Tabla 3-5. Resumen inversión inicial _____	72
Tabla 4-1. Tasa libre de riesgo _____	76
Tabla 4-2. Cuadro de depreciación de activos _____	79
Tabla 4-3. Tabla de depreciación anual del proyecto _____	79
Tabla 4-4. Proyección de ingresos por ventas de Jet A-1 (UF reales) _____	81
Tabla 4-5. Proyección de costos fijos (UF reales) _____	82
Tabla 4-6. Proyección de costos variables (UF reales) _____	83
Tabla 4-7. Flujo de caja proyecto puro _____	86
Tabla 4-8. Flujo de caja financiado 50% _____	89
Tabla 4-9. Tabla de intereses y amortización financiamiento 50% _____	90
Tabla 4-10. Flujo de caja financiado 75% _____	92
Tabla 4-11. Tabla de intereses y amortización financiamiento 75% _____	93
Tabla 4-12. Comparativo de indicadores económicos del proyecto _____	93
Tabla 4-13. Factor sensibilización respecto del precio de venta _____	95
Tabla 4-14. Factor de sensibilidad por margen _____	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Plano de ubicación aeródromo Villa O`Higgins. _____	29
Figura 3-1. Diagrama de flujo proceso carguío de combustible. _____	38
Figura 3-2. Layout de instalaciones de posta de carguío de combustible _____	52
Figura 4-1. Gráfico de sensibilidad del VAN al precio de venta _____	96
Figura 4-2. Gráfico de sensibilidad del VAN vs costo del combustible _____	98

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto corresponde al Estudio de Prefactibilidad para la Instalación y Operación de una Posta de Combustible de Aviación Jet Fuel A-1 en la comuna de Villa O'Higgins, en la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, en el extremo sur de Chile. Este estudio se enmarca dentro de la evaluación de proyectos de inversión orientados a mejorar la infraestructura logística en zonas aisladas del país, particularmente en territorios donde la conectividad representa un factor crítico para el desarrollo social, económico y territorial.

Villa O'Higgins constituye uno de los puntos más australes de la Carretera Austral, caracterizándose por su aislamiento geográfico, baja densidad poblacional y limitadas alternativas de conectividad terrestre. En este contexto, el transporte aéreo adquiere una relevancia estratégica, no solo como medio de desplazamiento de pasajeros, sino también como soporte fundamental para el traslado de bienes, servicios, atención médica, operaciones de emergencia y actividades institucionales. Asimismo, la comuna se posiciona como una puerta de entrada hacia destinos de alto valor turístico y científico, tales como el Campo de Hielo Sur y el Parque Nacional Bernardo O'Higgins, lo que ha generado un crecimiento progresivo en la demanda de operaciones aéreas.

A pesar de esta creciente actividad, actualmente no existe en la zona una infraestructura certificada para el almacenamiento y expendio de combustible de aviación, específicamente Jet A-1, lo que obliga a los operadores a abastecerse en localidades distantes como Coyhaique, Cochrane o incluso otras ciudades más alejadas. Esta situación genera múltiples ineficiencias, tales como el aumento de los costos operacionales, la reducción de la autonomía de vuelo, mayores riesgos logísticos y limitaciones en la frecuencia de las operaciones aéreas. En consecuencia, se configura una demanda real existente, pero no satisfecha localmente, lo que representa una oportunidad concreta para el desarrollo de una solución de infraestructura especializada.

En este escenario, el presente estudio tiene como propósito principal evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de implementar una posta de abastecimiento de combustible de aviación en Villa O'Higgins, considerando las particularidades del entorno geográfico, las exigencias normativas del sector aeronáutico y las condiciones del mercado regional. La iniciativa busca no solo responder a una necesidad operativa, sino también contribuir al fortalecimiento de la conectividad aérea, mejorar los estándares de seguridad operacional y promover el desarrollo económico de la zona austral.

CAPÍTULO 1: DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1.1 DIAGNÓSTICO

1.1.1 Antecedentes generales y específicos del proyecto

Generales: El proyecto surge de la necesidad de establecer una infraestructura aeronáutica esencial en el extremo sur de la Carretera Austral (Ruta 7), mejorando la conectividad aérea de la Región de Aysén. Se busca solucionar la problemática de tener que transportar combustible de aviación por vía terrestre o marítima desde puntos distantes, o realizar vuelos con autonomía limitada.

Específicos: El proyecto consiste en el diseño, construcción y operación de una estación de abastecimiento que incluye tanques de almacenamiento, sistemas de filtrado, equipos de bombeo y carro surtidor o hidrante para aeronaves que operan en el aeródromo local o zonas adyacentes.

1.1.2 Objetivos del proyecto

Se presentan los objetivos del proyecto, tanto el general como los específicos con el fin de definir la misión del proyecto.

1.1.2.1 Objetivo General:

- Realizar un estudio de prefactibilidad para instalar y operar comercialmente una estación de combustible de aviación en la comuna de Villa O'Higgins, región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

1.1.2.2 Objetivos Específicos:

- Cuantificar y proyectar la demanda actual y futura de combustible aeronáutico (Jet Fuel).

- Definir la capacidad óptima de almacenamiento y despacho.
- Determinar la rentabilidad económica y financiera del proyecto mediante el cálculo de sus indicadores (VAN, TIR, PRI).

1.1.3 Antecedentes cualitativos

La estación generará beneficios cualitativos significativos, incluyendo el fomento del turismo aéreo al hacer más accesibles las rutas hacia Campo de Hielo Sur y el Parque Nacional Bernardo O'Higgins; el incremento de la seguridad operacional al permitir la recarga en ruta y reducir los riesgos asociados al transporte informal de combustible; y el fortalecimiento de la capacidad de respuesta de servicios de emergencia, rescate y vigilancia aérea en una zona remota.

1.1.4 Contexto de desarrollo del proyecto

1.1.4.1 Contexto Geográfico y Social:

Villa O'Higgins es una comuna fronteriza y aislada. El proyecto debe considerar la complejidad logística y climática de la Patagonia, así como la necesidad de emplear mano de obra local.

1.1.4.2 Contexto Regulatorio:

El proyecto está sujeto a la normativa de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) en cuanto a calidad y seguridad del combustible, y a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) en cuanto a almacenamiento y distribución.

1.1.5 Tamaño del proyecto

El tamaño preliminar estará determinado por la proyección de la demanda, enfocándose inicialmente en un volumen de almacenamiento que minimice los costos de flete, garantice la autonomía de stock para 30 a 60 días en temporada alta, y se ajuste a las dimensiones del terreno

disponible en el aeródromo. El monto de la inversión inicial requerida sería de CLP\$ 191.993.906 ≈ 4.843 U.F.

1.1.6 Impactos relacionados con el proyecto

1.1.6.1 Impactos Positivos:

Generación de ingresos fiscales locales y regionales, creación de nuevos puestos de trabajo especializados (operadores de combustible), desarrollo de proveedores logísticos.

1.1.6.2 Impactos Negativos:

Potencial impacto ambiental asociado al riesgo de derrames (que debe ser mitigado con planes rigurosos de seguridad y contingencia), y requisitos de uso de suelo que deben ser compatibles con el Plan Regulador Comunal.

1.2 METODOLOGÍA

1.2.1 Definición de situación sin proyecto

La situación actual implica que las aeronaves deben cargar combustible con autonomía suficiente en puntos distantes (ej., Coyhaique), o de lo contrario se debe recurrir a métodos de reabastecimiento manuales, costosos y de alto riesgo, lo que limita el flujo de aviación a la zona.

1.2.2 Definición de situación con proyecto

Con el proyecto, se establece un servicio de reabastecimiento de combustible seguro, certificado y eficiente, operando bajo estándares DGAC/SEC, eliminando las restricciones de autonomía y fomentando el tráfico aéreo.

1.2.3 Análisis de separabilidad

La evaluación se centrará exclusivamente en la inversión y operación de la estación de combustible, separándola de cualquier otra inversión accesoria que pudiera realizarse en el aeródromo (ej., mejora de pistas o terminales). Los beneficios y costos se atribuirán únicamente a la nueva infraestructura de combustible.

1.2.4 Método para medición de beneficios y costos

Se utilizará el método de Valoración a Precios de Mercado. Los beneficios se medirán a través de los ingresos por venta de combustible proyectados, y los costos a través de los costos operativos (adquisición, flete, personal) y los costos de inversión (terreno, obras civiles, equipos y capital de trabajo).

1.2.5 Indicadores

Los indicadores de rentabilidad financiera que se calcularán son:

1.2.5.1 Valor Actual Neto (VAN)

Herramienta financiera que calcula el valor presente de todos los flujos de caja futuros de una inversión, descontados a una tasa de interés, para determinar su rentabilidad. Un VAN positivo indica que la inversión es rentable, mientras que un VAN negativo sugiere pérdidas, señalando que el proyecto no es recomendable.

1.2.5.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero que estima la rentabilidad de una inversión o proyecto, representando la tasa de descuento que iguala el Valor Actual Neto (VAN) de todos sus flujos de efectivo a cero. En términos simples, la TIR indica el porcentaje de ingresos

que una inversión generará periódicamente, permitiendo comparar distintas opciones para decidir cuál es la más atractiva y rentable.

1.2.5.3 Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

El período de recuperación de la inversión (PRI), es el tiempo que una inversión tarda en recuperar su costo inicial a través de los flujos de efectivo que genera. Se calcula sumando los flujos de caja hasta que la inversión se haya amortizado y, cuanto más corto sea el período, más atractiva suele ser la inversión.

1.2.6 Criterios de evaluación

El proyecto se considerará factible desde el punto de vista económico si:

- El VAN del proyecto puro es mayor a cero.
- La TIR es mayor que la Tasa de Descuento (Costo de Oportunidad del Capital).
- El PRI debe ser menor o igual al horizonte de evaluación.

1.2.7 Estructura de evaluación del proyecto

La estructura de evaluación del proyecto se ha diseñado siguiendo un enfoque integral, que permite analizar la viabilidad de la instalación de la posta de combustible de aviación Jet A-1 en Villa O'Higgins desde distintas perspectivas complementarias. Este enfoque busca garantizar que las decisiones de inversión se fundamenten en un análisis riguroso y en la identificación precisa de las variables críticas que inciden en el éxito del proyecto.

El estudio se organiza en tres grandes áreas de análisis. De mercado, técnica y financiera, las cuales se interrelacionan entre sí para conformar un diagnóstico completo de la prefactibilidad del proyecto. Cada una de estas áreas responde a objetivos específicos, metodologías de evaluación y criterios de decisión diferenciados, descritos a continuación:

1.2.7.1 Análisis de Mercado:

Este componente examina la demanda actual y proyectada del combustible de aviación en la zona de influencia del proyecto, así como la oferta existente y potencial, el comportamiento del mercado, los niveles de precio, y la estructura de comercialización. Su propósito es determinar si existe un mercado suficiente y sostenible que justifique la inversión, identificando además los segmentos de clientes y las oportunidades de crecimiento.

Este análisis incluye la revisión de factores externos como el crecimiento del turismo aéreo, el aumento de operaciones logísticas y de servicios públicos, la evolución del precio del petróleo y las regulaciones aeronáuticas vigentes.

1.2.7.2 Análisis Técnico:

En esta etapa se definen los aspectos tecnológicos, constructivos y operativos de la posta de combustible. Se determinan la capacidad de almacenamiento óptima, los equipos y sistemas de seguridad requeridos, la disposición del terreno y los procesos de manejo del combustible. Asimismo, se evalúan las condiciones de clima, accesibilidad y topografía del emplazamiento, verificando su compatibilidad con la infraestructura aeroportuaria y con las normas de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC). El objetivo principal de esta fase es asegurar que el proyecto sea técnicamente viable y operacionalmente seguro en el entorno geográfico de la Patagonia.

1.2.7.3 Análisis Financiero:

Esta etapa cuantifica los costos operativos anuales, los ingresos esperados por ventas y los flujos netos de caja proyectados durante el horizonte de evaluación. A partir de estos datos, se aplican los indicadores financieros más utilizados en la evaluación de proyectos: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI). El análisis se complementa con un estudio de sensibilidad, que permite evaluar cómo variaciones en variables críticas (precio del combustible, demanda, costos logísticos o tipo de cambio) pueden afectar la rentabilidad del proyecto.

Finalmente, la estructura de evaluación contempla una integración transversal de resultados, de modo que las conclusiones de cada área sean consistentes entre sí y aporten a una visión global de la viabilidad del proyecto. El objetivo final es determinar si la instalación de la posta de combustible es económicamente rentable, técnicamente realizable, ambientalmente sustentable y organizacionalmente viable.

De esta forma, la estructura propuesta garantiza que el proceso de evaluación de prefactibilidad se realice bajo criterios objetivos, medibles y alineados con las mejores prácticas de gestión de proyectos e inversión pública y privada, proporcionando una base sólida para la posterior fase de factibilidad definitiva.

CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO

2. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD DE MERCADO

El análisis de prefactibilidad de mercado constituye una de las etapas más relevantes dentro de la evaluación de proyectos de inversión, ya que permite determinar si existe una demanda suficiente, estable y sostenible que justifique la instalación de una nueva infraestructura o servicio. En el caso del proyecto de posta de combustible de aviación en Villa O'Higgins, este análisis busca establecer las condiciones reales y proyectadas del mercado aeronáutico en la zona austral de Chile, evaluando tanto la demanda y la oferta del combustible Jet A-1, como los factores externos que inciden en su comportamiento.

2.1 DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

El producto a comercializar es el combustible de aviación JET A-1. Combustible para aeronaves con motor de turbina a gas (jets y turbohélices). Es el principal producto debido al tipo de aeronaves que suelen cubrir grandes distancias en la Patagonia (ver Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Descripción del producto

Aspecto	Descripción
Nombre del producto	Jet A-1
Tipo de producto	Combustible de aviación para motores a turbina a gas (jets y turbohélices).
Origen y composición	Derivado del Kerosene refinado; mezcla controlada de hidrocarburos (alcanos, cicloalcanos y aromáticos). Cumple normas internacionales ASTM D1655, Def Stan 91-91 y OACI.
Principales características técnicas	- Punto de inflamación: > 38 °C - Punto de congelación: < -47 °C - Densidad: 0,775–0,840 kg/L - Alta estabilidad térmica y oxidativa - Contiene aditivos anticorrosivos, antiestáticos y mejoradores de lubricidad.

Fuente: ASTM International (2019). ASTM D1655 – Standard Specification for Aviation Turbine Fuels.

2.2 ANÁLISIS DE DEMANDA ACTUAL Y FUTURA

2.2.1 Demanda Actual:

La demanda actual de Jet Fuel A-1 en Villa O'Higgins debe comprenderse como una demanda operativa efectiva, pero no atendida localmente, debido a la ausencia de infraestructura de almacenamiento y expendio. Aunque existen vuelos regulares, institucionales y privados que operan frecuentemente en la zona, ninguno puede abastecerse de combustible en el aeródromo local, ya que no existen instalaciones certificadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) ni por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Por lo tanto, los operadores deben trasladar el combustible desde otras localidades, principalmente Coyhaique (Aeródromo Balmaceda) o Cochrane, lo que incrementa los costos de operación, reduce la autonomía de vuelo y genera una alta dependencia logística.

2.2.1.1. Subvención estatal y demanda no atendida

Uno de los principales impulsores de la conectividad aérea en la Región de Aysén es el programa de subvención al transporte aéreo implementado por la Seremi de Transportes y Telecomunicaciones, que garantiza dos vuelos semanales entre Coyhaique y Villa O'Higgins. Estos vuelos constituyen el principal medio de transporte de pasajeros, carga y servicios básicos para los habitantes de la comuna.

Sin embargo, las aeronaves subvencionadas no cargan combustible en Villa O'Higgins. Debido a la falta de infraestructura local, despegan desde Coyhaique o Cochrane con suficiente Jet A-1 para realizar el vuelo de ida y retorno, sin necesidad de repostar en destino. En consecuencia, aunque estas operaciones consumen combustible en sus trayectos, el abastecimiento se realiza fuera de la zona, lo que convierte este consumo en una demanda desplazada.

Cada vuelo subvencionado utiliza entre 450 y 600 litros de Jet A-1, por lo que los 104 vuelos anuales representan un consumo estimado de 46.800 a 62.400 litros al año. Esta demanda es estable y predecible, pero actualmente no genera ventas locales, representando una oportunidad directa para la futura posta de abastecimiento.

2.2.1.2. Operadores privados, institucionales y turísticos

Además de los vuelos subsidiados, existe una actividad aérea regular de operadores privados y turísticos, que realizan vuelos hacia Villa O'Higgins durante la temporada alta (diciembre a marzo). Estas operaciones, principalmente con aeronaves Cessna Caravan, Beechcraft King Air, helicópteros Airbus AS350, H130, H135, Bell 407, 429 y Robinson R66 son utilizadas para transporte de pasajeros, turismo de aventura, expediciones científicas y apoyo logístico.

El consumo promedio por vuelo es de 500 a 650 litros, lo que equivale a una demanda anual de 35.000 a 50.000 litros, considerando entre 1 y 3 vuelos semanales según la estacionalidad.

A este volumen se agregan las operaciones de CONAF, orientadas a la prevención y extinción de incendios forestales, con un consumo anual estimado de 5.000 a 10.000 litros, dependiendo de la intensidad de la temporada.

Las Fuerzas Armadas y Carabineros de Chile también operan vuelos periódicos para patrullajes fronterizos, rescates y transporte logístico, con un consumo estimado de 5.000 a 10.000 litros anuales. Finalmente, los vuelos de la DGAC, servicios médicos aéreos (SAMU, FACH) y otras instituciones públicas contribuyen con 2.000 a 5.000 litros anuales adicionales.

2.2.1.3 Cálculo de la demanda total actual (local + desplazada)

Con el objetivo de dimensionar de manera precisa el mercado actual de combustible de aviación en Villa O'Higgins, se hace necesario integrar en un solo análisis tanto la demanda potencialmente atendible en la comuna como aquella que, en la práctica, se encuentra desplazada hacia otras localidades debido a la inexistencia de infraestructura de abastecimiento local.

Tal como se ha señalado en los apartados anteriores, las operaciones aéreas que se desarrollan en la zona ya sean vuelos subsidiados, actividades turísticas, operaciones privadas o misiones institucionales requieren de combustible Jet A-1 para su funcionamiento. Sin embargo, dado que el aeródromo de Villa O'Higgins no dispone de instalaciones certificadas para el almacenamiento y expendio de este tipo de combustible, la totalidad de dicho requerimiento es actualmente cubierta fuera de la comuna, principalmente en ciudades como Coyhaique y Cochrane.

En este contexto, la demanda actual no puede ser entendida únicamente como un volumen de ventas locales ya que estas son inexistentes, sino como un consumo efectivo asociado a operaciones aéreas reales, el cual se manifiesta de forma indirecta a través del abastecimiento externo. Por lo tanto, resulta fundamental considerar tanto la demanda “local teórica” (asociada a vuelos con origen o destino en la comuna) como la demanda “desplazada” (efectivamente abastecida fuera del territorio), con el fin de obtener una estimación representativa del mercado total.

Para efectos de este estudio, se ha procedido a identificar y cuantificar los principales segmentos de consumo, estimando sus requerimientos anuales de combustible en función de la frecuencia de operación, tipo de aeronave y perfil de uso. Esta metodología permite consolidar una visión integral de la demanda actual, incorporando tanto componentes estables como los vuelos subsidiados como variables propias del turismo y de las operaciones institucionales.

El resultado de este análisis se presenta en la Tabla 2-2, donde se detalla el cálculo de la demanda total actual de Jet A-1, expresada en litros por año, desagregada por tipo de usuario y considerando explícitamente su carácter mayoritariamente desplazado.

Tabla 2-2 Cálculo de la demanda actual total

Tipo de operación	Vuelos/año	Consumo promedio (L/vuelo)	Consumo total (L/año)	Abastecimiento actual
Vuelos subvencionados (Seremi)	104	450–600	≈54.600	Fuera de la zona (Coyhaique/Cochrane)
Operadores privados/turísticos	~78	450–650	≈42.500	Fuera de la zona
CONAF (incendios forestales)	Estacional	—	≈7.500	Fuera de la zona
FF.AA. y Carabineros	Irregular	—	≈7.500	Fuera de la zona
DGAC, SAMU y otros	Puntual	—	≈3.500	Fuera de la zona
Total estimado actual (demanda desplazada)	—	—	≈116.000	Sin venta local

Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, DGAC Chile

2.2.1.4. Naturaleza de la demanda actual: insatisfecha y desplazada

El análisis permite concluir que la demanda actual de Jet A-1 en Villa O'Higgins no se refleja en ventas locales, sino en consumo desplazado hacia otras localidades. Las aeronaves que operan en la comuna necesitan este combustible para sus vuelos, pero al no disponer de un punto de abastecimiento local, deben transportar el combustible desde sus bases de origen.

Por tanto, se trata de una demanda insatisfecha y desplazada geográficamente, susceptible de ser capturada en su totalidad mediante la instalación de una posta de abastecimiento de combustible Jet A-1 que cumpla con los estándares de seguridad y certificación de la DGAC y la SEC.

En términos prácticos:

- Los vuelos subvencionados garantizan una demanda mínima estable de aproximadamente 55.000 litros anuales.
- Los operadores privados e institucionales aportan un volumen adicional de 61.000 litros en promedio.
- El potencial total inmediato de consumo en la zona podría superar los 115.000 litros anuales, si existiera infraestructura local de expendio.

En síntesis, la demanda actual total estimada de Jet Fuel A-1 vinculada a las operaciones aéreas con destino u origen en Villa O'Higgins se sitúa en un rango de 94.000 a 138.000 litros anuales, con un promedio aproximado de 115.000 litros por año.

No obstante, el 100 % de este volumen se abastece actualmente fuera de la comuna, principalmente en Coyhaique y Cochrane.

Esto representa una demanda no satisfecha que podría transformarse en una demanda efectiva local con la instalación de una infraestructura de almacenamiento y expendio certificada.

De concretarse, la posta de combustible permitiría reducir los costos operativos, mejorar la seguridad de vuelo, aumentar la autonomía de las aeronaves y fortalecer la conectividad aérea en una de las zonas más aisladas del país.

2.1.6.5 Factores que condicionan la demanda actual

La demanda actual se ve influida por diversos factores estructurales, entre los que destacan:

- Aislamiento geográfico: Villa O'Higgins se encuentra al final de la Carretera Austral, sin conexión terrestre continua con el resto del país.
- Infraestructura aeroportuaria limitada: el aeródromo local carece de instalaciones de almacenamiento y despacho de Jet A-1.
- Dependencia climática: las condiciones meteorológicas restringen la operación aérea a los meses de verano.
- Demanda institucional estable: organismos públicos generan una base de consumo constante.
- Restricciones logísticas: el transporte desde Coyhaique o Puerto Montt es costoso y riesgoso.

2.2.1.6 Costos e impactos del abastecimiento actual

Actualmente, el costo efectivo del Jet A-1 en la Región de Aysén (sin incluir transporte) varía entre \$1.300 y \$1.600 CLP por litro. Sin embargo, al sumar los gastos de traslado, seguros y pérdida de eficiencia, el costo total para un operador en Villa O'Higgins puede superar los \$3.000 CLP/L, duplicando el valor base observado en aeródromos regionales.

Este diferencial representa una ineficiencia económica importante, ya que encarece los vuelos turísticos y de emergencia, limita la disponibilidad de aeronaves y reduce la frecuencia de operaciones. Por tanto, la instalación de una posta de combustible local no solo respondería a una necesidad técnica, sino también a una demanda económica no cubierta.

2.2.2 Proyección de Demanda Futura:

La proyección de la demanda futura de combustible aeronáutico Jet Fuel A-1 en Villa O'Higgins se sustenta en la evolución esperada del tráfico aéreo regional, el fortalecimiento de los programas de conectividad aérea impulsados por el Estado y el crecimiento progresivo de las actividades turísticas y operativas en la zona austral. La existencia de una subvención estatal al transporte aéreo regular para los habitantes de la comuna, junto con el uso institucional del combustible por

parte de organismos públicos y operadores privados, conforma un escenario de crecimiento sostenido y estable de la demanda para los próximos años.

2.2.2.1. Factores determinantes del crecimiento proyectado

El aumento esperado de la demanda se explica por la combinación de factores estructurales, logísticos e institucionales que impulsan la operación aérea en Villa O'Higgins, entre otros:

- Subvención de la Seremi de Transportes y Telecomunicaciones: El programa de subsidio a la conectividad aérea para zonas extremas implementado por la Seremi de Transportes y Telecomunicaciones de Aysén garantiza la operación de al menos dos vuelos semanales subvencionados entre Coyhaique y Villa O'Higgins. Este servicio regular, de carácter permanente, asegura un flujo estable de vuelos anuales y, en consecuencia, una demanda constante de Jet Fuel A-1 para las aeronaves contratadas. Cada vuelo subvencionado utiliza entre 450 y 600 litros de Jet A-1, lo que equivale a un consumo anual estimado de alrededor de 55.000 litros solo por concepto de conectividad subsidiada.
- Incremento de la operación privada y turística: Se proyecta un crecimiento sostenido en el número de vuelos de operadores turísticos y privados, impulsado por el aumento del turismo nacional e internacional hacia la Patagonia Austral, Campos de Hielo Sur y el Parque Nacional Bernardo O'Higgins. Estos vuelos, que actualmente operan en régimen estacional, podrían duplicarse en frecuencia dentro de un horizonte de cinco años, a medida que exista disponibilidad local de combustible y se reduzcan los costos de operación. Se estima que este segmento podría aportar entre 40.000 y 60.000 litros adicionales anuales de consumo en el mediano plazo.
- Operaciones institucionales y de emergencia (CONAF, Fuerzas Armadas y Carabineros): Los organismos públicos que operan aeronaves en la zona constituyen una demanda institucional no elástica, es decir, estable e independiente de factores de mercado. CONAF requiere combustible para operaciones de extinción de incendios forestales durante el verano austral, con consumos que pueden variar entre 10.000 y 20.000 litros anuales, dependiendo de la temporada y número de siniestros. Las Fuerzas Armadas y Carabineros de Chile, por su parte, utilizan aeronaves para patrullajes fronterizos, rescates, transporte logístico y apoyo humanitario, lo que se traduce en un consumo estable estimado de 15.000 a 25.000 litros anuales. A ello se suman

vuelos puntuales de la DGAC y de servicios médicos aéreos (SAMU y FACH), cuyo consumo promedio anual ronda los 5.000 litros.

2.2.2.2 Efecto multiplicador de la infraestructura local

La instalación de una posta de abastecimiento en el propio aeródromo de Villa O'Higgins reducirá las barreras operativas, lo que incentivará que nuevos operadores ingresen al mercado, aumentando progresivamente el número de vuelos anuales. En base a experiencias comparables en aeródromos de zonas aisladas, la disponibilidad local de combustible puede generar crecimientos anuales de entre 5 % y 10 % en el tráfico aéreo total durante los primeros años de operación.

2.2.2.3 Estimación de la demanda proyectada

Para estimar la proyección de demanda futura, se utiliza la fórmula de crecimiento compuesto:

$$D_t = D_0 \times (1 + g)^t$$

Donde:

D_t = Demanda proyectada al año t (litros/año)

D_0 = Demanda actual (litros/año)

g = Tasa de crecimiento anual esperada

t = Horizonte de proyección (años)

Supuestos de base:

- Demanda actual estimada: 116.000 litros/año

- Crecimiento anual promedio: 8 %

- Horizonte de proyección: 5 años

$$D_{15} = 116.000 \times (1 + 0,08)^5 = 116.000 \times 3,17 = 170.404 \text{ litros/año.}$$

Por tanto, en un horizonte de 5 años, la demanda de Jet A-1 en Villa O'Higgins podría alcanzar alrededor de los 170.404 litros anuales, considerando un escenario base de crecimiento sostenido y la continuidad de las subvenciones estatales.

2.2.2.4 Escenarios de proyección

Una vez estimada la demanda actual de combustible de aviación Jet A-1 en Villa O'Higgins, resulta fundamental proyectar su evolución en el tiempo con el propósito de evaluar la sostenibilidad y el potencial de crecimiento del mercado en el contexto del proyecto. Dado que la demanda futura está sujeta a múltiples variables de incertidumbre como el desarrollo del turismo, la continuidad de los programas de subsidio estatal, las condiciones climáticas y la incorporación de nuevos operadores, se hace necesario abordar su estimación mediante un enfoque de escenarios.

En este sentido, la proyección de la demanda no se limita a un único valor esperado, sino que considera distintos niveles de crecimiento posibles, permitiendo analizar el comportamiento del mercado bajo diferentes supuestos. Esta metodología facilita una evaluación más robusta del proyecto, al incorporar tanto situaciones conservadoras como escenarios más dinámicos, reduciendo el riesgo asociado a la toma de decisiones basada en un único pronóstico.

Para la construcción de los escenarios, se ha utilizado como base la demanda actual estimada, sobre la cual se aplican distintas tasas de crecimiento anual compuestas, representativas de posibles trayectorias del mercado. Estas tasas reflejan el impacto esperado de factores como el aumento del tráfico aéreo, el fortalecimiento de la conectividad regional, la expansión de la actividad turística en la Patagonia y la mayor presencia de operaciones institucionales en la zona.

De esta forma, se definen tres escenarios principales: un escenario conservador, que asume un crecimiento moderado y condiciones restrictivas; un escenario base o esperado, que refleja la evolución más probable del mercado bajo condiciones normales; y un escenario optimista, que considera un mayor dinamismo en la actividad aérea y un aprovechamiento pleno de la infraestructura proyectada.

Los resultados de estas proyecciones se presentan en la Tabla 2-3, donde se detalla la demanda estimada para cada escenario en el horizonte de evaluación, junto con los supuestos que sustentan cada caso.

Tabla 2-3 Escenarios de proyección

Escenario	Supuesto de crecimiento anual	Demanda proyectada (año 5)	Principales impulsores
Conservador	5 %	≈ 148.480 L/año	Mantenimiento del subsidio, sin incremento de vuelos privados.
Base (esperado)	8 %	≈ 170.404 L/año	Crecimiento moderado del turismo, continuidad del subsidio estatal, expansión institucional.
Optimista	10 %	≈ 187.760 L/año	Aumento de vuelos turísticos, expansión de operaciones institucionales, desarrollo logístico local.

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.5 Distribución de la demanda futura por tipo de cliente

Una vez proyectada la demanda total de combustible de aviación Jet A-1 para el horizonte de evaluación, resulta necesario analizar su composición en función de los distintos tipos de clientes que participan en el mercado aeronáutico de Villa O'Higgins. Esta desagregación permite comprender de mejor manera la estructura de consumo proyectada, así como identificar el grado de dependencia del proyecto respecto de determinados segmentos de usuarios.

La demanda futura no es homogénea, sino que se distribuye entre diversos actores, tales como vuelos subsidiados, operadores turísticos, vuelos privados e instituciones públicas, cada uno con características particulares en términos de frecuencia de operación, volumen de consumo y estabilidad en el tiempo. En este sentido, algunos segmentos presentan un comportamiento más predecible como es el caso de los vuelos subsidiados mientras que otros, como el turismo, están sujetos a una mayor variabilidad y estacionalidad.

Para efectos de este análisis, se ha asumido que la estructura porcentual de participación por tipo de cliente observada en la demanda actual se mantiene relativamente constante en el tiempo, ajustándose proporcionalmente al crecimiento proyectado en cada uno de los escenarios definidos. Este supuesto permite simplificar la estimación sin perder representatividad, dado que

no se anticipan cambios estructurales significativos en la composición del mercado en el corto y mediano plazo.

No obstante, es importante señalar que esta distribución podría verse influenciada por factores externos, tales como el desarrollo de nuevos proyectos turísticos, cambios en las políticas públicas de conectividad aérea o la incorporación de nuevos operadores en la zona, lo que podría modificar la participación relativa de cada segmento.

La desagregación de la demanda futura por tipo de cliente constituye un insumo relevante para la planificación operativa y comercial del proyecto, ya que permite orientar estrategias de atención, definir prioridades de servicio y estimar niveles de ingreso asociados a cada segmento.

Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 2-4, donde se detalla la distribución proyectada de la demanda de Jet A-1 según tipo de cliente para el horizonte de evaluación considerado.

Tabla 2-4 Distribución de la demanda futura por cliente

Año	Vuelos subsidiados (47,1%)	Operadores turísticos (36,6%)	CONAF (6,5%)	FF.AA. y Carabineros (6,5%)	DGAC y otros (3,0%)	Total demanda
1	59.006	45.853	8.143	8.143	3.758	125.280
2	63.726	49.521	8.795	8.795	4.059	135.302
3	68.825	53.483	9.499	9.499	4.320	146.126
4	74.331	57.761	10.258	10.258	4.736	157.816
5	80.279	62.379	11.076	11.076	5.113	170.404
6	86.701	67.369	11.966	11.966	5.534	184.036
7	93.637	72.759	12.919	12.919	5.963	198.759
8	101.128	78.575	13.953	13.953	6.451	214.660
9	109.218	84.844	14.069	14.069	6.633	231.833
10	117.955	91.594	16.275	16.275	8.281	250.380
11	127.392	98.855	17.577	17.577	9.009	270.410
12	137.584	106.657	18.983	18.983	9.836	292.043
13	148.591	115.029	20.502	20.502	10.782	315.406

14	160.479	124.002	22.142	22.142	11.874	340.639
15	173.317	133.610	23.913	23.913	12.137	367.890

Fuente: www.dgac.gob.cl

2.2.2.6 Implicancias operativas y estratégicas

La consolidación de una demanda futura superior a 100.000 litros anuales permite justificar plenamente la instalación de una infraestructura de almacenamiento de 15.000 litros con reposición mensual o bimensual, asegurando autonomía suficiente para atender la operación institucional y privada.

El abastecimiento local reducirá los costos logísticos, mejorará la disponibilidad de aeronaves y permitirá la creación de contratos estables de suministro con instituciones públicas, asegurando una base de ingresos constante. Además, la diversificación de clientes otorga estabilidad y resiliencia económica al proyecto.

La demanda futura de Jet Fuel A-1 en Villa O'Higgins proyecta un crecimiento sostenido del orden del 8 % anual, impulsado por el fortalecimiento del transporte aéreo subsidiado, la expansión del turismo y la participación constante de organismos públicos en operaciones estratégicas. En un horizonte de cinco años, se espera que la demanda total alcance entre 145.000 y 190.000 litros anuales, lo que convierte a la instalación de una posta de combustible en una inversión técnicamente viable y comercialmente sustentable. Este escenario confirma la prefactibilidad positiva del proyecto, tanto desde el punto de vista económico como social, al contribuir directamente a la conectividad, seguridad y desarrollo territorial del extremo sur de Chile.

Se proyectará la demanda por un horizonte de 15 años. Se utilizará un método de tendencia con una tasa de crecimiento positiva ajustada, basada en:

- Crecimiento histórico del turismo en la Región de Aysén.
- Impacto esperado de la nueva infraestructura en el aumento del tráfico aéreo.
- Crecimiento vegetativo de los servicios públicos (DGAC, CONAF).

2.3 VARIABLES QUE AFECTAN A LA DEMANDA

Las variables que influyen en el volumen de venta son:

- **Precio del Combustible:** La variación del precio internacional del petróleo y el tipo de cambio.
- **Regulaciones de Vuelo:** Restricciones o incentivos por parte de la DGAC para operar en la zona austral.
- **Infraestructura de Destino:** Mejora o degradación de otros aeródromos y pistas en la ruta aérea.
- **Estacionalidad:** La demanda será altamente estacional, con picos en temporada de verano (diciembre a marzo) y mínimos en invierno, lo que afecta la planificación de *stock*.

2.4 ANÁLISIS DE LA OFERTA ACTUAL Y FUTURA

2.4.1 Oferta Actual (Competencia)

La competencia directa es la inexistencia de servicio en la comuna, forzando la compra en los puntos más cercanos (ej., Chile Chico, Coyhaique). La competencia indirecta son los métodos de flete privado o reabastecimiento manual y artesanal que se utilizan actualmente por los operadores.

2.4.2 Oferta Futura

Se debe evaluar la probabilidad de que otros grandes distribuidores de combustible establezcan una estación similar en un horizonte de 15 años, lo cual es bajo dada la limitada demanda y alta inversión en una zona tan aislada.

2.5 COMPORTAMIENTO DEL MERCADO

El mercado es de alto valor y baja frecuencia, dominado por la necesidad logística. Los clientes son poco sensibles a una variación menor del precio final, pero son extremadamente sensibles a la calidad y la disponibilidad del servicio (certificación DGAC/SEC, capacidad de abastecer a demanda y seguridad). El mercado es oligopólico a nivel regional (pocos distribuidores mayoristas de combustible).

2.5.1 Análisis del medio interno

El medio interno del proyecto está determinado por los recursos, capacidades y características propias de la iniciativa, que conforman sus fortalezas y debilidades. Estas variables reflejan la capacidad del proyecto para posicionarse competitivamente dentro del mercado del combustible de aviación en la zona austral.

2.5.1.1 Fortalezas.

Una de las principales fortalezas del proyecto radica en la naturaleza estratégica del producto Jet A-1, esencial para las operaciones aéreas con motores a turbina a gas. Este tipo de combustible posee una demanda constante y prioritaria, ya que la aviación, especialmente en zonas extremas como la Patagonia, depende totalmente de su disponibilidad para garantizar conectividad, transporte, emergencias y rescate.

Otra fortaleza significativa es la baja elasticidad de la demanda respecto del precio, dado que los operadores aéreos priorizan la disponibilidad, calidad y confiabilidad del servicio antes que su costo. Asimismo, la estación puede integrarse funcionalmente con operadores públicos y privados, como la DGAC, CONAF, servicios de salud o empresas turísticas, generando contratos de suministro estables que refuercen la sostenibilidad económica del proyecto.

2.5.1.2 Debilidades.

Entre las principales debilidades del proyecto destaca, en primer término, la magnitud de la inversión inicial necesaria para la habilitación de la infraestructura requerida, considerando que el almacenamiento y expendio de combustible de aviación demandan instalaciones especializadas, equipamiento certificado y el cumplimiento estricto de estándares normativos y de seguridad. Esta condición eleva las barreras de entrada y exige un esfuerzo financiero significativo en la etapa inicial de ejecución.

De igual forma, el proyecto se inserta en un mercado de dimensiones acotadas, caracterizado por un volumen reducido de operaciones aéreas y una demanda concentrada en determinados períodos del año, lo que limita las posibilidades de expansión rápida y obliga a maximizar la eficiencia en la gestión de recursos. A ello se agregan los elevados costos logísticos asociados al abastecimiento del combustible Jet A-1 desde centros de distribución alejados de la zona de emplazamiento, situación que repercute directamente en la estructura de costos y en la competitividad del servicio ofrecido.

Junto con lo anterior, resulta pertinente incorporar como debilidad el riesgo inherente a la administración del inventario de combustible, debido a que este producto requiere condiciones estrictas de almacenamiento, control y conservación para resguardar su calidad y aptitud operacional. En particular, el combustible debe mantenerse libre de agua, impurezas y agentes contaminantes, además de asegurar una rotación adecuada que evite períodos prolongados de almacenamiento. Esta exigencia implica una supervisión técnica constante, controles periódicos de calidad y una gestión operacional rigurosa, factores que incrementan la complejidad del proyecto y su dependencia de procedimientos altamente estandarizados.

2.5.2 Análisis del medio externo

El medio externo está constituido por los factores del entorno que influyen sobre el proyecto y que no pueden ser controlados directamente. Estos factores se dividen en oportunidades y amenazas, las cuales determinan las condiciones del mercado y su potencial de crecimiento a mediano y largo plazo.

2.5.2.1 Oportunidades.

El entorno externo ofrece diversas oportunidades que refuerzan la viabilidad del proyecto. En primer lugar, existe una demanda insatisfecha de combustible aeronáutico en la zona austral, especialmente en localidades aisladas como Villa O'Higgins, donde actualmente no hay infraestructura de abastecimiento certificada. Este vacío en el mercado representa una ventaja de entrada para un nuevo operador, con la posibilidad de convertirse en el único proveedor de la zona.

El crecimiento del turismo aéreo y científico en la Patagonia constituye otra oportunidad clave. La región ha experimentado un incremento sostenido en la llegada de visitantes interesados en actividades de naturaleza y aventura, lo que ha impulsado el tráfico de vuelos turísticos, aerotaxis y expediciones logísticas. Este fenómeno, junto con el aumento de vuelos institucionales y de servicios públicos, proyecta una demanda creciente de combustible Jet A-1 durante los próximos años.

Asimismo, las políticas públicas de fomento a la conectividad aérea en zonas extremas, mediante subsidios estatales o licitaciones de rutas, fortalecen el contexto favorable para el desarrollo de esta infraestructura. La posibilidad de establecer convenios de suministro con instituciones gubernamentales y operadores regionales puede consolidar ingresos estables y permanentes para el proyecto.

Finalmente, la ausencia de competencia directa y la baja probabilidad de nuevas inversiones similares en el corto plazo consolidan una oportunidad de posicionamiento temprano, permitiendo que la estación se convierta en un nodo logístico estratégico en la red de abastecimiento aeronáutico del sur de Chile.

2.5.2.2 Amenazas.

Dentro de las amenazas principales se encuentra la alta volatilidad del precio internacional del petróleo y las fluctuaciones del tipo de cambio, factores que pueden impactar los costos de adquisición y reducir los márgenes de rentabilidad. Al tratarse de un producto vinculado

directamente al mercado energético global, el Jet A-1 está expuesto a variaciones abruptas que escapen al control del operador.

Otra amenaza significativa es la eventual implementación de normativas ambientales más estrictas o restricciones regulatorias derivadas de políticas de sostenibilidad y descarbonización. Si bien el combustible de aviación es esencial, las tendencias internacionales apuntan a la reducción de emisiones y al fomento de combustibles sostenibles (SAF), lo que podría aumentar las exigencias de control o elevar los costos de cumplimiento.

También representa un riesgo la interrupción de la cadena de suministro debido a factores climáticos, desastres naturales o problemas logísticos en el transporte terrestre y marítimo hacia el sur de Chile. En zonas aisladas como Aysén, un cierre prolongado de rutas o puertos podría afectar el abastecimiento continuo de la estación.

Finalmente, a largo plazo, la entrada de nuevos competidores o la expansión de grandes distribuidores nacionales podría disminuir la cuota de mercado del proyecto, especialmente si estos logran optimizar costos de transporte o consolidar economías de escala.

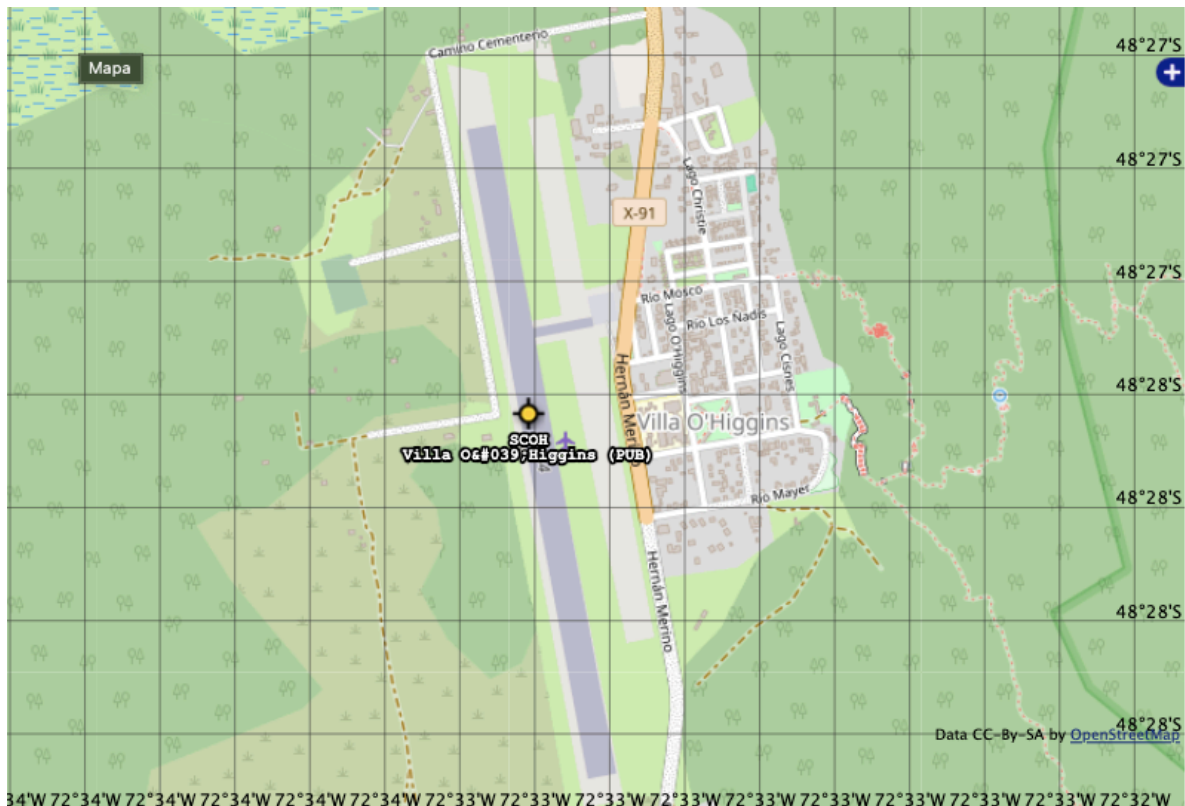
2.6 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE PRECIO Y PROYECCIONES

El precio de venta se fijará bajo una estructura de costo más margen, dada la nula competencia directa. La principal componente del precio será el costo logístico de transporte (flete) del combustible desde el punto de abastecimiento más cercano hasta Villa O'Higgins. El precio final proyectado deberá ser competitivo en relación con el costo que hoy tiene para una aeronave el desvío o el flete privado.

2.7 ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN

La ubicación óptima es el aeródromo de Villa O'Higgins para lo cual se evaluará si existe el espacio y la factibilidad de concesión.

El Aeródromo Villa O'Higgins es un aeródromo civil fiscal administrado por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) de Chile, ubicado a unos 800 metros al oeste de la localidad de Villa O'Higgins, en la Región de Aysén. Con una elevación de 274 metros, cuenta con una pista de 1.300 metros (ver Figura 2-1).



Fuente: www.aipchile.dgac.gob.cl

Figura 2-1. Plano de ubicación aeródromo Villa O'Higgins.

2.8 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COMERCIALIZACIÓN

El sistema de comercialización propuesto para el suministro de combustible de aviación Jet A-1 en Villa O'Higgins busca establecer un modelo de venta directa y distribución eficiente, todo bajo un marco de seguridad, certificación y trazabilidad, conforme a las normas de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

2.8.1 Sistema de Venta

El sistema de venta se fundamenta en un modelo directo entre el operador de la estación de servicio y el cliente final, sin intermediarios comerciales. El objetivo es ofrecer un servicio personalizado, eficiente y de alta confiabilidad, adecuado a las características de un mercado especializado con bajo volumen de clientes, pero con alta exigencia técnica y operativa.

El proceso de venta comprenderá las siguientes modalidades:

- Venta directa en aeródromo: El cliente adquiere el combustible directamente en la estación ubicada dentro del aeródromo de Villa O'Higgins. El despacho se realiza mediante surtidor certificado con medición volumétrica exacta, boleta electrónica y registro de lote.
- Venta por contrato o convenio anual: Para instituciones públicas y operadores privados recurrentes (DGAC, CONAF, servicios de salud, operadores turísticos), se establecerán contratos de suministro anual o por temporada, con condiciones de precio, volumen y prioridad de abastecimiento previamente acordadas. Este tipo de venta permite planificar la producción, el transporte y el inventario con mayor previsibilidad.

En todos los casos, la facturación será electrónica, incorporando trazabilidad completa del lote, volumen y fecha de despacho, cumpliendo las exigencias normativas de la DGAC y la SEC.

El sistema de precios se definirá mediante un margen fijo sobre el costo logístico y de adquisición, manteniendo un equilibrio entre la rentabilidad y la competitividad frente al costo alternativo que los operadores tendrían al reabastecerse en otras ciudades (Coyhaique, Chile Chico o Puerto Natales).

2.8.2 Canales de Distribución

El canal de distribución adoptado será de tipo directo y especializado, eliminando intermediarios para asegurar la calidad, trazabilidad y control normativo del combustible. Este canal responde a la estructura logística que caracteriza el mercado aeronáutico, donde el transporte,

almacenamiento y despacho deben cumplir procedimientos estandarizados bajo supervisión técnica.

El flujo del canal de distribución se puede describir en tres fases principales:

Abastecimiento mayorista (origen del producto): El Jet A-1 será adquirido en terminales de ENAP o plantas de almacenamiento en Coyhaique o Balmaceda, dependiendo de la ruta logística más viable. El transporte se efectuará mediante camiones cisterna certificados para combustible aeronáutico, operados por proveedores autorizados por la DGAC, con sellado, control de temperatura y documentos de trazabilidad.

Almacenamiento en planta local (infraestructura del proyecto): Una vez recibido en Villa O'Higgins, el combustible pasará por controles de calidad y será almacenado en tanques de doble pared o con cubeto de contención, equipados con sistemas de filtrado, drenaje y monitoreo. El almacenamiento incluirá instrumentos de medición de densidad, temperatura y control de agua libre, asegurando que el producto conserve sus propiedades físico-químicas.

Distribución final al cliente (despacho en pista): El combustible será distribuido directamente a las aeronaves mediante una unidad equipada con sistema de bombeo, mangueras antiestáticas y filtros de partículas. El despacho será realizado por personal entrenado, siguiendo los procedimientos de seguridad operacional definidos en el DAP 14-01 DGAC Chile "Procedimiento de Seguridad operacional en el área de movimiento". Cada operación quedará registrada en un log de despacho, detallando hora, volumen, aeronave atendida y número de lote.

En términos generales, el canal de distribución será corto, controlado y trazable, reduciendo riesgos de contaminación, pérdida de producto o errores de suministro. Este modelo es el más adecuado para operaciones en regiones aisladas, donde la integridad del producto y la seguridad del proceso son prioritarias sobre la escala de ventas.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA

3. ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA

3.1 DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DE PROCESOS

El proceso principal del proyecto corresponde al almacenamiento, control de calidad, manipulación y despacho de combustible de aviación Jet A-1, cumpliendo las normativas técnicas y de seguridad de la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil) y la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).

El sistema debe asegurar que el producto mantenga sus propiedades físico-químicas, que no exista contaminación cruzada, y que el despacho a aeronaves se realice con trazabilidad completa.

Los procesos operativos se dividen en:

1. Recepción del combustible

- Llegada vía camión cisterna certificado desde Coyhaique o Balmaceda.
- Muestreo inicial del cargamento.
- Verificación de calidad: densidad, apariencia, contenido de agua y temperatura.
- Registro de documentación DGAC/SEC.

2. Almacenamiento seguro

- Descarga del camión mediante sistema de bombeo con filtro coalescente.
- Ingreso a tanques de doble pared con cubeto de contención.
- Instalación de sensores de nivel, válvulas de seguridad y sistema de drenaje de agua.

3. Control de calidad rutinario

- Pruebas diarias de agua libre (prueba de shell o aqua-glo).
- Medición de densidad y temperatura.
- Control visual de turbidez.

4. Despacho a aeronaves

- Uso de carro surtidor con filtrado en línea.
- Conexión antiestática.
- Registro del volumen y número de lote.
- Entrega de guía de despacho electrónica.

5. Gestión ambiental y de seguridad

- Plan de manejo de derrames.
- Control de residuos peligrosos.
- Bitácoras de operación y mantenimiento.

Estos procesos garantizan un abastecimiento seguro, eficiente y normativamente aprobado.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO

El proceso operativo de la posta de combustible Jet A-1 en Villa O'Higgins se estructura a través de una secuencia lógica de actividades diseñadas para garantizar la seguridad, calidad, trazabilidad y eficiencia en la manipulación del combustible aeronáutico.

El diagrama de flujo representa cada una de las etapas críticas del sistema, permitiendo visualizar la interacción entre los equipos, el personal operativo y los mecanismos de control normativo establecidos por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

Este flujo considera desde la llegada del combustible al aeródromo hasta su entrega final a las aeronaves, destacando los puntos en los que se realizan controles de calidad, decisiones operacionales, verificaciones de seguridad y acciones preventivas frente a posibles desviaciones.

3.2.1 Descripción detallada del flujo del proceso:

El diagrama de flujo puede dividirse en siete etapas principales:

3.2.2.1 Recepción del combustible.

El proceso se inicia con la llegada del camión cisterna certificado al aeródromo. En esta etapa se ejecutan acciones fundamentales:

- Verificación del proveedor y documentación del cargamento (guías, manifiestos, certificados de calidad y sellos de seguridad).
- Identificación del lote, fecha de carga y temperatura del combustible.
- Estacionamiento del camión en el punto de descarga autorizado, previamente señalado y aislado.

Esta etapa es crítica, ya que cualquier desviación detectada puede detener por completo el proceso.

3.2.1.1 Control de calidad inicial.

Antes de permitir la descarga, se ejecutan pruebas que aseguran que el Jet A-1 cumple con las normas internacionales ASTM D1655 y DEF STAN 91-91.

Entre los análisis se incluyen:

- Prueba visual (Clear & Bright Test): confirma ausencia de partículas y agua libre.
- Medición de densidad: utilizando hidrómetro y termómetro calibrado.
- Control de temperatura: para validar que el combustible no esté en rangos atípicos.
- Verificación documental del lote: certificación del origen y trazabilidad.

Si alguna prueba falla, el combustible no puede ser descargado.

3.2.1.2 Descarga y filtrado.

Una vez aprobado el control inicial, se procede a la descarga mediante bombas equipadas con filtros coalescentes.

En esta fase:

- El combustible pasa por un filtro de alta eficiencia que retiene agua y partículas.
- El flujo se controla mediante válvulas anti-retorno y medidores volumétricos.
- Se evita la turbulencia para prevenir la formación de burbujas o contaminación.

El combustible se redirecciona hacia los tanques de almacenamiento de doble pared, instalados sobre una losa de hormigón y protegidos por un cubeto de contención.

3.2.1.3 Almacenamiento seguro.

El combustible es almacenado bajo condiciones estrictas:

- Tanques diseñados conforme a normativa UL-142 o RTMA.
- Monitoreo diario del nivel mediante indicadores manuales o electrónicos.
- Drenaje periódico de agua acumulada en el fondo del tanque.
- Control de presión y ventilación mediante respiraderos anti-deflagrantes.

Durante esta etapa se mantiene la integridad del combustible hasta el momento de su despacho.

3.2.1.4 Control de calidad diario.

Antes de iniciar cada jornada de abastecimiento, se realizan controles operacionales:

- Prueba de agua libre (shell water detector o aqua-glo).
- Medición de densidad y temperatura, comparando con el certificado del proveedor.
- Verificación de filtros y estado general de bombas y líneas de despacho.

Esta fase garantiza que el producto almacenado mantiene las propiedades originales.

3.2.1.5 Despacho mediante surtidor.

El despacho del Jet A-1 a las aeronaves se realiza mediante un carro surtidor certificado.

El procedimiento incluye:

- Conexión a tierra para evitar acumulación de electricidad estática.
- Filtrado final en línea (filtro monitor) antes de ingresar al estanque de la aeronave.
- Medición volumétrica exacta del combustible entregado.
- Registro en bitácora de la operación (fecha, matrícula de aeronave, volumen y firma del operador).

En caso de detectar agua, partículas o cualquier anomalía, el despacho se detiene inmediatamente.

3.2.1.6 Registro DGAC/SEC y cierre operacional.

Finalmente, todas las operaciones se registran siguiendo los protocolos normativos:

- Respaldo de lotes y trazabilidad del combustible entregado.
- Reporte diario de existencias en tanques.
- Bitácora de inspecciones, drenajes y mantenimientos.

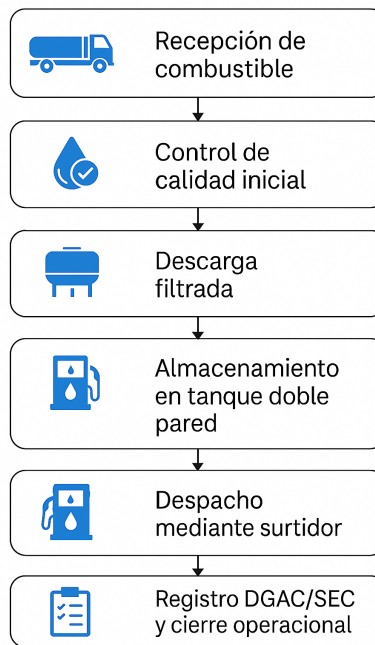
Este registro permite auditorías permanentes y asegura el cumplimiento normativo.

3.2.2 Explicación general del flujo.

En términos operativos, el diagrama de flujo refleja un proceso lineal pero con puntos de control críticos, donde las decisiones se basan en parámetros normativos estrictos. El diseño del flujo busca:

- Minimizar riesgos de contaminación del combustible.
- Garantizar la seguridad operacional de las aeronaves y del personal.
- Optimizar la rotación del producto.
- Asegurar el cumplimiento de la normativa de seguridad aérea y almacenamiento de combustibles.

Además, la estructura del proceso permite la detección temprana de errores y facilita la toma de decisiones (continuar, detener, corregir o descartar el combustible) (ver Figura 3-1).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-1. Diagrama de flujo proceso carguío de combustible.

3.3 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

El análisis de balance de masa y energía permite dimensionar adecuadamente la capacidad de almacenamiento de la posta de combustible Jet A-1, así como estimar los consumos energéticos asociados a su operación. Ambos elementos son fundamentales para definir el tamaño óptimo de la infraestructura, la rotación del producto y los costos de operación anuales del proyecto.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el sistema de almacenamiento y despacho de combustible puede considerarse como un volumen de control en el que entran y salen flujos de Jet A-1 y energía eléctrica. El objetivo del balance de masa es garantizar que la capacidad de los tanques sea suficiente para atender la demanda proyectada dentro de un horizonte de autonomía definido, mientras que el balance de energía busca cuantificar la electricidad requerida para operar bombas, sistemas de control y equipos auxiliares.

3.3.1 Balance de masa

El balance de masa se basa en el principio de conservación de la materia, que establece que, para un sistema cerrado a reacciones químicas:

$$Entradas - Salidas = Acumulación$$

En el contexto de la posta de combustible, las entradas corresponden al volumen de Jet A-1 que ingresa a los tanques desde el camión cisterna, las salidas son los litros despachados a las aeronaves, y la acumulación representa el stock de combustible almacenado en un momento dado. No se consideran reacciones químicas ni consumos internos significativos, por lo que las pérdidas se restringen a evaporación mínima, drenajes de agua y merma operacional, que se pueden agrupar como un término de pérdidas menores.

En forma simplificada:

$$Q_{camion} = Q_{despachado} + Q_{stock\ final} + Q_{stock\ perdidas}$$

donde:

- Q_{camion} : volumen descargado por el camión cisterna (L)
- $Q_{despachado}$: volumen total vendido a aeronaves en un período (L)
- $Q_{stock\ final}$: volumen remanente en los tanques (L)
- $Q_{stock\ perdidas}$: merma por drenajes, pruebas y pequeñas pérdidas (L)

Para dimensionar la capacidad de almacenamiento, se utilizan las proyecciones de demanda:

- Demanda actual estimada: 116.000 L/año
- Demanda proyectada a 5 años (escenario base): 170.404 L/año

Se define un nivel de autonomía operacional mínimo de 55 días, considerando:

- Aislamiento geográfico de Villa O'Higgins.
- Posibles interrupciones en rutas terrestres o marítimas.
- Estacionalidad y condiciones climáticas adversas.

El stock mínimo necesario se calcula como:

$$Stock\ mínimo = \frac{Demanda\ actual\ proyectada}{365} \times dias\ de\ autonomia$$

$$Stock\ minimo = \frac{170.404\ L/año}{365} \times 55\ dias \approx 25.600\ litros$$

Este resultado indica que, para asegurar la continuidad del servicio durante 55 días sin reposición, la instalación debe disponer de una capacidad de almacenamiento efectiva del orden de 25.000 a 26.000 litros de Jet A-1.

Para el diseño se adopta una configuración de dos tanques horizontales de 12.500 litros cada uno, lo que entrega una capacidad total de 25.000 L. Esta configuración presenta varias ventajas:

- Permite la operación alternada de tanques (uno en servicio y otro en reserva o en mantenimiento).
- Facilita la gestión de lotes, manteniendo trazabilidad y evitando mezclas no deseadas.
- Entrega un margen de seguridad frente a variaciones de la demanda o retrasos en la reposición.

Si se considera una rotación anual de 170.400 L y una capacidad total de 25.000 L, el número de ciclos de llenado-descarga por año es:

$$Número\ de\ ciclos = \frac{170.404}{25000} \approx 6,8\ ciclos/año$$

Es decir, en promedio, cada tanque se renovará completamente entre 6 y 7 veces al año, lo que implica un tiempo de residencia del combustible inferior a 2 meses, compatible con las recomendaciones operacionales para combustibles aeronáuticos en zonas frías.

En resumen, el balance de masa respalda la elección de una capacidad de 25.000 L como técnicamente adecuada para:

- Cubrir la demanda proyectada.
- Mantener una rotación adecuada del producto.
- Proporcionar un nivel razonable de autonomía frente a eventuales contingencias logísticas.

3.3.2 Balance de energía

A diferencia de instalaciones industriales con procesos térmicos o de reacción, en la posta de combustible Jet A-1 no se transforma la energía química del combustible, ya que éste no se quema ni se procesa internamente. Sin embargo, la operación requiere energía eléctrica para accionar bombas, sistemas de medición, iluminación y otros equipos auxiliares.

El balance de energía se concentra en estimar el consumo eléctrico anual de la instalación, que se utilizará posteriormente para calcular los costos de operación.

Los principales consumidores de energía son:

1. Bombas de transferencia y despacho.
 - Potencia instalada estimada: 3–5 kW.
 - Horas de funcionamiento: depende del número de descargas de camiones y del volumen diario de despacho a aeronaves.
 - Se considera un uso promedio de 3 horas diarias efectivas a lo largo del año (mayor actividad en verano, menor en invierno).
2. Sistemas de control y auxiliares.
 - Incluye instrumentos de medición, sensores de nivel, equipos de comunicación y control.
 - Potencia aproximada: 0,5 kW.
 - Funcionamiento continuo (24 horas).
3. Iluminación de seguridad y perimetral.
 - Se implementa iluminación LED con certificación para atmósferas potencialmente explosivas.
 - Potencia estimada: 1–1,5 kW.
 - Horas de funcionamiento: principalmente en horario nocturno; se puede suponer un promedio de 10 horas diarias.
4. Equipos de apoyo en invierno (calefactores locales, resistencias en líneas críticas, etc.).
 - Potencia estimada: 1 kW.

- Funcionamiento estacional (aprox. 4 meses al año).

El consumo eléctrico anual se puede aproximar mediante la expresión:

$$E = \sum (\mathcal{P}_i \times \mathcal{H}_i)$$

donde:

- E: energía consumida (kWh/año)
- $\mathcal{P}_i$: potencia del equipo i (kW)
- $\mathcal{H}_i$: horas de funcionamiento anual del equipo i (h/año)

Aplicando valores representativos:

- Bombas: $P \approx 4kW, h \approx 1.100 h/año \rightarrow E \approx 4.400 kWh/año$
- Sistemas de control: $0,5 kW \times 8.760 h/año \approx 4.380 kWh/año$ (aunque con factor de carga real menor; se puede considerar 30-40%)
- Iluminación: $1,2 kW \times 3.650 h/año \approx 4.380 kWh/año$ (valor de referencia, también ajustable por factor de utilización)
- Equipos de apoyo en invierno: $1 kW \times 1.000 h/año \approx 1000 kWh/año$

Considerando factores de utilización y simultaneidad más realistas, el consumo global se ajusta a un rango de:

$$E_{total} \approx 6.000 - 7.500 kWh/año$$

Este rango es coherente con la magnitud de una instalación pequeña, con operación concentrada en horarios diurnos y con demanda estacional.

3.3.3 Implicancias para el diseño y la operación

Los resultados del balance de masa y energía permiten extraer varias conclusiones relevantes para el diseño técnico del proyecto:

- La capacidad de almacenamiento de 25.000 litros garantiza una autonomía mínima de 55 días y una adecuada rotación del combustible, reduciendo riesgos de degradación del producto.

- El número de ciclos de llenado anual es compatible con la logística de abastecimiento desde Coyhaique u otros terminales, sin requerir flotas de transporte excepcionales.
- El consumo eléctrico anual estimado de 6.000–7.500 kWh se traduce en un costo operativo acotado, que no compromete la rentabilidad del proyecto y puede ser atendido mediante el suministro eléctrico local.
- La ausencia de procesos térmicos complejos simplifica el diseño de la instalación, concentrando las exigencias técnicas en la seguridad operacional, la calidad del combustible y el cumplimiento normativo.

En conjunto, el balance de masa y energía confirma que la configuración técnica propuesta es consistente con la demanda proyectada, las condiciones geográficas de Villa O'Higgins y los criterios de eficiencia operativa del proyecto.

3.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS

La selección de los equipos es un componente crítico del diseño de una posta de combustible Jet A-1, ya que determina el nivel de seguridad operacional, la calidad del producto entregado, la continuidad del servicio y la conformidad normativa con la DGAC, la SEC y estándares internacionales como API, EI y NFPA.

En este proyecto, la elección de equipos se fundamenta en cuatro criterios:

1. **Seguridad operacional:** todos los equipos deben ser certificados para atmósferas potencialmente explosivas (ATEX o equivalente).
2. **Calidad del combustible:** evitar contaminación por agua, partículas o bacterias, asegurando la integridad del Jet A-1.
3. **Fiabilidad y mantenibilidad:** equipos robustos, de baja mantención y disponibilidad comprobada en climas extremos.
4. **Adecuación a la demanda:** capacidad instalada suficiente para 25.000 L de almacenamiento y un consumo de 170.000 L/año.

A continuación, se detallan los principales equipos seleccionados para la operación.

3.4.1 Tanques de almacenamiento de Jet A-1

Se seleccionan dos tanques horizontales cilíndricos de acero al carbono, cada uno con capacidad nominal de 12.500 litros, conformando un volumen total útil de 25.000 litros, acorde con el balance de masa analizado.

Características técnicas:

- **Construcción:** acero ASTM A-36 o superior.
- **Tipo:** tanque de **doble pared** (inner tank + outer containment).
- **Certificación:**
 - UL-142 (*Standard for Steel Aboveground Tanks for Flammable and Combustible Liquids*),
 - API 650 / RTMA equivalente en Chile.
- **Accesorios integrados:**
 - Boca de acceso superior.
 - Indicador de nivel mecánico (tipo varilla o flotador).
 - Indicador electrónico opcional.
 - Respiraderos anti-explosión con arrestador de llama.
 - Válvula de sobrellenado (95%).
 - Línea de drenaje de agua con válvula de fondo.

Los tanques de doble pared reducen significativamente el riesgo de derrames y son obligatorios en instalaciones de almacenamiento de combustibles líquidos según normativa SEC. La capacidad elegida permite mantener una autonomía operativa de hasta 55 días.

3.4.2 Sistema de bombeo

Los sistemas de transferencia y despacho de Jet A-1 requieren equipos de alta precisión y compatibilidad con combustibles aeronáuticos.

Especificación del sistema de bombeo:

- Bomba centrífuga o de paletas de 3–5 HP.

- Caudal recomendado: 50–80 L/min.
- Materiales compatibles con Jet A-1 (sellos de Viton / acero inoxidable).
- Racores y conexiones con certificación ATEX.
- Bomba de transferencia (camión → tanque)
- Permite descarga segura desde camiones cisterna.
- Flujo controlado mediante válvula de doble acción.
- Incluye un medidor volumétrico para registro de recepción.
- Bomba de despacho (tanque → carro surtidor)
- Caudal constante para evitar sobrepresión.
- Incluye bypass de seguridad.
- Compatible con filtro monitor aguas abajo.

3.4.3 Sistema de filtrado y control de calidad

El filtrado es el corazón del sistema, ya que garantiza que el combustible esté libre de agua y contaminantes antes de ser almacenado o dispensado.

Equipos de filtrado seleccionados:

1. **Filtro coalescente (EI 1581 Clase A o C)**
 - Remueve agua libre y partículas >1 µm.
 - Instalado entre la manguera del camión y los tanques.
2. **Filtro monitor tipo adsorbente (EI 1583)**
 - Utilizado al momento del despacho a la aeronave.
 - Proporciona una “última barrera” para detectar presencia de agua.
3. **Drenaje de fondo de tanque**
 - Retira agua acumulada por condensación.
 - Se recomienda drenaje diario o previo a la operación.
4. **Kit de control de calidad**
 - Hidrómetro + termómetro.
 - Aqua-Glo o Shell Water Detector.

- Envases para muestreo.

3.4.4 Carro surtidor de Jet A-1

El surtidor es el equipo encargado de la entrega final del combustible a las aeronaves. Para el aeródromo de Villa O'Higgins se selecciona un carro surtidor con capacidad de 1.000 a 2.000 litros, adecuado para aeronaves de ala fija y helicópteros que operan en la zona.

Especificaciones técnicas:

- Estructura metálica reforzada, apta para operación en terreno no pavimentado.
- Motobomba incorporada (eléctrica ATEX o motor a combustión protegido).
- Manguera antiestática de 1" de diámetro y 20 metros de longitud, permitiendo mayor alcance en plataformas de maniobra.
- Pistola de aviación (aviation fueling nozzle) tipo Jet A-1, sin corte automático, conforme a los procedimientos de seguridad aeronáutica (el corte automático puede generar cargas electrostáticas o interrupciones bruscas de flujo).
- Filtro monitor integrado (EI 1583) como última etapa de control de calidad.
- Sistema de puesta a tierra mediante cable retráctil con garra certificada.
- Medidor volumétrico digital u OIML R117 para registro del combustible entregado.
- Enrollador de manguera con retorno asistido.

Justificación del cambio

La pistola automática no es permitida en operaciones aeronáuticas debido a que:

- Puede provocar variaciones abruptas de presión al activarse el corte automático.
- Genera riesgo de formación de cargas electrostáticas.
- No permite mantener control visual continuo, lo que es obligatorio según procedimientos DGAC/EASA.

El largo de manguera de 20 metros mejora la flexibilidad operativa al abastecer aeronaves que se detengan en distintas posiciones de plataforma, reduciendo maniobras del carro.

3.4.5 Sistema eléctrico ATEX

Debido a que el almacenamiento de Jet A-1 ocurre en un área clasificada como Zona 1 o 2 para atmósferas explosivas, todos los equipos deben cumplir con la normativa ATEX/IECEx.

Componentes seleccionados:

- Luminarias LED certificadas ATEX.
- Interruptores y cajas de conexión anti-explosión.
- Tablero eléctrico con protección diferencial.
- Cableado subterráneo o canalizado metálico.
- Puesta a tierra y barras equipotenciales.

Todos estos componentes reducen la posibilidad de ignición por chispa eléctrica y cumplen con la normativa SEC DS10/2012.

3.4.6 Sistema de seguridad y emergencia

Este sistema apoya la contención de fugas, incendios y derrames.

Equipamiento seleccionado:

- **Extintores PQS ABC de 12 kg** (mínimo 3 unidades).
- **Extintores CO₂** para tableros eléctricos.
- **Kit antiderrames** con absorbentes oleofílicos (almohadillas, mangas y granulado).
- **Ducha y lavaojos de emergencia.**
- **Barreras absorbentes** para contención secundaria.
- **Conos, señalización inflamable y líneas de seguridad.**

3.4.7 Equipos de monitoreo y medición

Para garantizar trazabilidad y precisión:

- Medidores de nivel electrónicos.
- Termómetros digitales.

- Densímetros calibrados.
- Medidor volumétrico en línea (OIML R117).
- Generador portátil de respaldo (opcional).

La selección de estos equipos se basa en:

- Cumplimiento estricto de normativas DGAC, SEC, API, EI y UL.
- Adecuación a condiciones geográficas extremas.
- Reducción de riesgos operacionales.
- Optimización de la calidad del combustible entregado.
- Autonomía y confiabilidad para aeródromos remotos.

3.5 PROYECTOS COMPLEMENTARIOS

Además de los equipos y sistemas principales asociados al almacenamiento y despacho de Jet A-1, la implementación de la posta de combustible requiere una serie de proyectos complementarios que permiten asegurar la operación continua, el cumplimiento normativo y la seguridad integral de la instalación. Aunque estos elementos no forman parte directa del proceso de transferencia de combustible, son indispensables para que el sistema funcione de manera eficiente y segura dentro del entorno aeroportuario.

A continuación se describen los proyectos complementarios considerados para esta instalación.

3.5.1 Obras civiles y plataforma de apoyo

La instalación requiere una plataforma de hormigón armado, diseñada para soportar el peso de los tanques llenos, el carro surtidor y los camiones cisterna durante las maniobras de carga y descarga.

Las principales obras incluyen:

- Losa de hormigón H25 con tratamiento superficial antideslizante.
- Pendiente controlada para permitir el escurrimiento de agua de lluvia hacia canaletas.

- Muros de contención (cubeto) para retener derrames de combustible, con capacidad mínima del 110% del mayor tanque.
- Canalización subterránea para energía, sensores y sistemas de control.

Estas obras garantizan estabilidad estructural, fácil limpieza y protección ambiental.

3.5.2 Cierre perimetral y control de acceso

Para resguardar la instalación y mantener el área de combustibles segregada del resto del aeródromo, se considera:

- Cierre perimetral metálico tipo ACMA de 2,5 m de altura.
- Portón metálico de acceso para camiones y personal autorizado.
- Señalética de advertencia (“Inflamables”, “Prohibido fumar”, “Zona restringida”).
- Iluminación exterior para operaciones nocturnas y vigilancia.

Este sistema permite cumplir las exigencias de seguridad física requeridas por la DGAC y la SEC.

3.5.3 Edificación auxiliar: oficina y bodega

Se proyecta la construcción de una pequeña edificación de apoyo con dos espacios principales:

Oficina administrativa ($\approx 12 \text{ m}^2$)

- Escritorio para registros DGAC/SEC.
- Computador y sistema de respaldo documental.
- Botiquín de primeros auxilios.

Bodega de insumos ($\approx 8 \text{ m}^2$)

- Almacenamiento de filtros, elementos absorbentes y materiales de operación.
- Estanterías metálicas certificadas.
- Ventilación cruzada para evitar acumulación de vapores.

Esta edificación actúa como centro administrativo y de apoyo logístico básico.

3.5.4 Red de drenaje y manejo de aguas contaminadas

Para evitar contaminación del suelo o cuerpos de agua cercanos, se implementa un sistema de drenaje controlado:

- Canaletas perimetrales que conducen aguas hacia un pozo decantador.
- Separador de hidrocarburos para capturar gotas de Jet A-1.
- Contenedor de residuos líquidos contaminados para retiro por empresa autorizada.

Este sistema ayuda a cumplir con la normativa ambiental vigente y minimiza riesgos por derrames.

3.5.5 Sistema de seguridad industrial

Incluye los elementos necesarios para la prevención y control de emergencias:

- Extintores PQS ABC y CO₂.
- Kits antiderrames con mangas, paños oleofílicos y gel absorbente.
- Duchas y lavaojos de emergencia.
- Botiquín industrial actualizado.
- Radios portátiles para comunicación interna.

Todo este equipamiento soporta los protocolos del Plan de Emergencia y Contingencia de la instalación.

3.5.6 Urbanización menor y servicios básicos

Finalmente, se consideran trabajos complementarios que permiten la operación habitual del personal:

- Conexión eléctrica estabilizada.
- Iluminación interna y perimetral.
- Instalación de agua potable para higiene del personal.

- Senderos y accesos compactados para tránsito seguro en condiciones climáticas adversas. Estos elementos mejoran la operatividad diaria y facilitan la mantención de la instalación.

3.6 LAY-OUT

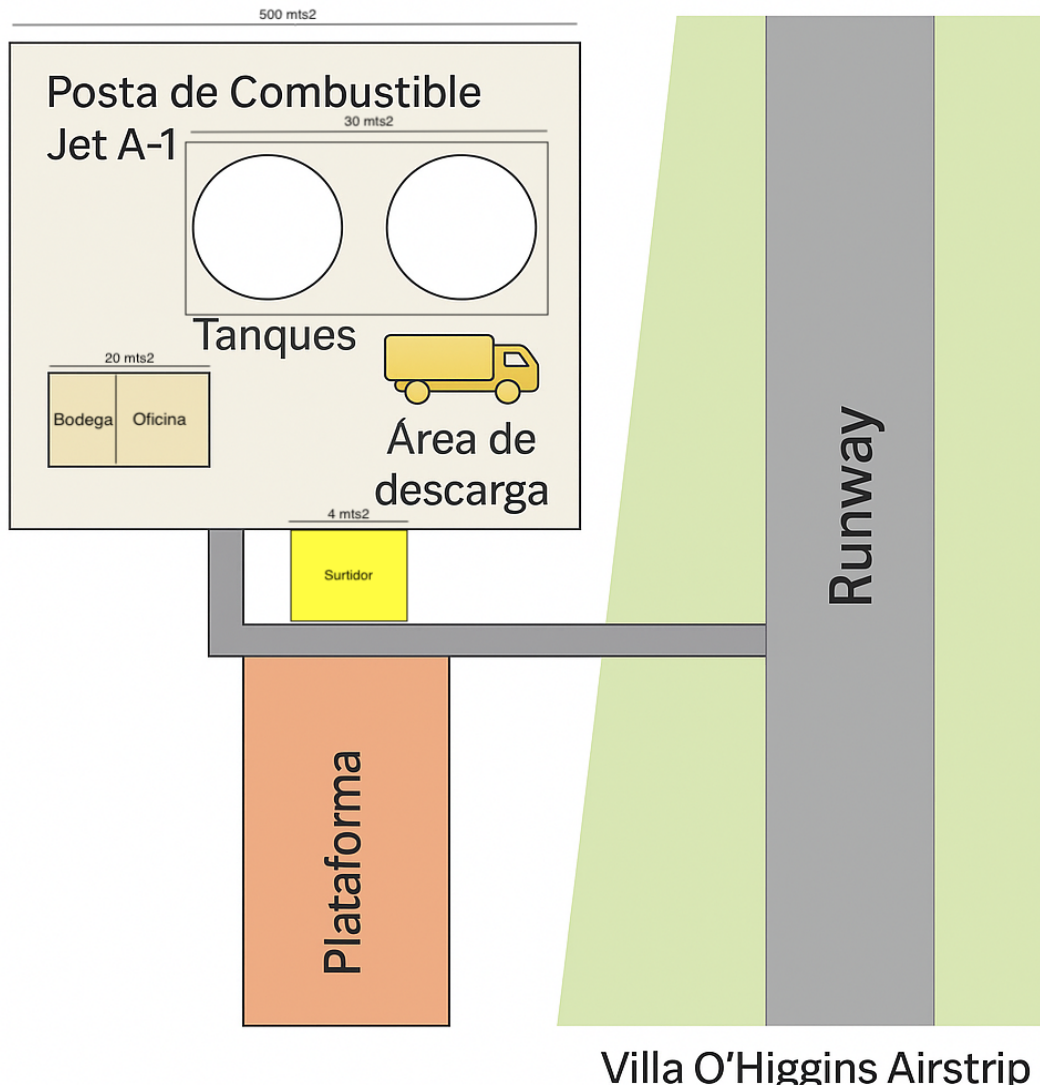
El layout de la posta de combustible Jet A-1 en el Aeródromo Villa O'Higgins se diseñó para asegurar la seguridad operacional, eficiencia en los flujos y cumplimiento normativo. La instalación se emplaza fuera del área de movimiento de aeronaves, pero conectada a la plataforma mediante un camino de servicio exclusivo para operaciones de combustible.

El sector de tanques de almacenamiento se ubica en una zona segregada, sobre una losa de hormigón con cubeto de contención, a una distancia prudente de la pista y de las edificaciones principales. Contiguo a esta área se localiza la zona de descarga de camiones cisterna, con espacio suficiente para maniobras y conexión directa al sistema de bombeo y filtrado.

En un punto adyacente, pero físicamente separado de los tanques, se dispone la edificación auxiliar, que integra oficina administrativa y bodega de insumos. Desde este núcleo se coordinan las operaciones, el control documental y las actividades de seguridad.

El carro surtidor opera principalmente entre la zona de tanques y la plataforma de aeronaves, siguiendo una ruta de circulación claramente delimitada y señalizada, evitando cruces innecesarios con otros flujos del aeródromo. El conjunto se complementa con cierre perimetral, señalización de riesgo, iluminación de seguridad y un sistema de drenaje que conduce las aguas hacia puntos de tratamiento y disposición controlada.

En síntesis, el layout propuesto define una distribución compacta pero funcional, que minimiza riesgos de interferencia con las operaciones aéreas, facilita el control del combustible y permite una operación segura y eficiente en un entorno de clima y logística complejos como Villa O'Higgins. La disposición física cumple con las distancias mínimas de la DGAC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2 Layout de instalaciones de posta de carguío de combustible

3.7 DETERMINACIÓN DE INSUMOS, PRODUCTOS Y SUBPRODUCTOS

El insumo principal es el Jet A-1. Los insumos secundarios son energía eléctrica, agua para limpieza, y materiales de control (filtros, absorbentes). El producto final es el combustible en condiciones aeronáuticas, mientras que los subproductos son residuos líquidos y filtros usados, dispuestos según norma DS 148/2003 del MINSAL.

3.8 FLEXIBILIDAD Y RENDIMIENTO

El sistema permite ampliación modular mediante instalación de un segundo estanque o incremento de la capacidad de bombeo. La eficiencia global estimada es del 99 %, con pérdidas menores por evaporación o drenaje controlado.

3.9 CONSUMOS DE ENERGÍA

El consumo eléctrico se concentra en cuatro grupos de equipos: bombas de transferencia y despacho, iluminación de seguridad, equipos auxiliares/invierno y sistemas de control. En conjunto, la demanda anual se estima en un rango de 6.000 a 7.500 kWh/año, coherente con una instalación pequeña y de operación principalmente diurna.

Las bombas son el principal consumidor, con una potencia del orden de 4 kW y un uso promedio de 3 h/día, lo que representa aproximadamente 3.000–4.000 kWh/año. La iluminación de seguridad y perímetro, basada en luminarias LED certificadas para atmósferas con riesgo de explosión, aporta cerca de 1.500–2.000 kWh/año según la estacionalidad y horas de oscuridad.

Los equipos auxiliares, especialmente calefactores localizados y otros consumos menores en invierno, suman en torno a 1.300–1.500 kWh/año, mientras que los sistemas de control, medición y oficina se consideran incluidos dentro de este grupo. Con un costo unitario aproximado de \$150/kWh, el gasto eléctrico anual de la instalación se ubica en torno a \$900.000 –1.100.000 millones de pesos chilenos, por lo que la energía eléctrica tiene un impacto relativamente bajo dentro de los costos operacionales totales.

En términos de diseño, este nivel de consumo no exige potencia instalada extraordinaria y deja abierta la posibilidad futura de incorporar medidas de eficiencia energética (mejoras en iluminación, variadores de frecuencia, apoyo fotovoltaico), lo que permitiría reducir aún más el costo y la huella ambiental del proyecto.

3.10 PROGRAMAS DE TRABAJO, TURNOS Y GASTOS EN PERSONAL

El programa de trabajo de la posta de combustible Jet A-1 en el Aeródromo Villa O'Higgins se diseña para asegurar cobertura operacional continua en horario diurno, con capacidad de respuesta ante vuelos regulares y no regulares (vuelos subsidiados, institucionales, evacuaciones médicas, operaciones turísticas, etc.). Dada la escala del aeródromo y la demanda estimada, se opta por una dotación mínima eficiente, centrada en dos tipos de cargo: Jefe de Operaciones de Combustible y Operadores de Combustible.

3.10.1 Organización de turnos

Se planifica una jornada operacional estándar de lunes a domingo, con énfasis en la franja horaria de mayor actividad aérea (aprox. 09:00–18:00 horas). El esquema de turnos se organiza de la siguiente manera:

- **Temporada alta (primavera–verano):**
 - 1 Operador de turno completo (09:00–18:00 h, con pausa).
 - Refuerzo de un segundo operador en días de mayor tráfico o múltiples vuelos programados.
 - Jefe de Operaciones presente en media jornada presencial (mayoritariamente en la mañana) y disponible para contingencias.
- **Temporada baja (otoño–invierno):**
 - 1 Operador en jornada reducida, ajustada a los vuelos efectivamente programados.
 - Jefe de Operaciones en modalidad de presencia parcial y disponibilidad en caso de operaciones extraordinarias.

En términos de dotación equivalente:

- **1 Jefe de Operaciones** (jornada completa, con flexibilidad horaria).
- **1,5 Operadores** (un operador de planta + un operador part-time o con sistema de turnos).

3.10.2 Jornada semanal y cobertura operacional

De acuerdo con la normativa y criterios operacionales de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC), las operaciones bajo reglas de vuelo visual (VFR) solo pueden realizarse dentro del período comprendido entre el comienzo del crepúsculo civil matutino (CCCM) y el fin del crepúsculo civil vespertino (FCCV), según las tablas oficiales de crepúsculo publicadas por la DGAC. En la práctica, para aeródromos sin iluminación de pista ni equipos certificados para operación nocturna, se considera como “Hora Cero” el momento posterior al FCCV, a partir del cual ya no se autorizan operaciones aéreas visuales.

Villa O’Higgins se ubica en la Región de Aysén, a latitudes australes donde la duración del día varía fuertemente entre verano e invierno. Datos de amanecer y atardecer para la zona muestran que, en torno al solsticio de verano, la luz diurna alcanza del orden de 15,5–16 horas, mientras que en el invierno se reduce a aproximadamente 8–9 horas de día. Si se considera además el tramo de crepúsculo civil, la ventana VFR efectiva definida por las tablas de crepúsculo de la DGAC se sitúa aproximadamente entre:

- Verano: CCCM cercano a las 05:20–05:40 h y FCCV alrededor de las 22:10–22:30 h, lo que da una ventana operacional VFR de unas 16,5–17 horas.
- Invierno: CCCM alrededor de las 08:15–08:45 h y FCCV entre 17:45–18:15 h, con una ventana VFR del orden de 9–10 horas.

Sobre esta base, y considerando que la posta de combustible no requiere estar abierta durante todo el tramo posible VFR, el proyecto adopta una cobertura operacional continua en horario diurno de:

- Verano (alta demanda): jornada tipo 08:00–20:00 h, equivalente a 12 horas diarias de operación continua, completamente contenidas dentro del período CCCM–FCCV.
- Invierno (baja demanda): jornada tipo 09:00–17:30 h, equivalente a 8,5 horas diarias, también dentro del rango definido por las tablas de crepúsculo.

En términos anuales, este esquema implica una cobertura promedio cercana a 10–11 horas diarias de operación diurna, lo que se traduce en aproximadamente 3.800–4.000 horas de servicio al año. Esta planificación es consistente con:

- Las limitaciones de operación VFR asociadas a la “Hora Cero” de la DGAC.
- La demanda de combustible proyectada para el aeródromo.

3.11 PERSONAL DE OPERACIONES, CARGOS, PERFILES Y SUELDOS

El funcionamiento de la posta de combustible Jet A-1 en el Aeródromo Villa O’Higgins requiere una dotación mínima pero altamente especializada, orientada a garantizar la seguridad operacional, el cumplimiento normativo y la continuidad del servicio en horario diurno. La estructura de personal se compone de dos tipos de cargos:

1. Jefe de Operaciones de Combustible
2. Operadores de Combustible (dotación equivalente a 1,5 operadores)

Con esto se busca equilibrar eficiencia de costos con un nivel adecuado de profesionalización y redundancia operativa.

3.11.1 Jefe de Operaciones de Combustible

Cantidad: 1 cargo.

Perfil profesional:

- Título técnico o profesional afín:
 - Técnico en mantenimiento aeronáutico, Técnico en combustibles, Ingeniero de Ejecución en Gestión Industrial o similar.
- Conocimiento de normativa DGAC y SEC aplicable a combustibles de aviación.
- Experiencia previa en operación de sistemas de combustible, logística o mantención de aeródromos (deseable).
- Capacitación formal en:
 - Manejo de combustibles de aviación Jet A-1.
 - Seguridad industrial y prevención de riesgos.
 - Procedimientos de abastecimiento en plataforma (DAP DGAC).

Funciones principales:

- Planificar y supervisar la recepción, almacenamiento y despacho de Jet A-1.
- Velar por el cumplimiento de las normas DGAC/SEC y de los procedimientos internos de seguridad y calidad.
- Realizar o supervisar controles de calidad (pruebas de agua, densidad, registros de lote).
- Gestionar la documentación técnica y administrativa:
 - Bitácoras de operación y mantenimiento.
 - Registros de recepción y despacho.
 - Certificados de calidad de cada lote.
 - Reportes a la administración del aeródromo y autoridades cuando corresponda.
- Coordinar turnos y capacitación de los operadores.
- Representar a la posta de combustible ante DGAC, SEC y organismos institucionales usuarios del servicio (CONAF, FF.AA., salud, etc.).

Renta de referencia, Sueldo bruto mensual estimado: \$1.500.000 CLP.

3.11.2 Operadores de Combustible

Cantidad: 1,5 cargos equivalentes (un operador de planta + un operador de apoyo parcial en días y horarios de mayor demanda).

Perfil profesional:

- Enseñanza media completa o formación técnica afín.
- Curso de Operador de Combustible de Aviación o capacitación equivalente reconocida por DGAC (deseable).
- Conocimiento práctico en:
 - Operación de bombas, filtros y carro surtidor.
 - Procedimientos de seguridad en plataforma.
 - Manejo de equipos de emergencia (extintores, kit antiderrames).

Funciones principales:

- Ejecutar la recepción del combustible desde el camión cisterna, siguiendo los protocolos de seguridad y control de calidad.
- Operar las bombas de transferencia y el sistema de filtrado hacia los tanques de almacenamiento.
- Realizar pruebas de calidad rutinarias (inspección visual, densidad, pruebas de agua) antes de iniciar los despachos.
- Operar el carro surtidor (manguera de 20 m, pistola de aviación sin corte automático) para el abastecimiento de aeronaves en la plataforma.
- Ejecutar el drenaje periódico de tanques y filtros, y gestionar adecuadamente los residuos generados.
- Revisar diariamente el estado de extintores, duchas de emergencia, kit antiderrames y elementos de protección personal.
- Reportar al Jefe de Operaciones cualquier desvío, anomalía o condición insegura detectada.

Renta de referencia, Sueldo bruto mensual estimado por operador: \$900.000 CLP. Considerando 1,5 operadores equivalentes:

$$1,5 \times 900.000 = 1.350.000 \text{ $/mes}$$

3.11.3 Resumen de dotación y gasto anual en personal

La operación de la posta de combustible requiere una dotación reducida, pero suficiente para asegurar la continuidad del servicio, el cumplimiento normativo y el resguardo de la seguridad operacional. Considerando la escala del proyecto y el nivel de demanda proyectado, se ha definido una estructura base compuesta por un Jefe de Operaciones y una dotación equivalente de 1,5 Operadores de Combustible, quienes permiten cubrir las funciones de recepción, almacenamiento, control de calidad, despacho y registro de las operaciones.

En términos de costo, la dotación definida representa un gasto mensual total de **\$2.850.000 CLP**, equivalente a un costo anual de **\$34.200.000 CLP**, valor que se incorpora dentro de los costos fijos del proyecto. Esta estructura busca mantener un equilibrio entre eficiencia operativa y control de costos, evitando sobredimensionar la planta de personal en una instalación de escala acotada.

Adicionalmente, se considera que las funciones de primera respuesta ante emergencias operacionales, tales como derrames, amagos de incendio y eventos de contaminación accidental, serán asumidas por la misma dotación operativa, sin requerir la contratación de personal exclusivo para estas labores. Esta decisión se justifica por el tamaño del proyecto y por la baja frecuencia esperada de este tipo de eventos, siempre que exista una preparación técnica adecuada y protocolos formales de actuación.

Con el fin de fortalecer esta capacidad de respuesta, se incorpora un programa de capacitaciones periódicas y simulacros operacionales, orientado al manejo de derrames de combustible, uso de extintores, control inicial de incendios, contención de contaminación y aplicación de procedimientos de seguridad. Para efectos de evaluación económica, se asigna a este concepto un costo anual estimado de **5 UF**, monto de baja materialidad dentro de la estructura global del proyecto, por lo que no modifica de manera significativa los resultados del flujo de caja. En consecuencia, esta incorporación mejora la consistencia técnica y preventiva del estudio, sin afectar la rentabilidad proyectada.

Tabla 3-1. Resumen dotación y gasto anual en personal

Cargo	Cantidad (equivalente)	Sueldo bruto mensual (CLP)	Costo mensual total (CLP)
Jefe de Operaciones	1,0	\$1.500.000	\$1.500.000
Operadores de Combustible	1,5	\$900.000	\$1.350.000
Personal de respuesta a emergencias*	0	-	-
Total	2,5	-	\$2.850.000

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, el gasto anual en personal se estima en:

$$2.850.000 \text{ \$/mes} \times 12 \text{ meses} \approx 34.200.000 \text{ \$/año}$$

Este valor se utiliza posteriormente en el Capítulo 4 (Evaluación Económica) como parte de los costos fijos de operación del proyecto, constituyendo uno de los componentes más relevantes dentro de los gastos operacionales, pero alineado con el nivel de especialización y responsabilidad que exige la operación de una posta de combustible aeronáutico en una zona aislada como Villa O'Higgins.

** Las funciones de primera respuesta ante derrames, incendios y eventos de contaminación serán cubiertas por la dotación operativa existente, reforzada mediante capacitaciones periódicas, simulacros y protocolos de emergencia, sin requerir contratación permanente adicional*

3.12 INVERSIONES EN EQUIPO Y EDIFICACIONES

La inversión en equipos y edificaciones para la posta de combustible Jet A-1 en el Aeródromo Villa O'Higgins no sólo está determinada por el valor de los activos físicos (tanques, bombas, estructuras, edificación auxiliar), sino también por la dificultad de obtener y trasladar la materia prima necesaria para construir e instalar el proyecto en una zona geográficamente aislada.

A diferencia de un proyecto emplazado en una ciudad con buena conectividad, en Villa O'Higgins la mayoría de los materiales de construcción y los equipos deben ser:

- Fabricados o adquiridos en otras regiones (principalmente centros urbanos del sur de Chile).
- Transportados por largos tramos de carretera, muchos de ellos de ripio.
- En algunos casos, coordinados con cruces de barcaza y ventanas climáticas que permitan el tránsito seguro.

Todo esto impacta directamente en el costo y en la planificación de la inversión.

3.12.1 Materias primas y materiales críticos para la construcción

Entre las materias primas y materiales más relevantes para la construcción e instalación del proyecto se encuentran:

- Hormigón y áridos para la losa de fundación, plataforma y cubeto de contención.
- Acero estructural para soportes, cercos, portones y estructuras metálicas.
- Elementos prefabricados (caseta/oficina, bodega, canaletas, cámaras de drenaje).
- Conductores eléctricos, tuberías, bandejas y accesorios ATEX.
- Equipos principales: tanques de doble pared, bombas, filtros, carro surtidor, luminarias de seguridad, extintores, etc.

En la mayoría de los casos, estos insumos no se encuentran disponibles en la localidad, lo que obliga a:

- Comprar y preparar los materiales en ciudades como Coyhaique, Puerto Aysén, Puerto Montt u otras.
- Coordinar el transporte en camiones de carga que deben recorrer grandes distancias y lidiar con condiciones climáticas adversas.
- Planificar cuidadosamente las cantidades para evitar falta de material durante la obra (ya que “volver a buscar” insumos implica tiempos y costos muy altos).

3.12.2 Efecto del aislamiento en la inversión

La lejanía y el difícil acceso generan tres efectos concretos sobre la inversión en equipos y edificaciones:

1. **Sobreprecio por transporte**

- El costo del flete de tanques, acero, hormigón y equipos especializados aumenta de manera importante.
- Elementos voluminosos (como tanques de 12.500 L) requieren transporte especial y, a veces, restricciones de ruta.

2. Mayor costo de montaje y mano de obra

- Empresas especializadas deben enviar cuadrillas completas, con viáticos y alojamiento incluidos.
- El tiempo total de montaje se ve afectado por el clima, la luz diurna disponible y la disponibilidad de maquinaria local.

3. Necesidad de sobredimensionar ciertas partidas

- Se prefiere invertir en equipos y materiales más robustos y durables, ya que no es fácil reemplazarlos o repararlos rápidamente.
- Esto se traduce, por ejemplo, en elegir tanques de doble pared, luminarias ATEX de alta calidad y estructuras más resistentes a la intemperie.

Por estas razones, dentro del presupuesto de inversión se incluye un componente específico asociado al costo logístico y de instalación en zona aislada, que no sólo cubre fletes, sino también sobrecostos de montaje y coordinación.

3.12.3 Coherencia con la cifra global de inversión

Considerando todos estos factores, la inversión total estimada en equipos y edificaciones se sitúa en torno a los \$83.500.000 CLP (≈ 2066 UF), cifra que incorpora:

- El costo de los equipos principales (tanques, bombas, filtros, carro surtidor, sistema eléctrico y de iluminación).
- Y, de manera muy relevante, los sobrecostos por transporte, montaje y provisión de materia prima en una localidad extrema como Villa O'Higgins.

En síntesis, la inversión en equipos y edificaciones no sólo refleja el valor intrínseco de los activos, sino también la realidad logística de construir en uno de los puntos más australes y aislados del país, donde cada metro cúbico de hormigón, cada kilo de acero y cada equipo instalado suponen un esfuerzo adicional de planificación, transporte y montaje.

Tabla 3-2 Cuadro de inversión inicial

Ítem	Concepto	Monto estimado (CLP)	Monto (UF)*
1	Tanques de almacenamiento (2 × 12.500 L, doble pared + accesorios)	\$ 40.000.000	989,7
2	Sistema de bombeo y filtrado (bombas, filtros, válvulas, medidores)	\$ 14.000.000	346,4
3	Carro surtidor de aviación (1.000–2.000 L, manguera 20 m, pistola Jet A-1)	\$ 20.000.000	494,8
4	Logística y montaje en zona aislada (fletes, viáticos, movilización)	\$ 9.500.000	235,1
	Total inversión equipos	\$ 83.500.000	2066

*Redondeado a un decimal para que la suma total sea $\approx$ 2066 UF.

Fuente: Elaboración propia

3.13 INVERSIONES EN CAPITAL DE TRABAJO

La inversión en capital de trabajo corresponde a los recursos necesarios para asegurar la operación continua de la posta de combustible Jet A-1 durante su fase inicial, antes de que los ingresos generados permitan cubrir la totalidad de los costos operativos. Considerando la ubicación aislada del Aeródromo de Villa O'Higgins y las restricciones logísticas asociadas, se definió un nivel de capital de trabajo prudente que permita absorber desfases temporales entre ingresos y egresos.

Para efectos de análisis, el capital de trabajo se descompone en costos fijos operacionales y costos variables operacionales, correspondientes al primer período de operación.

El capital de trabajo total considerado asciende a aproximadamente 845 UF, valor que se incorpora como inversión en el año 0 del flujo de caja.

3.13.1 Capital de trabajo asociado a costos fijos

Los costos fijos corresponden a aquellos gastos que deben ser cubiertos independientemente del volumen de combustible vendido. Estos costos aseguran la continuidad mínima de la operación desde el inicio del proyecto.

Los principales componentes considerados como costos fijos son los siguientes:

- **Remuneraciones del personal operativo** (jefe de operaciones y operador), correspondientes a aproximadamente 3 meses de operación, por un monto cercano a 300 UF.
- **Servicios básicos y comunicaciones** (electricidad, conectividad y telecomunicaciones), estimados en 30 UF para el período inicial.
- **Gastos administrativos básicos**, tales como insumos, registros operacionales, documentación exigida por DGAC y SEC, estimados en 15 UF.
- **Mantención preventiva menor inicial**, asociada a equipos de bombeo, válvulas y sistemas auxiliares, estimada en **20 UF**.

De esta forma, el capital de trabajo asociado a costos fijos alcanza un valor aproximado de:

≈ 365 UF

Este monto permite asegurar la operación durante los primeros meses aun en escenarios de baja utilización del servicio.

3.13.2 Capital de trabajo asociado a costos variables

Los costos variables están directamente relacionados con el nivel de operación y el volumen de combustible Jet A-1 abastecido. Dado que el proyecto requiere disponer de combustible antes de generar ingresos, este componente constituye la mayor parte del capital de trabajo.

Los principales ítems considerados son:

- **Compra inicial de combustible Jet A-1**, correspondiente al stock mínimo necesario para iniciar la operación, estimado en aproximadamente **450 UF**, calculado en función del precio de referencia al proveedor mayorista y el volumen inicial proyectado.

- **Costos logísticos iniciales de abastecimiento**, asociados al transporte terrestre del combustible hasta el aeródromo, estimados en **20 UF**.
- **Insumos operacionales variables**, tales como elementos de seguridad, consumibles y materiales directamente asociados al proceso de abastecimiento, estimados en **10 UF**.

En consecuencia, el capital de trabajo asociado a costos variables asciende a aproximadamente:
≈ 480 UF

Este componente permite asegurar continuidad de suministro y absorber variaciones de demanda sin afectar la operación aérea.

3.13.3 Capital de trabajo total y tratamiento financiero

La suma de los componentes fijos y variables definidos anteriormente da como resultado un capital de trabajo total aproximado de 845 UF, distribuido de la siguiente forma:

- Costos fijos: **≈ 365 UF**
- Costos variables: **≈ 480 UF**

Este capital de trabajo se considera como una inversión inicial en el año 0 dentro del flujo de caja del proyecto y se recupera íntegramente al término del horizonte de evaluación, de acuerdo con las prácticas estándar de evaluación económica de proyectos

La inversión total en capital de trabajo queda entonces resumida así (ver Tabla 3-3):

Tabla 3-3. Resumen inversión capital de trabajo

Concepto / Mes	Mes1	Mes2	Mes3	Mes4	Mes5	Mes6	Mes7	Mes8	Mes9	Mes10	Mes11	Mes12
Ingresos (UF)	0	0	0	200	260	350	380	420	460	500	520	540
Costos fijos (UF)	-120	-120	-125	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120	-120
Costos variables (UF)	-350	-80	-50	-60	-120	-160	-170	-180	-190	-200	-205	-210
Flujo mensual (UF)	-470	-200	-175	+20	+20	+70	+90	+120	+150	+180	+195	+210
Déficit acumulado (UF)	-470	-670	-845	-825	-805	-735	-645	-525	-375	-195	0	+210

Fuente: Elaboración propia

3.13.4 Rol del capital de trabajo en la viabilidad del proyecto

El capital de trabajo así definido:

- Asegura que la posta pueda iniciar operaciones con un nivel suficiente de combustible para atender la demanda esperada.
- Permite absorber la variabilidad de la logística de abastecimiento en una localidad aislada, donde no es posible “reponer al día siguiente”.
- Reduce el riesgo de interrupciones de servicio por falta de insumos o por problemas de liquidez en los primeros meses.

En la evaluación económica del Capítulo 4, esta inversión se incorpora como una salida de caja inicial junto con la inversión en equipos y edificaciones, y su magnitud tiene impacto directo en el monto total a financiar y, en consecuencia, en el VAN y la TIR del proyecto.

3.14 COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Los costos de instalación y puesta en marcha del proyecto consideran todos aquellos gastos necesarios para dejar la posta de combustible Jet A-1 en condiciones operativas, seguras y conformes a la normativa vigente, previo al inicio de su explotación comercial. Estos costos no corresponden a la adquisición de equipos principales, sino a las actividades complementarias requeridas para su correcta implementación, integración y habilitación en terreno.

En primer lugar, se incluyen las obras civiles, las cuales comprenden la preparación del terreno, nivelación, compactación y construcción de las losas de hormigón necesarias para el emplazamiento de los tanques de almacenamiento, el cubeto de contención, el área de descarga de combustible y los accesos internos. Estas obras permiten garantizar la estabilidad estructural de las instalaciones, el correcto manejo de cargas y la mitigación de riesgos asociados a derrames o asentamientos del terreno.

Asimismo, dentro de este ítem se incorpora la construcción de la edificación auxiliar, destinada a albergar la oficina administrativa y la bodega de insumos. Esta edificación considera una superficie total aproximada de 20 m², incluyendo terminaciones básicas, instalaciones eléctricas,

ventilación y acondicionamiento interior, suficientes para el desarrollo de las actividades administrativas, el almacenamiento de materiales operativos y el resguardo de documentación técnica y normativa.

Adicionalmente, se contempla la ejecución de un cierre perimetral en torno al área operativa de la posta de combustible. Este cierre tiene por objetivo restringir el acceso a personal no autorizado, mejorar las condiciones de seguridad operacional y cumplir con los criterios de segregación exigidos para instalaciones que manejan combustibles aeronáuticos. El cierre perimetral considera postes, malla y portones de acceso controlado para vehículos y personal.

Por otra parte, los costos de instalación y puesta en marcha incluyen las labores de montaje e instalación de equipos, tales como el posicionamiento de los tanques, la instalación de bombas, sistemas de filtrado, tuberías, conexiones eléctricas, puesta a tierra y señalización de seguridad. Estas actividades deben ser ejecutadas por personal calificado, asegurando el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los fabricantes y de la normativa aplicable.

Finalmente, se consideran los costos asociados a la puesta en marcha, los cuales incluyen pruebas operacionales, verificación de estanqueidad, calibración de equipos, pruebas de calidad del combustible, capacitación inicial del personal operativo y elaboración de los registros necesarios para la obtención de autorizaciones y certificaciones por parte de los organismos competentes, tales como la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

En conjunto, estos costos permiten asegurar que la posta de combustible Jet A-1 inicie su operación en condiciones óptimas de seguridad, confiabilidad y cumplimiento normativo, reduciendo riesgos técnicos y operacionales durante las primeras etapas de funcionamiento del proyecto

A diferencia de la inversión en equipos y edificaciones (tanques, bombas) y de la inversión en capital de trabajo (stock inicial de combustible, insumos, caja mínima) analizada en el punto 3.13, los costos de instalación y puesta en marcha se asocian principalmente a:

- Obras civiles
- Servicios profesionales de ingeniería y supervisión.
- Tramitación y certificación ante autoridades competentes (DGAC, SEC y otras).

- Pruebas técnicas y acondicionamiento de los sistemas.
- Capacitación del personal y elaboración de procedimientos.
- Gastos de “marcha blanca” durante los primeros días de operación real.

Estos costos son, en su mayoría, de carácter intangible o de servicios, pero resultan indispensables para que la posta de combustible pueda iniciar sus operaciones de manera segura y conforme a la normativa vigente.

3.14.1 Componentes principales

En forma referencial, los costos de instalación y puesta en marcha para la posta de combustible Jet A-1 se pueden desglosar en los siguientes ítems:

1. Ingeniería de detalle y apoyo a la construcción

- Ajustes de ingeniería en terreno.
- Revisión de planos “as built” de la instalación.
- Coordinación técnica con proveedores de tanques, bombas y sistemas eléctricos.

2. Tramitación y certificaciones

- Gestión de permisos y autorizaciones ante DGAC (combustible aeronáutico, abastecimiento en plataforma).
- Trámites ante la SEC por instalación de almacenamiento de combustibles líquidos.
- Eventuales gestiones municipales o ambientales menores (cuando corresponda).

3. Pruebas y comisionamiento

- Pruebas de estanqueidad de tanques y líneas.
- Verificación de funcionamiento de bombas, válvulas, filtros y sistemas de seguridad.
- Ensayos de drenaje y sistemas de contención de derrames.
- Pruebas de calidad del Jet A-1 en condiciones reales de operación.

4. Capacitación y procedimientos

- Capacitación inicial del Jefe de Operaciones y Operadores en procedimientos específicos de la nueva instalación.

- Elaboración y/o actualización de manuales de operación, checklists, bitácoras y formularios.
- Entrenamiento básico en respuesta a emergencias y uso de equipos de seguridad.

5. Marcha blanca y ajustes iniciales

- Operación en modo de prueba durante los primeros días, con supervisión reforzada.
- Ajustes menores de configuración, calibración de medidores y corrección de observaciones técnicas.
- Gastos menores de transporte local, comunicaciones y coordinación.

3.14.2 Estimación de costos de instalación y puesta en marcha

En base a la magnitud del proyecto y a su ubicación en una zona aislada, se estima un costo total de instalación y puesta en marcha del orden de:

$$\text{Costo de instalación y puesta en marcha} \approx \$ 68.500.000$$

Este valor puede desglosarse de manera referencial como:

Tabla 3-4 Tabla de estimación de costos

Ítem	Monto estimado (CLP)	Monto en UF
Obras civiles (losa hormigón, cubeto, plataforma, drenajes)	\$ 30.000.000	742,3
Edificación auxiliar (oficina + bodega)	\$ 12.000.000	296,9
Sistema eléctrico e iluminación ATEX	\$ 12.000.000	296,9
Cierre perimetral y portón de acceso	\$ 4.500.000	111,3
Ingeniería de detalle y apoyo en terreno	\$ 4.000.000	100
Seguridad industrial (extintores, kit derrames, duchas, señalética)	\$ 3.500.000	86,6

Ítem	Monto estimado (CLP)	Monto en UF
Tramitación y certificaciones DGAC / SEC	\$ 2.400.000	60
Pruebas técnicas y comisionamiento	\$ 2.400.000	60
Capacitación y elaboración de procedimientos	\$ 1.400.000	35
Marcha blanca y ajustes iniciales	\$ 1.800.000	45
Total costos de instalación y puesta en marcha	\$ 74.000.000	1.834

Fuente: Elaboración propia.

Los montos son referenciales y se encuentran alineados con la escala de inversión del proyecto, así como con la complejidad logística de trabajar en Villa O'Higgins, donde la presencia de especialistas y técnicos suele implicar viáticos y tiempos de traslado mayores que en zonas urbanas.

3.15 COSTOS DE IMPREVISTOS

Los costos de imprevistos corresponden a una provisión económica destinada a cubrir desviaciones no previstas en la etapa de diseño y presupuestación del proyecto. No se trata de "errores" en el cálculo, sino de una reserva razonable para enfrentar variaciones normales en un proyecto de esta naturaleza, especialmente en un contexto de alta incertidumbre logística como el de Villa O'Higgins.

En este caso, los imprevistos se asocian principalmente a:

- Aumentos en el costo de materiales y equipos entre la cotización inicial y la compra efectiva.
- Variaciones en el costo de transporte y fletes por condiciones climáticas, cortes de ruta o cambios en la disponibilidad de barcas y camiones.
- Trabajos adicionales en obras civiles (mayor excavación, mejoramiento de base, refuerzos estructurales no previstos).

- Ajustes menores en la instalación de los tanques, bombas y sistema eléctrico, derivados de la realidad del terreno.
- Horas adicionales de mano de obra especializada durante el montaje y puesta en marcha.

Dado el nivel de definición del proyecto (estudio de prefactibilidad) se adopta un margen de imprevistos del orden del 5% sobre la inversión directa en equipos y obras civiles.

Si se considera como base la inversión en equipos y edificaciones presentada en el punto 3.12 (del orden de \$83.500.000 CLP), un 5% correspondería, en términos de orden de magnitud, a unos \$4-4,5 millones de pesos (113 UF). Sin embargo, para mantener coherencia con las aproximaciones y redondeos usados en el resto del capítulo y en la evaluación económica, se adopta un valor referencial de:

$$\text{Costos de imprevistos} \approx 98 \text{ UF}$$

Este monto representa aproximadamente entre un 3% y 4% de la inversión en equipos y edificaciones, lo que se considera adecuado para un proyecto de escala acotada pero emplazado en una zona geográfica compleja, donde el mayor riesgo no está en la magnitud de las cantidades, sino en la variabilidad de precios, fletes y tiempos de ejecución.

En resumen, los costos de imprevistos constituyen un colchón financiero prudente que:

- Permite absorber sobrecostos moderados sin comprometer la viabilidad del proyecto.
- Evita subestimar la inversión inicial necesaria para materializar la posta de combustible.
- Entrega un margen de seguridad a la hora de definir el monto total a financiar en la evaluación económica del Capítulo 4.

Este valor se incorpora en la estructura de inversión inicial del proyecto como una línea específica de “Imprevistos”, sumándose a la inversión en equipos y edificaciones, al capital de trabajo y a los costos de instalación y puesta en marcha. (ver tabla 3-5).

Tabla 3-5. Resumen inversión inicial

Ítem	Monto (CLP)	Monto (UF)
Activos fijos	\$81.903.657	2.066
Gastos de instalación y puesta en marcha	\$72.706.345	1834
Capital de trabajo	\$33.498.834	845
Imprevistos	\$3.850.644	98
TOTAL INVERSIÓN INICIAL	\$185.895.898	4.843

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1 CONSIDERACIONES A UTILIZAR

4.1.1 Horizonte del proyecto

El horizonte de evaluación elegido para el proyecto es de 15 años, contados desde la puesta en marcha de la posta de combustible Jet A-1 en el aeródromo de Villa O'Higgins.

Este período se justifica por las siguientes razones:

Concordancia con la vida útil de los activos principales: Los tanques de almacenamiento, obras civiles (losa de hormigón, cubeto, plataforma) y la edificación auxiliar poseen una vida útil física superior a 15 años, siempre que se mantengan rutinas de mantenimiento preventiva. Evaluar el proyecto en este horizonte permite capturar la mayor parte de los beneficios económicos que estos activos generan.

Estabilidad del patrón de demanda: Se asume que, una vez estabilizada la operación, el aeródromo mantendrá un nivel de tráfico relativamente constante en el mediano plazo, con ligeras variaciones anuales. Un horizonte de 15 años es suficiente para observar el comportamiento del proyecto en un período que incluye varios ciclos económicos y posibles cambios en la actividad aérea de la zona.

Coherencia con la evaluación de proyectos de infraestructura: En estudios de inversión asociados a infraestructura pública o de servicios esenciales (transporte, energía, agua, combustibles), es habitual trabajar con horizontes entre 10 y 20 años. El valor de 15 años representa un equilibrio entre una visión de largo plazo y la incertidumbre creciente que implica proyectar más allá de ese plazo.

Bajo este enfoque, el año 0 corresponde a la inversión inicial (equipos, obras civiles, instalación, capital de trabajo), y los años 1 a 15 corresponden a los períodos en que se generan ingresos y flujos de caja operacionales.

4.1.2 Moneda y tratamiento de precios

La evaluación económica del proyecto se realizará en Unidad de Fomento (UF), utilizando como referencia el valor vigente al 1 de diciembre de 2025.

Según los registros oficiales del Servicio de Impuestos Internos y del Banco Central de Chile, el valor de la UF para esa fecha es de \$39.643,59 por UF.

A partir de este valor se adoptan las siguientes convenciones:

- Todos los montos de inversión, costos e ingresos inicialmente estimados en pesos chilenos se convierten a UF dividiendo por \$39.643,59/UF.
- La evaluación se realiza en UF constantes, es decir, en términos de poder adquisitivo real, evitando incorporar explícitamente la inflación en los flujos de caja.
- Los resultados de los principales indicadores (VAN, flujos de caja, etc.) se presentarán en UF, dejando la equivalencia en pesos chilenos sólo como dato de referencia.

En síntesis:

- La unidad de cuenta de toda la evaluación es la UF al 1 de diciembre de 2025.
- Las cifras originales en pesos se usan sólo como referencia, pero la interpretación económica (VAN, TIR, payback) se efectuará con flujos expresados en UF.

4.1.3 Tasa de descuento utilizada

Para la evaluación económica del proyecto se utiliza como tasa de descuento el costo del capital propio, estimado mediante el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM). Este modelo permite determinar la rentabilidad mínima exigida por los inversionistas en función del riesgo sistemático del proyecto, siendo ampliamente aceptado en la evaluación financiera de inversiones.

El modelo CAPM se expresa como:

$$r_e = r_f + \beta \cdot (r_m - r_f)$$

donde:

- r_e : costo del capital propio o tasa de descuento del proyecto.
- r_f : tasa libre de riesgo.
- β : coeficiente de riesgo sistemático del proyecto.
- $r_m - r_f$): prima de riesgo del mercado.

4.1.3.1 Tasa libre de riesgo r_f

Para estimar la tasa libre de riesgo real se tomó como referencia la tasa de interés del mercado secundario de bonos en UF (BCU/BTU) publicada por el Banco Central de Chile en su BDE. En el informe, esta tasa se interpreta como una aproximación práctica de “libre de riesgo” en términos reales, y por eso se calcula como promedio de varios años para suavizar volatilidad coyuntural. Con ese criterio, se mantiene el supuesto de 2% real anual como parámetro conservador y estable para descontar flujos (en particular, al 01.Dic.2025 la serie se observa en torno a 2,32%), por lo que usar 2% no contradice la evidencia: más bien evita “anclar” la evaluación a un punto específico del ciclo de tasas.

Tabla 4-10. Tasa libre de riesgo

AÑO	Tasa UF 5 Años (BCU/BTU) %
2016	0.96
2017	1.32
2018	1.24
2019	-0.01
2020	-1.06
2021	1.87
2022	2.28
2023	2.54
2024	2.42
2025	2.26

Fuente: Elaboración propia

4.1.3.2 Tasa de rentabilidad de mercado r_m

La tasa de rentabilidad de mercado representa el retorno adicional exigido por los inversionistas por asumir el riesgo de invertir en activos riesgosos. Para este estudio se considera una prima de riesgo de mercado del 6,0 %, valor consistente con referencias internacionales y comúnmente utilizado en evaluaciones de proyectos de infraestructura, energía y combustibles en economías emergentes.

4.1.3.3 Coeficiente beta β

El coeficiente beta refleja el riesgo sistemático del proyecto en relación con el mercado. Dado que la posta de combustible Jet A-1 no corresponde a una empresa transada en bolsa, el valor de beta se obtiene a partir de referencias de proyectos comparables del sector de energía, combustibles y logística, ajustado por las características propias del proyecto.

Considerando:

- La baja competencia directa en la zona de emplazamiento.
- La demanda relativamente estable asociada a operaciones aeronáuticas regulares.
- Los riesgos adicionales derivados de la localización aislada y las condiciones logísticas,

se adopta un coeficiente beta igual a 1,33, representativo de un nivel de riesgo moderadamente superior al promedio del mercado.

4.1.3.4 Cálculo de la tasa de descuento

Reemplazando los valores definidos en la ecuación del CAPM, se obtiene:

$$r_e = 2,0\% + 1,33 \times 6,0\% = 2,0\% + 8,0\% = 10,0\%$$

Por lo tanto, la tasa de descuento real del proyecto es de 10 % anual.

4.1.4 Impuestos y régimen tributario

El proyecto se evalúa bajo el régimen tributario chileno vigente al año 2025. Se aplica una tasa de Impuesto a la Renta de 27 %, correspondiente al régimen general, la cual grava la utilidad tributaria obtenida después de descontar costos, gastos necesarios y la depreciación de los activos fijos. Esta depreciación se calcula mediante el método lineal en 10 años, lo que no

representa un desembolso efectivo pero sí reduce la base imponible, generando un beneficio tributario anual.

El impuesto al valor agregado (IVA) no afecta al análisis, dado que es un impuesto recuperable y no influye en los flujos netos del proyecto. Asimismo, el Jet A-1 no se encuentra afecto a impuestos específicos adicionales, por lo que su precio de compra solo incorpora el costo mayorista más la logística de traslado.

En los escenarios con financiamiento, el pago de intereses podría generar un escudo fiscal, disminuyendo el impuesto a la renta. Aunque este beneficio no se incorporó en los flujos conservadores de la evaluación, puede añadirse para obtener una estimación más detallada de la rentabilidad financiera.

Finalmente, el capital de trabajo se recupera completamente al final del horizonte de evaluación sin efectos tributarios, al tratarse de la devolución de recursos ya invertidos y no de una utilidad. En conjunto, el marco tributario aplicable permite evaluar el proyecto con claridad y sin distorsiones derivadas de impuestos indirectos o no recuperables.

4.1.5 Depreciaciones

La depreciación es un proceso contable y económico mediante el cual se distribuye el costo de un activo fijo a lo largo de su vida útil. En proyectos de infraestructura como una posta de abastecimiento de combustible Jet A-1, la depreciación permite reflejar el desgaste, envejecimiento y obsolescencia natural de los bienes utilizados para la operación. Además, constituye un gasto aceptado tributariamente, lo que reduce la base imponible y, por ende, el impuesto a pagar cada año (ver Tabla 4-2).

Tabla 4-2. Cuadro de depreciación de activos

Activo	Valor inicial (UF)	Vida útil (años)	Depreciación anual (UF/año)
Tanques de almacenamiento	1.250	10	125
Bombas y sistemas de transferencia	850	10	85
Instrumentación y control	520	10	52
Instalaciones eléctricas ATEX	480	10	48
Equipamiento operacional	398,6	10	38,96
Construcciones menores	500	20	25
Total depreciación anual	—	—	374,86

Fuente: Elaboración propia

La depreciación de los activos se calcula utilizando el método lineal y las vidas útiles referenciales establecidas por el Servicio de Impuestos Internos (SII). Este criterio permite una asignación realista del desgaste económico de los activos, manteniendo coherencia con la normativa vigente y con la estructura del flujo de caja del proyecto.

Tabla 4-3. Tabla de depreciación anual del proyecto

Año	Depreciación anual (UF)	Depreciación acumulada (UF)	Valor libro (UF)
0	0	0	3.998,60
1	374,86	374,86	3.623,74
2	374,86	749,72	3.248,88
3	374,86	1.124,58	2.874,02
4	374,86	1.499,44	2.499,16
5	374,86	1.874,30	2.124,30
6	374,86	2.249,16	1.749,44
7	374,86	2.624,02	1.374,58
8	374,86	2.998,88	999,72
9	374,86	3.373,74	624,86
10	374,86	3.748,60	250,00
11	25,00	3.773,60	225,00

Año	Depreciación anual (UF)	Depreciación acumulada (UF)	Valor libro (UF)
12	25,00	3.798,60	200,00
13	25,00	3.823,60	175,00
14	25,00	3.848,60	150,00
15	25,00	3.873,60	125,00

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Reinversiones

Dado el horizonte de 15 años y el tipo de instalación, se supone que:

- La vida útil de la infraestructura principal (tanques, obras civiles) es ≥ 15 años.
- Reemplazos y reparaciones de equipos menores se incluyen dentro de la partida de mantenimiento anual, sin definir una reinversión masiva puntual.

Opcionalmente, en anexos podrían modelarse reinversiones específicas, pero en el escenario base se considera que la mantención mantiene operativa la instalación durante todo el horizonte.

4.1.7 Estructura básica de costos e ingresos

La estructura básica de costos e ingresos del proyecto se define en función de un escenario de operación en régimen, expresado en términos reales (UF), sin considerar inflación ni crecimiento de capacidad a lo largo del horizonte de evaluación. Este enfoque permite evaluar la viabilidad económica del proyecto bajo supuestos conservadores y coherentes con la naturaleza de la posta de combustible Jet A-1, cuya demanda se encuentra acotada por la operación aeronáutica existente.

4.1.7.1 Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto provienen exclusivamente de la venta de combustible aeronáutico Jet A-1. Para la proyección se asume un volumen de ventas constante en régimen, así como un precio de venta real constante, dado que los flujos se expresan en UF.

La proyección de ingresos se realiza para cada año del horizonte de evaluación, considerando que el proyecto alcanza su nivel de operación normal desde el inicio del período analizado.

Tabla 4-4 Proyección de ingresos por ventas de Jet A-1 (UF reales)

Año	Producto	Demanda (L)	Precio (UF/L)	Ingresos (UF)
1	Jet A-1	125.280	0,0719	9.007
2	Jet A-1	135.302	0,0719	9.727
3	Jet A-1	146.126	0,0719	10.508
4	Jet A-1	157.816	0,0719	11.349
5	Jet A-1	170.404	0,0719	12.252
6	Jet A-1	184.036	0,0719	13.232
7	Jet A-1	198.759	0,0719	14.289
8	Jet A-1	214.660	0,0719	15.431
9	Jet A-1	231.833	0,0719	16.666
10	Jet A-1	250.380	0,0719	18.003
11	Jet A-1	270.410	0,0719	19.450
12	Jet A-1	292.043	0,0719	21.016
13	Jet A-1	315.406	0,0719	22.708
14	Jet A-1	340.639	0,0719	24.537
15	Jet A-1	367.890	0,0719	26.511

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.2 Egresos del proyecto

Los egresos del proyecto se dividen en costos fijos y costos variables, de acuerdo con su relación con el nivel de operación.

a) Costos fijos:

Los costos fijos corresponden a los gastos estructurales necesarios para la operación de la posta de combustible, independientes del volumen vendido dentro del rango normal de operación. Estos incluyen, entre otros, gastos de personal, mantención, seguros, servicios básicos y administración.

Al no considerarse ampliaciones de capacidad ni cambios operacionales relevantes, los costos fijos se mantienen constantes en términos reales durante todo el horizonte de evaluación.

Tabla 4-5. Proyección de costos fijos (UF reales)

Año	Personal	Mantención	Servicios	Seguros	Gastos adm.	Total costos fijos
1	540	280	125,2	120	80	1.145
2	540	280	125,2	120	80	1.145
3	540	280	125,2	120	80	1.145
4	540	280	125,2	120	80	1.145
5	540	280	125,2	120	80	1.145
6	540	280	125,2	120	80	1.145
7	540	280	125,2	120	80	1.145
8	540	280	125,2	120	80	1.145
9	540	280	125,2	120	80	1.145
10	540	280	125,2	120	80	1.145
11	540	280	125,2	120	80	1.145
12	540	280	125,2	120	80	1.145
13	540	280	125,2	120	80	1.145
14	540	280	125,2	120	80	1.145
15	540	280	125,2	120	80	1.145

Fuente: Elaboración propia.

a) Costos variables

Los costos variables del proyecto corresponden a aquellos que dependen directamente del volumen de combustible comercializado, por lo que su comportamiento está estrechamente vinculado a la demanda proyectada de Jet A-1.

En este caso, se consideran como principales costos variables la adquisición del combustible, las mermas asociadas al proceso de almacenamiento y manipulación, y los insumos operacionales necesarios para la distribución.

A diferencia de una estimación estática, los costos variables fueron modelados de manera proporcional al nivel de demanda proyectada, aplicando factores unitarios por litro de combustible. De esta forma, a medida que la demanda crece a una tasa anual del 8%, los costos variables también aumentan en la misma proporción, manteniendo coherencia con la operación del proyecto.

Este enfoque permite representar de manera más realista el comportamiento de los costos, evitando subestimaciones y asegurando consistencia con los ingresos proyectados. Asimismo, se asume que los costos unitarios se mantienen constantes en términos reales durante el horizonte de evaluación, dado que el análisis no considera efectos inflacionarios.

En consecuencia, los costos variables reflejan adecuadamente el nivel de actividad del proyecto, constituyendo un componente fundamental en la determinación del flujo de caja y en la evaluación económica del mismo.

Tabla 4-6. Proyección de costos variables (UF reales)

Año	Demanda (L)	Compra combustible	Mermas	Insumos	Total costos variables
1	125.280	4.744	89	68	4.901
2	135.302	5.125	96	73	5.294
3	146.126	5.535	103	79	5.717
4	157.816	5.978	111	85	6.174
5	170.404	6.450	120	92	6.662
6	184.036	6.964	130	99	7.193
7	198.759	7.518	140	107	7.765
8	214.660	8.116	151	116	8.383
9	231.833	8.764	163	125	9.052
10	250.380	9.463	176	135	9.774
11	270.410	10.221	190	146	10.557
12	292.043	11.041	205	158	11.404
13	315.406	11.927	222	171	12.320
14	340.639	12.881	240	185	13.306
15	367.890	13.909	259	200	14.368

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.3 Síntesis de la estructura de resultados

La estructura de ingresos y egresos definida permite obtener una utilidad operacional estable a lo largo del horizonte de evaluación, coherente con un proyecto de infraestructura de apoyo aeroportuario, caracterizado por una demanda acotada y predecible. Este enfoque conservador

facilita la evaluación de la rentabilidad estructural del proyecto y sirve como base para los análisis de sensibilidad desarrollados posteriormente.

4.2 PROYECTO PURO (SIN FINANCIAMIENTO)

4.2.1 Flujo de caja del proyecto puro

El proyecto puro corresponde a la evaluación económica del sistema de suministro de combustible Jet A-1 sin considerar financiamiento externo, de modo que toda la inversión inicial es aportada por los propietarios. Este análisis permite medir la rentabilidad real del proyecto por sí mismo y sirve como base de comparación frente a escenarios con deuda.

La inversión inicial asciende a 4.843,15 UF y se construyó a partir de la estimación de los ingresos y egresos asociados a la operación del proyecto, sin considerar su estructura de financiamiento, con el objetivo de evaluar su rentabilidad intrínseca.

Los ingresos fueron determinados en función de la demanda proyectada de combustible Jet A-1, la cual parte desde un nivel base de 116.000 litros anuales y crece a una tasa del 8% anual, en línea con las proyecciones de actividad aérea en la zona. Dichos volúmenes fueron valorizados utilizando un precio constante en términos reales de 0,0719 UF por litro.

Por su parte, los costos variables fueron estimados como una función directa del volumen comercializado, incorporando la compra de combustible, mermas operacionales e insumos, todos ellos modelados mediante costos unitarios constantes. De este modo, estos costos crecen proporcionalmente con la demanda, manteniendo coherencia con el nivel de actividad del proyecto.

Adicionalmente, se incorporaron los costos fijos de operación, los cuales incluyen personal, mantención, servicios, seguros y gastos administrativos. Estos costos se mantienen constantes en términos reales durante el horizonte de evaluación, asumiendo una estructura operativa estable capaz de absorber el crecimiento proyectado sin requerir incrementos significativos.

El flujo de caja considera además la inversión inicial del proyecto, compuesta por activos fijos, intangibles, capital de trabajo y otros costos asociados a la puesta en marcha. Asimismo, se incorpora el efecto de la depreciación de los activos, la cual, si bien no representa una salida de caja, influye en la determinación de la base imponible para el cálculo de impuestos.

En consecuencia, el flujo de caja obtenido refleja de manera consistente la evolución económica del proyecto a lo largo de su horizonte de evaluación, permitiendo determinar indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), fundamentales para la toma de decisiones de inversión. Los resultados del flujo de caja proyecto puro se presentan en la tabla 4-7.

Tabla 4-7 Flujo de caja proyecto puro

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos por ventas (+)	0	9.007	9.727	10.508	11.349	12.252	13.232	14.289	15.431	16.666	18.003	19.450	21.016	22.708	24.537	26.511
Costos Variables (-)	0	4.901	5.294	5.717	6.174	6.662	7.193	7.765	8.383	9.052	9.774	10.557	11.404	12.320	13.306	14.368
Costos Fijos (-)	0	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145
Utilidades Operacionales	0	2961,00	3288,00	3646,00	4030,00	4445,00	4894,00	5379,00	5903,00	6469,00	7084,00	7748,00	8467,00	9243,00	10086,00	10998,00
Depreciación (-)	0	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00
Intereses Crédito LP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intereses Crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta Activo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perdida/Ganancia de Capital [Valor Libro] (+/-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidades antes de impuestos	0	2586,14	2913,14	3271,14	3655,14	4070,14	4519,14	5004,14	5528,14	6094,14	6709,14	7723,00	8442,00	9218,00	10061,00	10973,00
Impuestos (-) [27 %]	0	698,26	786,55	883,21	986,89	1098,94	1220,17	1351,12	1492,60	1645,42	1811,47	2085,21	2279,34	2488,86	2716,47	2962,71
Utilidades después de impuestos	0	1887,88	2126,59	2387,93	2668,25	2971,20	3298,97	3653,02	4035,54	4448,72	4897,67	5637,79	6162,66	6729,14	7344,53	8010,29
Depreciación (+)	0	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Libro (+)	3998,60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortización Crédito LP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortización Crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja Operacional	0	2262,74	2501,45	2762,79	3043,11	3346,06	3673,83	4027,88	4410,40	4823,58	5272,53	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Inversión activos fijos (-)	-3670,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intangibles, puesta en marcha o imprevistos (-)	-327,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo (-)	-845,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación capital de trabajo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	845,03
Valor mercado activo fijo (valor residual)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación de IVA (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja de capitales	-4843,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo antes del financiamiento	-4843,15	2262,74	2501,45	2762,79	3043,11	3346,06	3673,83	4027,88	4410,40	4823,58	5272,53	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8880,32
Préstamos Largo Plazo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos Corto Plazo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo después de financiamiento	-4843,15	2262,74	2501,45	2762,79	3043,11	3346,06	3673,83	4027,88	4410,40	4823,58	5272,53	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8880,32
Flujo después financiamiento actualizado	-4843,15	2057,04	2067,32	2075,73	2078,49	2077,64	2073,78	2066,94	2057,49	2045,67	2032,79	1984,77	1971,58	1956,43	1940,63	2125,88
Flujo después financiamiento actualizado acumulad	-4843,15	-2786,11	-718,80	1356,93	3435,42	5513,06	7586,84	9653,78	11711,27	13756,94	15789,73	17774,50	19746,08	21702,51	23643,14	25769

Indicador	Proyecto Puro
VAN (UF, 10%)	25769
TIR (%)	57%
PRI (años)	2

Fuente: elaboración propia

4.2.2 Comentario sobre la rentabilidad del proyecto puro

Los indicadores muestran que:

- El VAN es ampliamente positivo, muy por encima de la inversión inicial, lo que evidencia una alta creación de valor.
- La TIR ($\approx 57\%$) supera con holgura la tasa de descuento del 10% , incluso si se consideraran tasas sociales o privadas más exigentes.
- El periodo de recuperación es de un poco más de 2 años es extremadamente corto en comparación con la vida útil de la instalación (≥ 15 años).

Por lo tanto, el proyecto puro, sin considerar aún financiamiento bancario, es claramente rentable y robusto.

4.3 PROYECTO CON FINANCIAMIENTO

En esta sección se analiza el proyecto incorporando deuda de largo plazo, con el objetivo de evaluar la rentabilidad para el propietario del capital propio (accionista).

Se supone:

- Deuda a 10 años, con amortización en cuotas anuales constantes.
- Tasa de interés de la deuda: 12% anual.
- El financiamiento se toma sobre el 100% de la inversión inicial del proyecto (4843,15 UF), en proporciones de 50% y 75% .

4.3.1 Escenario A: 50 % de financiamiento

El escenario de proyecto financiado al 50% incorpora un crédito de largo plazo que cubre la mitad de la inversión inicial, reduciendo significativamente el desembolso propio del inversionista. Este enfoque permite evaluar el impacto del apalancamiento financiero sobre la rentabilidad del capital, manteniendo la misma estructura operativa del proyecto puro,

pero incorporando ahora los efectos del crédito: intereses, amortizaciones y disminución del flujo de caja disponible para el servicio de la deuda.

Para este escenario, el financiamiento corresponde a 2.421,60 UF, con un plazo de 10 años y una tasa real del 10 %, generando una cuota anual de 393,94 UF bajo un sistema de amortización constante. Este crédito modifica la estructura de los flujos al introducir intereses como gasto financiero y amortizaciones que reducen el saldo de deuda en el tiempo.

La principal ventaja del financiamiento es la reducción del desembolso inicial del inversionista, lo que mejora el rendimiento del capital propio. En este caso, los flujos "después de financiamiento" muestran una recuperación rápida del capital invertido y una rentabilidad significativamente mayor que la observada en el proyecto puro. El proyecto presenta un VAN positivo, un periodo de recuperación cercano a un año y una TIR apalancada superior a la rentabilidad económica original, reflejando el efecto positivo del apalancamiento financiero cuando el negocio genera retornos superiores al costo de la deuda.

En resumen, el escenario financiado al 50 % evidencia que el uso moderado de deuda incrementa la rentabilidad del inversionista sin comprometer la viabilidad económica global del proyecto, consolidándose como una alternativa financieramente atractiva. (Tabla 4-8)

Tabla 4-8 Flujo de caja financiado 50%

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos por ventas (+)	0	9.007	9.727	10.508	11.349	12.252	13.232	14.289	15.431	16.666	18.003	19.450	21.016	22.708	24.537	26.511
Costos Variables (-)	0	4.901	5.294	5.717	6.174	6.662	7.193	7.765	8.383	9.052	9.774	10.557	11.404	12.320	13.306	14.368
Costos Fijos (-)	0	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145
Utilidades Operacionales	0	2961,00	3288,00	3646,00	4030,00	4445,00	4894,00	5379,00	5903,00	6469,00	7084,00	7748,00	8467,00	9243,00	10086,00	10998,00
Depreciación (-)	0	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00
Intereses Crédito LP (-)	0	-242,16	-226,98	-210,28	-191,92	-171,72	-149,49	-125,05	-98,16	-68,58	-36,05	0	0	0	0	0
Intereses Crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta Activo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdida/Ganancia de Capital [Valor Libro] (+/-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidades antes de impuestos	0	2343,98	2686,16	3060,86	3463,22	3898,42	4369,65	4879,09	5429,98	6025,56	6673,09	7723,00	8442,00	9218,00	10061,00	10973,00
Impuestos (-) [27%]	0	-632,87	-725,26	-826,43	-935,07	-1052,57	-1179,81	-1317,35	-1466,09	-1626,90	-1801,73	-2085,21	-2279,34	-2488,86	-2716,47	-2962,71
Utilidades después de impuestos	0	1711,11	1960,90	2234,43	2528,15	2845,85	3189,84	3561,74	3963,89	4398,66	4871,36	5637,79	6162,66	6729,14	7344,53	8010,29
Depreciación (+)	0	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Libro (-/+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortización crédito LP (-)	0	-151,78	-166,96	-183,66	-202,02	-222,22	-244,45	-268,89	-295,78	-357,89	-357,89	0	0	0	0	0
Amortización crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja Operacional	0	1934,19	2168,80	2425,63	2700,99	2998,49	3320,25	3667,71	4042,97	4415,63	4888,33	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Inversión activos fijos (-)	-3670,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intangibles, puestos en marcha o imprevistos (-)	-327,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo (-)	-845,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación capital de trabajo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	845,03
Valor mercado activo fijo [Valor residual] (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación de IVA (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja de capitales	-4843,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo antes del financiamiento	-4843,15	1934,19	2168,80	2425,63	2700,99	2998,49	3320,25	3667,71	4042,97	4415,63	4888,33	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Préstamos Largo Plazo (+)	-2421,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos Corto Plazo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo después de financiamiento	-2421,58	1934,19	2168,80	2425,63	2700,99	2998,49	3320,25	3667,71	4042,97	4415,63	4888,33	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Flujo después del financiamiento acutalizado	-2421,58	1758,35	1792,39	1822,41	1844,81	1861,82	1874,20	1882,11	1886,07	1872,66	1884,66	1984,77	1971,58	1956,43	1940,63	1923,58
Flujo después del financiamiento actualizado acumulad	-2421,58	-663,22	1129,17	2951,58	4796,39	6658,22	8532,41	10414,53	12300,60	14173,26	16057,92	18042,69	20014,27	21970,71	23911,33	25835

Indicador	Proyecto Financiado 50%
VAN (UF, 10%)	25835
TIR (%)	92%
PRI (años)	1

Fuente: Elaboración propia

El proyecto considera financiamiento externo equivalente al 50% de la inversión inicial, mediante un crédito de largo plazo con una tasa de interés real anual del 10% y un plazo de 10 años. Los intereses y amortizaciones se incorporan explícitamente en el flujo de caja financiado (Tabla 4-9).

Tabla 4-9 Tabla de intereses y amortización financiamiento 50%

Año	Saldo inicial (UF)	Intereses (10%)	Amortización	Cuota	Saldo final
1	2.421,58	242,16	151,78	393,94	2.269,80
2	2.269,80	226,98	166,96	393,94	2.102,84
3	2.102,84	210,28	183,66	393,94	1.919,18
4	1.919,18	191,92	202,02	393,94	1.717,16
5	1.717,16	171,72	222,22	393,94	1.494,94
6	1.494,94	149,49	244,45	393,94	1.250,49
7	1.250,49	125,05	268,89	393,94	981,60
8	981,60	98,16	295,78	393,94	685,82
9	685,82	68,58	325,36	393,94	360,46
10	360,46	36,05	357,89	393,94	0,00

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Escenario B: 75 % de financiamiento

El escenario de proyecto financiado al 75 % considera que gran parte de la inversión inicial se cubre con deuda de largo plazo, reduciendo al mínimo el aporte de capital propio y maximizando el efecto del apalancamiento financiero. En este caso, se contrata un crédito por aproximadamente 3.632,36 UF, equivalente al 75 % de la inversión total, con una tasa real anual del 10 %, plazo de 10 años y una cuota anual constante cercana a 590,91 UF.

Al igual que en el proyecto puro y en el escenario con 50 % de financiamiento, la operación mantiene los mismos ingresos, costos y estructura técnica; lo que cambia es la forma en que se distribuyen los flujos entre el servicio de la deuda y el retorno al accionista. Los intereses se reconocen como gasto financiero y las amortizaciones reducen gradualmente el saldo de la deuda, mientras que el inversionista aporta solo el 25 % de la inversión inicial.

Bajo estas condiciones, el proyecto presenta un VAN positivo en UF, una TIR del capital propio significativamente superior a la del proyecto puro y un periodo de recuperación del aporte de capital muy corto, cercano a un año. Este resultado refleja un apalancamiento financiero muy favorable, ya que la rentabilidad económica del proyecto es mucho mayor que el costo de la deuda. Sin embargo, también implica una mayor exposición al riesgo financiero, dado que una proporción elevada de los flujos debe destinarse al pago del crédito durante los primeros años.

En síntesis, el escenario financiado al 75 % muestra que, mientras se mantengan los niveles de demanda y márgenes proyectados, el uso intensivo de deuda potencia fuertemente la rentabilidad del accionista, confirmando al proyecto como una alternativa altamente atractiva desde el punto de vista financiero (ver Tabla 4-10)

Tabla 4-19 Flujo de caja financiado 75%

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos por ventas (+)	0	9.007	9.727	10.508	11.349	12.252	13.232	14.289	15.431	16.666	18.003	19.450	21.016	22.708	24.537	26.511
Costos Variables (-)	0	4.901	5.294	5.717	6.174	6.662	7.193	7.765	8.383	9.052	9.774	10.557	11.404	12.320	13.306	14.368
Costos Fijos (-)	0	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145	1145
Utilidades Operacionales	0	2961,00	3288,00	3646,00	4030,00	4445,00	4894,00	5379,00	5903,00	6469,00	7084,00	7748,00	8467,00	9243,00	10086,00	10998,00
Depreciación (-)	0	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-374,86	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00	-25,00
Intereses Crédito LP (-)	0	-363,24	-340,47	-315,43	-287,88	-257,57	-224,24	-187,57	-147,24	-102,87	-54,07	0	0	0	0	0
Intereses Crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venta Activo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pérdida/Ganancia de Capital [Valor Libro] (+/-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidades antes de impuestos	0	2222,90	2572,67	2955,71	3367,26	3812,57	4294,90	4816,57	5380,90	5991,27	6655,07	7723,00	8442,00	9218,00	10061,00	10973,00
Impuestos (-) [27%]	0	-600,18	-694,62	-798,04	-909,16	-1029,39	-1159,62	-1300,47	-1452,84	-1617,64	-1796,87	-2085,21	-2279,34	-2488,86	-2716,47	-2962,71
Utilidades después de impuestos	0	1622,72	1878,05	2157,67	2458,10	2783,18	3135,28	3516,10	3928,06	4373,63	4858,20	5637,79	6162,66	6729,14	7344,53	8010,29
Depreciación (+)	0	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	374,86	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Pérdida Ejercicio Anterior (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Libro (-/+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortización crédito LP (-)	0	-227,67	-250,44	-275,48	-303,03	-333,34	-366,67	-403,34	-443,67	-488,04	-536,84	0	0	0	0	0
Amortización crédito CP (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja Operacional	0	1769,91	2002,47	2257,05	2529,93	2824,70	3143,47	3487,62	3859,25	4260,45	4696,22	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Inversión activos fijos (-)	-2066,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intangibles, puestos en marcha o imprevistos (-)	-1932,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo (-)	-845,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación capital de trabajo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	845,03
Valor mercado activo fijo [Valor residual] (-)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación de IVA (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja de capitales	-4843,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo antes del financiamiento	-4843,03	1769,91	2002,47	2257,05	2529,93	2824,70	3143,47	3487,62	3859,25	4260,45	4696,22	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Préstamos Largo Plazo (+)	3632,27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Préstamos Corto Plazo (+)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo después de financiamiento	-1210,76	1769,91	2002,47	2257,05	2529,93	2824,70	3143,47	3487,62	3859,25	4260,45	4696,22	5662,79	6187,66	6754,14	7369,53	8035,29
Flujo después del financiamiento actualizado	-1210,76	1609,01	1654,93	1695,75	1727,98	1753,91	1774,41	1789,70	1800,37	1806,85	1810,60	1984,77	1971,58	1956,43	1940,63	1923,58
Flujo después del financiamiento actualizado acumulado	-1210,76	398,25	2053,18	3748,94	5476,91	7230,83	9005,23	10794,93	12595,30	14402,14	16212,74	18197,51	20169,09	22125,53	24066,15	25990

Indicador	Proyecto financiado 75%
VAN (UF, 10%)	25990
TIR (%)	159%
PRI (años)	1

Fuente: Elaboración propia

El financiamiento externo equivalente al 75% de la inversión inicial se modela mediante un crédito de largo plazo amortizado en 10 años con una tasa de interés real anual del 10%. La tabla de amortización detalla los intereses y amortizaciones incorporados explícitamente en el flujo de caja financiado del proyecto (ver Tabla 4-11)

Tabla 4-11. Tabla de intereses y amortización financiamiento 75%

Año	Saldo inicial (UF)	Intereses (10%)	Amortización	Cuota	Saldo final
1	3.632,36	363,24	227,67	590,91	3.404,69
2	3.404,69	340,47	250,44	590,91	3.154,25
3	3.154,25	315,43	275,48	590,91	2.878,77
4	2.878,77	287,88	303,03	590,91	2.575,74
5	2.575,74	257,57	333,34	590,91	2.242,40
6	2.242,40	224,24	366,67	590,91	1.875,73
7	1.875,73	187,57	403,34	590,91	1.472,39
8	1.472,39	147,24	443,67	590,91	1.028,72
9	1.028,72	102,87	488,04	590,91	540,68
10	540,68	54,07	536,84	590,91	0,00

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Comentario general sobre el financiamiento

- Ambos niveles de apalancamiento (50 % y 75 %) mejoran fuertemente la rentabilidad del capital propio, ya que el proyecto puro es muy sólido.
- El riesgo relevante pasa a ser la gestión de la deuda (mantener la demanda y los márgenes suficientes para pagar las cuotas), pero con los flujos proyectados existe un margen muy amplio de seguridad.

Tabla 4-121 Comparativo de indicadores económicos del proyecto

Evaluación del proyecto	VAN (UF, 10%)	TIR (%)	PRI (años)
Proyecto puro (sin financiamiento)	25769	57%	2
Proyecto financiado 50%	25835	92%	1

Evaluación del proyecto	VAN (UF, 10%)	TIR (%)	PRI (años)
Proyecto financiado 75%	25990	159%	1

Fuente: Elaboración propia

4.4 SENSIBILIZACIONES

El análisis de sensibilización tiene por objetivo evaluar la robustez del proyecto frente a cambios en las principales variables que determinan sus flujos de caja. En términos prácticos, se observa cómo varía el VAN cuando se modifica, de manera aislada, un parámetro relevante (por ejemplo, la demanda anual de combustible o el margen por litro vendido), manteniendo constantes el resto de los supuestos del modelo.

En este proyecto se trabajó con un horizonte de 15 años y flujos expresados en UF al 1 de diciembre de 2025, utilizando una tasa de descuento real de 10 % anual. Sobre esa base, se seleccionaron como variables críticas:

- La demanda anual de Jet A-1 (litros atendidos en el aeródromo).
- El margen operativo por litro, que depende del precio de venta al usuario y del costo de compra al proveedor mayorista.

A continuación se resumen dos sensibilizaciones principales y sus implicancias.

4.4.1 Sensibilización respecto del precio de venta

Con el objetivo de evaluar la robustez económica del proyecto frente a variaciones en las principales variables operacionales, se realizó un análisis de sensibilidad del precio de venta, considerando su impacto sobre el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

El análisis se efectuó sobre el flujo de caja del proyecto sin financiamiento, dado que el financiamiento no altera el valor económico del proyecto, sino únicamente el perfil temporal de los flujos. En consecuencia, se utilizó una tasa de descuento real del 10%,

determinada mediante el modelo CAPM, manteniéndose constantes el resto de los supuestos del proyecto.

La sensibilización consistió en modificar el precio de venta en un rango de variaciones negativas y positivas, evaluando escenarios comprendidos entre una disminución del 35% y un aumento del 30% respecto del precio base. Para cada escenario se recalculó el VAN del proyecto, manteniendo constantes el volumen de ventas, los costos fijos, la estructura de costos variables y la inversión inicial.

Los resultados muestran un comportamiento prácticamente lineal del VAN frente a cambios en el precio de venta. En particular, se identifica un punto de corte en torno a una disminución aproximada del 33% del precio base, a partir del cual el VAN se vuelve igual a cero. Esto indica que el proyecto puede soportar una caída significativa en el precio de venta antes de perder su viabilidad económica.

Asimismo, se observa que reducciones moderadas del precio (hasta un 33%) mantienen un VAN positivo, mientras que aumentos del precio generan incrementos relevantes en la rentabilidad del proyecto, evidenciando la alta sensibilidad del resultado económico a esta variable.

En síntesis, el análisis de sensibilidad del precio de venta permite concluir que el proyecto presenta un amplio margen de seguridad, lo que reduce el riesgo económico ante escenarios comerciales adversos y refuerza la viabilidad del proyecto desde el punto de vista financiero.

Tabla 4-13 Factor sensibilización respecto del precio de venta

Variación del precio	Precio	VAN (UF)
-35%	0,65	-1.750
-33%	0,67	0
-30%	0,70	870
-20%	0,80	9.100
-10%	0,90	17.470
0% (Base)	1,00	25.769
+10%	1,10	34.200

Variación del precio	Precio	VAN (UF)
+20%	1,20	42.600
+30%	1,30	51.200

Fuente: Elaboración propia

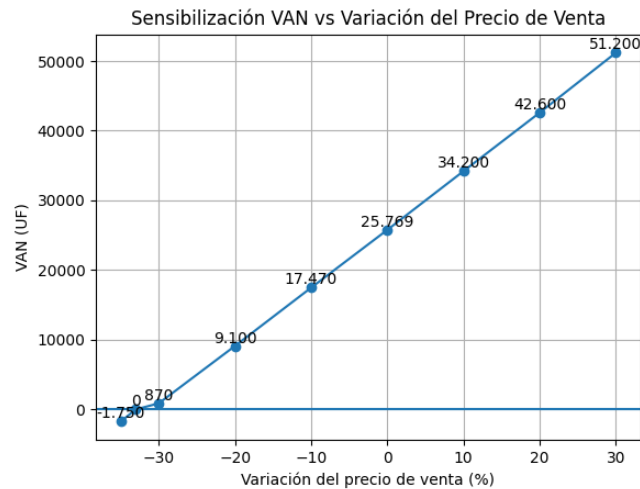


Figura 4-1 Gráfico de sensibilidad del VAN al precio de venta

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Sensibilización respecto del costo del combustible

La sensibilización consistió en modificar el costo unitario del combustible en distintos escenarios de variación negativa y positiva respecto del escenario base, manteniendo constantes el precio de venta, la cantidad vendida, la estructura de costos fijos y la inversión inicial. Para cada escenario se recalculó el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

Los resultados obtenidos muestran que el VAN presenta una relación inversa y prácticamente lineal respecto de las variaciones en el costo del combustible. En particular, se identifica un punto de corte cercano a un incremento aproximado del 38% en el costo unitario del combustible, a partir del cual el VAN del proyecto se hace igual a cero. Este resultado indica que el proyecto puede absorber aumentos relevantes en su principal costo variable antes de perder su viabilidad económica.

Asimismo, se observa que reducciones en el costo del combustible generan incrementos significativos en la rentabilidad del proyecto, mientras que aumentos moderados del costo mantienen un VAN positivo, lo que evidencia un margen de seguridad adecuado frente a fluctuaciones en esta variable crítica.

En síntesis, el análisis de sensibilidad del costo del combustible permite concluir que el proyecto presenta una robustez razonable frente a variaciones en los costos variables, complementando los análisis de sensibilidad del precio de venta y de la cantidad vendida, y contribuyendo a una evaluación integral del riesgo económico del proyecto.

Tabla 4-14 Factor de sensibilidad por margen

Variación del costo	Costo relativo	VAN (UF)
-30%	0,70	42.400
-20%	0,80	33.700
-10%	0,90	29600
0% (Base)	1,00	25.769
+10%	1,10	20.000
+20%	1,20	14.000
+30%	1,30	8.000
+38%	1,38	0
+40%	1,40	-1.500

Fuente: Elaboración propia

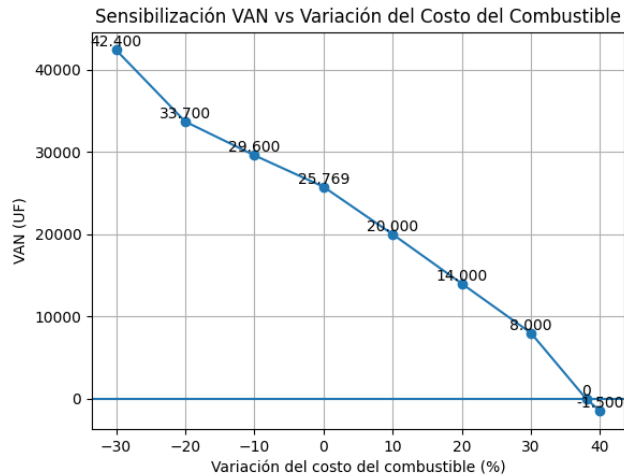


Figura 4-2 Gráfico de sensibilidad del VAN vs costo del combustible

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4-2 presenta la sensibilización del VAN del proyecto frente a variaciones porcentuales en el costo del combustible. Se observa una relación inversa prácticamente lineal, identificándose un punto de corte cercano a un incremento del 38% del costo base, a partir del cual el proyecto deja de generar valor económico.

4.4.3 Comentarios generales

El análisis de sensibilidad realizado permite evaluar de manera integral la respuesta del proyecto frente a variaciones en sus principales variables críticas, tanto por el lado de los ingresos como de los costos. En particular, se analizaron variaciones en el precio de venta, la cantidad vendida y el costo de adquisición del combustible, variables que concentran el mayor impacto sobre la rentabilidad del proyecto.

Los resultados obtenidos muestran que el proyecto presenta un comportamiento consistente y prácticamente lineal del VAN frente a cambios en el nivel de ventas, ya sea por modificaciones en el precio o en la cantidad vendida. En ambos casos, se identifica un punto de corte cercano a una disminución del 33% respecto del escenario base, lo que indica que el proyecto puede absorber reducciones significativas en los ingresos antes de

perder su viabilidad económica. Este resultado es coherente con la estructura de costos del proyecto, caracterizada por costos variables proporcionales a las ventas y costos fijos relativamente estables.

Por su parte, la sensibilización del costo del combustible, principal componente de los costos variables, evidencia una relación inversa entre esta variable y el VAN del proyecto. En este caso, el punto de corte se ubica en torno a un incremento del 38% en el costo del combustible respecto del valor base, lo que demuestra que, aun tratándose del costo más relevante, el proyecto mantiene un margen de seguridad razonable frente a aumentos adversos en los costos.

En conjunto, las sensibilizaciones realizadas permiten concluir que el nivel total de ventas y el costo unitario del combustible constituyen las principales fuentes de riesgo económico del proyecto. No obstante, los márgenes de variación identificados antes de alcanzar el punto de corte evidencian una robustez adecuada del proyecto, reforzando su viabilidad económica bajo escenarios razonables de incertidumbre.

CONCLUSIONES

El presente estudio de prefactibilidad tuvo como objetivo evaluar de manera integral la viabilidad de implementar una posta de abastecimiento de combustible de aviación Jet A-1 en la comuna de Villa O'Higgins, Región de Aysén, abordando el análisis desde una perspectiva de mercado, técnica y económica. Los resultados obtenidos permiten concluir, con un alto grado de consistencia, que el proyecto es factible y presenta fundamentos sólidos para su eventual desarrollo en una etapa de factibilidad definitiva.

Desde el punto de vista del análisis de mercado, se logró identificar la existencia de una demanda efectiva de combustible de aviación en la zona de estudio, la cual, si bien actualmente no se materializa en ventas locales, sí se expresa como un consumo real asociado a las operaciones aéreas que tienen origen o destino en Villa O'Higgins. Esta demanda, caracterizada como insatisfecha y geográficamente desplazada, constituye una oportunidad concreta de captación mediante la instalación de infraestructura de abastecimiento local. El análisis permitió estimar un nivel de consumo actual del orden de 116.000 litros anuales, considerando tanto vuelos subsidiados como operaciones privadas, turísticas e institucionales.

Asimismo, la proyección de la demanda futura, sustentada en una tasa de crecimiento anual del 8%, refleja un escenario de expansión sostenida del mercado, impulsado por factores estructurales como el fortalecimiento de la conectividad aérea en zonas extremas, el desarrollo del turismo en la Patagonia austral y la permanencia de operaciones institucionales. Bajo este escenario, se estima que la demanda podría superar los 170.000 litros anuales en un horizonte de cinco años, lo que permite concluir que existe una base de consumo suficiente para sustentar económicamente el proyecto en el mediano y largo plazo.

En el ámbito técnico, el estudio permitió definir una solución operacional coherente con las exigencias normativas y las condiciones particulares del entorno geográfico. La propuesta considera la implementación de sistemas de almacenamiento, filtrado, control de calidad y despacho que cumplen con los estándares establecidos por la Dirección General de

Aeronáutica Civil (DGAC) y la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), asegurando la integridad del producto y la seguridad de las operaciones. El dimensionamiento de la infraestructura, en conjunto con la definición de un esquema operativo eficiente y una estructura organizacional acotada, permite garantizar la continuidad del servicio, la trazabilidad del combustible y el cumplimiento de los requisitos regulatorios, incluso en condiciones logísticas complejas propias de la zona austral.

Adicionalmente, el análisis técnico consideró las restricciones derivadas del aislamiento geográfico de Villa O'Higgins, tales como la dependencia de rutas de abastecimiento de larga distancia, la variabilidad climática y la limitada disponibilidad de recursos locales. A pesar de estas condiciones, se concluye que el diseño propuesto es adecuado para operar de manera segura y eficiente, incorporando márgenes de autonomía y flexibilidad que permiten mitigar riesgos operacionales asociados a interrupciones en la cadena de suministro.

Desde la perspectiva económica, los resultados del análisis financiero evidencian una alta rentabilidad del proyecto en su evaluación sin financiamiento, alcanzando un Valor Actual Neto (VAN) de 25.769 UF, una Tasa Interna de Retorno (TIR) cercana al 57% y un período de recuperación de la inversión aproximado de dos años. Estos indicadores reflejan una capacidad significativa de generación de valor, lo que confirma que el proyecto es económicamente viable por sí mismo, sin necesidad de recurrir a apalancamiento financiero para justificar su implementación.

El análisis del proyecto puro resulta especialmente relevante, ya que permite evaluar la rentabilidad intrínseca de la iniciativa, eliminando los efectos asociados a la estructura de financiamiento. En este sentido, se concluye que la posta de combustible constituye una inversión sólida desde el punto de vista económico, sustentada en una demanda relativamente estable y en una estructura de costos coherente con el nivel de operación proyectado.

Por otra parte, el análisis de escenarios con financiamiento evidencia que el uso de deuda puede potenciar significativamente la rentabilidad del capital propio, debido al efecto del apalancamiento financiero. En particular, los escenarios con financiamiento parcial y

mayoritario muestran incrementos relevantes en la TIR del inversionista, lo que transforma al proyecto en una alternativa altamente atractiva desde el punto de vista financiero. No obstante, este aumento en la rentabilidad se encuentra asociado a un mayor nivel de riesgo, derivado de la obligación de cumplir con los pagos de la deuda en el tiempo. En consecuencia, la decisión de incorporar financiamiento debe ser evaluada cuidadosamente, considerando la estabilidad de la demanda y la capacidad de generación de flujos del proyecto.

En relación con el análisis de sensibilidad, los resultados obtenidos permiten evaluar la robustez del proyecto frente a variaciones en sus principales variables críticas, particularmente el precio de venta y el costo del combustible. La sensibilización del precio de venta evidenció que el proyecto presenta una alta dependencia de esta variable, lo cual es consistente con su impacto directo sobre los ingresos. No obstante, se determinó que la iniciativa puede soportar disminuciones cercanas al 33% respecto del escenario base antes de perder su viabilidad económica, lo que refleja la existencia de un margen de seguridad significativo.

Por su parte, la sensibilización del costo del combustible, principal componente de los costos variables, mostró una relación inversa y prácticamente lineal con el VAN del proyecto. El punto de corte se ubica en torno a un incremento del 38% en el costo base, lo que indica que el proyecto posee una capacidad razonable para absorber aumentos en sus costos sin comprometer su rentabilidad. En conjunto, estos resultados permiten concluir que el proyecto presenta un comportamiento estable y predecible frente a cambios en sus variables fundamentales, lo que reduce la incertidumbre asociada a su desempeño económico.

En términos generales, las sensibilizaciones permiten afirmar que la iniciativa posee una robustez económica adecuada, siendo capaz de mantener su viabilidad incluso bajo escenarios adversos moderados. Este aspecto resulta especialmente relevante en un contexto como el de Villa O'Higgins, donde factores externos como la estacionalidad, las condiciones climáticas y las restricciones logísticas pueden influir en la operación del proyecto.

Finalmente, es importante destacar que el valor del proyecto no se limita únicamente a su rentabilidad económica, sino que también incorpora un componente significativo de impacto social y territorial. La instalación de una posta de combustible de aviación en Villa O'Higgins contribuiría directamente a mejorar la conectividad aérea de la zona, facilitar el acceso a servicios básicos, fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias y potenciar el desarrollo del turismo y otras actividades económicas. En este sentido, el proyecto se posiciona como una iniciativa estratégica para el desarrollo de una de las zonas más aisladas del país, generando beneficios que trascienden el ámbito estrictamente financiero.

En conclusión, el proyecto presenta resultados favorables desde el punto de vista técnico y económico, mostrando potencial de rentabilidad bajo los supuestos de demanda, costos logísticos y continuidad operacional considerados en este estudio. No obstante, su viabilidad se encuentra condicionada por factores de riesgo relevantes, entre los que destacan la escala limitada del mercado, la dependencia de la conectividad aérea subsidiada e institucional, la complejidad logística del abastecimiento en una zona extrema y las exigencias técnicas asociadas al almacenamiento seguro del combustible. En este sentido, más que constituir una iniciativa exenta de incertidumbre, el proyecto representa una oportunidad atractiva, pero sujeta a una gestión rigurosa y a la validación de sus supuestos críticos en una etapa de factibilidad definitiva.

BIBLIOGRAFIA

- American Petroleum Institute. (2018). *API Standard 1542: Aviation Fuel Filter Monitors*. API Publishing.
- American Society of Mechanical Engineers. (2021). *ASME Boiler & Pressure Vessel Code*. ASME.
- Banco Central de Chile. (2024). *Serie histórica de UF, tasas de interés y tipo de cambio real*. <https://www.bcentral.cl>
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. (2018). *Reglamento DAR 14: Aeródromos – Diseño, operación y mantenimiento*. DGAC Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. (2020). *Norma DAN 151: Suministro de combustibles de aviación*. DGAC Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. (2023). *Manual de Servicios de Aeródromos y Operaciones (MANSOP)*. DGAC Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. (2024). *Hora Zero Operacional – Red de Aeródromos Nacionales*. DGAC Chile.
- Dirección General de Aeronáutica Civil de Chile. (2024). *Publicación de Información Aeronáutica (AIP Chile)*. DGAC Chile.
- Flyvbjerg, B. (2023). *How Big Things Get Done*. Currency.
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2015). *Principles of Managerial Finance* (14th ed.). Pearson.
- Instituto Nacional de Normalización. (2015). *NCh 2146: Seguridad en instalaciones de combustibles*. INN.
- Instituto Nacional de Normalización. (2017). *NCh 2245: Sistemas de almacenamiento de combustibles líquidos*. INN.
- Instituto Nacional de Estadísticas de Chile. (2024). *Índice de Precios al Consumidor (IPC) y estadísticas macroeconómicas*. <https://www.ine.cl>

- International Air Transport Association. (2020). *Guidance Material for Aviation Fuel Supply Systems*. IATA.
- National Fire Protection Association. (2022). *NFPA 407: Standard for Aircraft Fuel Servicing*. NFPA.
- Park, C. S. (2019). *Contemporary Engineering Economics* (6th ed.). Pearson Education.
- Ross, S., Westerfield, R., & Jaffe, J. (2016). *Corporate Finance* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Sapag, N. (2011). *Preparación y evaluación de proyectos* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2019). *Reglamento de instalaciones y operación de depósitos de combustibles líquidos (DS N° 160)*. SEC, Gobierno de Chile.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. (2020). *Guía Técnica para Instalaciones de Almacenamiento Aéreo de Combustibles*. SEC.

ANEXOS