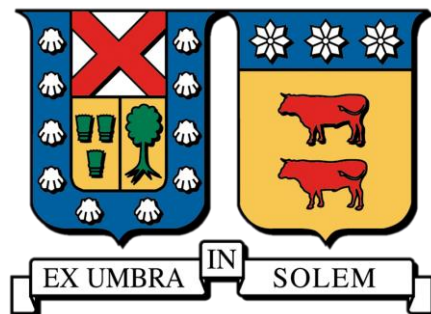




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

Departamento de Ingeniería Comercial

Valparaíso - Chile

**Rediseño del modelo de reposición de inventario en un contexto
de crecimiento organizacional:
Caso ITG Chile S.A.**

Memoria de Título presentada por:

Angela Muñoz Carrillo

Como requisito para optar al título profesional de Ingeniera Comercial.

Profesor Guía: **Joaquín Vergara Bengoechea.**

Profesor Correferente: **Humberto Villalobos Torres y Macarena Gatica Silva.**

Correo: **angela.munozc@usm.cl**

Septiembre de 2026



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: Rediseño del modelo de reposición de inventario en un contexto de crecimiento organizacional:
Caso ITG Chile S.A.

Nombre del candidato(a): Angela Raquel Muñoz Carrillo

Carrera / Grado: Ingeniería Comercial

Campus: Casa Central Departamento: Ingeniería Comercial

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Joaquín Vergara Bengoechea, 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: 08-09-2026

Firma: Joaquín Vergara Bengoechea

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 08-09-2026

Firma: Angela Muñoz Carrillo

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

A mis padres, Miriam Luz Carrillo Bazaes y Raúl Ismael Muñoz Rojas.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi familia, especialmente a mis padres Miriam Luz Carrillo Bazaes y Raúl Ismael Muñoz Rojas por su apoyo y confianza incondicional; a mis hermanas, Vivian Demy Muñoz Carrillo y Francisca Ebigeht Cáceres Carrillo, por sus consejos y por ser mis referentes; a mis cuñados, Juan Pablo Mendoza Fredes y Sean Pool Chanceaulme Brintrup, por las oportunidades y los momentos compartidos; a mis sobrinos Tomás Pablo Mendoza Fredes y María Ignacia Mendoza Fredes por siempre motivarme a ser mejor; y a mi perrito, Tayson Drew Bieber Muñoz, por su compañía y alegría.

A mis amigos, por cada sonrisa compartida y por hacer de estos años un periodo más ameno. En especial, a Fredy Gianmarco Flores Ordoñez por su constante apoyo y compañía; a Scarlettte Dayan Baeza Gajardo y Natalia Pavez Peña por su lealtad y el gran equipo que formamos tanto en lo académico como en lo personal; a Carola Gajardo Aravena por el apoyo y los buenos momentos compartidos; a Andrés Felipe Fuentes Torres, que a pesar de la distancia nunca dejó de apoyarme ni de estar presente; y a Joshua Wild por su comprensión y motivación durante el desarrollo de este trabajo.

A su vez, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que formaron parte de mi periodo universitario —compañeros de clase, residencia, intercambio, ayudantes, amigos de otras carreras, tutorados, ahijados, entre otros—, por su compañía, ya que todos, de alguna u otra forma, dejaron en mí un recuerdo y una enseñanza.

Finalmente, extendiendo mi agradecimiento a la universidad y a mis profesores por las herramientas académicas y humanas que me brindaron a lo largo de estos años. De manera especial, agradezco a los profesores Joaquín Vergara y Humberto Villalobos por su guía y apoyo en la revisión de esta memoria. Asimismo, agradezco a la empresa ITG Chile S.A., por la oportunidad de trabajar en conjunto durante estos meses.

RESUMEN

Desde 2023, ITG Chile S.A., empresa proveedora de servicios tecnológicos y de consultoría para la industria acuícola bajo un modelo Business to Business (B2B), atraviesa un proceso de crecimiento organizacional que incrementó la presión sobre el abastecimiento de la bodega casa matriz, en Puerto Varas, Chile. En el mismo periodo, los indicadores referenciales de inventario mostraron una caída de la rotación (-15%), un aumento del inventario promedio valorizado (+25%) y un alza del sobrestock valorizado de \$693 a \$1.492 millones, junto a un mayor volumen y variedad de productos. En este contexto, su modelo de reposición vigente —basado en factores fijos por categoría de productos y promedios simples de demanda histórica— no incorporaba la variabilidad de la demanda, la heterogeneidad de los productos ni los lead times efectivos, por lo que tendía a generar parámetros de reposición poco ajustados al comportamiento real de cada producto. Ante ello, el presente trabajo rediseña dicho modelo mediante el ajuste de la estimación de la demanda y de los parámetros críticos de reposición, y evalúa, a nivel de grupo de comportamiento y sobre la ventana 2024-2025, su diferencia respecto del modelo vigente en los parámetros de reposición (unidades) y en el capital inmovilizado estimado (CLP).

Bajo un enfoque mixto de predominio cuantitativo y la lógica AS-IS/TO-BE, se clasificó la demanda mediante los indicadores *ADI-CV*² (Syntetos et al., 2005), conformando un universo de 1.379 SKU en 12 grupos de comportamiento, de los cuales nueve se gestionan mediante punto de reorden y sobre ellos se recalcularon el stock de seguridad, el punto de reorden y la cantidad de pedido; los tres restantes, de demanda esporádica, se reponen lote por lote y por ello quedan fuera de la comparación de parámetros. El modelo propuesto reduce el punto de reorden en los nueve grupos comparables (entre -25% y -73%) y el capital inmovilizado estimado en un 47% (de 520,8 a 276,0 millones de CLP). El principal aporte del modelo no radica en la reducción del inventario, sino en asignar la protección de inventario según la variabilidad de la demanda y los tiempos de reposición. Estas cifras corresponden a una estimación potencial bajo supuestos referenciales y no a un ahorro materializado.

Palabras clave: gestión de inventarios, modelo de reposición, clasificación *ADI-CV*², punto de reorden, capital inmovilizado, AS-IS/TO-BE.

ABSTRACT

Since 2023, ITG Chile S.A., a provider of technology and consulting services for the aquaculture industry under a Business-to-Business (B2B) model, has undergone a process of organizational growth that increased the pressure on the replenishment of its main warehouse in Puerto Varas, Chile. During the same period, the reference inventory indicators showed a decline in inventory turnover (-15%), an increase in average valued inventory (+25%), and a rise in valued overstock from CLP \$693 million to \$1,492 million, along with a greater volume and variety of products. In this context, its current replenishment model—based on fixed factors by product category and simple averages of historical demand—did not account for demand variability, product heterogeneity, or actual lead times. In response, this study redesigns that model by adjusting demand estimation and the critical replenishment parameters and evaluates—at the behavior-group level and over the 2024-2025 window—how it differs from the current model in terms of replenishment parameters (units) and estimated tied-up capital (CLP).

Using a mixed approach that emphasized quantitative methods and the AS-IS/TO-BE framework, demand was classified using the *ADI-CV*² indicators (Syntetos et al., 2005), resulting in a universe of 1,379 SKUs across 12 behavior groups, of which nine are managed through a reorder point and for which safety stock, reorder point and order quantity were recalculated; the remaining three, of sporadic demand, are replenished lot-for-lot and are therefore excluded from the parameter comparison. The proposed model reduces the reorder point in all nine comparable groups (by 25% to 73%) and the estimated tied-up capital by 47% (from 520.8 to 276.0 million CLP). The model's main contribution lies not in inventory reduction, but in a more consistent allocation of inventory safety margins based on demand variability and replenishment lead times. These figures represent a potential estimate based on reference assumptions and do not reflect actual savings.

Keywords: inventory management, replenishment model, *ADI-CV*² classification, reorder point, tied-up capital, AS-IS/TO-BE.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ECUACIONES	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	10
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 FINALIDAD DEL TRABAJO	11
1.2 ANTECEDENTES.....	12
1.2.1 Fundamentos generales de la gestión de inventarios y modelo de reposición	12
1.2.2 Relevancia de la gestión de inventarios en contextos de crecimiento operacional	12
1.2.3 Caracterización organizacional y operativa de ITG Chile S.A.	13
1.3 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	14
1.3.1 Justificación del trabajo	14
1.3.2 Objetivos del trabajo.....	15
1.4 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	16
1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	16
1.5.1 Alcance organizacional y operacional.....	16
1.5.2 Alcance temporal.....	17
1.5.3 Alcance metodológico	17
1.5.4 Limitaciones del estudio.....	18
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	19
2.1 INTRODUCCIÓN	19
2.2 CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA	19
2.2.1 Contexto organizacional y desempeño de inventario	19
2.2.2 Contexto operativo y modelo de reposición vigente	22

2.2.3	Análisis integrado del contexto y limitaciones observadas	30
2.3	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL.....	31
2.4	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	32
2.4.1	Dimensiones del diagnóstico del problema.....	32
2.4.2	Limitaciones estructurales del modelo de reposición vigente	33
2.5	CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 2.....	34
CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL		35
3.1	INTRODUCCIÓN	35
3.2	ESTADO DEL ARTE.....	35
3.2.1	Gestión de inventarios y modelos de reposición en contextos de incertidumbre	35
3.2.2	Clasificación de demanda y selección de métodos de estimación.....	36
3.2.3	Demanda intermitente, peaks y limitaciones de promedios simples	37
3.2.4	Inventarios en empresas en crecimiento y cadenas B2B industriales	38
3.2.5	Contexto chileno/acuícola y proveedores tecnológicos.....	39
3.2.6	Síntesis crítica e identificación de brechas	39
3.3	MARCO CONCEPTUAL.....	41
3.3.1	Inventario, modelo de reposición y parámetros críticos.....	41
3.3.2	Demanda dependiente e independiente	42
3.3.3	Clasificación de patrones de demanda a partir de ADI y CV ²	43
3.3.4	Métodos de estimación de demanda.....	45
3.3.5	Stock de seguridad, lead time y punto de reorden.....	46
3.3.6	Identificación de valores atípicos, depuración y análisis de tendencia de la demanda	46
3.3.7	Análisis de sensibilidad y proceso de decisión de reposición	47
3.4	CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 3.....	48
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA.....		49

4.1 INTRODUCCIÓN	49
4.2 ENFOQUE Y DISEÑO METODOLÓGICO.	49
4.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN Y UNIDAD DE ANÁLISIS.	50
4.4 FUENTES DE INFORMACIÓN E INFORMANTES CLAVE.....	50
4.5 UNIVERSO DE ANÁLISIS Y CRITERIO DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN.	51
4.6 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	52
4.7 FLUJO METODOLÓGICO GENERAL.	52
4.7.1 Etapa 1: Diagnóstico de la situación actual	53
4.7.2 Etapa 2: Depuración y estructuración de datos	54
4.7.3 Etapa 3: Clasificación y análisis del comportamiento de demanda.....	55
4.7.4 Etapa 4: Análisis de tendencia, revisión de peaks y depuración de la serie histórica ..	57
4.7.5 Etapa 5: Estimación de la demanda y cálculo de parámetros críticos	60
4.7.6 Etapa 6: Diseño y comparación del modelo propuesto	66
4.7.7 Etapa 7: Valorización del capital inmovilizado y análisis de sensibilidad	69
4.8 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 4.....	72
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	73
5.1 INTRODUCCIÓN	73
5.2 DESARROLLO METODOLÓGICO	74
5.2.1 Etapa 2: Resultados de la depuración y estructuración de datos	74
5.2.2 Etapa 3: Resultados de la clasificación del comportamiento de la demanda	75
5.2.3 Etapa 4: Análisis de tendencia, revisión de peaks y depuración de la serie histórica ..	78
5.2.4 Etapa 5: Estimación de demanda y cálculo de parámetros del modelo propuesto	82
5.2.5 Etapa 6: Comparación entre modelo vigente y modelo propuesto	85
5.2.6 Etapa 7 (Parte 1): Valorización del capital inmovilizado	87
5.2.7 Etapa 7 (Parte 2): Análisis de sensibilidad	88

5.3 DISCUSIÓN FINAL	90
5.4 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 5.....	91
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	91
6.1 INTRODUCCIÓN	91
6.2 SÍNTESIS DE CONCLUSIONES	92
6.2.1 Problema y logro de objetivos	92
6.2.2 Enfoque y metodología seguidos.....	95
6.2.3 Desarrollo de la discusión.....	96
6.2.4 Principales conclusiones.....	98
6.3 LIMITACIONES Y FUTURAS PROPUESTAS	99
6.4 RECOMENDACIONES / CONTRIBUCIÓN.....	101
REFERENCIAS.....	104
ANEXOS	107

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Cálculo del punto de reorden en el modelo vigente.....	29
Ecuación 2: Intervalo medio entre demandas (Average Inter-Demand Interval, ADI).	44
Ecuación 3: Coeficiente de variación al cuadrado de la demanda (CV^2).	44
Ecuación 4: Punto de reorden (ROP).....	46
Ecuación 5: Regresión lineal simple.....	57
Ecuación 6: Stock de seguridad (SS).	61
Ecuación 7: Punto de reorden adaptado.....	61
Ecuación 8: Tasa de mantenimiento de inventario.	62
Ecuación 9: Costo anual estimado de mantenimiento.	63
Ecuación 10: Costo de preparación de orden de compra.....	64
Ecuación 11: Costo de actividad.....	64
Ecuación 12: Cantidad económica de pedido (EOQ).	65

Ecuación 13: Cantidad a pedir (lote por lote).....	66
Ecuación 14: Capital inmovilizado estimado (CIE).	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución mensual de las ventas (CLP) (2023-2025).	20
Figura 2: Evolución mensual de salidas de productos desde bodega casa matriz (2024-2025)..	23
Figura 3: Flujo metodológico para la construcción y evaluación del modelo propuesto.	53
Figura 4: Distribución de los 1.588 SKU en el plano $ADI - CV^2$	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evolución de los indicadores de inventario en la bodega casa matriz, 2024-2025.	21
Tabla 2: Distribución de productos del maestro según categoría operacional.	26
Tabla 3: Factores de categoría y cobertura equivalente del modelo vigente.	32
Tabla 4: Limitaciones estructurales del modelo de reposición, ITG Chile S.A.	34
Tabla 5: Criterios de categorización de patrones de demanda (Syntetos et al. 2005).....	44
Tabla 6: Comparación dimensión por dimensión: AS-IS modelo vigente v/s TO-BE modelo propuesto.....	67
Tabla 7: Resumen de la depuración inicial de la base de demanda.	74
Tabla 8: Distribución de SKU según patrón de demanda ($ADI-CV^2$).	75
Tabla 9: Clasificación cruzada de SKU (categoría operacional y patrón de demanda).	76
Tabla 10: Resultados de regresión lineal simple por grupo de demanda.....	79
Tabla 11: Demanda acumulada depurada (Grupo CL/FCL/I).	81
Tabla 12: Regresión sobre serie original v/s depurada.	82
Tabla 13: Demanda estimada por grupo de comportamiento (base de cálculo del modelo propuesto).	82
Tabla 14: Parámetros del modelo de reposición propuesto por grupo.	84
Tabla 15: Comparación del ROP y SS entre modelo vigente y modelo propuesto.	86

Tabla 16: Comparación de la valorización del capital inmovilizado entre el modelo vigente y el modelo propuesto.....	88
Tabla 17: Análisis de sensibilidad en demanda y lead time.	89

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 FINALIDAD DEL TRABAJO

Desde 2023, ITG Chile S.A. se encuentra en una etapa de crecimiento organizacional, lo que ha incrementado la complejidad operativa y la presión sobre los procesos de abastecimiento, especialmente en la bodega casa matriz, su principal unidad de almacenamiento y distribución interna.

Actualmente, las decisiones de compra se apoyan en un modelo de reposición que utiliza criterios homogéneos y promedios simples de demanda histórica, que no capturan adecuadamente la variabilidad de la demanda, la heterogeneidad de productos ni los lead times efectivos. Esta situación puede generar parámetros de reposición poco ajustados al comportamiento real de consumo, afectando la planificación del abastecimiento y la consistencia de las decisiones de compra.

A partir de lo anterior, el presente trabajo busca responder la siguiente pregunta: ¿en qué medida el rediseño del modelo de reposición, mediante el análisis diferenciado del comportamiento de la demanda y el ajuste de parámetros críticos, permite obtener parámetros de reposición más coherentes con el comportamiento observado de la demanda y qué diferencia genera respecto del modelo de reposición vigente de la bodega casa matriz de ITG Chile S.A., en sus parámetros de reposición (unidades) y en el capital inmovilizado estimado (CLP)?

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Fundamentos generales de la gestión de inventarios y modelo de reposición

Un sistema de inventario se define como un conjunto de políticas y controles con los que se evalúan los niveles de existencia para decidir qué artículos abastecer y en qué magnitud (Ballou, 2004). En este marco, los modelos de reposición permiten determinar el momento oportuno y las cantidades adecuadas para realizar pedidos, resguardando la continuidad operativa al menor costo posible (Ballou, 2004, pp. 518–519).

Estos modelos se apoyan en parámetros críticos —cantidad óptima de pedido, punto de reorden e inventario de seguridad— cuya definición técnica se desarrolla en la Sección 3.3.5 (Jacobs & Chase, 2018, pp. 527–529). La correcta estimación de estos parámetros es determinante: una sobreestimación genera costos por exceso de inventario y una subestimación, produce costos por escasez y pérdida de ventas (Chopra & Meindl, 2013, p. 359).

Finalmente, la gestión de inventarios implica equilibrar los costos de adquisición, mantención y falta de existencia. El costo de mantención cobra especial relevancia porque el inventario inmovilizado representa el capital que no genera valor. En esta línea, Kiymaz et al. (2024) evidencian que, en economías emergentes, un mayor número de días de inventario se asocia con menor desempeño empresarial. Este antecedente resulta pertinente para el caso de ITG Chile S.A., donde el sobrestock valorizado alcanzó \$1.492 millones en 2025, reforzando la necesidad de revisar los criterios de reposición y cobertura utilizados por la organización.

1.2.2 Relevancia de la gestión de inventarios en contextos de crecimiento operacional

De acuerdo con Ballou (2004, p. 447), las partes, componentes y suministros adquiridos en el proceso de compra, suelen representar entre el 40% y el 60% del valor de ventas de un producto final. Por ello, mejoras relativamente pequeñas en la gestión de compras y reposición pueden generar un impacto significativo en las utilidades, principio que el autor denomina apalancamiento. A modo ilustrativo, sobre el sobrestock de \$1.492 millones señalado, una reducción de un punto porcentual del capital inmovilizado equivaldría a \$14,9 millones, lo que muestra el impacto potencial de rediseñar los criterios de reposición sobre la eficiencia financiera de la organización.

Esta situación adquiere relevancia en empresas que experimentan crecimiento operacional sin una adaptación equivalente en sus procesos de control. Asimismo, Chopra & Meindl (2013, p. 34) señalan que el crecimiento organizacional y el incremento en la variedad de producto magnifica el reto de mantener el ajuste estratégico, aumentando la incertidumbre en la cadena de suministro. Para enfrentar esta complejidad, los autores sugieren que las empresas no deben aplicar una gestión uniforme, sino que deben segmentar su estrategia operativa según las características de los productos.

Esta necesidad de segmentación es especialmente relevante en ecosistemas industriales B2B con demanda dependiente de proyectos, como la industria salmonera chilena, donde la externalización de actividades por parte de las salmoneras configuró un mercado en que la demanda responde parcialmente a requerimientos específicos de proyectos, introduciendo variabilidad e intermitencia difícil de capturar con promedios simples (Zanlungo et al., 2015).

1.2.3 Caracterización organizacional y operativa de ITG Chile S.A.

ITG Chile S.A. es una empresa del sector tecnológico-industrial orientada a la fabricación, reparación y comercialización de equipos electrónicos especializados, además de la prestación de servicios tecnológicos y de consultoría para la industria acuícola, bajo un modelo de negocio Business to Business (B2B). La empresa estructura su oferta en tres líneas principales: Nanoox (oxigenación mediante nanoburbujas), Monitoreo (cámaras submarinas y alimentación de precisión) y Fotoperiodo (iluminación LED especializada, incorporada en 2025).

En cuanto a su trayectoria, entre 2023 y 2025 la organización experimentó un proceso de crecimiento organizacional sostenido, evidenciado por la incorporación de soluciones tecnológicas basadas en inteligencia artificial a partir del sistema SCAPP en 2024, el aumento en la cobertura operativa —de más de 1.000 jaulas monitoreadas en 2023 a más de 2.000 jaulas en 2025— y la integración de la línea Fotoperiodo en 2025. Esta expansión incrementó las exigencias sobre los procesos de abastecimiento, almacenamiento y planificación de inventarios.

A nivel operativo, la empresa dispone de sedes en Puerto Varas y Puerto Natales, y cuenta con cinco bodegas — tres ubicadas en Puerto Varas y dos en Puerto Natales—. La bodega casa matriz concentra el inventario principal y abastece a las áreas de fabricación, proyectos y ventas, constituyendo el foco del presente trabajo.

La operación combina productos de demanda independiente —componentes electrónicos, repuestos y venta directa— con insumos de demanda dependiente asociados a proyectos de fabricación, dualidad que exige una planificación de compras capaz de responder a distintos patrones de consumo y niveles de incertidumbre.

En cuanto a los sistemas de información, ITG Chile S.A. utiliza el ERP Laudus desde 2021 para gestionar el inventario, administrar el stock por bodegas, y sincronizar automáticamente las ventas con el inventario. Sin embargo, el sistema no cuenta con un módulo de reposición automática que calcule parámetros como punto de reorden o stock de seguridad, por lo que estas decisiones dependen de herramientas externas como el modelo de reposición desarrollado en Excel. De este modo, el crecimiento sostenido de la organización y la complejidad operativa descrita, evidencian la necesidad de fortalecer los modelos de reposición de inventarios como herramienta clave para mejorar la planificación del abastecimiento.

1.3 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.3.1 Justificación del trabajo

Los indicadores de inventario de ITG Chile S.A. evidencian una desalineación entre su crecimiento operacional y la gestión actual del abastecimiento. Entre 2024 y 2025, la rotación de inventario disminuyó un 15%, mientras que el inventario promedio valorizado aumentó un 25%. Además, el sobrestock valorizado pasó de \$693 millones a \$1.492 millones, lo que sugiere una tendencia hacia la acumulación de inventario por sobre los niveles requeridos.

Además, el modelo vigente calcula el punto de reorden con factores fijos por categoría y promedios históricos, sin considerar la variabilidad real de la demanda ni los lead times efectivos. Esto puede generar decisiones de compra desajustadas respecto a los requerimientos operativos reales,

aumentando el riesgo de exceso de inventario, inmovilización de capital y pérdida de eficiencia en la planificación. En consecuencia, el presente trabajo se justifica en la necesidad de rediseñar el modelo de reposición vigente mediante el ajuste de la estimación de la demanda y los parámetros críticos para adaptar sus operaciones a las nuevas exigencias derivadas de su crecimiento organizacional.

1.3.2 Objetivos del trabajo

Objetivo general

Rediseñar el modelo de reposición de inventarios para la bodega casa matriz de ITG Chile S.A. mediante el ajuste de la estimación de la demanda y de los parámetros críticos de reposición, con el fin de fortalecer la planificación del abastecimiento y evaluar, a nivel de grupo de comportamiento sobre la ventana 2024-2025, la diferencia respecto del modelo de reposición vigente en sus parámetros de reposición (unidades) y en el capital inmovilizado estimado (CLP).

Objetivos específicos

1. Diagnosticar críticamente el modelo de reposición vigente con referencia de marzo de 2026, identificando sus variables, lógica de cálculo, dependencias operativas y principales brechas respecto del comportamiento real de la demanda y del abastecimiento.
2. Analizar el comportamiento histórico de la demanda según categorías operacionales y patrones de consumo, identificando variabilidad, tendencia y movimientos no representativos que pueden afectar la estimación de parámetros de reposición para el periodo 2024-2025.
3. Diseñar el modelo de reposición propuesto mediante el ajuste de sus parámetros, basado en fundamentos teóricos de gestión de operaciones y restricciones de información disponible.
4. Estimar el impacto potencial del modelo propuesto comparándolo con el modelo vigente a nivel de grupo de comportamiento sobre la ventana de demanda 2024-2025, considerando como variable principal el punto de reorden —valorizado como capital inmovilizado— y contrastar de forma indicativa el stock de seguridad con el stock mínimo vigente. La cantidad sugerida a comprar se incorpora únicamente como referencia descriptiva. Los resultados se expresan en unidades, variación porcentual y valor monetario.

5. Evaluar la sensibilidad del modelo propuesto mediante un análisis de sensibilidad de sus principales supuestos —la demanda estimada y el lead time referencial—, estimando la respuesta del punto de reorden y del capital inmovilizado ante las variaciones en cada uno.

1.4 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El documento se organiza en seis capítulos. El **Capítulo 1** introduce la finalidad del trabajo, los antecedentes generales del problema, la justificación del trabajo, los objetivos, el alcance y las limitaciones del trabajo. El **Capítulo 2** describe la situación de partida y el planteamiento formal del problema. El **Capítulo 3** expone el estado del arte y el marco conceptual que sustenta el rediseño. El **Capítulo 4** detalla el diseño metodológico del trabajo y las etapas aplicadas. El **Capítulo 5** presenta los resultados, la comparación con el modelo vigente, la valorización económica referencial y el análisis de sensibilidad. El **Capítulo 6** sintetiza las conclusiones, recomendaciones y líneas de trabajo futuras. Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas y el material complementario.

1.5 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL TRABAJO

1.5.1 Alcance organizacional y operacional

El presente trabajo se desarrolla en ITG Chile S.A., con foco exclusivo en la bodega casa matriz, ubicada en Puerto Varas, por corresponder a la principal unidad de almacenamiento de la organización y al espacio en que se concentran las decisiones de reposición de productos que abastecen a las áreas de fabricación, proyectos y ventas. En consecuencia, el modelo propuesto se limita a la gestión de reposición asociada a dicha bodega, sin considerar la operación integral de las otras cuatro bodegas que posee la empresa.

En cuanto a la cobertura de productos, el análisis de demanda y la parametrización del modelo propuesto se aplica a los productos con movimiento registrado en la bodega casa matriz durante el periodo 2024-2025. El modelo propuesto parametriza los productos pertenecientes a las categorías de compra CL, FCL e I —productos nacionales, insumos nacionales para fabricación y productos importados—, clasificados según los patrones de demanda Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy, por corresponder a productos cuya reposición se gestiona mediante orden de compra. En cambio,

se excluyeron las categorías sin lógica de reposición por compra: N/A (productos sin clasificación de abastecimiento); SERVICIOS (no son productos físicos); y F1 y FF (fabricados internamente, cuya reposición responde a una lógica de producción). Asimismo, se excluyeron los productos de arriendo, por no responder a una política regular de reposición.

El detalle del universo de análisis —desde la base depurada de 1.588 SKU hasta el universo de desarrollo de 1.379 SKU— y la lógica de comparación a nivel de grupo de comportamiento se desarrollan en la Sección 4.5.

1.5.2 Alcance temporal

El diagnóstico del contexto organizacional y el análisis de indicadores de inventario consideran el periodo 2023-2025, con el propósito de evidenciar la evolución de la operación en paralelo al crecimiento de la organización. Por otro lado, la estimación de la demanda y el cálculo de parámetros son basados en el periodo 2024-2025, intervalo en el cual se dispone de una distinción válida de las salidas de productos de la bodega casa matriz y la bodega arriendo; ambos modelos se recalculan sobre esta misma ventana a nivel de grupo de comportamiento, de modo que sus parámetros queden referidos a una misma base temporal. El diagnóstico del modelo vigente, en cambio, se refiere a marzo de 2026 —fecha de entrega de la versión operativa en Excel—, y se utiliza para caracterizar dicho modelo y sustentar la lógica de la cantidad a comprar.

1.5.3 Alcance metodológico

El trabajo adopta un diseño descriptivo-evaluativo con orientación aplicada. La metodología integra un enfoque mixto con predominio cuantitativo, ya que incluye técnicas cuantitativas con información cualitativa levantada mediante entrevistas y validaciones con las áreas de Supply Chain, Control de Gestión y Adquisiciones.

Cuantitativamente, contempla la clasificación de patrones de demanda (ADI y CV^2), el análisis de tendencia, la estimación diferenciada de la demanda según la presencia de tendencia, la depuración de peaks y el ajuste de los parámetros críticos de reposición, junto con una evaluación económica referencial y el análisis de sensibilidad. El detalle del enfoque, las herramientas y las siete etapas metodológicas se desarrollan en el Capítulo 4.

Dos precisiones de alcance acotan estos resultados. Primero, la cantidad a comprar del modelo vigente se incorpora solo como referencia descriptiva y no se integra a la comparación valorizada, ya que corresponde a un momento dado (marzo de 2026) y no a un parámetro de nivel como el punto de reorden o el stock de seguridad. Segundo, el modelo propuesto construido en Excel, se evalúa comparando los parámetros calculados sobre datos históricos y no midiendo los resultados posteriores a su implementación real dado que el diseño no ha sido puesto en operación en la empresa y, por lo tanto, no se dispone de datos de desempeño ex post.

1.5.4 Limitaciones del estudio

1. **Calidad de los datos del ERP.** La calidad y completitud de los datos de Laudus condicionan la fiabilidad de los parámetros; las diferencias entre stock físico y stock en sistema (Capítulo 2) afectan la precisión del stock disponible usado como insumo.
2. **Granularidad mensual.** La demanda se trabaja con granularidad mensual sobre 24 meses, horizonte acotado que limita la precisión del consumo intermitente y el ajuste ARIMA, que supone que el comportamiento observado se mantiene.
3. **Eventos extraordinarios y depuración.** La demanda histórica puede estar influida por eventos extraordinarios que distorsionan la estimación si se tratan como consumo regular; por esta razón, se aplica depuración mediante la regla de Pareto, cuyas decisiones de exclusión —aunque documentadas— condicionan los resultados, por lo que se interpretan según los supuestos de cada escenario.
4. **Estimación a nivel de grupo.** Por el volumen de productos y el alcance del trabajo, la demanda se estima a nivel de grupo de comportamiento y no por SKU; los parámetros responden al comportamiento agregado del grupo y no a la estimación exacta de cada SKU.
5. **Lead time referencial.** Al no existir registros históricos estructurados de lead time por SKU o proveedor, los tiempos se definen como valores referenciales por categoría (nacional e importado), incorporando el efecto de plazo sin la precisión de tiempos reales por orden de compra.
6. **Costos estimados.** Los costos de mantener inventario y de preparar órdenes de compra se estimaron de forma referencial, dado que ITG Chile S.A. no cuenta con un cálculo formal

para la bodega casa matriz. Por ello, deben interpretarse como aproximaciones y no como costos contables exactos.

7. **Identificación de demanda dependiente.** Laudus no permite obtener masivamente los SKU con recetas de fabricación, por lo que los productos se tratan bajo una lógica de demanda independiente; esta simplificación deberá refinarse en estudios posteriores que vinculen productos y recetas de fabricación.
8. **Nivel de servicio supuesto.** El nivel de servicio de 95% ($z = 1,65$) es un supuesto metodológico referencial, ya que es uno de los niveles más utilizados en la literatura y porque la empresa no cuenta con una política formal diferenciada por categoría, criticidad o patrón; los parámetros deben interpretarse en función de dicho nivel de protección, variando si la empresa define niveles de servicio diferenciados por grupo de comportamiento.
9. **Carácter referencial de la evaluación.** Corresponde a una validación potencial, no a una medición posterior a una implementación real. Permite estimar diferencias en parámetros —principalmente el punto de reorden, valorizado como capital inmovilizado, y de forma indicativa, el stock de seguridad frente al stock mínimo vigente—, pero no afirma una reducción efectiva de sobrestock, mejora de rotación o disminución de quiebres.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe la situación de partida de ITG Chile S.A. y plantea el problema central que motiva este trabajo, a partir del contexto operativo de la organización y del funcionamiento del modelo vigente.

2.2 CONTEXTO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

2.2.1 Contexto organizacional y desempeño de inventario

Crecimiento comercial y operativo

Entre los años 2023 y 2025, ITG Chile S.A. experimentó una fase de expansión sostenida en la actividad comercial. Como se observa en la Figura 1, las ventas mensuales aumentaron en un 22% durante el periodo de 2023-2024, seguido de un crecimiento del 36% entre 2024-2025, lo que evidencia un mayor nivel de actividad y contextualiza el aumento de las exigencias operativas y logísticas durante el periodo analizado.

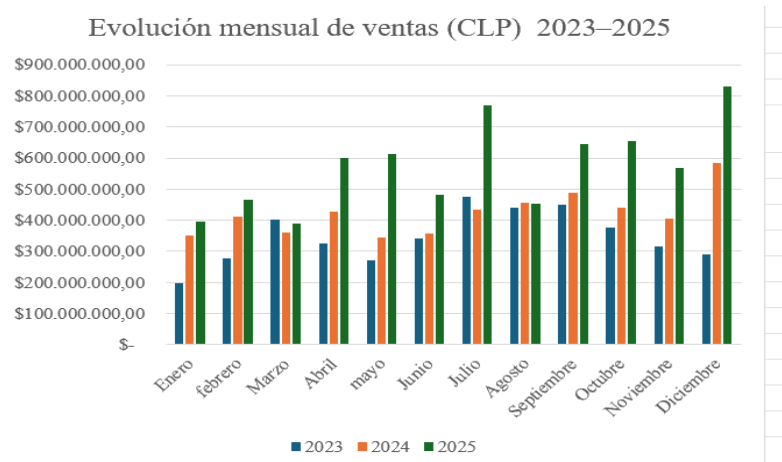


Figura 1: Evolución mensual de las ventas (CLP) (2023-2025).

Fuente: Elaboración propia.

Este crecimiento también se refleja en la actividad asociada a sus líneas de negocio —Monitoreo, Nanoox y Fotoperiodo—, cuyos proyectos gestionados aumentaron de 164 en 2023 a 244 en 2025, equivalente a un crecimiento del 49%. En particular, Monitoreo se mantiene como la línea de mayor volumen, con un incremento de 162 a 203 proyectos; Nanoox presenta un crecimiento significativo, pasando de 2 a 34 proyectos, lo que induce a mayor incertidumbre en la planificación del abastecimiento; y Fotoperiodo inicia operaciones en 2025 con 7 proyectos, evidenciando una operación de menor escala, pero con mayor variabilidad relativa en su ejecución.

Comportamiento referencial de rotación de inventario

La rotación de inventario fue calculada específicamente para la bodega casa matriz. Dado que el ERP Laudus no valoriza el inventario de forma desagregada por bodega, se aproximó identificando los productos con salidas valorizadas desde casa matriz en cada año —según las guías de despacho asociadas a dicha bodega— y sumando, para ese subconjunto, su stock inicial, stock final y salidas valorizadas del periodo. En cambio, los indicadores de stock sin movimiento y stock sobre máximo

se presentan a nivel organizacional, porque dependen de las existencias por bodega que el ERP Laudus no desagrega.

El análisis de rotación de inventario para la bodega casa matriz indica que el comportamiento de las compras y el consumo durante el periodo refleja un deterioro en la eficiencia del inventario, ya que entre 2024 y 2025 la rotación disminuyó de 2,77 a 2,34 veces anuales (-15%), mientras que el inventario promedio valorizado creció un 25% pasando de \$1.031 millones a \$1.294 millones. Como consecuencia, los días de inventario se incrementaron de 132 a 156 días, lo que indica que el stock acumulado tarda 24 días más en consumirse respecto al periodo anterior (ver Tabla 1). Este comportamiento sugiere que el crecimiento del inventario promedio valorizado supera al del consumo efectivo.

A su vez, mientras las unidades despachadas aumentaron un 38% (Anexo 1), las salidas valorizadas lo hicieron solo en un 6%, lo que sugiere un mix de productos hacia ítems de menor valor unitario, una dimensión que la lógica de cálculo del modelo vigente —detallada en la Sección 2.2.2— no captura, al basar su estimación en promedios simples de unidades sin ponderar por valor ni por variabilidad. Por ello, el indicador de rotación constituye una señal de desalineación entre el comportamiento real del inventario y la lógica de cálculo utilizada para orientar las decisiones de abastecimiento.

Indicador	2024	2025	Variación
Stock inicial valorizado	\$ 784.905.774	\$ 1.165.411.765	48%
Stock final valorizado	\$ 1.277.921.525	\$ 1.422.059.421	11%
Inventario promedio	\$ 1.031.413.650	\$ 1.293.735.593	25%
Salidas valorizadas	\$ 2.857.135.363	\$ 3.031.879.136	6%
Rotación (veces)	2,77	2,34	-15%
Días de inventario	132	156	18%

Tabla 1: Evolución de los indicadores de inventario en la bodega casa matriz, 2024-2025.

Nota: El conjunto de productos considerado varía entre años (los que registraron salidas desde casa matriz), por lo que el stock final de 2024 no coincide con el stock inicial de 2025. Los valores tienen carácter referencial.

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores referenciales de stock sobre máximo

Por otro lado, para complementar el diagnóstico del inventario, se analizaron los productos registrados en Laudus que se encontraban sobre su stock máximo durante el periodo 2023-2025. A partir de esta fuente, se observa que los productos que superan el stock máximo aumentaron en un 72%, pasando de 938 en 2023 a 1.264 en 2024 y a 1.618 en 2025. Si bien se trata de un antecedente referencial del sistema, su evolución es coherente con el aumento del inventario promedio valorizado y resulta consistente con una posible acumulación de existencias por sobre los niveles registrados como referencia. Este comportamiento se refleja en el capital inmovilizado por sobrestock, cuyo valor aumentó de \$693 millones en 2023 a \$1.066 millones en 2024, alcanzando \$1.492 millones en 2025. Si bien estos valores deben interpretarse como una aproximación referencial, su evolución permite identificar señales de acumulación de inventario y posibles desajustes entre los niveles registrados en sistema y las necesidades efectivas de reposición.

Stock inmovilizado

De forma complementaria, se identificaron productos con stock físico disponible, pero sin registro de movimiento durante el periodo analizado. El stock acumulado por estos productos ascendía a 2.329 unidades en 2023, valorizadas en \$4.417.288, cifra que se incrementó significativamente en 2024, alcanzando 4.255 unidades por un valor de \$11.106.227 —un aumento del 83% en unidades y del 151% en valor—, para luego reducirse parcialmente en 2025 a 2.635 unidades valorizadas en \$7.261.512. Si bien la reducción registrada en 2025 representa una mejora respecto al periodo anterior, la existencia de productos sin movimiento durante el periodo analizado constituye una señal relevante de capital inmovilizado en inventario.

2.2.2 Contexto operativo y modelo de reposición vigente

Demanda — Salidas de productos desde la bodega casa matriz

Al analizar las salidas mensuales de productos en la bodega casa matriz, se registra un aumento del 38% entre 2024 y 2025, pasando de 852.670 a 1.175.311 unidades despachadas. Este crecimiento no solo refleja una mayor actividad operativa, sino también una presión directa y sostenida sobre los procesos de almacenamiento, trazabilidad y reposición de productos en la bodega. La desagregación mensual de estos valores se presenta en el Anexo 1.

Como se observa en la Figura 2, el crecimiento se concentró principalmente en el primer semestre de 2025, con alzas relevantes en enero (+65%), febrero (+82%), marzo (+57%) y abril (+107%) respecto a los mismos meses para el año anterior. En el segundo semestre, el crecimiento se modera, a excepción de noviembre, en el cual el 2024 supera al 2025, registrando una caída del 16%.

El análisis posterior de la demanda evidencia que estos aumentos no responden a una única causa. En algunos casos, las alzas se concentran en pocos SKU (Stock Keeping Units) asociados a centros de costo y meses puntuales, por lo que podrían distorsionar la estimación de demanda recurrente si se incorporan sin revisión. En otros casos, los aumentos responden a una demanda operacional sostenida, asociada a fabricación o a productos con movimiento frecuente, por lo que no corresponde tratarlos necesariamente como eventos extraordinarios.

Esta distinción resulta relevante para el modelo de reposición, ya que utilizar las salidas totales sin diferenciar entre consumo recurrente, demanda dependiente de proyectos y movimientos concentrados puede generar parámetros poco ajustados al comportamiento real de los productos. Por ello, el análisis de demanda debe incorporar criterios de segmentación y revisión de peaks antes de estimar stock mínimo, punto de reorden y cantidad sugerida a comprar.

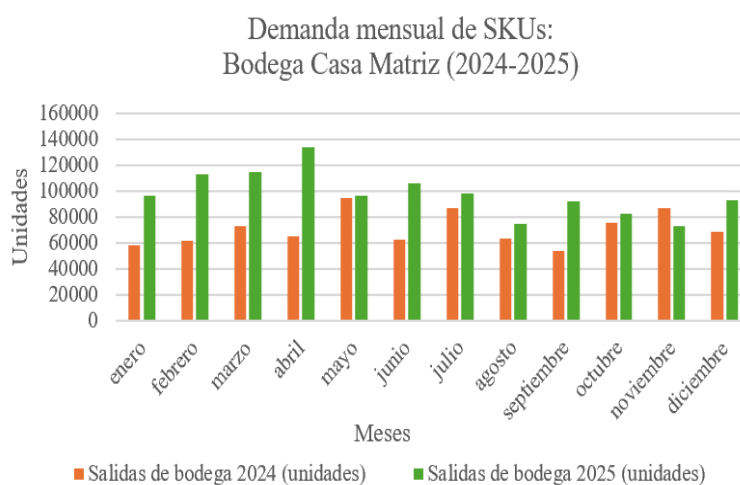


Figura 2: Evolución mensual de salidas de productos desde bodega casa matriz (2024-2025).

Fuente: Elaboración propia.

Unidades en inventario en la bodega casa matriz

A su vez, al analizar las unidades en inventario en la bodega casa matriz para los periodos de 2023-2025 se observa un crecimiento progresivo en el volumen almacenado. En 2024, las unidades aumentaron de 290.864 a 304.498, equivalente a un crecimiento marginal del 5%. Posteriormente, en 2025 se registra un incremento más acelerado, alcanzando 384.185 unidades, lo que representa un aumento del 26% respecto del año anterior y un crecimiento acumulado aproximado del 32% en dos años. Este comportamiento evidencia una expansión en el volumen físico de inventario administrado por la bodega casa matriz, lo que incrementa las exigencias de almacenamiento, control, trazabilidad y planificación de reposición.

Portafolio de productos almacenados en la bodega casa matriz

Para analizar la evolución del portafolio de productos almacenados en la bodega casa matriz, se consideró el número de SKU activos con stock disponible debido a que el número real de SKU registrado en sistema corresponde al catálogo completo de la empresa de 2.946 productos y no necesariamente a productos físicamente almacenados.

Bajo este criterio, en el Anexo 2 se evidencia un crecimiento sostenido en la cantidad de SKU gestionados en la bodega casa matriz, pasando de 931 en 2023 a 1.477 en 2025, lo que representa un aumento acumulado de 59% en dos años. Este incremento refleja una expansión progresiva del portafolio de productos y, a diferencia del volumen de inventario, da cuenta de una mayor diversificación. Esto implica un incremento en la complejidad logística, ya que la bodega debe administrar productos con distintos niveles de rotación, criticidad, patrones de demanda y tiempos de reposición.

Control de inventario en bodega casa matriz

En relación con los controles de inventario realizados en la bodega casa matriz, se observa una periodicidad variable durante el periodo analizado. En 2023 se realizaron tres inventarios generales, mientras que en 2024 solo se efectuó uno y en 2025 nuevamente tres. Esta variabilidad

sugiere que los controles físicos no mantienen una frecuencia homogénea, lo que puede limitar la detección oportuna de diferencias entre el stock físico y el stock registrado en el sistema.

Complementariamente, los ajustes de inventario —entendidos como las correcciones realizadas cuando existe una diferencia entre el stock registrado en Laudus con el stock físico real— aumentaron de un ajuste anual en 2023 y 2024 a dieciséis ajustes en 2025, concentrándose principalmente en el último trimestre.

La inexistencia de procedimientos formales orientados a prevenir y reducir estas diferencias continúa representando una debilidad en la gestión y confiabilidad de la información de inventario. Esta situación resulta relevante para el presente trabajo, ya que el modelo de reposición depende de datos actualizados y consistentes para calcular parámetros como stock disponible, punto de reorden y cantidad sugerida de compra. El detalle de fechas de inventarios generales y ajustes se presenta en el Anexo 3.

Maestro de productos

La organización dispone de un maestro de productos que facilita la gestión del inventario y la toma de decisiones en el proceso de abastecimiento. Este maestro clasifica los ítems según su categoría operacional, distinguiendo entre productos nacionales (CL), insumos nacionales destinados a fabricación (FCL), productos terminados (F1), servicios requeridos (SERVICIOS), productos no clasificados (N/A), productos importados (I) y productos fabricados (FF).

Actualmente, el maestro comprende un total de 2.946 productos registrados, correspondiente al catálogo completo de productos registrado en Laudus. La distribución de estos productos según categoría se presenta en la Tabla 2.

Categoría	Glosa	Unidades
CL	Productos nacionales	1662
FCL	Insumos nacionales destinados a fabricación	539
F1	Productos terminados	261
SERVICIOS	Servicios	179
N/A	Productos no clasificados	147
I	Productos importados	86
FF	Productos fabricados	72
Total		2946

Tabla 2: Distribución de productos del maestro según categoría operacional.

Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la Tabla 2, la operación se concentra en el mercado nacional —CL y FCL concentran cerca del 74% del catálogo—. Sin embargo, la presencia de insumos de fabricación, productos importados y productos fabricados introduce distintas lógicas de reposición, tiempos de abastecimiento y niveles de dependencia operacional. Por ello, la clasificación del maestro constituye un antecedente relevante para justificar la necesidad de segmentar los productos y definir criterios diferenciados dentro del modelo de reposición.

Producto nuevo o arriendo

La distinción entre producto nuevo y producto reutilizado depende de la bodega desde la cual se realiza la salida del material. Los productos provenientes de la bodega casa matriz se consideran nuevos, mientras que aquellos provenientes de la bodega de arriendo corresponden a productos reutilizados, destinados principalmente a proyectos de arriendo o reinstalación. Esta diferenciación es relevante porque el modelo de reposición vigente no distingue explícitamente entre bodegas de origen, por lo que puede interpretar movimientos de productos reutilizados como demanda de reposición.

Flujo de salida de materiales

El flujo de salida de materiales desde la bodega casa matriz se inicia con los requerimientos de las áreas operativas (fabricación, desarrollo, comercial y operaciones). El jefe de bodega verifica la disponibilidad de stock en función del tipo de operación, distinguiendo entre productos destinados a venta —producto nuevo— y productos de arriendo —producto reutilizable—. Si no hay stock,

se informa el faltante a Adquisiciones y el proceso queda en espera de reposición. Por otro lado, si hay productos entonces se preparan los materiales y se emite la guía de despacho. El detalle se presenta en el Anexo 4. Este proceso evidencia que la continuidad operativa depende directamente de la disponibilidad de stock y de una planificación de reposición oportuna para el abastecimiento.

Proceso de abastecimiento y tiempos de reposición aproximados

El proceso de abastecimiento en la bodega casa matriz se inicia con la identificación de necesidades de compra y culmina con la recepción e ingreso de los productos al sistema, con diferencias relevantes dependiendo del origen del producto —nacional o internacional— que inciden en los tiempos de reposición y en la complejidad de la gestión.

Durante 2023-2025 la revisión de necesidades de compra se realizaba mediante una instancia semanal conjunta entre las áreas involucradas, antes de emitir la requisición a Adquisiciones (Anexo 5). En 2026 esta práctica fue modificada hacia una revisión individual entre la jefa de Supply Chain y cada área. En ambos casos, la decisión depende de información actualizada sobre stock disponible, demanda esperada, materiales comprometidos y tiempos de reposición, por lo que contar con un modelo trazable y con parámetros confiables resulta fundamental para la planificación de compras. A continuación se detalla el flujo de abastecimiento según el origen del producto, ya que las etapas y los tiempos de reposición difieren de forma relevante entre productos nacionales e internacionales.

- **Abastecimiento de productos nacionales.** La etapa administrativa inicial —cotización, evaluación, decisión de compra y emisión de orden de compra— tiene una duración aproximada de seis días. Posteriormente, el tiempo de entrega depende de la ubicación del proveedor: entre uno y dos días para proveedores locales y entre tres y cinco días para proveedores fuera de la región. En conjunto, el lead time aproximado para productos nacionales se sitúa entre siete y once días, según la ubicación del proveedor. El flujo detallado se presenta en el Anexo 6.
- **Abastecimiento de productos internacionales.** El proceso internacional incorpora etapas adicionales como cotización internacional, proceso bancario, transporte internacional y revisión aduanera. El tiempo de reposición depende principalmente del medio de transporte, el cual se selecciona según la urgencia del requerimiento. El transporte aéreo

tarda aproximadamente diez días, mientras que el transporte marítimo puede extenderse entre un mes y medio y dos meses. Adicionalmente, los productos cuyo valor supera los 3.000 USD requieren revisión aduanera, lo que puede agregar entre tres y cinco días al proceso. Finalmente, el traslado a bodega puede tardar entre uno y cinco días. En conjunto, el lead time aproximado para productos internacionales puede variar entre diecisiete días (transporte aéreo sin revisión aduanera) y más de setenta días (transporte marítimo con revisión aduanera), dependiendo del medio de transporte, las condiciones de importación y el traslado final a bodega. El flujo detallado se presenta en el Anexo 7.

Modelo de reposición vigente

El modelo de reposición vigente fue desarrollado en 2023 por el área de Control de Gestión mediante una planilla Excel con el propósito de apoyar la planificación de compras. Su lógica se basa en promedios simples y factores fijos por categoría, con actualización por traspaso manual; esta dependencia de procesos manuales y de ajustes operativos motiva el rediseño.

En términos de arquitectura, el modelo opera mediante un libro Excel que consolida información proveniente de hojas descargadas desde el ERP Laudus, actualizadas mediante traspaso manual de datos. Además, integra información vinculada a compras, requisiciones, materiales comprometidos y productos en tránsito, permitiendo visualizar el estado de cada producto en término de stock disponible, demanda comprometida, materiales en tránsito y alertas de reposición. No obstante, su dependencia de procesos manuales y de ajustes operativos refuerza la necesidad de contar con criterios de cálculo más trazables y diferenciados.

Cobertura del modelo

El modelo de reposición considera el universo completo de productos del catálogo de la organización, compuesto por 2.946 SKU y se calcula de forma automatizada los parámetros de stock mínimo, punto de reorden y cantidad sugerida a comprar. Sin embargo, el seguimiento operativo detallado se concentra solo en los productos que presentan requerimientos activos en cada ciclo de compra, asignando comentarios de gestión asociados a decisiones de compra, ajustes de stock o seguimiento específico.

Estos comentarios corresponden principalmente a revisiones semanales vinculadas a cada requisición, por lo que pueden variar entre una actualización y otra. A partir de esta información se consolida el detalle de los productos a adquirir, que se remite a bodega aproximadamente cada dos semanas, en concordancia con la periodicidad de las compras nacionales.

Parámetros del modelo

- **Stock mínimo.** El stock mínimo se calcula de forma automática a partir de los datos de demanda histórica registrados en las guías de despacho. Para ello, el modelo utiliza el valor máximo entre el promedio mensual de los últimos 12 meses y el promedio mensual de los últimos 6 meses de consumo, con el propósito de considerar el escenario de mayor consumo reciente. En particular, el uso de promedios simples no incorpora medidas de dispersión ni permite distinguir entre consumos recurrentes, fluctuantes, intermitentes o asociados a requerimientos puntuales de proyectos. El modelo también contempla un stock mínimo validado manualmente, el cual se utiliza como referencia principal cuando existe una revisión previa del cálculo automático.
- **Punto de reorden.** El punto de reorden se calcula a partir del consumo promedio mensual del producto, multiplicado por un factor fijo asociado a su categoría (Anexo 8), al cual se suma el stock mínimo (Ecuación 1).

Ecuación 1: Cálculo del punto de reorden en el modelo vigente.

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Consumo promedio} \times \text{Factor de categoría}) + \text{Stock mínimo}$$

Este parámetro opera como una alerta de compra, indicando el nivel de inventario a partir del cual se debe iniciar el proceso de adquisición.

- **Cantidad por comprar.** Más que una cantidad a comprar en sentido estricto, este parámetro corresponde a un indicador de posición neta entre la disponibilidad y los requerimientos, y se obtiene como: *stock en bodega casa matriz - punto de reorden - material total + materiales en tránsito*, donde el material total suma el material atrasado (pedidos vencidos) y los pedidos comprometidos con vencimiento en los próximos 45 días —horizonte acordado por adquisiciones para anticipar adelantos en los centros de costo—. Bajo esta lógica, valores negativos indican una brecha de abastecimiento —cuya magnitud aproxima la cantidad faltante— y, por tanto, una necesidad de compra. En

cambio, los valores positivos reflejan disponibilidad suficiente. Por tratarse de una regla de cálculo operativa, este indicador se emplea como referencia descriptiva.

- **Clasificación ABC operativa del modelo vigente.** El modelo incorpora una clasificación ABC operativa según la categoría del maestro y fecha del último movimiento. Bajo esta lógica, los productos clasificados como A corresponden a importaciones de revisión diaria por su mayor lead time. Los productos B son aquellos con movimiento activo, mientras que los productos C son aquellos que tienen stock disponible, pero menor frecuencia de movimiento.

2.2.3 Análisis integrado del contexto y limitaciones observadas

El análisis del contexto organizacional y operativo de ITG Chile S.A. evidencia una desalineación entre el ritmo de crecimiento de la organización y la capacidad de sus herramientas de gestión para acompañar dicha expansión. Desde el punto de vista operativo, el crecimiento en las ventas durante 2023-2025 se tradujo en mayor actividad de la bodega casa matriz, con un incremento del 38% en las unidades despachadas y un crecimiento acumulado del 59% en el portafolio de SKU activos. Aquello, incrementó la heterogeneidad en los patrones de consumo, tiempos de reposición y niveles de criticidad operativa, lo que aumenta de forma significativa la complejidad de la gestión de inventario. A ello se suman las alzas puntuales por factores operativos no planificados, un inventario que crece por sobre el consumo efectivo (Sección 2.2.1), acumulando el capital inmovilizado, y controles de inventario poco frecuentes (Sección 2.2.2) que comprometen la confiabilidad de la información.

Es la magnitud y naturaleza de este crecimiento lo que vuelve inviable la lógica del modelo vigente. Entre 2023 y 2025, la organización no solo creció en volumen, sino también en complejidad: incorporó la línea Fotoperiodo y expandió Nanoox de 2 a 34 proyectos — introduciendo productos dependientes de proyectos y mayor incertidumbre—, mientras el portafolio de SKU activos pasó de 931 a 1.477. Un seguimiento manual con factores fijos por categoría es viable para algunas decenas de productos, pero no escala a un portafolio de esta magnitud y heterogeneidad debido a que la probabilidad de error manual aumenta, la trazabilidad es propensa a pérdida y los criterios fijos no capturan la variabilidad. Esta brecha entre la escala

de la operación y una lógica de cálculo homogénea y manual es la que justifica el rediseño hacia una parametrización sistematizada por grupo de comportamiento.

2.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA CENTRAL

El crecimiento operativo de ITG Chile S.A. ha evidenciado limitaciones en la capacidad del modelo de reposición vigente para gestionar eficientemente el abastecimiento de la bodega casa matriz, especialmente frente al mayor nivel de complejidad alcanzado por la organización.

Si bien el modelo permite apoyar la planificación del abastecimiento mediante el cálculo automático de parámetros como stock mínimo, punto de reorden y cantidad sugerida a comprar, su lógica de funcionamiento se basa principalmente en criterios generales, promedios históricos y parámetros fijos por categoría que no incluyen aspectos relevantes como la variabilidad de la demanda, heterogeneidad de productos y los lead times efectivos.

Adicionalmente, el modelo depende de procesos manuales de actualización, revisión y registro de comentarios operativos para orientar decisiones de compra, revisión o postergación. Esta dependencia aumenta la necesidad de validación operativa y puede afectar la trazabilidad de los criterios utilizados para tomar decisiones de abastecimiento. En consecuencia, estas limitaciones pueden generar desajustes en los requerimientos reales de la operación y las decisiones de compra, evidenciados en la coexistencia de productos con sobrestock y productos bajo stock mínimo, acumulación de inventario sin movimiento, aumento del capital inmovilizado y disminución de eficiencia en la rotación de inventario.

De este modo, el problema central corresponde a que el modelo vigente no cuenta con parámetros ni criterios de cálculo lo suficientemente diferenciados y trazables para responder a las condiciones operativas actuales de ITG Chile S.A.

2.4 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

2.4.1 Dimensiones del diagnóstico del problema

- 1. Estimación de la demanda y tratamiento de peaks.** El stock mínimo (Sección 2.2.2) se basa en promedios simples que asignan igual peso a todos los meses y no distinguen entre demanda recurrente y salidas extraordinarias: una salida excepcional sobredimensiona el stock mínimo de productos sin consumo recurrente, mientras que históricos altos siguen inflando el parámetro en productos cuya demanda ha disminuido.
- 2. Segmentación insuficiente y tratamiento homogéneo de productos.** El modelo aplica criterios homogéneos que no diferencian el comportamiento, criticidad ni modalidad de uso. Conviven productos con demanda independiente y demanda dependiente que no deberían tratarse con la misma lógica. Tampoco distingue entre productos nuevos y reutilizados —según bodega de origen—, por lo que puede interpretar salidas de arriendo como demanda de reposición. Así, el ajuste de parámetros no responde a frecuencia, dependencia de proyectos, valor unitario o variabilidad.
- 3. Clasificación ABC operativa.** No se construye sobre el consumo valorizado ni la criticidad económica de un ABC tradicional. Aunque ordena la revisión operativa, no prioriza los productos por su impacto económico: un importado de bajo valor puede revisarse más que un nacional de mayor relevancia.
- 4. Punto de reorden (ROP): factor fijo sin considerar el lead time real.** El ROP se calcula con el consumo promedio mensual, un factor fijo por categoría y el stock mínimo. La conversión de esos factores en días de cobertura (Tabla 3) muestra el desfase: el factor de importados (I) implica 91 días, muy por encima de los 76 días del transporte marítimo con aduana y de los 17 a 26 días del aéreo, generando alertas anticipadas de compra y contribuye al inventario excedente.

Categoría	Factor	Cobertura implícita (días)	Lead time documentado (días)	Brecha estimada (días)
CL (Compra nacional)	0,5	14 días	7-11	Más de 3 a 7
FCL (Compra nacional)	0,75	21 días	7-11	Más de 10 a 14
I (Importado aéreo)	3,25	91 días	17-26	Más de 65 a 74
I (Importado marítimo)	3,25	91 días	52-76	Más de 15 a 39
F1/FF (Fabricación)	0,75	21 días	Variable	Indeterminada

Tabla 3: Factores de categoría y cobertura equivalente del modelo vigente.

Fuente: Elaboración propia con base en modelo de reposición de ITG Chile S.A.

5. **Ausencia de stock de seguridad estadístico.** El modelo no incorpora un stock de seguridad basado en la variabilidad de la demanda y del lead time: el stock mínimo cumple esa función de forma implícita, pero al calcularse como el máximo entre dos promedios, no considera medidas de dispersión ni el nivel de servicio objetivo. Al no existir un nivel de servicio declarado, no es posible determinar qué grado de protección busca el modelo, por lo que el stock mínimo funciona como referencia operativa, pero no permite justificar técnicamente el nivel de inventario de resguardo según criticidad, variabilidad o tiempo de reposición. Esto justifica la necesidad de incorporar criterios diferenciados para estimar stock mínimo y stock de seguridad.
6. **Dependencia operativa y fragilidad del modelo.** El modelo opera en un libro Excel, construido a partir de cinco fuentes del ERP Laudus, dos vínculos externos y una planilla de requisición. La desconexión de cualquiera de estos archivos invalida los cálculos y compromete las alertas de compra. Su actualización depende de un traspaso manual diario, lo que introduce riesgo de error y una carga operativa que dificulta su sostenibilidad. El problema no es la inexistencia del modelo sino su fragilidad técnica, operativa y documental.
7. **Confiabilidad de la información de inventario.** El modelo depende de la precisión del stock registrado en Laudus para calcular parámetros y generar alertas de compra. Sin embargo, la frecuencia variable de los inventarios generales y el aumento de los ajustes debilitan esa confiabilidad y pueden distorsionar alertas, cantidades sugeridas y planificación.

2.4.2 Limitaciones estructurales del modelo de reposición vigente

Las dimensiones anteriores configuran las principales limitaciones estructurales del modelo vigente. A diferencia de las limitaciones del estudio (Sección 1.5), estas corresponden a brechas internas de la herramienta actual y explican la necesidad de rediseño (Tabla 4).

Limitación estructural	Evidencia observada	Efecto sobre el modelo
Estimación de demanda por promedios simples	El stock mínimo se calcula como el máximo entre promedios de 6 y 12 meses.	Sobredimensionar o subestimar ante peaks, intermitencia o cambios recientes de consumo.
Segmentación insuficiente	No distingue demanda recurrente, dependiente, productos reutilizados ni de alto valor.	Criterios homogéneos a productos con comportamientos distintos.
Clasificación ABC limitada	Basada en categoría y último movimiento, no en consumo valorizado ni criticidad.	Ordena la revisión operativa, pero no prioriza por relevancia económica u operacional.
Lead time no estructurado	Sin registros históricos sistematizados por SKU ni proveedor.	Punto de reorden con factores fijos por categoría, sin reflejar tiempos reales de reposición.
Sin stock de seguridad estadístico	El stock mínimo resguarda, pero no incorpora variabilidad o nivel de servicio.	Dificulta justificar técnicamente el nivel de protección.
Dependencia operativa y manual	Descargas desde Laudus, vínculos externos, copia manual y comentarios.	Mayor riesgo de error reduce trazabilidad y limita la sostenibilidad.
Decisiones no formalizadas	La interpretación de alerta depende del conocimiento operativo del personal.	Reduce trazabilidad y transferibilidad; no siempre se justifica por qué se compra o posterga.
Confiabilidad del inventario	Sin política de inventarios cíclicos; diferencias físico/sistema y controles de frecuencia variable.	Alertas y cantidades sugeridas pueden verse distorsionadas si el stock no es confiable.

Tabla 4: Limitaciones estructurales del modelo de reposición, ITG Chile S.A.

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, evidencian que el modelo no requiere ajustes aislados de cálculo, sino una lógica de reposición más diferenciada y trazable: mejorar la estimación de la demanda, mediante depuración y clasificación de patrones, segmentar por categoría operacional y patrón de demanda, y ajustar los parámetros críticos —stock de seguridad, punto de reorden y cantidad de pedido— según el patrón de cada grupo.

2.5 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 2

El análisis desarrollado en este capítulo permitió caracterizar la situación de partida de ITG Chile S.A. e identificar el problema central del trabajo: un crecimiento sostenido en ventas, proyectos, volumen de inventario y cantidad de SKU gestionados durante 2023-2025 que incrementó la complejidad de la bodega casa matriz sin una evolución equivalente en sus mecanismos de planificación del abastecimiento. En conjunto, estas limitaciones justifican una lógica de reposición más diferenciada, trazable y ajustada al comportamiento real de los productos, que constituye la base para el modelo propuesto en los capítulos siguientes.

CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo expone los fundamentos teóricos y antecedentes que sustentan el diseño del modelo de reposición propuesto. Primero, el estado del arte revisa la literatura sobre gestión de inventarios bajo incertidumbre y clasificación de demanda, y cierra con una síntesis crítica que identifica las brechas que legitiman el trabajo. Luego, el marco conceptual define los conceptos que articulan el desarrollo metodológico de los capítulos siguientes.

3.2 ESTADO DEL ARTE

3.2.1 Gestión de inventarios y modelos de reposición en contextos de incertidumbre

La gestión de inventarios bajo incertidumbre requiere que los parámetros —stock de seguridad, punto de reorden y cantidades sugeridas de compra—, no dependan sólo del consumo histórico promedio, sino también de la variabilidad de la demanda, los tiempos de reposición, la confiabilidad de proveedores, los costos y el nivel de servicio esperado.

Desde esta perspectiva, Barros et al. (2021) indican que el dimensionamiento del stock de seguridad debe considerar las incertidumbres y riesgos del abastecimiento, ya que la variabilidad de la demanda, la incertidumbre del lead time y los retrasos de proveedores afectan los costos y el nivel de servicio. Ben-Ammar et al. (2022) coinciden y advierten que la literatura ha estudiado ampliamente la incertidumbre de demanda, pero en menor medida la del lead time, pese a su impacto disruptivo. Ambos estudios muestran que la reposición no puede analizarse solo desde la demanda esperada, sino incorporando la incertidumbre de los tiempos de abastecimiento y los costos derivados de atrasos o desajustes. En una línea complementaria, Goltsos et al. (2022) advierten que el desarrollo fragmentado entre pronóstico e inventario puede hacer que una proyección estadísticamente adecuada conduzca a decisiones poco convenientes en stock, quiebres y costos. A su vez, Demiray Kırmızı et al. (2024) comparan distintas metodologías de stock de seguridad y muestran que incorporar la variabilidad de la demanda, lead time, nivel de servicio, valor de producto y clasificación de demanda reduce los costos totales de inventario frente a

métodos basados en días de cobertura, lo que refuerza la conveniencia de evitar factores uniformes cuando existe incertidumbre en el consumo.

3.2.2 Clasificación de demanda y selección de métodos de estimación

La literatura sobre gestión de inventarios reconoce que la selección del método de estimación de demanda debe considerar el comportamiento específico de los productos, especialmente cuando existe alta variedad de SKU, baja frecuencia de consumo o variabilidad en las cantidades demandadas. Aplicar una lógica homogénea en estos contextos puede generar estimaciones poco representativas que afectan los parámetros de reposición.

En esta línea, Syntetos, Boylan y Croston (2005) proponen categorizar los patrones de demanda a partir del intervalo promedio entre demandas (ADI) y el coeficiente de variación al cuadrado de los tamaños de demanda (CV^2), distinguiendo patrones como Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy, evidenciando que los SKU presentan distintos niveles de predictibilidad y no deberían estimarse con un único procedimiento. Sin embargo, esta clasificación no ha estado exenta de debate. Heinecke, Syntetos y Wang (2013) la evalúan empíricamente y concluyen que las mejoras marginales en precisión deben sopesarse frente a la facilidad de implementación del método.

Desde una perspectiva práctica, Bacchetti y Saccani (2012) advierten que existe una brecha entre los métodos desarrollados por la literatura y su adopción efectiva: muchas organizaciones continúan utilizando clasificaciones simples basadas en valor o volumen, lo que se explica por restricciones de información, falta de herramientas integradas, costos de implementación y complejidad percibida; además, las organizaciones pequeñas y medianas suelen depender de criterios simples y juicio experto. Este hallazgo complementa la tensión identificada por Heinecke et al. (2013): no basta con que el modelo sea estadísticamente superior si las condiciones de la organización no permiten su implementación efectiva. Ante este panorama, Kaya, Sahin y Demirel (2020) proponen una guía para escoger métodos de pronóstico según el tipo de demanda intermitente y, usando la categorización $ADI-CV^2$, muestran que el desempeño relativo de los métodos varía según la categoría de demanda, lo que respalda la utilidad práctica de la clasificación de Syntetos et al. (2005) y responde directamente a la brecha señalada por Bacchetti y Saccani (2012): la clasificación no es solo un ejercicio descriptivo, sino una herramienta operativa que

orienta decisiones concretas de estimación. Así, la clasificación de demanda es una etapa previa que orienta la selección del método de estimación, especialmente relevante en organizaciones con portafolios heterogéneos, recursos analíticos limitados y sistemas que no integran criterios de clasificación, condiciones que caracterizan a ITG Chile S.A. En este contexto, la adopción de la clasificación *ADI-CV*² de Syntetos et al. (2005) representa un punto de partida metodológicamente fundamentado para el modelo de reposición propuesto.

3.2.3 Demanda intermitente, peaks y limitaciones de promedios simples

Cuando los productos presentan consumos discontinuos, meses sin movimiento o salidas concentradas en eventos, la estimación de demanda mediante promedios simples genera parámetros poco representativos al mezclar consumo recurrente con movimientos excepcionales. La literatura aborda este comportamiento mediante el estudio de la demanda intermitente y lumpy, donde la ocurrencia de demanda y el tamaño del consumo presentan alta irregularidad.

En este sentido, Rožanec et al. (2022) proponen separar la ocurrencia de demanda de su magnitud —tratándolas como un problema de clasificación y otro de regresión—; Kalchschmidt et al. (2003) muestran que la demanda combina pedidos regulares pequeños con pedidos irregulares grandes que pueden distorsionar los promedios; En una línea complementaria, Doszyń y Dudek (2024) evidencian que los valores atípicos sesgan los pronósticos de demanda intermitente, pero su tratamiento permite reducir drásticamente el valor del stock inmovilizado con un incremento apenas marginal en las ventas perdidas.

En conjunto, esta discusión muestra que la elección del método de estimación debe valorarse por su impacto operacional sobre los parámetros de reposición y no solo por su precisión estadística. Recientemente, Sfiris y Koulouriotis (2025) refuerzan esta discusión al señalar que la demanda intermitente y lumpy de repuestos requiere categorizar los SKU y ajustar el método de estimación a cada clase de demanda.

Estos antecedentes justifican, para ITG Chile S.A. la depuración de demanda, revisar los peaks y clasificar los productos antes de calcular los parámetros, distinguiendo entre consumo habitual, movimientos excepcionales y requerimientos asociados a proyectos.

3.2.4 Inventarios en empresas en crecimiento y cadenas B2B industriales

La gestión de inventarios en empresas industriales y B2B adquiere mayor complejidad cuando el crecimiento operacional no va acompañado de una adaptación equivalente en los mecanismos de control, especialmente cuando el portafolio incluye repuestos, componentes técnicos y demanda asociada a proyectos o mantenimiento.

En este contexto, Corella-Parra y Olea-Miranda (2023) documentan que el crecimiento sin adecuación de sus procesos genera sobreinventario, pérdida de productos, registros conflictivos y elevados tiempos de servicio al cliente, evidenciando que las mejoras no dependen únicamente de fórmulas de reposición, sino de la calidad de registros, control operativo y herramientas aplicables a la organización. A ello, Valenzuela-Cobos et al. (2025) añaden que la adopción tecnológica en América Latina enfrenta barreras de costo, capacitación e infraestructura, por lo que la mejora debe considerar tanto criterios cuantitativos como capacidades reales de implementación.

Esta complejidad aumenta cuando las empresas gestionan repuestos y componentes técnicos asociados a la continuidad operacional. Zhang, Huang y Yuan (2021) y Van der Auweraer y Boute (2019) coinciden en que este tipo de demanda no debería estimarse solo por registros históricos, sino mediante criterios diferenciados que incorporen su irregularidad, la criticidad operativa, el comportamiento de falla y el lead time.

Desde la perspectiva de cadenas B2B, Iyer, Germain y Claycomb (2009) señalan que la integración B2B de la cadena de suministro puede mejorar el desempeño financiero y operacional mediante mayor coordinación, reducción de atrasos, menores quiebres de stock y mejor rotación de inventario. No obstante, este efecto se debilita cuando aumenta la imprevisibilidad de la demanda y la turbulencia del producto: contar con información integrada no basta si los criterios de reposición no responden a la heterogeneidad del portafolio. De este modo, la literatura evidencia que la gestión de inventarios en empresas B2B industriales en crecimiento requiere articular tres dimensiones: control operativo, información confiable y criterios de reposición diferenciados, condiciones que caracterizan el desafío que enfrenta ITG Chile S.A.

3.2.5 Contexto chileno/acuícola y proveedores tecnológicos

La salmonicultura chilena se ha consolidado como una industria exportadora relevante, pero enfrenta presiones estructurales —competitivas, sanitarias, ambientales y regulatorias— que condicionan su operación (Poblete et al., 2019; Chávez et al., 2019) y que han sido enfrentadas mediante un sistema de innovación con fuerte apoyo estatal, aunque de orientación más reactiva que proactiva (Barton et al., 2023). Estas presiones se tradujeron en una expansión significativa del ecosistema de proveedores, que pasó de 75 empresas proveedoras registradas en 1993 a 461 en 2003, abarcando áreas como salud animal, nutrición, ingeniería especializada, gestión ambiental y tecnología aplicada a los centros de cultivo (Zanlungo et al., 2015). Así, los proveedores tecnológicos no cumplen solo una función de abastecimiento, sino que forman parte de la adaptación operativa, sanitaria y regulatoria de la industria.

Para un proveedor como ITG Chile S.A., esta estructura implica que la demanda de equipos, repuestos y soluciones tecnológicas depende de proyectos, mantenciones, instalaciones y contingencias, configurando un entorno de abastecimiento más heterogéneo que el de una ventana regular. Ello refuerza la necesidad de distinguir demanda recurrente, demanda de proyectos y movimientos excepcionales, en vez de depender de promedios históricos simples.

3.2.6 Síntesis crítica e identificación de brechas

La revisión de la literatura converge en una idea central en la que los modelos de reposición de inventario no deberían construirse únicamente sobre promedios históricos o reglas homogéneas, sino incorporar el lead time, el nivel de servicio, los costos de inventario e impacto operacional de los productos, ajustándose a la calidad de datos y a la capacidad real de la organización. Los estudios coinciden, además, en que la clasificación de patrones de consumo es una etapa previa necesaria —pues no todos los SKU presentan la misma frecuencia, variabilidad o predictibilidad— y en que, en empresas B2B en crecimiento, la mejora no depende solo de fórmulas, sino también de información confiable y de criterios que distingan el consumo habitual de los movimientos excepcionales y la demanda dependiente de proyectos.

A partir de esta revisión, se identifican tres brechas principales aplicables al caso de ITG Chile S.A. La primera corresponde a un **gap empírico**. Existe escasa evidencia específica sobre

empresas proveedoras tecnológicas del sector acuícola chileno. Zanlungo et al. (2015) describen la expansión del ecosistema de proveedores de la salmonicultura chilena, pero no abordan cómo las características de esa demanda —asociada a proyectos, mantenciones, instalaciones técnicas y servicios especializados— afectan los parámetros de reposición. Esta ausencia se vuelve relevante para ITG Chile S.A., cuyo modelo vigente se ha desarrollado principalmente desde criterios operativos y experiencia interna, sin incorporar una estructura metodológica basada en clasificación de demanda y parametrización diferenciada, es consistente con lo documentado por Bacchetti y Sacconi (2012), quienes observan que organizaciones medianas suelen depender de criterios simples y juicio experto en lugar de metodologías formalizadas. Además, en ITG la bodega casa matriz abastece simultáneamente a fabricación, proyectos, ventas y servicios técnicos, lo que genera la coexistencia de demanda independiente, demanda asociada a proyectos, componentes técnicos y productos con distintos patrones —Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy— dentro de un mismo modelo. Por ello, el vacío empírico no se limita a la existencia de un modelo construido desde la práctica, sino también a la falta de evidencia sobre cómo segmentar y parametrizar inventarios en un proveedor tecnológico B2B acuícola que opera con demanda heterogénea, restricciones de información y crecimiento organizacional.

La segunda corresponde a un **gap metodológico**. Los estudios revisados analizan la clasificación de demanda y el ajuste de parámetros de forma separada: los trabajos sobre clasificación *ADI-CV*² se orientan a distinguir patrones y seleccionar métodos de pronóstico, mientras que los modelos de inventario suelen asumir que la demanda ya ha sido estimada previamente. Como señalan Goltsos et al. (2022), esta fragmentación genera una brecha práctica entre el pronóstico y las decisiones de inventario. Existe menor evidencia sobre cómo integrar ambas dimensiones en un modelo aplicado construido con datos transaccionales de ERP, en empresas medianas en crecimiento acelerado con portafolio heterogéneo y restricciones de información que impiden aplicar directamente los modelos en la literatura.

La tercera corresponde a un **gap teórico-aplicado**: la literatura ofrece fundamentos consolidados sobre modelos de reposición, stock de seguridad, clasificación de demanda y métodos de estimación, pero los desarrolla de manera separada. En particular, se observa poca articulación explícita entre el principio de apalancamiento de Ballou (2004), la clasificación de demanda de

Syntetos et al. (2005) y el ajuste diferenciado de parámetros críticos como base para rediseñar un modelo de reposición en contextos de crecimiento organizacional con demanda heterogénea y restricciones de implementación.

En síntesis, el vacío que aborda este trabajo se ubica en la intersección de las tres brechas identificadas: una organización que crece sin adaptar su modelo de reposición a los fundamentos de la literatura, un contexto sectorial escasamente documentado, y la ausencia de un enfoque integrado que articule clasificación de demanda, con depuración de peaks y ajuste de parámetros críticos en un modelo operativamente aplicable. La contribución del trabajo consiste en integrar estos elementos en un caso aplicado que permita evaluar el impacto del modelo propuesto sobre los parámetros de abastecimiento respecto del modelo vigente de ITG Chile S.A.

3.3 MARCO CONCEPTUAL

3.3.1 Inventario, modelo de reposición y parámetros críticos

El inventario corresponde a las acumulaciones de materiales, componentes y productos dispuestos a lo largo del canal de producción y logística de una empresa (Ballou, 2004, p. 326). Su relevancia no radica solo en acumular existencias, sino en administrarlas adecuadamente: Seyedan et al. (2023) señalan que el control de inventarios busca satisfacer la demanda con un determinado nivel de servicio al menor costo posible.

El inventario cumple una función de amortiguación frente a la incertidumbre. Según Jacobs y Chase (2018), las empresas mantienen inventario para conservar independencia entre operaciones, absorber variaciones de la demanda, otorgar flexibilidad a la producción, protegerse frente a fluctuaciones en los tiempos de entrega y aprovechar economías de escala en los pedidos. No obstante, niveles excesivos generan capital inmovilizado, riesgo de obsolescencia y mayores costos de almacenamiento.

Ballou (2004) identifica tres clases generales de costos relevantes para las políticas de inventario: de adquisición (procesamiento, transporte, y compra de pedidos), de mantener inventario asociados a conservar existencias durante un periodo (espacio, servicio y riesgo de inventario), y

falta de existencia que se producen cuando la demanda no puede ser satisfecha con el inventario disponible (pérdidas de venta o pedidos pendientes). Esta clasificación permite comprender que las decisiones de reposición implican equilibrar estos tres componentes.

Los modelos de reposición de inventario permiten regular el nivel de existencias mediante dos decisiones: cuándo realizar un pedido y qué cantidad ordenar. Según la naturaleza de la reposición, estos sistemas pueden clasificarse en modelos de periodo único y modelos de varios periodos. Los primeros se aplican cuando un artículo se adquiere una sola vez para cubrir una necesidad específica y no se vuelve a pedir. En cambio, los segundos se utilizan cuando el producto debe reabastecerse de manera recurrente y mantenerse disponible en inventario (Jacobs & Chase, 2018, p. 521).

Dentro de estos últimos, el modelo de cantidad fija de pedido (modelo Q) activa una orden cuando el inventario desciende hasta un nivel previamente definido, denominado punto de reorden, manteniendo constante la cantidad solicitada. En cambio, el modelo de período fijo (modelo P) revisa el inventario en intervalos predeterminados y ajusta la cantidad pedida en cada revisión según el nivel disponible. A partir de esa distinción general, Silver et al. (2017) amplían esta clasificación con políticas de control bajo demanda probabilística —(s, Q), (s, S), (R, S) y (R, s, S)—, los cuales combinan puntos de reorden, cantidades fijas, niveles objetivo y revisiones periódicas. Esta distinción permite comprender que los modelos de reposición no se limitan a una única formulación, sino que pueden adaptarse según la frecuencia de revisión, la incertidumbre de la demanda, los objetivos de servicio y las características operativas del sistema. El modelo de reposición de ITG Chile S.A. no replica de forma pura ninguna política clásica de inventario, sino que opera como un modelo aplicado basado en revisión periódica de parámetros críticos.

3.3.2 Demanda dependiente e independiente

La demanda dependiente surge de la necesidad de otro producto o de un programa específico de producción o proyecto, por lo que puede determinarse a partir de requerimientos previamente definidos. Por otro lado, la demanda independiente corresponde a artículos que no se relacionan entre sí, por lo que es incierta y requiere manejar unidades adicionales en el inventario (Jacobs & Chase, 2018, p. 521).

Complementariamente, los productos pueden agruparse según la variabilidad temporal de su demanda, con el fin de diferenciar los niveles de servicio o tratarlos de forma diferenciada. La demanda regular se caracteriza por presentar patrones relativamente estables que pueden descomponerse en elementos de tendencia, estacionales y aleatorios. En este caso, los métodos de pronóstico tradicionales suelen ser efectivos, siempre que la variación aleatoria represente una fracción mínima de la serie de tiempo total. Por otro lado, la demanda irregular ocurre cuando hay productos con bajo volumen de movimiento y una alta incertidumbre respecto al momento y cantidad de los pedidos. Estos patrones representan un desafío crítico, ya que pueden contribuir hasta el 50% del portafolio de una empresa y ser difíciles de estimar con técnicas convencionales (Ballou, 2004, p. 288).

La diferenciación entre demanda regular e irregular es relevante, ya que la demanda irregular no solo dificulta el pronóstico, sino también la definición de parámetros de reposición. Tian et al. (2021) señalan que la demanda intermitente constituye un problema para la gestión de inventarios debido a sus fluctuaciones y a la incertidumbre en los intervalos entre consumos.

Para operacionalizar esta distinción entre tipos de demanda y facilitar la selección de métodos de estimación adecuados, la literatura propone criterios cuantitativos de clasificación que se desarrollan en el apartado siguiente.

3.3.3 Clasificación de patrones de demanda a partir de ADI y CV^2

Syntetos et al. (2005) plantean que la categorización de la demanda facilita la selección de métodos de pronóstico y constituye un elemento relevante en la gestión de inventarios. En lugar de basar la clasificación en criterios arbitrarios o visuales, los autores proponen sustentarla a partir de dos indicadores cuantitativos: el intervalo promedio entre demandas, denominado Intervalo medio entre demandas (Average Inter-Demand Interval, *ADI*), y el coeficiente de variación al cuadrado de los tamaños de demanda, denominado Coeficiente de variación al cuadrado de la demanda (CV^2).

El *ADI* mide la regularidad temporal de la demanda, es decir, cada cuántos periodos, en promedio, existe una demanda positiva, y se calcula según la Ecuación 2.

Ecuación 2: Intervalo medio entre demandas (Average Inter-Demand Interval, ADI).

$$ADI = N/n_d$$

Donde N corresponde al número total de períodos analizados y n_d al número de periodos con demanda positiva. A su vez, el CV^2 evalúa la variabilidad del tamaño de la demanda cuando esta ocurre. Este indicador se calcula como el cuadrado del coeficiente de variación de los tamaños de demanda positiva, según la Ecuación 3.

Ecuación 3: Coeficiente de variación al cuadrado de la demanda (CV^2).

$$CV^2 = (\sigma_d / \bar{d})^2$$

Donde σ_d corresponde a la desviación estándar del tamaño de la demanda y $\bar{d}$ al promedio de la demanda cuando esto ocurre.

A partir de la combinación de ambos indicadores, los autores distinguen cuatro patrones: Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy. La demanda Smooth se caracteriza por ser frecuente y poco variable, mientras que la demanda Erratic corresponde a productos con demanda frecuente y alta variabilidad en los tamaños demandados. Por otro lado, la demanda Intermittent se caracteriza por una menor frecuencia de ocurrencia, aunque con baja variabilidad en las cantidades demandadas cuando existe consumo. Finalmente, la demanda Lumpy combina baja frecuencia de ocurrencia con alta variabilidad en los tamaños de demanda.

Esta clasificación se construye a partir de los puntos de corte propuestos: ADI igual a 1,32 y CV^2 igual a 0,49. La Tabla 5 resume los criterios de categorización.

Categoría	CV^2	ADI	Característica
Smooth	< 0,49	< 1,32	Frecuente y estable
Erratic	$\geq$ 0,49	<1,32	Frecuente pero variable
Intermittent	< 0,49	$\geq$ 1,32	Infrecuente y estable cuando ocurre
Lumpy	$\geq$ 0,49	$\geq$ 1,32	Infrecuente y variable

Tabla 5: Criterios de categorización de patrones de demanda (Syntetos et al., 2005).

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Métodos de estimación de demanda

La estimación de la demanda permite anticipar requerimientos futuros a partir de datos históricos para apoyar decisiones de producción, inventario y abastecimiento (Jacobs & Chase, 2018, p. 448). La elección del método no debe ser uniforme para todos los productos, sino considerando el comportamiento observado en cada serie.

Entre los métodos de series de tiempo con un horizonte de pronóstico, casi siempre menor de tres meses, se encuentra el promedio móvil simple, el cual corresponde a realizar el promedio basado en la demanda promedio de los periodos más recientes. Este método utiliza un número determinado de periodos anteriores para estimar la demanda del periodo siguiente, por lo que resulta útil cuando los datos presentan un comportamiento relativamente estable. No obstante, la cantidad de períodos considerados influye en la exactitud del pronóstico. En este sentido, un promedio móvil de menor duración responde con mayor rapidez a los cambios de la demanda, pero genera más oscilaciones. En cambio, un promedio de mayor duración produce una estimación más uniforme, aunque puede retrasar la respuesta frente a cambios de tendencia (Jacobs & Chase, 2018, pp. 449–450).

Para series con estructura temporal más compleja —autocorrelación o patrones no capturados por métodos simples— existen modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA). Estos modelos combinan componentes autorregresivos, de integración y de media móvil para representar la dependencia temporal de la serie, siendo apropiados cuando los promedios no logran describir adecuadamente el comportamiento histórico.

Babai et al. (2013) advierten que mayor precisión estadística no necesariamente implica reducciones equivalentes en costos de inventario o mejoras en el nivel de servicio, ya que el desempeño del pronóstico depende de su utilidad dentro del sistema de control de stock.

En consecuencia, para este trabajo la estimación de demanda es una etapa previa para seleccionar criterios de cálculo acordes al comportamiento observado de los productos, evitando que productos estables, variables o esporádicos sean tratados mediante una misma lógica de estimación.

3.3.5 Stock de seguridad, lead time y punto de reorden

En los modelos de reposición bajo incertidumbre, la estimación de demanda debe traducirse en parámetros que orienten cuándo comprar y qué nivel de inventario mantener: el stock de seguridad, el lead time y el punto de reorden, permiten incorporar la variabilidad de la demanda y del abastecimiento en la decisión de reposición.

El stock de seguridad es el inventario que se mantiene por sobre la demanda esperada para protegerse del uso de las existencias. Su nivel adecuado corresponde a la incertidumbre de la oferta y demanda, y el nivel deseado de disponibilidad de productos (Chopra & Meindl, 2013, p. 316). Por otro lado, el lead time corresponde al periodo entre la emisión del pedido y su recepción. Su importancia radica en que durante ese tiempo la empresa debe satisfacer la demanda con el inventario disponible (Jacobs & Chase, 2018, p. 530). El punto de reorden es el nivel de inventario que activa una decisión de compra. Jacobs & Chase (2018) señalan que cuando el modelo supone una demanda y un tiempo de entrega constante entonces el punto de reorden se expresa en demanda promedio durante el periodo de entrega, sin stock de seguridad. Sin embargo, cuando existe incertidumbre en la demanda durante el tiempo de entrega, el punto de reorden debe incorporar el stock de seguridad. De este modo, el punto de reorden puede expresarse en la Ecuación 4.

Ecuación 4: Punto de reorden (ROP).

$$ROP = \bar{d} \cdot L + z \cdot \sigma_L$$

Donde $\bar{d}$ es la demanda promedio por periodo, L es el lead time, z es el factor asociado al nivel de servicio deseado y σ_L es la desviación estándar de la demanda durante dicho periodo.

3.3.6 Identificación de valores atípicos, depuración y análisis de tendencia de la demanda

En el análisis de demanda, la identificación de peaks o valores atípicos resulta relevante porque estos pueden distorsionar la estimación futura cuando se utilizan métodos basados en promedios históricos. Silver, Pyke y Thomas (2017) señalan que las series pueden presentar componentes como nivel, tendencia, estacionalidad e irregularidad, por lo que el análisis previo es necesario antes de seleccionar un método de pronóstico. Doszyń y Dudek (2024) muestran que los outliers

pueden afectar el pronóstico en demanda intermitente, por lo que su influencia debe ser evaluada antes de proyectar la demanda futura.

La depuración de la demanda consiste en revisar la serie histórica para distinguir el consumo recurrente de eventos puntuales, sin excluir automáticamente todo valor elevado, con el fin de construir una base de estimación más representativa.

Desde el análisis estadístico, la regresión lineal permite evaluar la existencia de una tendencia al estimar la relación entre la demanda y el tiempo. El valor-p asociado a la pendiente permite analizar si existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de ausencia de tendencia. Wooldridge (2016) señala que el valor-p indica el menor nivel de significancia al cual se rechazaría la hipótesis nula, por lo que los valores reducidos entregan evidencia estadística contra dicha hipótesis. No obstante, la significancia estadística debe interpretarse junto con la relevancia práctica del resultado, especialmente cuando el análisis se utiliza como apoyo para decisiones operativas. Para efectos de este trabajo, el análisis de tendencia mediante regresión lineal se utiliza como herramienta de apoyo interpretativo para identificar si los productos presentan un comportamiento creciente, decreciente o estable en su consumo, complementando la clasificación de demanda y orientando los criterios de parametrización del modelo propuesto.

Como criterio para priorizar la revisión de peaks, puede utilizarse la lógica de Pareto, según la cual una proporción reducida de elementos explica la mayor parte del efecto total, por lo que los recursos deben centrarse en los críticos y no en los insignificantes (Parada Gutiérrez, 2009). En gestión de inventarios, esta lógica se operacionaliza a través de la clasificación ABC, donde los ítems de mayor impacto reciben mayor atención y revisión más frecuente de sus parámetros (Silver et al., 2017). Este criterio debe entenderse como una herramienta de priorización del análisis y no como una regla automática de depuración.

3.3.7 Análisis de sensibilidad y proceso de decisión de reposición

Una vez definidos los conceptos asociados a la estimación de la demanda, el stock de seguridad, el lead time y el punto de reorden, resulta necesario incorporar criterios que permitan evaluar la

estabilidad de los resultados del modelo propuesto. El análisis de sensibilidad permite examinar cómo cambian los resultados del modelo cuando se modifican sus variables de entrada.

Saltelli et al. (2004) lo definen como el estudio de cómo la incertidumbre en la salida de un modelo se distribuye entre las distintas fuentes de incertidumbre de sus variables de entrada. Esto permite evaluar la robustez de los parámetros calculados frente a variaciones en los supuestos adoptados sobre demanda y lead time.

De forma complementaria, Dumas et al. (2018) describen, desde la gestión de procesos de negocio, la fase AS-IS —que modela la situación actual— y la fase TO-BE —que representa la versión rediseñada del proceso—. En el trabajo, el AS-IS corresponde al diagnóstico del modelo vigente (Cap. 2) y el TO-BE al modelo propuesto, contemplando el rediseño técnico con una mirada aplicada sobre la planificación del abastecimiento.

3.4 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 3.

Se expusieron los fundamentos teóricos y antecedentes que sustentan el diseño del modelo propuesto. El estado del arte evidenció que la literatura converge en la necesidad de diferenciar los criterios de reposición según el comportamiento de la demanda y las condiciones operativas de cada organización, identificando tres brechas: un gap empírico asociado a la ausencia de evidencia en el contexto acuícola chileno y al modelo construido desde la práctica sin estructura metodológica formal, un gap metodológico vinculado a la falta de integración entre clasificación de demanda y ajuste de parámetros en modelos aplicados con restricciones de información, y un gap teórico-aplicado relacionado con la ausencia de articulación explícita entre los fundamentos disponibles para construir una solución coherente con las condiciones de ITG Chile S.A.

El marco conceptual definió los conceptos centrales que orientan el desarrollo del modelo: la distinción entre demanda dependiente e independiente, la clasificación de patrones mediante *ADI* y CV^2 , los parámetros críticos de reposición, y la lógica AS-IS/TO-BE que orientan las decisiones metodológicas del siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe el diseño metodológico utilizado para construir y evaluar el modelo de reposición propuesto para la bodega casa matriz de ITG Chile S.A. A partir del alcance definido en la Sección 1.5, la metodología se orienta a depurar la información disponible, analizar el comportamiento de la demanda, segmentar los productos relevantes y recalcular parámetros críticos de reposición, para luego comparar la lógica propuesta con la vigente y dimensionar las diferencias entre ambos modelos.

4.2 ENFOQUE Y DISEÑO METODOLÓGICO.

El trabajo adoptó un enfoque mixto con predominio cuantitativo (datos operacionales históricos, indicadores de inventario y parámetros de reposición) complementando con información cualitativa de entrevistas y validaciones internas con áreas clave de ITG Chile S.A. (marzo de 2026), para interpretar restricciones operativas y criterios de abastecimiento.

El rediseño correspondió a un estudio de caso aplicado, descriptivo-evaluativo: es descriptivo porque caracteriza el funcionamiento del modelo vigente, el comportamiento histórico de la demanda, las restricciones operativas y los datos disponibles; y es evaluativo porque contrasta los parámetros del modelo vigente y el modelo propuesto sobre una misma ventana de demanda 2024-2025, recalculando a nivel de grupo de comportamiento para asegurar su comparabilidad. En este sentido, la comparación se centró en stock de seguridad y punto de reorden —con el stock mínimo como su equivalente en el modelo vigente—, por ser magnitudes homologables a dicha ventana. Por otro lado, la cantidad sugerida a comprar se trató solo como referencia descriptiva (ver Sección 1.5.3).

El carácter de estudio de caso responde a que el análisis se centró en una unidad específica, la bodega casa matriz de ITG Chile S.A., dentro de su contexto operativo real con orientación aplicada, ya que no buscó desarrollar teoría generalizable, sino rediseñar una herramienta concreta de apoyo a la decisión de reposición. Metodológicamente, el rediseño se estructuró bajo la lógica

AS-IS/TO-BE de gestión de procesos (Dumas et al., 2018; Sección 3.3.7) en la cual el diagnóstico del modelo vigente (Capítulo 2) constituye la representación AS-IS de la lógica de cálculo actual, mientras que el modelo propuesto materializa la situación TO-BE, entendida como la forma rediseñada de estimar e interpretar los parámetros de reposición y no como un rediseño del proceso general de abastecimiento.

4.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN Y UNIDAD DE ANÁLISIS.

El ámbito de aplicación correspondió a la bodega casa matriz de ITG Chile S.A. Esta unidad se utilizó como base para analizar la demanda histórica, depurar movimientos y calcular parámetros del modelo propuesto. La unidad de análisis correspondió a los productos con movimiento registrado en dicha bodega durante el periodo 2024-2025, excluyendo aquellos que no respondían a una lógica regular de reposición (Sección 1.5.1).

4.4 FUENTES DE INFORMACIÓN E INFORMANTES CLAVE.

Las fuentes de información utilizadas en el trabajo se clasificaron en primarias y secundarias. Las fuentes primarias correspondieron a datos operativos exportados directamente desde el ERP Laudus —principalmente el informe mensual por centro de costo y el maestro de productos—, información contable interna obtenida desde el Libro Mayor, el Estado de Resultados y el Estado de Situación Financiera de 2025, y la información levantada mediante entrevistas y validaciones con las áreas de Supply Chain, Control de Gestión y Adquisiciones de ITG Chile S.A. además de los lead times referenciales por categoría aportados por esta última. Estas fuentes permitieron construir la base de datos, contextualizar los registros disponibles, estimar costos referenciales y validar criterios operativos no formalmente documentados. Por su parte, las fuentes secundarias correspondieron a la literatura académica del Capítulo 3, utilizada como fundamento teórico para los métodos de estimación, la segmentación de inventario y el cálculo de parámetros de reposición.

Como informantes clave participaron las áreas de Supply Chain, que aportó la lógica del modelo vigente, Control de Gestión que apoyó la validación de productos nuevos y de arriendo, e identificación de productos asociados a la bodega casa matriz y Adquisiciones que proporcionó los plazos referenciales de reposición nacional e internacional. La combinación de estas fuentes

permitió integrar información cuantitativa y cualitativa en el diseño del modelo: los datos operativos para calcular demanda, clasificar productos y comparar resultados; la información contable para estimar costos referenciales; y las validaciones internas para interpretar restricciones del proceso y ajustar supuestos a la operación real. El detalle de cada fuente y su uso metodológico se presenta en el Anexo 9.

4.5 UNIVERSO DE ANÁLISIS Y CRITERIO DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN.

El universo general es el catálogo de productos registrado en Laudus ERP (2.946 SKU). De él se construyó la base depurada de 1.588 SKU únicos (resultante de la limpieza de duplicidades de descripción), sobre la que se calcularon los indicadores *ADI* y CV^2 y se clasificaron los patrones.

El universo de desarrollo se acotó a 1.379 SKU (categorías CL, FCL e I) con movimiento en 2024-2025, formando los 12 grupos de análisis una vez excluidas las categorías de Servicios, N/A y F1 y FF (categorías que no responden a reposición por compra), así como los productos de arriendo, por no seguir una política regular de reposición.

La validación comparativa entre el modelo vigente y propuesto se realizó sobre este mismo universo, a nivel de grupo. Para cada grupo, ambos modelos se calcularon sobre la misma serie de demanda mensual agregada del periodo 2024-2025: el propuesto según la lógica descrita en la Etapa 5, y el vigente recalculando a nivel de grupo con su propia lógica (factor fijo por categoría y stock mínimo) sobre dicha serie. Así se contrastan ambas lógicas sobre una base de demanda equivalente, evitando mezclar el nivel agregado del modelo propuesto con la suma de parámetros individuales del modelo vigente. No obstante, el cálculo del punto de reorden y del stock de seguridad —y, por tanto, la comparación de estos parámetros y del capital inmovilizado frente al modelo vigente— se realizó únicamente sobre los nueve grupos gestionados mediante políticas con punto de reorden (Smooth, Erratic e Intermittent de las categorías CL, FCL e I). Los tres grupos Lumpy, al regirse por reposición lote por lote, no disponen de punto de reorden ni de stock de seguridad, por lo que quedan fuera de esa comparación, aunque forman parte del universo modelado. De este modo, los doce grupos integran el diseño del modelo, mientras que el contraste cuantitativo de los parámetros se circunscribe a los nueve comparables.

4.6 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.

Se utilizaron cuatro herramientas. En primer lugar, el ERP Laudus fue la fuente de datos operacionales y contables (inventarios y movimientos de productos). En segundo lugar, se usó Excel para el procesamiento de datos: tablas dinámicas, cruces de bases, clasificación, y comparación entre el modelo vigente y el propuesto. En tercer lugar, Python/Colab se utilizó para el procesamiento estadístico de la demanda y el cálculo de los parámetros de reposición: regresiones lineales simples por grupo de demanda (pendientes, estadísticos t, y valores-p) e identificar tendencias significativas en el consumo; y se estimó la demanda por grupo de comportamiento a partir de su promedio histórico, calculando el stock de seguridad y el punto de reorden bajo tres escenarios de demanda y de lead time según la Etapa 5. Se emplearon las librerías Pandas (estructuración y depuración de datos), Numpy (operaciones numéricas y percentiles), Scikit-learn (regresión exploratoria) y Statsmodels (estimación OLS y ajuste ARIMA (1,1,1) en los grupos con tendencia). Finalmente, Miro se utilizó para la elaboración de diagramas de flujo del diagnóstico del modelo de reposición vigente.

4.7 FLUJO METODOLÓGICO GENERAL.

La metodología se estructuró en siete etapas secuenciales e iterativas. Estas etapas permiten conectar el diagnóstico de la situación actual con la construcción del modelo propuesto, su evaluación comparativa y la estimación de impacto económico potencial (ver Figura 3).

Si bien las etapas siguen una lógica progresiva, el flujo incorporó puntos de revisión que permitieron volver a etapas anteriores cuando se detectaron inconsistencias en la base de datos, duplicidades, parámetros poco coherentes con la operación o resultados sensibles a supuestos críticos. Estas iteraciones permitieron ajustar los datos, filtros, criterios de clasificación y supuestos del modelo antes de consolidar los resultados finales.

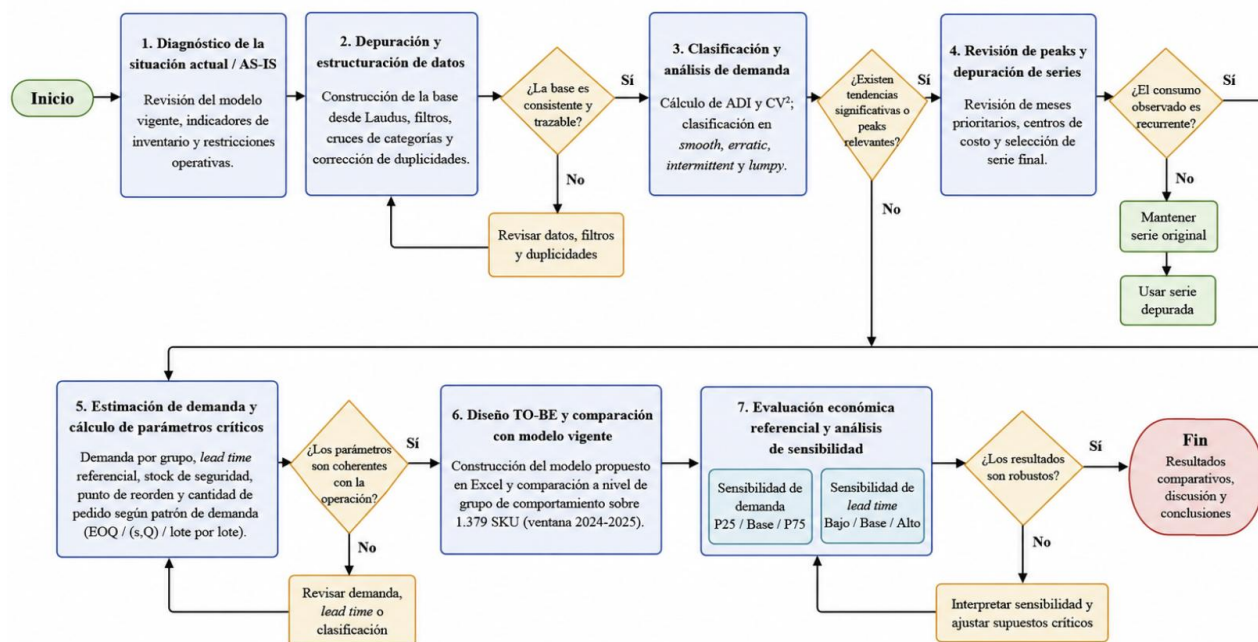


Figura 3: Flujo metodológico para la construcción y evaluación del modelo propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

4.7.1 Etapa 1: Diagnóstico de la situación actual

La primera etapa correspondió al diagnóstico de la situación actual, desarrollado en el Capítulo 2. Para este diagnóstico se realizaron entrevistas semiestructuradas con las áreas de Supply Chain, Adquisiciones y Control de Gestión, revisión documentada del ERP Laudus y análisis de archivos Excel específicos como el Plan de Producción 2023 a 2025 y el documento de Pedidos Pendientes que contiene el modelo de reposición vigente. Las entrevistas se orientaron a temas diferenciados por área: con Supply Chain se levantó la lógica de funcionamiento del modelo vigente, sus criterios de cálculo y la estructura del maestro de productos; con Adquisiciones, los plazos de reposición referenciales nacionales e internacionales y el proceso de compra; y con Control de Gestión, la clasificación de productos nuevos y de arriendo y la disponibilidad de información contable para estimar costos.

Esta etapa permitió establecer la línea base del trabajo mediante la revisión de indicadores de inventario a nivel general de la organización y el funcionamiento del modelo vigente, variables de cálculo, procesos de abastecimiento y principales limitaciones operativas.

A partir de este diagnóstico, se definieron los elementos que serían tratados en las etapas posteriores, tales como depuración de la demanda histórica, la clasificación de patrones de consumo, el ajuste de parámetros críticos y los criterios de comparación entre el modelo vigente y el modelo propuesto. En este sentido, el diagnóstico del Capítulo 2 corresponde a la representación AS-IS definida en la Sección 4.2 y se utilizó como insumo inicial para el rediseño. Por ello, en metodología (Capítulo 4) y resultados (Capítulo 5) no se desarrolló nuevamente.

4.7.2 Etapa 2: Depuración y estructuración de datos

A partir del informe mensual por centro de costo exportado desde Laudus ERP, se construyó una base de salidas asociadas a la bodega casa matriz para el periodo 2024-2025. La información fue estructurada en Excel mediante tablas dinámicas, filtrando únicamente las salidas correspondientes a dicha bodega y excluyendo todos los registros cuyo tipo de movimiento no correspondiera al código 52 (guías de despacho). Los tipos de movimiento excluidos se presentan en el Anexo 10. De esta forma, se conservaron únicamente las salidas con código 52, por ser aquellas que representaban el abastecimiento regular desde la bodega casa matriz.

Además del filtro por tipo de movimiento, se aplicó un criterio de depuración sobre la columna “Cuenta compra”, con el propósito de conservar únicamente los registros asociados a cuentas contables pertinentes para el análisis de reposición. Para ello, se mantuvieron solo las cuentas de la familia 1108 terminadas en 01, 02 y 03, por corresponder a compras de bienes físicos gestionables mediante reposición. En cambio, se excluyeron cuentas asociadas a consumo interno, mano de obra, gastos administrativos, elementos de protección personal, activos fijos menores u otros registros, ya sea por tratarse de gastos, de bienes de uso propio de la empresa o de insumos de consumo interno, y no de bienes destinados a la operación comercial.

Adicionalmente, se identificaron códigos de productos con más de una descripción o denominación comercial durante el periodo (por cambios en la forma de registrar el producto, diferencias de escritura, incorporación de mayor detalle técnico, uso de nombres comerciales alternativos o actualización de la descripción del producto), lo que podía afectar la clasificación de demanda, ya que podía ser interpretado con distintos comportamientos de consumo. En

consecuencia, podía generar duplicidad de comportamiento, afectando el cálculo de indicadores como ADI y CV^2 y la posterior estimación de parámetros de reposición.

Para corregir estas inconsistencias, se consideró el código SKU —y no la descripción— como identificador principal del producto en el ERP, dado que un mismo producto puede aparecer con descripciones distintas. Por lo tanto, las múltiples descripciones asociadas a un mismo código se interpretaron como un solo producto, y la corrección tuvo por objetivo consolidar la denominación del producto sin modificar los volúmenes históricos de salida. La selección de la descripción final se realizó mediante una jerarquía de criterios metodológicos, resumida en el Anexo 11.

La jerarquía aplicada (Anexo 11) priorizó primero los criterios de frecuencia y volumen para diferencias menores de escritura o denominación, e incorporó la vigencia temporal, la especificidad técnica y una revisión cautelosa cuando las diferencias podían corresponder a productos distintos. En todos los casos, la corrección afectó únicamente la descripción asociada al código, sin alterar los volúmenes históricos de salida. De este modo, cada producto quedó consolidado bajo una identificación única. Como validación, se verificó que la suma de salidas mensuales por código se mantuviera constante antes y después del ajuste, mostrando que la depuración no eliminó ni duplicó la demanda, sino que solo unificó la descripción de cada SKU.

4.7.3 Etapa 3: Clasificación y análisis del comportamiento de demanda

Distinción entre demanda dependiente e independiente

Por las limitaciones de datos para identificar masivamente qué SKU integran recetas de fabricación (ver 1.5.4, limitación 7), los SKU se trataron bajo una lógica de demanda independiente, lo que permitió aplicar criterios probabilísticos de clasificación basados en ADI y CV^2 . Se reconoce que esta simplificación puede afectar la estimación en productos que sí integren recetas —cuya demanda dependería de planes de producción o proyectos—, por lo que sus resultados deben interpretarse con cautela.

Cálculo de indicadores ADI y CV^2 y clasificación en patrones de demanda

Con la base depurada de la Etapa 2, se calcularon los indicadores ADI y CV^2 para cada SKU según las Ecuaciones 2 y 3 (Sección 3.3.3), considerando N como los 24 meses (periodo 2024-2025) y

n_d al número de periodos con demanda positiva. A partir de los puntos de corte $ADI=1,32$ y $CV^2=0,49$ (Syntetos et al., 2005), los productos fueron clasificados en cuatro patrones: Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy. El detalle de la clasificación se detalla en la Tabla 5 (Sección 3.3.3).

Agrupación cruzada por categoría operacional y patrón de demanda

Posteriormente, cada SKU se agrupó combinando su **categoría operacional** (CL, FCL, F1, FF, SERVICIOS, I y N/A) con su **patrón de demanda** (Smooth, Erratic, Intermittent y Lumpy). Esto generó grupos como CL-Smooth, CL-Erratic, CL-Intermittent, FCL-Smooth, entre otros. El análisis se realizó a nivel de grupo de comportamiento y no de SKU individual por tres razones. Primero, la granularidad mensual sobre 24 meses resulta insuficiente para estimar parámetros estadísticos robustos por SKU —predominan los patrones Intermittent o Lumpy con numerosos períodos sin demanda—, mientras que la agregación por grupo entrega series representativas para la media y la desviación estándar. Segundo, el objetivo del trabajo es rediseñar la lógica de parametrización del modelo y no pronosticar la demanda de cada producto, propósito para el cual el nivel de grupo es el pertinente. Tercero, un conjunto de parámetros por grupo es operativamente más aplicable y mantenible para una gestión manual que mantener más de mil cálculos individuales. El refinamiento a nivel de SKU se plantea como línea de trabajo futuro, condicionado a la mejora en la granularidad y el horizonte de los datos disponibles.

Distribución en el plano $ADI - CV^2$

Adicionalmente, para visualizar la distribución de los patrones, los SKU se representaron en el plano $ADI - CV^2$, ubicando cada producto según ambos indicadores y delimitando los cuatro patrones con las líneas de corte $ADI=1,32$ y $CV^2=0,49$. Esta representación permitió visualizar cómo se distribuye el portafolio entre los patrones de demanda y verificar gráficamente la separación de los grupos respecto de los umbrales.

Exclusión de análisis y cálculo de la demanda total acumulada por grupo

Una vez clasificados todos los grupos, se excluyeron de la modelación posterior aquellos cuya naturaleza operacional no responde a una lógica de reposición por compra, ya sea por no corresponder a productos físicos sujetos a reposición (SERVICIOS), por carecer de una categoría operacional definida (N/A) o por tratarse de productos terminados y fabricados (F1 y FF), cuya

reposición corresponde a una lógica de producción y no de compra. De este modo, se concentró la modelación probabilística en los grupos de productos comprados (CL, FCL e I), cuya reposición se gestiona efectivamente mediante orden de compra.

Una vez definidos los grupos que permanecen en el modelo, para cada uno se construyó una serie de demanda mensual agregada del periodo 2024-2025 (24 meses), obtenida sumando mes a mes las salidas de los SKU que lo componen. Sobre esta serie agregada por grupo se aplicó el análisis de tendencia mediante regresión lineal simple descrito a continuación.

4.7.4 Etapa 4: Análisis de tendencia, revisión de peaks y depuración de la serie histórica

Análisis de tendencia mediante regresión lineal simple

Se aplicó una regresión lineal simple sobre la serie histórica mensual de cada grupo, con el objetivo de identificar la presencia de tendencias crecientes o decrecientes en el consumo. Para ello, se utilizó el tiempo como variable independiente, representado por el número ordinal del mes dentro del periodo analizado ($t = 1, 2, \dots, 24$), y la demanda mensual agregada de cada grupo como variable dependiente. La regresión lineal simple se expresó en la Ecuación 5.

Ecuación 5: Regresión lineal simple.

$$D_t = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$$

Donde D_t representa la demanda del grupo en el periodo t , β_0 corresponde al intercepto, β_1 representa la pendiente o tendencia estimada y ε_t corresponde al término de error.

La estimación del modelo se realizó mediante Python en Google Colab, utilizando librerías estadísticas para ajustar una regresión por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) para cada grupo de demanda. Para cada serie se obtuvo la pendiente estimada, el estadístico t y el valor- p asociado a la variable temporal. Se consideró que un grupo presentaba tendencia estadística significativa cuando el valor- p de la pendiente era inferior a 0,05.

Los grupos que presentaron una pendiente significativa fueron derivados a una revisión más detallada en la etapa siguiente, con el propósito de determinar si la tendencia observada respondía a un crecimiento recurrente de la demanda o a la presencia de peaks asociados a centros de costo,

proyectos o movimientos puntuales. En cambio, en los grupos sin tendencia significativa, el nivel de demanda mensual se estimó mediante el promedio histórico simple del periodo 2024-2025 sin componente de tendencia. El patrón de demanda (Smooth, Erratic, Intermittent o Lumpy) no modifica esta estimación del nivel, sino que determina la política de reposición aplicada posteriormente —EOQ para Smooth y Erratic, política (s,Q) para Intermittent y lote por lote para Lumpy—, según lo descrito en la Etapa 5.

Análisis de variación mensual

Para los grupos que presentaron pendiente estadísticamente significativa, se realizó una revisión orientada a determinar si los aumentos observados correspondían a demanda recurrente o a eventos puntuales que pudieran distorsionar la estimación futura. Esta revisión se aplicó de manera focalizada, dado que no todos los grupos requerían el mismo nivel de análisis.

El procedimiento consistió en calcular la variación absoluta y la variación porcentual mensual de la demanda de cada grupo para identificar los meses prioritarios, con un criterio ajustado al patrón: en Intermittent, la variación porcentual permitió identificar saltos relativos relevantes respecto del mes anterior, mientras que la variación absoluta permitió dimensionar la magnitud real del aumento en unidades. Por ello, se consideraron prioritarios aquellos meses que presentaban incrementos relevantes en ambas dimensiones; en Smooth de alto volumen, dado que una variación porcentual moderada puede representar un aumento significativo en unidades, se priorizaron los meses con variación absoluta elevada, complementada con variaciones porcentuales moderadas o altas. Así se evitó subestimar aumentos en grupos de alto volumen o sobredimensionar variaciones porcentuales elevadas en grupos de bajo volumen.

Análisis de la demanda por centro

Para cada mes prioritario se calculó la intensidad de consumo por centro de costo, con el fin de distinguir si el aumento del mes se explicaba por una mayor cantidad de centros activos o por un consumo más intensivo concentrado en un número acotado de centros. Esta intensidad se calculó como el cociente entre demanda total del grupo en el mes y el número de centros de costo activos en ese mes, y se contrastó con la intensidad promedio del grupo en el horizonte completo, calculada

como la demanda mensual promedio dividida por el número promedio de centros activos por mes sobre los 24 meses del periodo.

Aplicación de regla de Pareto

Para cada mes prioritario se revisaron los centros de costo que concentraban la mayor parte de la demanda mensual. Esta revisión permitió identificar si los aumentos estaban distribuidos entre múltiples centros o si se explicaban principalmente por centros específicos. Cuando un centro de costo explicaba una proporción relevante del mes, se descendió al detalle por producto, con el fin de evaluar si el aumento respondía a uno o pocos SKU específicos.

Se aplicó la regla de Pareto bajo dos escenarios para realizar la depuración. El **escenario conservador** consideró el mínimo de centros necesarios para alcanzar o superar el 80% de la demanda acumulada del mes, mientras que el **escenario fuerte** incorporó centros adicionales hasta alcanzar o superar el 90%. En ambos casos, el umbral funcionó como objetivo, por lo que el porcentaje acumulado podía quedar levemente por encima del valor definido debido a la granularidad de los datos. El escenario de 80% permitió aislar los principales centros explicativos del peak sin intervenir excesivamente, mientras que el escenario de 90% permitió observar si una depuración más amplia modificó de forma relevante la tendencia estimada.

Recurrencia temporal

Para cada centro identificado se revisó su comportamiento a lo largo del periodo 2024-2025: se excluyeron los centros cuya demanda se centraba en el mes prioritario y resultaba marginal o nula en el resto del horizonte, por corresponder a requerimientos puntuales (proyectos, instalaciones o arriendos no recurrentes). En cambio, los centros con presencia sostenida a lo largo del periodo se conservaron, por reflejar la demanda operacional habitual. Este criterio evitó depurar consumo regular y acotó la exclusión a los eventos efectivamente no representativos.

Depuración de peaks y regresión lineal simple

Una vez aplicados ambos escenarios, se evaluó el efecto de la depuración sobre la pendiente de la serie mediante regresión lineal simple. Para ello, se recalculó la pendiente, el estadístico t y el valor-p de la serie original y de las series depuradas. Esta comparación permitió determinar si los

peaks explicaban completamente la tendencia observada o si, aun después de la depuración, el grupo mantenía una tendencia estadísticamente significativa.

Finalmente, la selección de la serie final no dependió únicamente del resultado estadístico, sino también de la interpretación operativa de los movimientos. Si los peaks se asociaban a requerimientos puntuales concentrados en centros, proyectos o productos específicos, se utilizó una serie con escenario fuerte (regla de Pareto con 90%). En cambio, si los aumentos correspondían a demanda operacional recurrente, se mantuvo la serie original.

4.7.5 Etapa 5: Estimación de la demanda y cálculo de parámetros críticos

Estimación de la demanda

La estimación de la demanda se realizó a nivel de grupo de comportamiento, considerando la categoría operacional del producto y su patrón de demanda. En todos los grupos sin pendiente significativa, el nivel de demanda mensual se estimó mediante el promedio histórico sobre los 24 meses del periodo 2024-2025. En cambio, en los grupos que presentaron una pendiente estadísticamente significativa se ajustó un modelo ARIMA (1,1,1) sobre la serie mensual del periodo. En esta especificación, la diferenciación de primer orden ($d = 1$) trabaja sobre los cambios mensuales de la demanda en lugar de sus valores absolutos, de modo que el pronóstico parte del nivel reciente de la serie, superior al promedio histórico en los grupos con tendencia, mientras que los componentes autorregresivos (AR) y de media móvil (MA) capturan la inercia del consumo y la corrección de fluctuaciones recientes, respectivamente. La especificación se mantuvo en su orden mínimo por parsimonia, dada la extensión acotada de la serie (24 meses). La demanda mensual estimada del grupo se definió como el primer valor proyectado (enero de 2026), tratado como nivel constante, y la demanda anual como dicho valor multiplicado por doce. Se adoptó el primer valor proyectado como nivel mensual constante porque, con una serie de solo 24 meses, los pronósticos a varios meses pierden fiabilidad, por lo que el primer valor refleja el nivel reciente del grupo de forma más robusta.

Cálculo de parámetros críticos

A partir de la demanda estimada por grupo, se calcularon los parámetros críticos del modelo propuesto: stock de seguridad, punto de reorden y cantidad óptima de pedido. El stock de seguridad

se definió incorporando la variabilidad de la demanda y el nivel de protección requerido para cada grupo mediante la Ecuación 6.

Ecuación 6: *Stock de seguridad (SS).*

$$SS = z \times \sigma_m \times \sqrt{\frac{L}{30}}$$

Donde SS correspondió al stock de seguridad, z al factor asociado al nivel de servicio deseado y σ_m a la desviación estándar mensual de la demanda —histórica completa para los grupos estimados por promedio, y acotada al comportamiento vigente en los grupos con tendencia— y L al lead time en días, de modo que el cociente $L/30$ lo convierte en meses, consistente con la escala mensual de σ_m .

En los grupos con tendencia, la σ_m se acotó según la naturaleza de cada serie. En CL-Intermittent, que presenta un cambio de nivel (2024 bajo y estable; crecimiento y peaks en 2025), se calculó sólo sobre enero-diciembre de 2025, evitando que el salto entre regímenes sobreestime la variabilidad. En FCL-Smooth, que crece de forma gradual hasta estabilizarse en su rango de operación habitual (~20.000-45.000 u), se usó la serie completa exceptuando los meses bajo ese rango (enero, febrero y agosto de 2024), por no ser representativos del nivel consolidado del grupo.

El nivel de servicio se fijó en un 95%, equivalente a un factor $z = 1,65$, adoptado como supuesto metodológico referencial dado que la organización no cuenta con una política formal de nivel de servicio diferenciada por categoría o criticidad.

El punto de reorden se calculó considerando la demanda esperada durante el lead time más el stock de seguridad.

Ecuación 7: *Punto de reorden adaptado.*

$$ROP = \bar{d} \times \left(\frac{L}{30}\right) + SS$$

Donde ROP correspondió al punto de reorden, para los grupos sin tendencia $\bar{d}$ es la demanda promedio por periodo mientras que para los grupos con tendencia corresponde al primer valor proyectado por el modelo ARIMA (1,1,1), tratado como nivel mensual constante, L al lead time expresado en días y SS al stock de seguridad. Ante la ausencia de registros históricos de lead time

por SKU, los plazos se definieron como valores referenciales por categoría, a partir de los rangos documentados con Adquisiciones (Sección 2.2.2 y Anexos 6 y 7).

Para los productos nacionales, cuyo lead time documentado se sitúa entre 7 y 11 días, se adoptó un escenario bajo de 7 días, un escenario base de 9 días —punto medio del rango— y un escenario alto de 11 días. Para los productos importados, el lead time depende del modo de transporte, por lo que se distinguió entre el rango del transporte aéreo (17 a 26 días) y el del transporte marítimo (52 a 76 días). Dado que el abastecimiento internacional se realiza predominantemente por vía marítima, el escenario base se fijó en 64 días, correspondiente al punto medio del rango marítimo. El escenario bajo se estableció en 17 días, asociado al menor plazo operativo (transporte aéreo sin revisión aduanera), y el escenario alto en 76 días, correspondiente al mayor plazo documentado (transporte marítimo con revisión aduanera y traspaso a bodega). De este modo, los tres escenarios representan una condición operativa favorable, una típica y una desfavorable, respectivamente, más que un intervalo estadístico. Para el cálculo de los parámetros base se utilizó el escenario base de cada categoría. Estos lead times deben interpretarse como aproximaciones referenciales y no como mediciones exactas.

Complementariamente, se levantaron antecedentes para estimar el costo de mantener el inventario y el costo de preparar una orden de compra. Dado que la empresa no dispone de un cálculo formal y detallado de estos costos, se emplearon estimaciones referenciales basadas en información interna a partir del Libro Mayor, Estado de Resultados y Estado de Situación Financiera para el periodo 2025.

Costo de mantener inventario

La estructura conceptual utilizada para estimar el costo de mantener inventario se basa en Ballou (2004), quien clasifica los costos de mantenimiento en costos de espacio, capital, servicio de inventario y riesgo de inventario, señalando que son proporcionales a la cantidad promedio de inventario disponible. A partir de esta lógica, el trabajo operacionalizó una tasa de mantenimiento para la bodega casa matriz. La tasa de mantención se definió como la suma de un componente operativo y un componente de capital.

Ecuación 8: Tasa de mantenimiento de inventario.

$$i_m = \left(\frac{\text{Costo operativo anual de mantener inventario}}{\text{Valor del inventario de la bodega casa matriz}} \right) + \text{tasa de costo de capital}$$

Esta tasa de mantenimiento corresponde, en términos de Ballou (2004), al porcentaje de costo de manejo de inventario que se incorpora en el modelo de cantidad económica de pedido. En este trabajo, dicho porcentaje no se adoptó como un valor único de referencia, sino que se construyó a partir de los componentes trazables de la clasificación de Ballou atribuibles a la operación de la bodega casa matriz. El costo anual estimado de mantener una unidad en un grupo de comportamiento se expresa en la Ecuación 9.

Ecuación 9: Costo anual estimado de mantenimiento.

$$H_g = i_m \times C_g$$

Donde i_m corresponde a la tasa de mantención anual, H_g corresponde al costo anual de mantener una unidad del grupo g y C_g corresponde al costo unitario representativo del grupo g , calculado como la mediana de los costos unitarios de los SKU que lo componen. Se utilizó la mediana y no el promedio, porque los costos unitarios dentro de un mismo grupo presentan alta dispersión y valores atípicos —dada la existencia de ítems de bajo y alto valor—, frente a los cuales la mediana entrega un valor representativo más robusto. Este criterio de costo representativo por grupo se mantuvo de forma homogénea en las etapas posteriores, incluyendo la evaluación económica del modelo propuesto.

El componente operativo se construyó con costos trazables de almacenamiento de la bodega casa matriz: arriendo, electricidad, conectividad, personal de bodega e insumos de control. Para los costos registrados a nivel empresa se imputaron mediante el “Factor Bodega Casa Matriz” ($Factor_{BCM}$) correspondiente a la proporción de SKU con stock en la bodega casa matriz respecto del catálogo total. Se excluyeron por realidad física el agua y la calefacción, dado que la bodega no cuenta con ello y por trazabilidad se excluyen los seguros (al no poder confirmarse que la póliza cubriera el inventario o la bodega), la obsolescencia, las mermas, el deterioro y la depreciación de infraestructura, por no existir cuentas específicas y desagregadas para estos conceptos. A su vez, en el caso del personal, se aplicó el porcentaje de dedicación estimado a tareas de bodega.

Costo de preparación de orden de compra

El costo de preparación de orden de compra se estimó mediante costeo por actividad, a partir de las etapas necesarias para preparar, emitir, coordinar y dar seguimiento a una orden, considerando los tiempos aproximados de trabajo y el costo laboral por minutos de los cargos involucrados. Aquel costo se expresa en la Ecuación 10.

Ecuación 10: Costo de preparación de orden de compra.

$$S = \sum C_{actividad} + \sum C_{cargos\ fijos}$$

Donde S corresponde al costo de preparación, $\sum C_{actividad}$ a la suma de los costos de actividad y $\sum C_{cargos\ fijos}$ a la suma de cargos administrativos. Cada costo de actividad se estimó a partir de la Ecuación 11.

Ecuación 11: Costo de actividad.

$$C_{actividad} = t_j \times c_j$$

Donde t_j corresponde al tiempo efectivo estimado de la actividad j expresado en minutos y c_j corresponde al costo laboral por minuto del cargo responsable. El costo laboral por minuto se obtuvo dividiendo el sueldo mensual por 10.400 minutos (considerando una jornada de 40 horas semanales, equivalente a 173,33 horas mensuales promedio). Los tiempos por actividad se definieron como estimaciones operativas referenciales validadas con las áreas involucradas.

Dado que el proceso de abastecimiento presenta diferencias entre compras nacionales e internacionales, se estimaron costos diferenciados para ambos tipos de orden. Las compras internacionales incorporan actividades adicionales tales como cotización internacional, proceso bancario, coordinación de despacho, revisión aduanera y seguimiento adicional, por lo que su costo de preparación resulta mayor que el de las compras nacionales. Los antecedentes laborales utilizados se basaron en información del año 2025, de manera consistente con la base temporal empleada para el costo de mantener.

Cálculo de la cantidad óptima de pedido por patrón de demanda

Una vez estimada la demanda y los costos de inventario, se calculó la cantidad de pedido para cada grupo, aplicando un criterio diferenciado según su patrón de demanda, dado que un único modelo de lote no resulta adecuado para comportamientos de consumo diferentes.

Para los grupos **Smooth**, cuya demanda es frecuente y estable, se utilizó la cantidad económica de pedido (EOQ) en su formulación clásica definida en la Ecuación 12.

Ecuación 12: *Cantidad económica de pedido (EOQ).*

$$Q * = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{i_m \times C_g}}$$

Donde $Q *$ es la cantidad óptima de pedido. D la demanda anual del grupo en unidades, S el costo de preparación de la orden (diferenciando entre nacional e internacional) e $i_m \times C_g$ al costo anual de mantener una unidad por grupo.

Para los grupos **Erratic**, de demanda frecuente, pero de tamaño variable, se aplicó igualmente la EOQ utilizando la demanda anual promedio. Esta decisión se fundamenta en que la frecuencia de consumo no incumple gravemente el supuesto de continuidad de la EOQ y en la propiedad de robustez del costo total, cuya curva es plana en torno al óptimo, de modo que la fórmula entrega lotes cercanos al mínimo costo aún ante variaciones en la estimación de la demanda (Silver, Pyke & Thomas, 2017). De este modo, el tamaño del lote ($Q *$) se dimensiona con la demanda promedio, mientras que la variabilidad del tamaño fue absorbida por el stock de seguridad.

Para los grupos **Intermittent**, caracterizados por demanda poco frecuente pero relativamente estable cuando ocurre, se adoptó una política de revisión continua del tipo (s, Q) , en la cual se emite un pedido de cantidad fija Q cuando el inventario disponible alcanza el punto de reorden s (Silver, Pyke & Thomas, 2017). En esta política $s = \text{ROP}$ (Ecuación 7) y $Q = Q *$ (Ecuación 12): la cantidad $Q *$ se estimó mediante la EOQ, utilizando la demanda anual que incluye los meses sin consumo para los grupos estimados con promedio simple, mientras que para los grupos con tendencia la demanda anual corresponde al primer valor proyectado multiplicado por doce. La EOQ se reportó, en este caso, como valor de referencia, reconociendo que el supuesto de demanda continua se cumple solo parcialmente.

Para los grupos **Lumpy**, de baja frecuencia y alta variabilidad, no se aplicó la EOQ, dado que el supuesto de demanda continua no se sostiene. En su lugar, se adoptó una lógica de reposición bajo requerimiento (lote por lote), en la cual la cantidad a pedir corresponde a la demanda efectiva del requerimiento que se presenta. Bajo esta regla, la cantidad de pedido en cada periodo t coincide con la demanda neta requerida en ese periodo, sin acumular inventario para períodos futuros, lo cual se expresa en la Ecuación 13.

Ecuación 13: *Cantidad a pedir (lote por lote).*

$$Q_t = D_t$$

Donde Q_t es la cantidad por pedir en el periodo t y D_t la demanda neta del requerimiento en ese periodo. Esta decisión evita inmovilizar capital en productos de consumo esporádico y ajusta la reposición a una demanda intermitente y poco predecible, donde mantener un stock permanente resultaría ineficiente.

Un caso particular corresponde a los productos terminados y fabricados (F1 y FF). Al provenir de la fabricación interna de ITG Chile S.A. y no de la compra a proveedores, su reposición no responde a una lógica de orden de compra sino de producción. Para estos productos solo se clasificó su patrón de demanda ADI y CV^2 y no se estimó su demanda ni se calcularon parámetros de reposición (stock de seguridad, punto de reorden ni cantidad de pedido), por dos razones complementarias. En primer lugar, el stock de seguridad y el punto de reorden dependen del lead time, que en un producto fabricado corresponde al tiempo de producción; dicho tiempo no se encuentra registrado en la organización, por lo que su cálculo no sería trazable. En segundo lugar, el lote óptimo de un producto terminado correspondería a un modelo de lote de producción (EPQ, Economic Production Quantity) y no a la EOQ de compra, ya que no existe un costo de emisión de orden a proveedor; el EPQ requiere el costo de preparación de la producción (set-up) y la tasa de fabricación, información tampoco disponible.

4.7.6 Etapa 6: Diseño y comparación del modelo propuesto

El modelo construido en esta etapa materializa la lógica TO-BE definida en la Sección 4.2 que redefine la base de cálculo del modelo vigente mediante el uso de información depurada, la segmentación por categoría operacional y patrón de demanda, la revisión de tendencias y peaks,

lead times referenciales por tipo de abastecimiento y parámetros diferenciados de reposición. La comparación entre ambas lógicas se sintetiza en la Tabla 6, que contrasta dimensión por dimensión la forma de cálculo vigente y la propuesta.

Dimensión	AS-IS modelo vigente	TO-BE modelo propuesto
Estimación de demanda	Promedios históricos simples	Demanda estimada según patrón de consumo: promedio histórico (grupos sin tendencia), y modelo ARIMA (1,1,1) para los grupos con pendiente significativa.
Segmentación de productos	Categoría operacional y revisión operativa	Categoría operacional + clasificación <i>ADI</i> y <i>CV2</i>
Tratamiento de peaks	No distingue formalmente entre consumo recurrente y eventos puntuales	Revisión de peaks y depuración según Pareto y criterio operativo
Lead time	Factores generales por categoría	Lead times referenciales diferenciados por tipo de abastecimiento
Stock de seguridad	No se incorpora explícitamente según variabilidad	Se calcula considerando variabilidad y nivel de protección
Punto de reorden	Consumo promedio x factor + stock mínimo	Demanda durante lead time + stock de seguridad
Interpretación de resultado	Revisión operativa dependiente del criterio del usuario	Parámetros más trazables para apoyar la decisión de compra

Tabla 6: Comparación dimensión por dimensión: AS-IS modelo vigente v/s TO-BE modelo propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Recálculo del modelo vigente a nivel de grupo

Para una comparación válida, el modelo vigente se recalculó al mismo nivel de agregación que el modelo propuesto, es decir, a nivel de grupo de comportamiento y sobre la misma ventana de demanda 2024-2025. Esta decisión se adoptó porque el modelo propuesto estima sus parámetros sobre la demanda agregada del grupo, mientras que el modelo vigente los calcula por SKU. Haber comparado el parámetro agregado de un modelo contra la suma de los parámetros individuales del otro habría introducido un sesgo de agregación, dado que la suma de los parámetros de varios SKU no equivale al parámetro calculado sobre su demanda agregada.

En consecuencia, para cada grupo se construyó una única serie de demanda mensual agregada, obtenida sumando mes a mes las salidas de los SKU que lo componen, y sobre esa misma base se

aplicó la lógica de cálculo propia del modelo vigente. En los grupos cuya serie fue depurada en la Etapa 4, tanto el modelo vigente como el propuesto se recalcularon sobre la misma serie depurada, de modo que la comparación aísle la diferencia entre lógicas de cálculo y no el efecto de los peaks, que afectaría a ambos modelos por igual.

Sobre esa serie se replicó la lógica del modelo vigente (Sección 2.2.2): el stock mínimo vigente como el máximo entre el promedio de los últimos doce y seis meses y el punto de reorden vigente, aplicando el factor fijo correspondiente a la categoría del grupo sobre el consumo agregado más el stock mínimo. Este recálculo conservó la lógica de cálculo del modelo vigente —factor fijo por categoría y stock mínimo basado en promedios simples—, modificando únicamente el nivel de agregación y la ventana temporal para hacerla coincidir con la del modelo propuesto. No se aplicaron los ajustes manuales de stock que la organización aplica a productos específicos (stock reducido o stock validado manualmente), con el fin de aislar la comparación a la lógica de cálculo de cada modelo y no a las intervenciones operativas puntuales.

Dado que el modelo vigente entrega un único valor por parámetro y no genera escenarios, la comparación se efectuó en el escenario base del modelo propuesto, asegurando que ambos modelos se contrastaran sobre una base equivalente. El análisis de los escenarios bajo y alto (percentiles 25 y 75 de la demanda) se reservó para el análisis de sensibilidad descrito en la Etapa 7, por evaluar la robustez del modelo propuesto y no a la comparación entre modelos.

La comparación se centró en el punto de reorden y el stock de seguridad (ver 4.2), variables transversales a todos los grupos Smooth, Erratic e Intermittent con independencia de la política de lote. Los grupos Lumpy, gestionados bajo requerimiento (lote por lote) y los productos terminados y fabricados (F1 y FF) quedaron fuera de esta comparación, por no disponer de un punto de reorden comparable. El modelo vigente no incorpora un stock de seguridad estadístico; su stock mínimo, cumple esa función de manera implícita, por lo que se contrastó de forma indicativa con el stock de seguridad estadístico del modelo propuesto. La cantidad sugerida a comprar no se incorporó como variable de comparación valorizada, sino únicamente como referencia descriptiva. El fundamento de esta decisión —y el tratamiento aplicado a la situación de inventario de marzo de 2026— se detalla en la Etapa 7.

4.7.7 Etapa 7: Valorización del capital inmovilizado y análisis de sensibilidad

Valorización del capital inmovilizado

La última etapa metodológica correspondió a la evaluación económica referencial del modelo propuesto, con el propósito de estimar su impacto potencial sobre la gestión de inventarios de la bodega casa matriz. Esta evaluación se desarrolló a nivel de grupo de comportamiento, sobre la misma ventana de demanda 2024-2025 y la misma serie utilizada en la comparación de la Etapa 6 —incluida la serie depurada—, de modo que la valorización sea consistente con los parámetros allí calculados. La valorización se aplicó a los grupos que disponen de punto de reorden (Smooth, Erratic e Intermittent) mientras que el grupo Lumpy fue excluido por no contar con un punto de reorden valorizable.

La valorización se distinguió según la naturaleza temporal de cada variable. Los parámetros de política —punto de reorden y stock de seguridad— derivan de la demanda histórica y, por tanto, constituyen magnitudes de flujo homologables a la ventana 2024-2025 en ambos modelos. En cambio, la cantidad a comprar del modelo vigente depende del stock disponible, el material comprometido y los materiales en tránsito, que son estados puntuales de inventario registrados únicamente a la fecha de consulta del sistema (marzo del 2026) y que no admiten reconstrucción histórica para la ventana de análisis. Por esta razón, la comparación valorizada se concentró en el punto de reorden.

La valorización se realizó utilizando el costo unitario representativo por grupo de comportamiento (C_g), correspondiente a la mediana de los costos unitarios de los SKU que componen cada grupo, definido y justificado en el apartado “Costo de mantener inventario” de la Etapa 5. Este mismo costo representativo se aplicó a ambos modelos, de modo que la diferencia observada reflejara el cambio en la lógica de cálculo de los parámetros y no el método de costeo. Para efectos de la valorización se distinguió entre los parámetros que representan inventario mantenido y aquellos que representan flujo de compra. El punto de reorden se valorizó como capital inmovilizado estimado, por corresponder al nivel de inventario que la organización sostiene para activar la reposición. Dado que el punto de reorden incorpora el stock de seguridad (Etapa 5), este último no

se valorizó de forma independiente, con el fin de evitar su doble contabilización. El capital inmovilizado se estimó mediante la Ecuación 14.

Ecuación 14: *Capital inmovilizado estimado (CIE).*

$$\text{Capital inmovilizado estimado (CIE)}_g = (\text{Parámetro de reposición del grupo } g \text{ en unidades}) \times C_g$$

El punto de reorden fue considerado como el principal indicador de valorización, debido a que representa el umbral que activa la decisión de reposición y se vincula directamente en la lógica de abastecimiento. En cada grupo se comparó el capital inmovilizado estimado bajo la lógica del modelo vigente y bajo la lógica del modelo propuesto. La diferencia valorizada por grupo es el CIE del modelo propuesto menos el CIE del modelo vigente.

Estos resultados fueron interpretados como una estimación potencial y no como un ahorro efectivamente materializado, dado que el modelo propuesto no fue implementado durante un periodo operacional prolongado. Por lo tanto, la evaluación económica no buscó medir reducciones reales de inventario ya ocurridas, sino estimar la diferencia monetaria asociada a los parámetros de reposición generados por ambas lógicas de cálculo.

Tratamiento de la cantidad sugerida a comprar

La cantidad sugerida a comprar no se incorporó a la comparación valorizada por dos razones complementarias. En primer lugar, ambos modelos miden conceptos distintos, ya que el modelo vigente entrega una brecha de abastecimiento puntual, mientras que el modelo propuesto entrega una cantidad de pedido definida según la política de lote de cada grupo (EOQ en los grupos de demanda frecuente, (s,Q) en los Intermitentes y reposición bajo requerimiento en los Lumpy, según la Etapa 5). En segundo lugar, la brecha del modelo vigente depende de estados de inventario de marzo del 2026 que no son homologables a la ventana 2024-2025, mientras que el EOQ depende únicamente de la demanda anual, el costo de ordenar y el costo de mantener, todos consistentes con dicha ventana. En consecuencia, el EOQ se reportó como el parámetro de cantidad de pedido del modelo propuesto (Etapa 5), y la cantidad sugerida a comprar del modelo vigente se presentó únicamente como referencia descriptiva, explícitamente identificada como no homologable a la ventana de análisis ni comparable con el EOQ. Para presentar la situación de marzo de 2026 de forma legible, cada valor del modelo vigente se transformó mediante la expresión MAX (0, -valor)

a nivel de SKU antes de agregarlo por grupo, evitando que las holguras de unos productos compensaran las necesidades de otros.

Adicionalmente, se incorporaron los costos de inventario definidos en el marco conceptual, principalmente el costo de mantención de inventario y el costo asociado a la gestión de órdenes de compra. Estos costos fueron utilizados para contextualizar la magnitud económica de las diferencias obtenidas y complementar la interpretación de los resultados.

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad evaluó la robustez del modelo propuesto frente a cambios en sus principales supuestos. Las variables seleccionadas fueron la demanda estimada y el lead time referencial, debido a que ambas inciden directamente en el cálculo del stock de seguridad y el punto de reorden. Se utilizaron criterios construidos a partir de los datos y restricciones propias del caso: percentiles históricos para la demanda y rangos operativos para el lead time.

Caso 1: Análisis de sensibilidad de la demanda

Para la sensibilidad de la demanda, se mantuvo constante el lead time referencial y se modificó únicamente la demanda estimada por grupo de comportamiento, definiendo tres escenarios: un **escenario bajo**, correspondiente al percentil 25 de la distribución histórica de demanda mensual del grupo; un **escenario base**, igual a la demanda estimada del modelo propuesto; y un **escenario alto**, asociado al percentil 75 de dicha distribución. La utilización de los percentiles 25 y 75 se justificó porque delimitan el rango intercuartílico de la demanda histórica, permitiendo representar variaciones bajas y altas observadas dentro del comportamiento empírico del grupo, sin depender de mínimos, máximos o porcentajes definidos de manera arbitraria.

En los grupos con tendencia, cuya demanda base corresponde al primer valor proyectado por el modelo ARIMA (1,1,1), los percentiles 25 y 75 se calcularon sobre la misma ventana utilizada para estimar la desviación estándar del stock de seguridad (definido en la Etapa 5, Sección 4.7.5). Este criterio mantiene una única caracterización de la variabilidad del grupo —consistente entre el stock de seguridad y los escenarios de sensibilidad— y la refiere al régimen de demanda vigente. El cálculo sobre la serie completa de 24 meses resultaba inadecuado en estos grupos, dado que

mezcla regímenes de demanda distintos y deja el percentil 75 por debajo de la demanda base estimada.

Caso 2: Análisis de sensibilidad del lead time

Para la sensibilidad del lead time, se mantuvo constante la demanda estimada y se modificó únicamente el plazo de reposición referencial. Dado que tanto la demanda durante el lead time como el stock de seguridad dependen de este plazo, ambos componentes del punto de reorden se recalcularon en cada escenario. De esta forma, los escenarios se construyeron a partir de rangos operativos diferenciados por categoría de abastecimiento, distinguiendo entre productos nacionales e importados. Se consideró un escenario bajo asociado al menor plazo operativo referencial, un escenario base correspondiente al lead time utilizado en el modelo y un escenario alto vinculado al mayor plazo operativo documentado o estimado: productos nacionales con 7, 9 y 11 días y productos importados 17, 64 y 76 días (bajo, base, alto).

Comparación de sensibilidad entre demanda y lead time

En cada escenario de sensibilidad, se calcularon los parámetros críticos del modelo, incluyendo stock de seguridad, punto de reorden, y capital inmovilizado estimado. Posteriormente, los resultados fueron comparados para determinar si el modelo propuesto presentaba mayor sensibilidad ante variaciones en la demanda o ante variaciones en el lead time. Para ello, se analizó la diferencia entre los escenarios bajo y alto de cada variable, manteniendo constante la otra: en el **Caso 1** se modificó la demanda estimada (escenarios bajo, base y alto) manteniendo fijo el lead time base, mientras que en el **Caso 2** se modificó el lead time referencial manteniendo constante la demanda estimada; en ambos casos se recalcularon los mismos parámetros. Esta comparación permitió estimar la amplitud de respuesta del modelo frente a cambios en cada supuesto crítico, identificando si los resultados eran más sensibles a variaciones en la demanda estimada o en el lead time referencial.

4.8 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 4

El presente capítulo definió la ruta metodológica para desarrollar y evaluar el modelo propuesto, desde el diagnóstico del modelo vigente (Capítulo 2) hasta la comparación con la lógica propuesta, bajo una lógica trazable ajustada a las restricciones reales de información de la organización.

El rigor del estudio se resguardó en cuatro criterios. La validez interna se aseguró recalculando ambos modelos sobre la misma serie agregada 2024-2025 —incluida la serie depurada en el caso de CL-Intermittent— y al mismo nivel de grupo —evitando el sesgo de agregación—, aplicando el mismo costo representativo (C_g) a ambos y aislando los ajustes manuales de stock, de modo que la diferencia refleja solo la lógica de cálculo; la depuración, además, se validó verificando que la suma de salidas por código no se altera. La validez externa se interpreta de forma acotada, propia de un estudio de caso: Los resultados describen la bodega casa matriz bajo supuestos referenciales y se presentan como estimación potencial, no generalizable. La confiabilidad y replicabilidad se sustentan en que el cálculo es determinístico y en que todos los supuestos (cortes $ADI-CV^2$, $z = 1,65$, tasa de costo, el modelo ARIMA (1,1,1) aplicado a los grupos con tendencia y los criterios de cálculo de su variabilidad) y la secuencia de depuración quedaron explicitados e implementados en un notebook de Python/Colab, permitiendo reconstruir el procedimiento sobre la misma serie. Las limitaciones del trabajo ya están documentadas en la Sección 1.5.4 y condicionan el alcance y la interpretación del Capítulo 5.

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

5.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo aplica la metodología definida en el Capítulo 4 sobre los datos operacionales de la bodega casa matriz de ITG Chile S.A., para construir el modelo propuesto y contrastarlo con el modelo vigente; el desarrollo inicia en la Etapa 2, ya que la Etapa 1 corresponde al Capítulo 2, Sección 2.2.2, donde se caracterizó el modelo vigente como representación AS-IS. La estructura sigue la secuencia de las etapas metodológicas: primero se presentan los resultados de la depuración de la base de demanda (Etapa 2) y de la clasificación del comportamiento de consumo mediante los indicadores ADI y CV^2 (Etapa 3); a continuación, el análisis de tendencia y la revisión de peaks que definen las series finales de cada grupo (Etapa 4); y luego la estimación de la demanda y el cálculo de los parámetros de reposición del modelo propuesto (Etapa 5). Sobre esa base, se compara el modelo propuesto con el vigente en sus parámetros de política (Etapa 6), se estima el capital inmovilizado asociado a cada lógica de cálculo y se evalúa la robustez del modelo mediante

el análisis de sensibilidad de la demanda y el lead time (Etapa 7). El capítulo cierra con una discusión de los hallazgos y sus implicancias para la gestión de inventarios de la bodega.

5.2 DESARROLLO METODOLÓGICO

5.2.1 Etapa 2: Resultados de la depuración y estructuración de datos

Aplicando los filtros de la Etapa 2 (ver 4.7.2), la base se redujo de 2.382 SKU iniciales a 2.113 (solo bodega casa matriz), luego a 1.860 SKU (código 52, guías de despacho), a continuación, a 1.668 SKU (cuentas 1108001, 1108002 y 1108003) y, finalmente, a 1.588 SKU únicos tras consolidar 78 códigos con descripciones duplicadas o triplicadas (76 con dos descripciones y 2 con tres), sin modificar el volumen total de salidas. La reducción acumulada evidencia que un 33% de los registros iniciales no correspondían a demanda de reposición, sino a movimientos excluidos y duplicidades. La Tabla 7 resume el efecto acumulado de cada filtro.

Etapa de depuración	Criterio aplicado	Registros/SKU restantes	Observación
Base inicial - Informe mensual por centro de costo	Registros del periodo 2024-2025	2.382	Base original de movimientos
Filtro por bodega casa matriz	Movimientos asociados a la bodega analizada	2.113	Se excluyeron los movimientos asociados a otras bodegas
Filtro por tipo de movimiento	Se mantiene el código 52: Guías de despacho	1.860	Se conservaron salidas asociadas a abastecimiento regular
Filtro por cuenta de compra	Se mantiene el código 1108001, 1108002 y 1108003	1.668	Se conservaron las cuentas contables asociadas a la compra de bienes físicos gestionables mediante reposición
Corrección de duplicidades	Unificación de descripciones inconsistentes	1.588	Se mantuvo la descripción con mayor frecuencia histórica

Tabla 7: Resumen de la depuración inicial de la base de demanda.

Fuente: Elaboración propia.

El detalle completo de códigos y descripciones corresponde a información operacional interna de la empresa; en el Anexo 12 se presentan ejemplos representativos del procedimiento de consolidación para la depuración. En consecuencia, la base depurada final quedó conformada por 1.588 SKU únicos, los cuales constituyeron el insumo principal para la clasificación de demanda mediante *ADI* y *CV*² que se presentan en la sección siguiente.

5.2.2 Etapa 3: Resultados de la clasificación del comportamiento de la demanda

Cálculo de indicadores ADI y CV^2 y clasificación en patrones de demanda

A partir de la base de datos depurada de 1.588 SKU, se calcularon los indicadores ADI y CV^2 (ver 4.7.3) y se clasificaron los productos en los cuatro patrones de demanda. La Tabla 8 presenta la distribución general de SKU según patrón de demanda.

Comportamiento de demanda	Criterio $ADI-CV^2$	Nº de SKU	Participación %	Interpretación
Smooth	$ADI < 1,32$ y $CV^2 < 0,49$	155	9,8%	Demanda regular y baja variabilidad
Erratic	$ADI < 1,32$ y $CV^2 \geq 0,49$	86	5,4%	Demanda frecuente pero variable
Intermittent	$ADI \geq 1,32$ y $CV^2 < 0,49$	911	57,4%	Demanda poco frecuente pero relativamente estable cuando ocurre
Lumpy	$ADI \geq 1,32$ y $CV^2 \geq 0,49$	436	27,5%	Demanda irregular y de alta variabilidad
Total		1588	100%	

Tabla 8: Distribución de SKU según patrón de demanda ($ADI-CV^2$).

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 8, de los 1.588 SKU la mayor proporción se concentró en el patrón Intermittent, con 911 productos equivalentes al 57,4% de la base depurada. En segundo lugar, el patrón Lumpy agrupó 436 SKU, correspondientes al 27,5% del total. En conjunto, ambos patrones representaron aproximadamente el 84,9% de los productos analizados, lo que evidencia una alta presencia de demanda irregular o de baja recurrencia en la bodega casa matriz. Este resultado refuerza la necesidad de aplicar criterios diferenciados de estimación y reposición, dado que una lógica homogénea basada en promedios simples puede no capturar el comportamiento real de consumo. En contraste, los patrones Smooth y Erratic representaron una proporción menor de la base, con 155 y 86 SKU, respectivamente.

Agrupación cruzada por categoría operacional y patrón de demanda

Los SKU se agruparon según su categoría operacional y comportamiento de demanda (nomenclatura definida en 1.5.1). La Tabla 9 resume esta clasificación cruzada.

Categoría operacional	Smooth	Erratic	Intermittent	Lumpy	Total
CL	66	15	528	177	786
FCL	57	60	215	187	519
F1	11	4	127	44	186
FF	0	0	10	0	10
I	21	7	20	26	74
N/A	0	0	7	0	7
SERVICIOS	0	0	4	2	6
Total	155	86	911	436	1.588

Tabla 9: Clasificación cruzada de SKU (categoría operacional y patrón de demanda).

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 9, se conforman 20 grupos según la categoría operacional y patrón de demanda. La categoría CL concentró la mayor cantidad de SKU de la base depurada, con 786 productos en total, seguida por FCL, con 519 SKU y F1, con 186 SKU. En estas categorías predominó el comportamiento Intermittent, especialmente en CL, donde alcanzó 528 SKU. Esto confirma que la baja recurrencia de la demanda no se concentra únicamente en una categoría operacional específica, sino que aparece de forma transversal en los principales grupos operacionales. Así, dado que dentro de una misma categoría conviven los cuatro patrones, se evidencia que la categoría operacional por sí sola no determina el comportamiento de consumo, lo que justifica el cruce con el patrón de demanda adoptado en este trabajo frente al factor fijo por categoría del modelo vigente.

En el caso de los productos de fabricación, representados por F1 y FF, también se observó una presencia relevante de patrones Intermittent y Lumpy. Esto resulta importante para el modelo propuesto, ya que parte de estos consumos puede estar asociada a fabricación, proyectos o requerimientos internos que no necesariamente presentan una regularidad mensual estable.

Por su parte, la categoría I, correspondiente a productos importados, agrupó 74 SKU, distribuidos entre los cuatro patrones de demanda, lo que refuerza la necesidad de considerar el comportamiento de consumo junto con el lead time referencial de abastecimiento.

Distribución en el plano $ADI - CV^2$

Complementariamente, la Figura 4 representa la distribución de los 1.588 SKU clasificados en el plano $ADI - CV^2$, con las líneas de corte en $ADI = 1,32$ y $CV^2 = 0,49$ que delimitan los cuatro patrones. La concentración de SKU en el cuadrante inferior derecho (Intermittent) confirma el predominio de la demanda de baja frecuencia, pero de tamaño relativamente estable cuando ocurre, mientras que el cuadrante superior derecho (Lumpy) agrupa los productos de baja frecuencia y alta variabilidad. Los patrones Smooth y Erratic se ubican en una franja estrecha de bajo ADI, lo que refleja que solo una fracción reducida de los productos presenta demanda frecuente. Cabe señalar que 422 SKU registran un único mes de demanda en el periodo, por lo que su CV^2 es igual a cero; se ubican en la base del eje vertical ($CV^2 = 0$) y se clasifican como Intermittent. Estos representan cerca de la mitad del grupo Intermittent (422 de 911), lo que debe tenerse presente al interpretar los parámetros agregados de este grupo, dado que su media y desviación están influidas por ítems de movimiento prácticamente únicos.

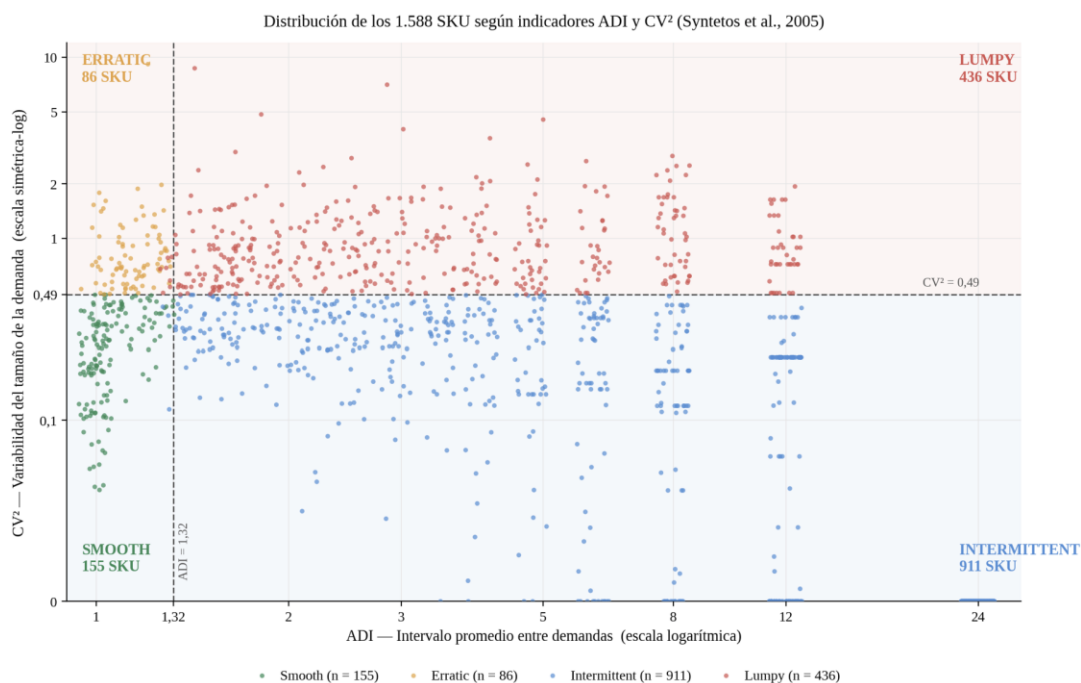


Figura 4: Distribución de los 1.588 SKU en el plano $ADI - CV^2$.

Fuente: Elaboración propia.

Exclusión de análisis y definición del universo de desarrollo

Sobre esta base de 1.588 SKU que conforman 20 grupos, se excluyeron los grupos que no respondían a una lógica estándar de reposición (Sección 1.5.1). En particular, se excluyeron los

grupos SERVICIOS-Intermittent (4) y SERVICIOS-Lumpy (2), dado que no corresponden a productos físicos sujetos a reposición estándar de inventario. Asimismo, se excluyó el grupo N/A-Intermittent (7), debido a que corresponde a productos no clasificados, sin trazabilidad operacional suficiente para determinar si responden a una lógica regular de abastecimiento. Finalmente, se excluyeron los grupos F1-Erratic (4), F1-Intermittent (127), F1-Lumpy (44), F1-Smooth (11) y FF-Intermittent (10), ya que F1 corresponde a productos terminados y FF a productos fabricados asociados a fabricación interna de la empresa, cuya reposición corresponde a una lógica de producción y no de compra. De este modo, tras excluir 209 SKU, el universo de desarrollo del modelo corresponde a 1.379 SKU y 12 grupos.

Demanda acumulada por grupo

Se presenta la demanda acumulada de los 12 grupos modelados durante el periodo, equivalente a 2.001.041 unidades, presentado en el Anexo 13. La demanda se concentra fuertemente en los grupos de patrón Smooth, que reúnen el 76,4% del volumen total —encabezados por FCL-Smooth (33,7%), I-Smooth (22,1%) y CL-Smooth (20,5%)—. Este resultado contrasta con la distribución por número de SKU dentro del mismo universo de desarrollo (Tabla 9), donde predomina el patrón Intermittent. En conjunto, los grupos Intermittent concentran el 55,3% de los SKU modelados, pero solo el 4,6% del volumen despachado, mientras que los Smooth, con apenas el 10,4% de los SKU, reúnen el 76,4% del volumen despachado. Esta divergencia evidencia que una fracción reducida de productos de demanda frecuente (Smooth) explica la mayor parte del movimiento, mientras que un gran número de productos de baja recurrencia (Intermittent) aporta volúmenes marginales. Tal heterogeneidad respalda la decisión de aplicar criterios de reposición diferenciados según el patrón de consumo y no una lógica homogénea.

5.2.3 Etapa 4: Análisis de tendencia, revisión de peaks y depuración de la serie histórica

Análisis de tendencia mediante regresión lineal simple

A partir de los 12 grupos conservados para el análisis, se aplicó la regresión lineal simple (ver 4.7.4) sobre las salidas totales de cada grupo con el fin de identificar las series que presentaban una tendencia estadísticamente significativa durante el periodo 2024-2025. La Tabla 10 presenta los resultados obtenidos para cada grupo, considerando la pendiente estimada, el estadístico t y el valor-p asociado a la variable temporal.

Grupo	Coefficiente (pendiente)	T-estadístico	Valor-p
CL-Erratic	-24,610	-0,532	0,6000
CL-Intermittent	137,070	3,499	0,0020
CL-Lumpy	80,942	1,508	0,1458
CL-Smooth	204,295	1,665	0,1101
FCL-Erratic	12,585	0,176	0,8618
FCL-Intermittent	47,005	1,899	0,0707
FCL-Lumpy	164,659	1,687	0,1058
FCL-Smooth	704,125	3,608	0,0016
I-Erratic	20,408	0,830	0,4152
I-Intermittent	4,639	1,909	0,0693
I-Lumpy	-2,013	-0,650	0,5222
I-Smooth	53,411	0,525	0,6047

Tabla 10: Resultados de regresión lineal simple por grupo de demanda.

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis realizado en Python/Colab.

Como se observa en la Tabla 10, 10 de 12 grupos presentaron valores-p superiores a 0,05, por lo que no se identificó evidencia estadística suficiente para establecer una tendencia significativa. En estos casos, el nivel de demanda mensual se estimó mediante el promedio histórico simple del periodo 2024-2025. En contraste, los grupos CL-Intermittent y FCL-Smooth presentaron valores-p inferiores a 0,05, con valores de 0,0020 y 0,0016 respectivamente. Ambos grupos también mostraron pendientes positivas, lo que indica un comportamiento creciente de la demanda mensual agregada durante el periodo analizado. Dado que la pendiente significativa evidencia una asociación lineal con el tiempo, pero no distingue entre un crecimiento sostenido y el efecto de movimientos puntuales, los grupos con tendencia fueron derivados a una revisión más detallada de peaks, centros de costo y productos asociados, con el propósito de determinar si la tendencia observada respondía a un crecimiento recurrente o a movimientos puntuales concentrados en los meses.

Análisis de variación mensual, por centro y Pareto para el grupo CL-Intermittent

Los meses de prioridad alta (variación absoluta y porcentual simultánea; ver 4.7.4 y Anexo 14) fueron noviembre-2024, enero-2025, febrero-2025 y noviembre-2025. Enero de 2025 presentó el mayor incremento relativo, con una variación de 892% y un aumento absoluto de 2.684 unidades. Asimismo, febrero de 2025 registró la demanda más alta dentro de los meses prioritarios,

alcanzando 6.445 unidades, con una variación absoluta de 3.460 unidades. Por su parte, noviembre de 2024 y noviembre de 2025 también presentaron aumentos significativos, con variaciones porcentuales de 409% y 117% respectivamente. En todos ellos la demanda por centro superó el promedio histórico del grupo (53,1 unidades), alcanzando su máximo en febrero-2025 (157 u/centro), lo que confirma la concentración del consumo y justifica someter dichos meses a un análisis mediante la Regla de Pareto (Anexo 15).

En todos los meses prioritarios la demanda se concentró en pocos centros —entre 2 y 7 explicaron el 80-90% del volumen (Anexo 16)—, encabezados por instalaciones, arriendos y proyectos. El caso más marcado fue enero-2025, donde un solo centro de arriendo concentró el 69,2% del mes y dos centros explicaron el 80% de la demanda. La revisión temporal confirmó que esos centros registran volúmenes marginales en el resto del periodo, lo que indica que los peaks corresponden a aumentos puntuales dentro de proyectos con baja recurrencia y no a un cambio estructural en el comportamiento general de la demanda del grupo. En consecuencia, se aplicó el escenario fuerte de depuración (Pareto 90%) para los cuatro meses.

Análisis de variación mensual, por centro y Pareto para el grupo FCL-Smooth

En FCL-Smooth, la priorización consideró especialmente los aumentos absolutos por su mayor volumen (ver 4.7.4 y Anexo 17). Los meses con prioridad alta fueron noviembre-2024, junio, septiembre y diciembre de 2025, con incrementos elevados pero distribuidos —la mayor variación absoluta y porcentual fue en diciembre-2025, con 12.590 unidades adicionales y 57% respectivamente—. En cuanto a la concentración de la demanda, a diferencia de CL-Intermittent, alcanzar el 80-90% de la demanda mensual requirió entre 11 y 26 centros (Anexo 19), frente a los 2 y 7 de aquel grupo, lo que indica que el volumen no se concentra en proyectos puntuales, sino que se reparte de forma relativamente homogénea entre centros de fabricación y proyectos acuícolas recurrentes. La revisión temporal y por producto lo confirma: salvo los centros de fabricación —presentes los 24 meses—, varios centros aparecen una sola vez, pero sus SKU corresponden a insumos recurrentes a nivel de grupo, por ejemplo, el cable UTP CAT 6 exterior que se utiliza en la mayoría de las instalaciones de monitoreo, por lo que su consumo es estructural y no puntual. Por ello, excluirlos subestimaría la demanda histórica real sin una justificación

operativa que lo respalde, de modo que no se aplicó la depuración y se mantuvo la serie histórica completa para la estimación de demanda y el cálculo de parámetros.

Serie depurada y regresión lineal simple

La depuración fuerte (Pareto 90%) de CL-Intermittent redujo la demanda acumulada del grupo en un 27% pasando de 47.781 a 34.829 unidades y eliminó los meses cuyo nivel se explicaba por requerimientos no habituales, como se observa en la Tabla 11.

Grupo CL			Grupo FCL			Grupo I		
Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación	Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación	Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación
CL-Erratic	71983	3,62%	FCL-Erratic	108991	5,48%	I-Erratic	23753	1,19%
CL-Intermittent	34829	1,75%	FCL-Intermittent	41910	2,11%	I-Intermittent	1960	0,10%
CL-Lumpy	57142	2,87%	FCL-Lumpy	115966	5,83%	I-Lumpy	3399	0,17%
CL-Smooth	410265	20,64%	FCL-Smooth	675149	33,96%	I-Smooth	442741	22,27%
Total	574219	28,88%	Total	942016	47,38%	Total	471854	23,73%
Total			1988089					

Tabla 11: Demanda acumulada depurada (Grupo CL/FCL/I).

Fuente: Elaboración propia.

De este modo, la Tabla 11 evidencia que CL-Intermittent es el único grupo cuya serie fue modificada. Los grupos restantes conservaron su demanda original, ya que no presentaron tendencia significativa o, como en FCL-Smooth, sus centros resultaron recurrentes. Producto de esta depuración, la demanda total acumulada disminuyó de 2.001.041 a 1.988.089 unidades, una reducción equivalente al 0,65% del volumen total, lo que confirma el carácter dirigido de la depuración, por lo que no se altera de manera significativa la base de demanda utilizada para la estimación de parámetros.

Análisis de tendencia mediante regresión lineal simple a la serie depurada

Al recalcular la regresión sobre la serie depurada del grupo CL-Intermittent, la pendiente disminuyó de 137,070 a 103,560 y el valor-p pasó de 0,0020 a 0,0060 (Tabla 12). Si bien la tendencia se mantuvo estadísticamente significativa, la selección de la serie depurada se fundamentó en la interpretación operativa de los movimientos, ya que los centros eliminados correspondían a eventos puntuales y no a demanda recurrente, por lo que la serie con depuración fuerte al 90% (D.P.90%) representa de manera más fiel el comportamiento habitual del grupo y, por ende, es utilizada para la estimación de la demanda y el cálculo de parámetros.

Grupo	Coefficiente (pendiente)	T-estadístico	Valor-p
CL-Intermittent (Original)	137,070	3,499	0,002
CL-Intermittent (D.P.90%)	103,560	3,013	0,006

Tabla 12: Regresión sobre serie original v/s depurada.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4 Etapa 5: Estimación de demanda y cálculo de parámetros del modelo propuesto

Estimación de demanda por grupo

Conforme a la Etapa 5 (ver 4.7.5), los grupos sin tendencia se estimaron por el promedio histórico mensual y los grupos con tendencia significativa —CL-Intermittent (serie con depuración fuerte) y FCL-Smooth (serie completa)— mediante ARIMA (1,1,1). La Tabla 13 resume la demanda estimada por grupo.

Grupo	Demanda mensual estimada (u)	Demanda anual (u)
CL-Smooth	17.094	205.133
CL-Erratic	2.999	35.991
CL-Intermittent	2.965	35.580
CL-Lumpy	2.381	28.571
FCL-Smooth	30.770	369.240
FCL-Erratic	4.541	54.496
FCL-Intermittent	1.746	20.955
FCL-Lumpy	4.832	57.983
I-Smooth	18.448	221.371
I-Erratic	990	11.877
I-Intermittent	82	980
I-Lumpy	142	1.699

Tabla 13: Demanda estimada por grupo de comportamiento (base de cálculo del modelo propuesto).

Fuente: Elaboración propia.

FCL-Smooth es el grupo de mayor demanda mensual estimada (30.770 u), seguido de I-Smooth (18.448 u) y CL-Smooth (17.094 u). En los dos grupos con tendencia —FCL-Smooth y CL-Intermittent— la demanda se estimó con ARIMA (1,1,1), tomando el primer valor proyectado como nivel mensual constante; dicho valor supera su promedio histórico, al recoger el nivel

reciente de la serie. No obstante, su pronóstico difiere: en FCL-Smooth se mantiene estable en torno a las 31.000 u (Anexo 20), coherente con el crecimiento estructural confirmado en la Etapa 4, por lo que estimarlo con el promedio (28.131 u/mes) subestimaría la demanda. En CL-Intermittent, en cambio, el pronóstico desciende tras la depuración, lo que refuerza el uso de un único valor de nivel y no de la trayectoria proyectada, dada la baja fiabilidad de los meses siguientes con una serie corta.

Parámetros de costo del modelo

A partir de la información contable de 2025, la tasa de mantención (Ecuación 8) resultó 42,3% anual (tasa operativa de 23,65% + tasa de capital de 18,63%; ver Anexos 21 y 22).

El costo de emitir una orden de compra fue \$27.707 (nacional, categorías CL y FCL) y \$47.889 (internacional, categoría I), mayor en el segundo caso por las actividades adicionales de importación. El detalle de las actividades y minutos por orden se encuentra en los Anexos 23 y 24. El costo unitario representativo de cada grupo (C_g) es la mediana de los costos unitarios de sus SKU (Anexo 25).

Parámetros críticos por grupo

Con la demanda estimada (Tabla 13), el costo unitario representativo por grupo (C_g), los parámetros de costo y los lead times referenciales por categoría en su escenario base —9 días para productos nacionales (CL y FCL) y 64 días para importados (I)—, se calcularon el stock de seguridad (Ecuación 6), el punto de reorden (Ecuación 7) y la cantidad de pedido según la política de cada patrón: cantidad económica de pedido (EOQ) para los grupos Smooth y Erratic, política de revisión continua (s, Q) para los Intermittent y reposición lote por lote (L4L) para los Lumpy. El stock de seguridad se calculó con un nivel de servicio del 95% ($z = 1,65$). La Tabla 14 presenta los parámetros resultantes por grupo en el escenario base.

Grupo	SKU	Política / cantidad de pedido	Demanda anual (u/año)	SS (u) Z=1,65 / 95%	ROP (u)	Q* (EOQ)	Cg (CLP)
CL-Smooth	66	EOQ	205.133	3.903	9.032	3.152	2.704
CL-Erratic	15	EOQ	35.991	1.395	2.295	1.173	3.429
CL-Intermittent	528	(s, Q): s=ROP, Q=EOQ	35.580	1.335	2.225	1.557	1.924
CL-Lumpy	177	Lote por lote (sin ROP)	28.571	—	—	—	1.846
FCL-Smooth	57	EOQ	369.240	6.418	15.649	8.293	704
FCL-Erratic	60	EOQ	54.496	2.144	3.506	2.528	1.117
FCL-Intermittent	215	(s, Q): s=ROP, Q=EOQ	20.955	800	1.324	756	4.811
FCL-Lumpy	187	Lote por lote (sin ROP)	57.983	—	—	—	3.148
I-Smooth	21	EOQ	221.371	8.180	47.535	4.085	3.005
I-Erratic	7	EOQ	11.877	1.995	4.106	403	16.543
I-Intermittent	20	(s, Q): s=ROP, Q=EOQ	980	210	384	108	19.131
I-Lumpy	26	Lote por lote (sin ROP)	1.699	—	—	—	8.302

Tabla 14: *Parámetros del modelo de reposición propuesto por grupo.*

Nota: *CL-Intermittent y FCL-Smooth (grupos con tendencia) estiman su demanda como el primer valor proyectado por el modelo ARIMA (1,1,1), tratando como nivel mensual constante; la demanda anual corresponde a ese valor multiplicado por doce; el resto de los grupos utiliza su demanda promedio histórica. Los grupos Lumpy se gestionaron lote por lote, por lo que no disponen de stock de seguridad, punto de reorden ni EOQ, y quedan fuera de la comparación de parámetros con el modelo vigente; el contraste se realiza, por tanto, sobre los nueve grupos restantes.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Los resultados muestran que el punto de reorden responde de forma diferenciada a la demanda y al lead time de cada categoría. En los grupos nacionales (CL y FCL), con lead time base de 9 días, el ROP se compone de la demanda durante el lead time más el stock de seguridad, siendo la demanda durante el lead time el componente mayoritario: en FCL-Smooth, por ejemplo, los 15.649 u resultan de sumar la demanda durante el lead time (9.231 u) y el stock de seguridad (6.418 u). En contraste, los grupos importados (I), con lead time base de 64 días presentan un ROP sustancialmente mayor en relación con su demanda: I-Smooth alcanza 47.535 u —el más alto del modelo— pese a no ser el grupo de mayor demanda anual, lo que evidencia el peso del plazo de reposición prolongado sobre el inventario que se debe sostener. El stock de seguridad refuerza esta lectura: I-Smooth presenta también el más alto del modelo (8.180 u) pese a no ser el grupo de mayor variabilidad —FCL-Smooth tiene una desviación mensual superior (Anexo 27)—, porque

su lead time de 64 días amplifica el resguardo, dado que el stock de seguridad crece con la raíz del plazo de reposición.

Respecto de la cantidad de pedido, el EOQ refleja el balance entre el costo de ordenar y el de mantener: los grupos de alta demanda y bajo Cg concentran los lotes más grandes —FCL-Smooth (8.293 u, con el Cg más bajo del modelo, \$704)—, mientras que los grupos de alto Cg, como I-Erratic (\$16.543) e I-Intermittent (\$19.131), arrojan lotes reducidos (403 y 108 u), coherente con el mayor costo de inmovilizar capital en esos ítems. Esta heterogeneidad de costos dentro de una misma categoría —ítems importados de alto valor con lotes reducidos junto a otros de bajo valor y alta rotación— es consistente con el mix hacia productos de menor valor unitario y la mayor diversificación de la cartera evidenciados en el diagnóstico (Capítulo 2), y refuerza por qué un factor fijo por categoría resulta insuficiente frente a un criterio diferenciado por grupo.

5.2.5 Etapa 6: Comparación entre modelo vigente y modelo propuesto

La Tabla 15 compara el punto de reorden (ROP) y el stock de seguridad (SS) entre ambos modelos, a nivel de grupo y bajo el escenario base, según la lógica de cálculo contrastada en la Tabla 6 (Sección 4.7.6). Dado que los tres grupos Lumpy se reponen lote por lote y, por su naturaleza, no generan punto de reorden ni stock de seguridad, esta comparación se realiza sobre los nueve grupos restantes —los Smooth, Erratic e Intermittent de las categorías CL, FCL e I—, en adelante referidos como los nueve grupos comparables.

El modelo propuesto reduce el ROP en los nueve grupos, con variaciones entre -25% (I-Erratic) y -73% (FCL-Smooth). Esta reducción transversal se explica por la lógica de cálculo: el modelo vigente aplica un factor fijo por categoría sobre el consumo promedio más un stock mínimo de promedios simples, mientras que el propuesto calcula el ROP como demanda durante el lead time más un stock de seguridad estadístico ajustado a la variabilidad de cada grupo. Las mayores reducciones se concentran en los grupos Smooth —CL-Smooth (-68%) y FCL-Smooth (-73%)—, que registran además los mayores ajustes en unidades (-19.106 y -42.459 unidades), donde el factor fijo sobreestima la protección requerida. I-Smooth, a pesar de su ajuste (-36.178 unidades), muestra una variación más acotada (-43%) por su lead time más extenso.

En el stock de seguridad, en siete de nueve grupos el SS resulta inferior al stock mínimo vigente, evidenciando sobredimensionamiento del inventario de protección. La excepción son los importados de demanda irregular —I-Erratic (1.995 vs 1.296) e I-Intermittent (210 vs 124)—, donde el SS propuesto supera al vigente. Es importante destacar que I-Smooth, a pesar de compartir el lead time de 64 días con los otros grupos importados, no constituye una excepción porque su demanda es estable (patrón Smooth), con baja variabilidad relativa. En este caso, el stock mínimo vigente resulta superior a la variabilidad observada. En cambio, en I-Erratic e I-Intermittent, la mayor variabilidad de la demanda hace que el cálculo estadístico asigne un resguardo superior al que entrega el promedio simple del modelo vigente. Lo anterior evidencia que ante lead times largos y alta variabilidad el cálculo estadístico asigna mayor protección donde efectivamente se requiere, mientras que cuando la demanda es estable, incluso con lead times prolongados, el resguardo puede reducirse respecto de la lógica de promedios simples.

En conjunto, el modelo propuesto libera capital en los grupos de demanda alta y estable —donde la lógica vigente sobreprotege—. La valoración económica de estas diferencias se desarrolla en la Etapa 7.

Grupo	ROP vigente	ROP propuesto	Δ unidades	Variación %	SS propuesto vs. stock mín. vigente
CL-Smooth	28.138	9.032	-19.106	-68%	3.903 vs 18.759
CL-Erratic	4.494	2.295	-2.199	-49%	1.395 vs 2.996
CL-Intermittent	3.560	2.225	-1.335	-38%	1.335 vs 2.373
FCL-Smooth	58.108	15.649	-42.459	-73%	6.418 vs 33.205
FCL-Erratic	8.904	3.506	-5.398	-61%	2.144 vs 5.088
FCL-Intermittent	3.918	1.324	-2.594	-66%	800 vs 2.239
I-Smooth	83.713	47.535	-36.178	-43%	8.180 vs 19.697
I-Erratic	5.508	4.106	-1.402	-25%	1.995 vs 1.296
I-Intermittent	527	384	-143	-27%	210 vs 124

Tabla 15: Comparación del ROP y SS entre modelo vigente y modelo propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, como referencia descriptiva, el modelo vigente de marzo de 2026 indicaba una necesidad de compra concentrada en los grupos de mayor volumen —I-Smooth (49.234 u), FCL-Smooth (21.604 u) y CL-Smooth (18.112 u)—, calculada como la suma de requerimientos netos por SKU (Sección 4.7.7), coherente con que son los que más demanda movilizan (Tabla 13); los

grupos de baja recurrencia (CL-Erratic, I-Intermittent) muestran necesidades marginales. Esta información permite dimensionar dónde se concentraba la presión de abastecimiento al cierre del periodo de trabajo. Por corresponder a una foto puntual de marzo-2026 —dependiente del stock disponible, comprometido y en tránsito a esa fecha—, no es homologable a la ventana 2024-2025 ni comparable con el EOQ del modelo propuesto, por lo que se presenta solo como contexto operativo. El detalle por grupo se encuentra en el Anexo 26.

5.2.6 Etapa 7 (Parte 1): Valorización del capital inmovilizado

La Tabla 16 traduce las diferencias en el punto de reorden de la Tabla 15 a términos monetarios, valorizando cada grupo por su costo unitario representativo mediante $CIE = ROP \times C_g$. El capital inmovilizado estimado del modelo propuesto corresponde a \$275.995.641 frente a \$520.808.365 del modelo vigente, una diferencia valorizada de -\$244.812.724 (-47%). Esta cifra constituye una estimación potencial derivada de la lógica de cálculo, no un ahorro materializado.

La reducción se concentra en I-Smooth (-\$108.716.231), que explica cerca del 44% del total. En este caso, la reducción se explica por la brecha entre dos plazos. El modelo vigente cubre 91 días de consumo (factor 3,25), mientras que el plazo efectivo de importación es de 64 días. Aun cuando esos 64 días son el lead time más largo del modelo —y por eso I-Smooth conserva el ROP más alto de todos (47.535 u)—, siguen estando 27 días por debajo de la cobertura implícita del modelo vigente. Al tratarse de un grupo de alto volumen y costo unitario intermedio, esa diferencia de cobertura se traduce en la mayor reducción monetaria del modelo. Le siguen CL-Smooth (-\$51.667.686) y FCL-Smooth (-\$29.883.654), cuya reducción no se explica por un lead time extenso (ambos tienen 9 días) sino por el factor fijo del modelo vigente: los factores 0,5 y 0,75 equivalen a coberturas implícitas de 14 y 21 días respectivamente, muy por encima del lead time base de 9 días (Tabla 3). Al ser grupos de alto volumen, esta sobrecobertura se traduce en una gran cantidad de unidades y, por tanto, en un capital inmovilizado significativo que el modelo propuesto reduce.

En términos monetarios se confirma el patrón de la Tabla 15: el mayor sobredimensionamiento se localiza en los grupos de demanda alta y estable. Cabe distinguir magnitud relativa de absoluta: FCL-Smooth y CL-Smooth lideran en variación porcentual (-73% y -68%), pero I-Smooth, con un

-43% más acotado, concentra el mayor efecto en pesos. Los grupos importados irregulares —I-Erratic (-25%) e I-Intermittent (-27%)— presentan las menores reducciones, coherente con su menor volumen y la protección más ajustada que les asigna el modelo.

Grupo	C _g (CLP)	CIE vigente (CLP)	CIE propuesto (CLP)	Diferencia valorizada (CLP)	Variación %
CL-Smooth	\$2.704	\$76.090.639	\$24.422.953	-\$51.667.686	-68%
CL-Erratic	\$3.429	\$15.408.398	\$7.869.154	-\$7.539.244	-49%
CL-Intermittent	\$1.924	\$6.850.686	\$4.280.984	-\$2.569.702	-38%
FCL-Smooth	\$704	\$40.897.573	\$11.013.918	-\$29.883.654	-73%
FCL-Erratic	\$1.117	\$9.950.042	\$3.918.050	-\$6.031.992	-61%
FCL-Intermittent	\$4.811	\$18.849.498	\$6.371.084	-\$12.478.414	-66%
I-Smooth	\$3.005	\$251.559.239	\$142.843.008	-\$108.716.231	-43%
I-Erratic	\$16.543	\$91.120.111	\$67.932.095	-\$23.188.016	-25%
I-Intermittent	\$19.131	\$10.082.179	\$7.344.394	-\$2.737.785	-27%
TOTAL (Σ grupos)	—	\$520.808.365	\$275.995.641	-\$244.812.724	-47%

Tabla 16: Comparación de la valorización del capital inmovilizado entre el modelo vigente y el modelo propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

En conjunto, la valorización confirma que el modelo propuesto reduce de forma consistente el capital asociado al punto de reorden, liberando recursos en los grupos de alto volumen sin comprometer la cobertura en los de demanda irregular. Su robustez frente a los supuestos críticos se evalúa a continuación.

5.2.7 Etapa 7 (Parte 2): Análisis de sensibilidad

Se contrastó la amplitud de respuesta del capital inmovilizado (ΔCIE) ante variaciones en la demanda (Caso 1) frente al lead time referencial (Caso 2), manteniendo constante la variable no analizada. Los insumos y escenarios empleados se presentan en el Anexo 27 (insumos y escenarios del análisis de sensibilidad), y el desarrollo detallado por grupo se reporta en el Anexo 28 (Caso 1: sensibilidad de la demanda) y en el Anexo 29 (Caso 2: sensibilidad del lead time).

A nivel agregado, el modelo es más sensible al lead time (\$199.063.770) que a la demanda (\$83.761.796), una respuesta cercana a 2,4 veces mayor, dominante en ocho de los nueve grupos. Esto se explica por el rol multiplicativo del lead time sobre la demanda durante el periodo de aprovisionamiento y por su efecto simultáneo sobre el stock de seguridad, que también crece con

la raíz del plazo de reposición. El efecto se concentra en los grupos importados: I-Smooth (\$123.140.533), por sus plazos prolongados y alto volumen, e I-Erratic (\$51.155.078), que suma lead time extenso y alta variabilidad (Anexo 29, Caso 2). Los grupos nacionales, con plazo de 7 a 11 días, muestran amplitudes mucho menores, lo que evidencia que la exposición del modelo al lead time depende directamente del tipo de abastecimiento.

La única excepción es CL-Intermittent, donde la demanda resulta marginalmente dominante (\$1.493.777 frente a \$1.335.313 por lead time; Anexo 28, Caso 1). Esta inversión no se explica solo por ser un grupo nacional —condición que comparte con los demás CL y FCL, donde el lead time sigue dominando—, sino por la coincidencia de dos condiciones: un rango de lead time estrecho (7 a 11 días, propio de nacionales) y una amplitud relativa de demanda alta. Medida como $(P75-P25) / \text{base}$, esta amplitud alcanza 0,87 en CL-Intermittent —la mayor entre los grupos nacionales (Anexo 30)—; su desviación absoluta no es alta, pero su dispersión relativa a la base sí, de modo que con un lead time acotado variar la demanda mueve el punto de reorden más que el plazo de reposición. La mayor dispersión relativa del modelo corresponde a I-Erratic (1,04), pero al ser importado su amplio rango de lead time (17 a 76 días) lo mantiene como variable dominante.

Grupo	Δ CIE por demanda (CLP)	Δ CIE por lead time (CLP)	Variable dominante
CL-Smooth	\$5.130.804	\$8.523.892	Lead time
CL-Erratic	\$1.750.159	\$2.440.979	Lead time
CL-Intermittent	\$1.493.777	\$1.335.313	Demanda
FCL-Smooth	\$2.567.797	\$3.897.619	Lead time
FCL-Erratic	\$843.082	\$1.212.358	Lead time
FCL-Intermittent	\$1.723.675	\$1.981.277	Lead time
I-Smooth	\$32.217.661	\$123.140.533	Lead time
I-Erratic	\$36.218.645	\$51.155.078	Lead time
I-Intermittent	\$1.816.195	\$5.376.721	Lead time
TOTAL (Σ grupos)	\$83.761.796	\$199.063.770	Lead time

Tabla 17: *Análisis de sensibilidad en demanda y lead time.*

Fuente: *Elaboración propia.*

En síntesis, la robustez del modelo está condicionada principalmente por el lead time, sobre todo en grupos importados, mientras la demanda ejerce un efecto secundario y más homogéneo. Esto

refuerza la conveniencia de disponer de registros de lead time más precisos por proveedor como línea de mejora futura.

5.3 DISCUSIÓN FINAL

Se evidencia que el rediseño del modelo de reposición —basado en la clasificación del comportamiento de la demanda y el ajuste diferenciado de parámetros— genera parámetros más coherentes con el consumo observado que los del modelo vigente. El hallazgo central es que el modelo propuesto reduce el punto de reorden en los nueve grupos comparados (entre -25% y -73%; Tabla 15), al reemplazar el factor fijo por categoría y los promedios simples por la demanda esperada durante el lead time más un stock de seguridad estadístico ajustado a la variabilidad de cada grupo.

La reducción del punto de reorden, sin embargo, no es uniforme entre grupos. El ajuste se concentra en los grupos de demanda alta y estable (Smooth), donde el factor fijo sobreprotege; en cambio, en los importados de demanda irregular (I-Erratic e I-Intermittent) el cálculo estadístico asigna un stock de seguridad mayor que el vigente. El modelo, por tanto, no recorta inventario de forma transversal, sino que redistribuye la protección hacia donde el lead time y la variabilidad efectivamente la justifican, corrigiendo la lógica homogénea diagnosticada en el Capítulo 2.

En términos económicos, esta diferencia equivale a una reducción cercana al 47% del capital inmovilizado asociado al punto de reorden, concentrada en los grupos de mayor volumen. Es importante destacar que la cifra debe interpretarse con precaución, ya que corresponde a una estimación potencial derivada de la lógica de cálculo, no a un ahorro materializado, y es conceptualmente distinta del sobrestock del Capítulo 2. No obstante, ambos antecedentes apuntan en la misma dirección —la lógica vigente sostiene niveles de resguardo superiores a los que la demanda y el lead time justifican— y que el efecto se concentre en pocos grupos de alto movimiento señala donde está el mayor potencial de mejora.

El análisis de sensibilidad matiza estos resultados: el modelo es más sensible al lead time que a la demanda (cerca de 2,4 veces), especialmente en grupos importados. Su robustez depende,

entonces, de la calidad de los plazos de reposición, por lo que disponer de registros de lead time por proveedor es la mejora con mayor potencial para fortalecerlo.

En síntesis, el modelo propuesto propone una lógica de reposición más diferenciada, trazable y ajustada al comportamiento observado, que integra la clasificación de demanda $ADI - CV^2$ (Syntetos et al., 2005) con el ajuste diferenciado de parámetros críticos (Silver et al., 2017) en un proveedor tecnológico B2B del sector acuícola —contexto y articulación escasamente abordados en la literatura revisada—.

5.4 CONSIDERACIONES FINALES DEL CAPÍTULO 5

Este capítulo aplicó la metodología del Capítulo 4 sobre los datos operacionales de la bodega casa matriz, recorriendo la depuración y clasificación de la demanda, el análisis de tendencia y la revisión de peaks, la estimación de parámetros del modelo propuesto y su comparación con el modelo vigente, hasta la valorización del capital inmovilizado y el análisis de sensibilidad. Los resultados muestran un modelo de reposición más diferenciado y ajustado al comportamiento de cada grupo, cuyos alcances e interpretación quedan acotados por el carácter referencial del trabajo. Sobre esta base, el Capítulo 6 sintetiza las conclusiones, constata el logro de los objetivos y plantea las recomendaciones y líneas de trabajo futuras.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo finaliza el trabajo a partir de los resultados obtenidos en el Capítulo 5. Primero se recupera el problema central y se evalúa el cumplimiento de los objetivos (Sección 1.3.2); luego se sintetiza el enfoque y la metodología, recapitula el desarrollo de la discusión y reúne las principales conclusiones del trabajo. Finalmente, expone las limitaciones del trabajo junto a las líneas de investigación futuras, y plantea recomendaciones para ITG Chile S.A. y la contribución del estudio.

6.2 SÍNTESIS DE CONCLUSIONES

6.2.1 Problema y logro de objetivos

El problema central abordado fue que el modelo de reposición vigente de la bodega casa matriz de ITG Chile S.A. no contaba con parámetros ni criterios de cálculo lo suficientemente diferenciados y trazables para responder a las condiciones operativas derivadas de su crecimiento sostenido entre 2023 y 2025 —en ventas, proyectos, volumen de inventario y SKU gestionado—. Su lógica —factores fijos por categoría y promedios simples— no incorporaba la variabilidad de la demanda, heterogeneidad de los productos ni los lead times efectivos. En el mismo periodo, los indicadores referenciales de inventario evidenciaron acumulación de existencias y una caída en la rotación (Capítulo 2).

Frente a este problema, se desarrolló un rediseño del modelo de reposición que clasifica la demanda de forma diferenciada según su patrón ($ADI - CV^2$), estima el consumo de acuerdo con el comportamiento de cada grupo, y recalcula los parámetros críticos sobre fundamentos de gestión de operaciones, contrastando su impacto frente al modelo vigente sobre una misma base de demanda.

Sobre esta base, los resultados del Capítulo 5 permiten considerar cumplido el **objetivo general** en sus componentes verificables, ya que el rediseño ajustó la estimación de la demanda, reemplazando el promedio simple homogéneo por una estimación diferenciada por grupo (promedio histórico para los grupos sin tendencia y ARIMA (1,1,1) para CL-Intermittent y FCL-Smooth). Asimismo, recalculó los parámetros críticos —stock de seguridad estadístico, punto de reorden y cantidad de pedido según el patrón de demanda—, incorporando la variabilidad, la heterogeneidad de productos y los lead times referenciales de Adquisiciones. Respecto del propósito de fortalecer la planificación del abastecimiento, el rediseño aporta una herramienta orientada a ese fin al entregar parámetros más trazables y diferenciados. No obstante, conforme al alcance de la Sección 1.5, el resultado constituye una estimación potencial bajo supuestos referenciales y, por ende, la diferencia de -47% debe interpretarse como impacto potencial y no como ahorro materializado.

Este logro se apoya en la secuencia de cinco objetivos específicos que abarcan el diagnóstico, análisis de demanda, diseño, estimación de impacto y análisis de sensibilidad, cuyo cumplimiento se examina a continuación.

Objetivo específico 1. Se diagnosticó críticamente el modelo vigente con referencia a marzo de 2026 (Capítulo 2) identificando sus variables y lógica de cálculo —stock mínimo como máximo entre promedios de 6 y 12 meses, y punto de reorden mediante factor fijo por categoría más stock mínimo (Sección 2.2.2)—, así como sus dependencias operativas, al operar sobre un libro Excel alimentado por múltiples fuentes del ERP con actualización manual. El diagnóstico cuantificó las brechas respecto del comportamiento real: la conversión de los factores fijos a días de cobertura (Tabla 3) evidenció una sobrecobertura sistemática —91 días en importados frente a los 76 del transporte marítimo—, coherente con el deterioro de los indicadores de inventario del periodo. Estas brechas se sistematizaron en las limitaciones estructurales de la Tabla 4, lo que sustenta el carácter crítico del diagnóstico. Con ello se considera cumplido este objetivo, al haberse caracterizado el modelo vigente y cuantificado sus brechas respecto del comportamiento real de la demanda.

Objetivo específico 2. Se analizó el comportamiento histórico de la demanda cruzando categoría operacional y patrón de consumo. Mediante los indicadores $ADI - CV^2$ (Syntetos et al., 2005), los 1.588 SKU depurados se clasificaron en cuatro patrones (Tabla 8) y se organizaron en 20 grupos según categoría (Tabla 9); el hallazgo de que dentro de una misma categoría conviven los cuatro patrones evidenció que la categoría por sí sola no determina el comportamiento de consumo. La regresión lineal simple por grupo (Tabla 10) identificó la tendencia, resultando estadísticamente significativa solo en CL-Intermittent y FCL-Smooth. Finalmente, la revisión de peaks (Etapa 4) distinguió el consumo recurrente de los movimientos no representativos: en CL-Intermittent los aumentos se concentraban en pocos centros de arriendo y proyectos puntuales —lo que motivó su depuración—, mientras que en FCL-Smooth se repartían entre numerosos centros recurrentes, por lo que se conservó la serie completa. Así se identificaron la variabilidad, la tendencia y los movimientos no representativos señalados en el objetivo. A partir de esta clasificación, y una vez excluidas las categorías sin lógica de reposición por compra, el universo de desarrollo quedó

conformado por 1.379 SKU agrupados en 12 grupos de comportamiento, base sobre la cual se realizó el resto del trabajo. De este modo, se considera cumplido este objetivo.

Objetivo específico 3. Se diseñó el modelo propuesto ajustando sus parámetros sobre fundamentos de gestión de operaciones: stock de seguridad estadístico ($z = 1,65$), punto de reorden como demanda durante el lead time más dicho stock, y cantidad de pedido diferenciada por patrón —EOQ para Smooth y Erratic, política (s,Q) para Intermittent y lote por lote para Lumpy (Silver et al., 2017; Jacobs & Chase, 2018)—, con el costo de mantener derivado de Ballou (2004). La decisión central fue diferenciar la política de reposición según el patrón de demanda de cada grupo, en contraste con la lógica homogénea del modelo vigente: así, los grupos de demanda estable y frecuente se gestionan por cantidad económica de pedido, mientras que los de demanda intermitente o esporádica se rigen por políticas de revisión continua o reposición bajo requerimiento, evitando inmovilizar capital donde el consumo no lo justifica. El diseño se ajustó, además, a las restricciones de información: estimación a nivel de grupo ante la insuficiente granularidad por SKU, lead times referenciales por categoría ante la falta de registros por proveedor, y costos estimados desde la información contable 2025 por no existir un cálculo formal. Estas restricciones definen el carácter referencial del diseño y acotan el nivel de sus resultados al de grupo de comportamiento. Los parámetros por grupo (Tabla 14) y su contraste con el modelo vigente (Tabla 6) materializan el rediseño, por ende, este objetivo se encuentra cumplido.

Objetivo específico 4. Se estimó el impacto potencial del modelo propuesto frente al vigente, a nivel de grupo y sobre la ventana 2024-2025, tomando como variable principal el punto de reorden valorizado como capital inmovilizado. El ROP se redujo en los nueve grupos comparables (entre -25% y -73%; Tabla 15) y el capital inmovilizado estimado bajó un 47%, de 520,8 a 276,0 millones de pesos (Tabla 16), expresándose en unidades, variación porcentual y valor monetario. Esta reducción proviene de recalcular el punto de reorden sobre la demanda durante el lead time más un stock de seguridad estadístico, fijando como referencia metodológica un nivel de servicio del 95% ($z = 1,65$) —supuesto adoptado ante la ausencia de una política formal por parte de la empresa—, frente a los factores fijos del modelo vigente; representa, por tanto, capital potencialmente liberable bajo los supuestos del trabajo y no un ahorro verificado en operación. El contraste indicativo del stock de seguridad con el stock mínimo vigente mostró un SS menor en

siete de nueve grupos, salvo en los importados irregulares (I-Erratic, I-Intermittent), donde el cálculo estadístico asigna mayor protección por su lead time y variabilidad. La cantidad sugerida a comprar se incorporó sólo como referencia descriptiva (Anexo 26), no homologable. Así, este objetivo es cumplido en su formulación —estimar el impacto potencial del rediseño—, entendido como diferencia paramétrica bajo supuestos referenciales y no como un ahorro efectivamente materializado.

Objetivo específico 5. Se evaluó la sensibilidad del modelo mediante un análisis de sensibilidad de sus dos supuestos críticos, aislando cada uno: la demanda (percentiles 25 y 75) con lead time fijo, y el lead time (rangos por categoría) con demanda fija. El capital inmovilizado resultó cercano a 2,4 veces más sensible al lead time (\$199,1 millones) que a la demanda (\$83,8 millones), dominante en ocho de nueve grupos y concentrado en los importados por sus plazos prolongados (Tabla 17). La excepción fue CL-Intermittent, donde la demanda domina marginalmente por combinar un rango de lead time estrecho con alta dispersión relativa (Anexo 30). De este modo, el análisis confirmó que los parámetros responden de forma interpretable a ambas variaciones e identificó al lead time como principal factor de exposición. De esta manera se cumple este objetivo, caracterizando la sensibilidad del modelo ante variaciones de sus supuestos e identificando al lead time —especialmente en los grupos importados— como su principal factor de exposición.

6.2.2 Enfoque y metodología seguidos

El trabajo adoptó un enfoque mixto de predominio cuantitativo complementando con información cualitativa de entrevistas y validaciones con las áreas de Supply Chain, Control de Gestión y Adquisiciones. Se estructuró como un estudio de caso aplicado, de carácter descriptivo-evaluativo, centrado en la bodega casa matriz de ITG Chile S.A. y orientado a rediseñar una herramienta concreta de reposición, antes que a generar conocimiento generalizable. Este diseño resultó adecuado para un problema operativo y acotado a una empresa, donde el valor estaba en mejorar una herramienta real bajo sus propias restricciones de información. El predominio cuantitativo se justifica porque el rediseño se basa en parámetros calculables —demanda, variabilidad, lead time y costos—, mientras que la componente cualitativa fue necesaria para interpretar la lógica del modelo vigente y validar supuestos que los datos por sí solos no revelaban.

A su vez, el rediseño se genera bajo la lógica AS-IS/TO-BE, siendo el diagnóstico del Capítulo 2 la representación del modelo vigente (AS-IS) y el modelo propuesto la situación rediseñada (TO-BE), marco que permitió contrastar de forma estructurada el “antes” y el “después” sobre una misma base.

La metodología se desarrolló en siete etapas secuenciales e iterativas: diagnóstico de la situación actual; depuración y estructuración de los datos del ERP Laudus; clasificación de la demanda mediante ADI y CV^2 (Syntetos et al., 2005); análisis de tendencia por regresión lineal y revisión de peaks; estimación de la demanda y cálculo de parámetros críticos; diseño y comparación del modelo propuesto frente al vigente; y valorización del capital inmovilizado con el análisis de sensibilidad. El rigor se resguardó recalculando ambos modelos sobre la misma serie agregada por grupo y la misma ventana 2024-2025, aislando los ajustes manuales de stock y aplicando un mismo costo representativo, de modo que las diferencias reflejaran solo la lógica de cálculo. La replicabilidad se sustentó en un cálculo determinístico con supuestos explícitos, implementado en un notebook de Python/Colab. Cabe destacar que la fase más compleja y demandante del proceso no fue el cálculo de los parámetros —de naturaleza esencialmente aplicada una vez definida la base—, sino la construcción de dicha base: establecer los criterios de depuración exigió comprender la lógica operativa de ITG Chile S.A. e identificar inconsistencias y filtros no documentados, que fueron emergiendo a medida que se profundizaba en las fuentes del ERP. Este carácter iterativo resultó determinante para la validez de los resultados, dado que estos dependen directamente de la calidad de la base sobre la que se calculan.

6.2.3 Desarrollo de la discusión

La discusión evidenció que el modelo propuesto mejora dos aspectos que el modelo vigente trataba homogéneamente —la estimación de la demanda (diferenciada por grupo mediante promedio histórico, ARIMA y depuración de movimientos no representativos) y el cálculo de parámetros (ROP basado en demanda durante el lead time y stock de seguridad estadístico, en vez del factor fijo)—. De ello resultan parámetros más coherentes con el comportamiento histórico de cada grupo.

El punto de reorden se redujo en los nueve grupos comparados (entre -25% y -73%). Lo más relevante es que esta reducción no es uniforme, ya que redistribuye la protección, disminuyendo en los grupos de alta demanda y estable —donde el factor fijo sobreprotege— y aumentando en los importados de demanda irregular, donde el lead time prolongado y la variabilidad la justifican. Esta reasignación, no obstante, debe matizarse, ya que la menor protección en los grupos estables se sostiene en el supuesto de un nivel de servicio del 95% y en la calidad de la demanda estimada, por lo que su validez depende de que esos supuestos se cumplan en la operación real, aspecto que este trabajo no evaluó.

Estos hallazgos dialogan con las brechas identificadas en el estado del arte (Sección 3.2.6). Frente a la brecha empírica, el trabajo aporta evidencia sobre un proveedor tecnológico B2B del sector acuícola chileno, escasamente documentado. Se confirma en un caso concreto lo observado por Bacchetti y Sacconi (2012), en cuanto a que las organizaciones medianas suelen operar con criterios simples y juicio experto en lugar de metodologías formalizadas. Respecto de la brecha metodológica, el modelo integra la clasificación de demanda con el ajuste de parámetros en una herramienta aplicada sobre datos transaccionales de ERP, respondiendo a la fragmentación entre pronóstico e inventario advertida por Goltsos et al. (2022). En relación con la brecha teórico-aplicada, el rediseño articula en un mismo caso la clasificación de Syntetos et al. (2005) y el ajuste diferenciado de parámetros, fundamentos antes desarrollados por separado. Finalmente, el análisis de sensibilidad mostró que el modelo es más sensible al lead time que a la demanda (cerca de 2,4 veces), sobre todo en los grupos importados, cuyos plazos no solo son más largos sino considerablemente más variables (un rango operativo de 17 a 76 días, frente a 7 a 11 días de los nacionales) lo que aporta evidencia empírica a la advertencia de Ben-Ammar et al. (2022) sobre la insuficiente atención prestada a la incertidumbre del lead time. En términos prácticos, esto implica que el mayor margen de mejora para ITG Chile S.A. no está en perfeccionar los pronósticos de demanda, sino en registrar y gestionar los plazos de reposición, lo que sugiere concentrar los esfuerzos en el seguimiento de tiempos por proveedor y en la revisión de las condiciones de transporte y nacionalización.

6.2.4 Principales conclusiones

1. **La lógica homogénea del modelo vigente resulta inadecuada para un portafolio heterogéneo.** El factor fijo por categoría y los promedios simples sobreprotegen a los grupos de demanda alta y estable, mientras que subprotegen, a nivel de stock de seguridad, a los importados de demanda irregular, lo que confirma el diagnóstico del Capítulo 2. Esta conclusión se sustenta en la comparación entre modelos (Tabla 15): el stock de seguridad propuesto resultó menor al stock mínimo vigente en siete de nueve grupos —con las mayores reducciones de punto de reorden en los Smooth (hasta -73%)—, mientras que en los importados irregulares (I-Erratic, I-Intermittent) el cálculo estadístico asignó mayor protección que el modelo vigente.
2. **El aporte del rediseño no es reducir inventario, sino asignar la protección según el riesgo efectivo de cada grupo.** La clasificación por patrón de demanda ($ADI - CV^2$) combinada con el ajuste diferenciado de parámetros entrega un punto de reorden y un stock de seguridad más coherentes con el comportamiento de cada grupo que el factor fijo del modelo vigente: la justificación está en la dirección no uniforme del ajuste, debido a que el modelo disminuye la protección donde la demanda es predecible y la aumenta donde el lead time prolongado y la variabilidad lo exigen (Tabla 15). Esa reasignación según el riesgo —y no la reducción de inventario en sí— constituye el resultado central.
3. **El portafolio es heterogéneo, lo que justifica emplear criterios diferenciados en lugar de un único factor por categoría.** Esta heterogeneidad es coherente con el contexto de crecimiento de la organización descrito en el Capítulo 2 —marcado por la incorporación de nuevos productos y proyectos entre 2023 y 2025—, un escenario en el que un factor fijo único difícilmente captura la diversidad de comportamientos de demanda. Una fracción reducida de productos de demanda frecuente concentra la mayor parte del volumen, mientras que un gran número de productos de baja recurrencia aporta volúmenes marginales. Los grupos Smooth reúnen el 76,4% del volumen despachado con solo el 10,4% de los SKU, frente a los Intermittent, que concentran el 55,3% de los SKU, pero apenas el 4,6% del volumen (Sección 5.2.2). A ello se suma que dentro de una misma categoría conviven los cuatro patrones de demanda (Tabla 9), lo que evidencia que la

categoría por sí sola no determina el comportamiento de consumo y refuta la base del factor fijo vigente.

4. **En términos económicos, el rediseño implica una reducción cercana al 47% del capital inmovilizado asociado al punto de reorden.** Conceptualmente, un punto de reorden más bajo en los grupos sobreprotegidos se traduce en un menor nivel de inventario objetivo y, con ello, en capital de trabajo que quedaría disponible para otros usos —un efecto especialmente relevante en una fase de crecimiento, donde la liberación de caja tiene alto valor—. Esta reducción se concentra en pocos grupos de alto movimiento —principalmente los de patrón Smooth, tanto nacionales como importados estables (Tabla 16)—, coherente con que son los que más demanda movilizan. Conforme al alcance de la Sección 1.5, se trata de una estimación potencial derivada de la lógica de cálculo y no de un ahorro materializado tras una implementación real.
5. **La principal fuente de sensibilidad del modelo es el lead time.** El análisis de sensibilidad mostró una respuesta del capital inmovilizado cercana a 2,4 veces mayor ante variaciones en el lead time que en la demanda, concentrada en los grupos importados por sus plazos más largos y, sobre todo, más variables (Tabla 17). En consecuencia, la calidad de los plazos de reposición —y su registro por proveedor— constituye el factor crítico para fortalecer los resultados del modelo.

En conjunto, el trabajo ilustra que, en un contexto de crecimiento organizacional, la heterogeneidad del portafolio vuelve insuficientes los criterios homogéneos y hace necesaria una parametrización diferenciada por comportamiento. En este sentido, el rediseño constituye una respuesta a las tensiones de reposición que emergen en una fase de expansión.

6.3 LIMITACIONES Y FUTURAS PROPUESTAS

Los resultados deben interpretarse dentro de las limitaciones del estudio declaradas en la Sección 1.5.4, por lo que este apartado retoma aquellas que más condicionaron la interpretación de los resultados. La principal es su carácter referencial, la cual corresponde a una validación potencial de parámetros calculados sobre datos históricos y no a una medición posterior a una implementación real, por lo que no permite afirmar una reducción efectiva de sobrestock ni una mejora de rotación. A ello se suma la validez externa acotada propia de un estudio de caso único,

cuyos resultados describen la bodega casa matriz bajo supuestos referenciales y no son generalizables a otras unidades o empresas.

En esta misma línea, la comparación entre modelos se circunscribió al punto de reorden, el stock de seguridad y el capital inmovilizado, sin evaluar el nivel de servicio efectivo del modelo vigente. En consecuencia, la reducción del capital inmovilizado no debe interpretarse como una mejora neta de servicio: el modelo propuesto fija un nivel de servicio del 95% como referencia, pero no se contrastó el desempeño real de ambos modelos en términos de cobertura o quiebres de stock.

Asimismo, la empresa gestiona bajo demanda un conjunto de productos de alto valor que quedan, conceptualmente, fuera de un modelo de reposición regular; sin embargo, al no disponer del listado específico de dichos ítems, no fue posible descontarlos explícitamente del universo, por lo que pueden permanecer dentro de los grupos modelados e introducir ruido puntual en la estimación, especialmente en los patrones de baja frecuencia.

La construcción de la base de análisis se apoyó en criterios de depuración derivados de la interpretación de la lógica operativa de ITG Chile S.A. y del juicio de la investigadora, ante la ausencia de una definición formal y documentada de dichos criterios por parte de la empresa. Si bien cada decisión se justificó y se aplicó de manera consistente, esta dependencia de criterios contruidos durante el propio proceso introduce un grado de subjetividad y condiciona la reproducibilidad exacta de la base por terceros.

En cuanto a los datos, la confiabilidad de la información del ERP Laudus condiciona la fiabilidad de los parámetros, dado que las diferencias entre stock físico y stock en sistema —evidenciadas por la frecuencia variable de los inventarios generales y el aumento de los ajustes durante el periodo— afectan la precisión del stock disponible usado como insumo. A eso se añaden la estimación a nivel de grupo y no por SKU, justificada porque la granularidad mensual sobre un horizonte acotado de 24 meses no permite parámetros robustos por producto, y el tratamiento de la demanda bajo una lógica independiente, al no poder identificarse masivamente los productos con recetas de fabricación.

Respecto de los supuestos, el modelo emplea lead times y costos referenciales ante la ausencia de registros históricos estructurados y de un cálculo formal en la empresa; adopta un nivel de servicio del 95% como supuesto metodológico y no como política formal; y aplica una depuración de peaks que, aunque documentada, implica decisiones de exclusión que condicionan los resultados.

De estas limitaciones se derivan las principales líneas de trabajo futuro. La más relevante es validar el modelo en operación real: medir su desempeño tras una implementación efectiva permitiría contrastar las estimaciones potenciales con resultados observados y superar el carácter referencial del trabajo. Asimismo, a medida que se disponga de mayor granularidad y horizonte de datos, sería posible refinar la estimación hacia el nivel de SKU y vincular los productos con sus recetas de fabricación para incorporar adecuadamente la demanda dependiente. Estas líneas se complementan con las mejoras operativas que la empresa debería implementar —registros de lead time por proveedor, control de inventario cíclico y una política formal de nivel de servicio—, desarrolladas en las recomendaciones (Sección 6.4). En el plano disciplinar, una línea de interés es replicar el modelo propuesto en otros distribuidores B2B con portafolios heterogéneos, como el sector minero, forestal o de salud, con el fin de contrastar si las condiciones de generalización identificadas son replicables en otros contextos industriales. Esta replicación permitiría determinar si la agrupación cruzada entre categoría operacional y patrón de demanda es una decisión específica del caso de estudio, contexto acuícola o necesidad estructural de empresas B2B en crecimiento con portafolios heterogéneos. Complementariamente, dado que el modelo asume normalidad en el cálculo del stock de seguridad ($z = 1,65$), una extensión futura relevante sería evaluar su desempeño bajo demanda estocástica con distribuciones no normales —condición más frecuente en patrones Lumpy e Intermittent—, aspecto que excede el alcance del presente trabajo.

6.4 RECOMENDACIONES / CONTRIBUCIÓN

En la práctica, se recomienda a ITG Chile S.A. adoptar la parametrización por grupo de comportamiento como base de su modelo de reposición, en reemplazo del factor fijo por categoría, por entregar criterios más trazables y ajustados a la demanda. Dado que la sensibilidad evidenció el peso del lead time, se recomienda priorizar la construcción de registros de plazo de reposición por proveedor, así como formalizar una política de nivel de servicio diferenciada por criticidad o patrón de demanda. Conviene, además, fortalecer la regularidad de los inventarios generales para

reducir las diferencias entre el stock físico y el registrado en sistema, de las que dependen los parámetros del modelo. Asimismo, se recomienda elaborar un registro que distinga los productos de demanda dependiente —asociados a fabricación— de los de demanda independiente, de modo de aplicar a cada uno la lógica de reposición acorde a su comportamiento, superando el tratamiento homogéneo al que obligó la falta de esta información. En el plano técnico, conviene automatizar la integración de los datos desde el ERP —por ejemplo, mediante rutinas en Python como las empleadas en este trabajo—, reduciendo la dependencia de la actualización manual y los vínculos externos que hoy debilitan la herramienta. En cuanto al plan de implementación y monitoreo, se sugiere una secuencia en tres fases. En una primera fase de piloto (0-3 meses), aplicar los parámetros propuestos a los grupos CL-Smooth y FCL-Smooth, que concentran el 76,4% del volumen despachado, registrando quiebres de stock y niveles de inventario real para contrastarlo con los parámetros calculados. En una segunda fase de evaluación (3-6 meses), comparar el desempeño observado con las estimaciones del modelo, ajustando el nivel de servicio asumido ($z = 1,65$) si los quiebres superan el 5% de las órdenes, y refinando los lead times referenciales con datos reales por proveedor. En una tercera fase de extensión (6-12 meses), incorporar progresivamente los grupos restantes, priorizando los importados irregulares (I-Erratic, I-Intermittent) por ser los de mayor sensibilidad al lead time. Como indicadores de monitoreo continuo se sugieren los siguientes: rotación de inventario y tasa de quiebre de stock por grupo, y desviación entre lead time referencial y el lead time real del proveedor.

En el plano de la contribución, el estudio integra la clasificación de patrones de demanda con el ajuste diferenciado de parámetros críticos en un modelo aplicado, trazable y operativamente mantenible, articulando fundamentos que la literatura suele abordar por separado. A diferencia del modelo vigente —construido sobre una planilla frágil, dependiente de vínculos externos y de actualización manual—, el modelo propuesto se implementó como un procedimiento determinístico de supuestos explícitos, lo que lo hace auditable y actualizable, atendiendo directamente la fragilidad técnica diagnosticada en el Capítulo 2. Aporta, asimismo, evidencia en un contexto escasamente documentado —un proveedor tecnológico B2B de la industria acuícola chilena con demanda heterogénea y restricciones de información—, mostrando cómo segmentar y parametrizar el inventario en una organización en crecimiento. De este modo, el trabajo ofrece a ITG Chile S.A. una herramienta de apoyo a la decisión de reposición cuyos parámetros son más

trazables y están mejor ajustados al comportamiento de cada grupo y, a la vez, una base metodológica replicable para casos de similares características.

Las condiciones bajo las cuales este modelo propuesto sería replicable en otros contextos son: contar con un portafolio heterogéneo con coexistencia de los cuatro patrones dentro de una misma categoría operacional, horizonte de datos insuficiente para parametrizarlo a nivel de SKU individual, ausencia de política formal de nivel de servicio, y presencia de peaks asociados a proyectos o clientes puntuales que distorsionan los promedios simples. Estas condiciones caracterizan a distribuidores B2B medianos en contextos de crecimiento, más allá del sector acuícola específico.

El trabajo se posiciona respecto a Syntetos et al. (2005) y Silver et al. (2017) de una manera específica, debido a que no los extiende teóricamente, sino que los articula en un modelo aplicado donde la clasificación de la demanda de Syntetos et al. (2005) alimenta directamente el diseño de parámetros de reposición de Silver et al. (2017). En este sentido, Syntetos et al. (2005) proponen la clasificación $ADI - CV^2$ para seleccionar el estimador de demanda más preciso —Croston, EWMA o la aproximación Syntetos-Boylan— y sus reglas de corte ($ADI = 1,32; CV^2 = 0,49$) están derivadas de la comparación de errores cuadráticos medios entre estimadores, no de su vínculo con parámetros de reposición. Por su parte, Silver et al. (2017) proveen el marco normativo para calcular SS, ROP y EOQ según el comportamiento de la demanda, pero asumen que la clasificación ya está resuelta. Ante ello, la contribución de este trabajo consiste en cerrar esta brecha al tomar la clasificación de Syntetos et al. como insumo directo para asignar políticas diferenciadas de reposición (EOQ para Smooth y Erratic, política (s, Q) para Intermittent, lote por lote para Lumpy) sobre series agregadas por grupo, incorporando además una etapa de depuración de peaks previa a la estimación —ausente en ambos marcos originales— para evitar que movimientos puntuales distorsionen los parámetros.

REFERENCIAS

- Babai, M. Z., Ali, M. M., Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2013). Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA (0,1,1) demand: Theory and empirical analysis. *International Journal of Production Economics, Focusing on Inventories: Research and Applications*, 143(2), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.004>
- Bacchetti, A., & Saccani, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega, Special Issue on Forecasting in Management Science*, 40(6), 722–737. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008>
- Ballou, R. H. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro* (5ª ed.). Pearson Educación.
- Barros, J., Cortez, P., & Carvalho, M. S. (2021). A systematic literature review about dimensioning safety stock under uncertainties and risks in the procurement process. *Operations Research Perspectives*, 8, 100192. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2021.100192>
- Barton, J. R., Baeza-González, S., Hopp, J. Z., & Román, Á. (2023). Neostructural innovation and directionality in Chilean salmon aquaculture. *Marine Policy*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105518>
- Ben-Ammar, O., Dolgui, A., Hnaien, F., & Ould-Louly, M.-A. (2022). Supply planning and inventory control under lead time uncertainty: A literature review and future directions. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 2749–2754. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.138>
- Chávez, C., Dresdner, J., Figueroa, Y., & Quiroga, M. (2019). Main issues and challenges for sustainable development of salmon farming in Chile: A socio-economic perspective. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 403–421. <https://doi.org/10.1111/raq.12338>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación* (5ª ed.). Pearson Educación.
- Corella-Parra, L. M., & Olea-Miranda, J. (2023). Desarrollo de un sistema de control de inventario para una empresa comercializadora de sistemas de riego. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 24(1). <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2023.24.1.006>

- Demiray Kırmızı, S., Ceylan, Z., & Bulkan, S. (2024). Enhancing Inventory Management through Safety-Stock Strategies—A Case Study. *Systems*, 12(7), 260. <https://doi.org/10.3390/systems12070260>
- Doszyń, M., & Dudek, A. (2024). Outliers in intermittent demand forecasting. *Procedia Computer Science*, 28th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2024), 246, 4114–4122. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.250>
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56509-4>
- Goltsos, T. E., Syntetos, A. A., Glock, C. H., & Ioannou, G. (2022). Inventory – forecasting: Mind the gap. *European Journal of Operational Research*, 299(2), 397–419. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.040>
- Heinecke, G., Syntetos, A. A., & Wang, W. (2013). Forecasting-based SKU classification. *International Journal of Production Economics, Focusing on Inventories: Research and Applications*, 143(2), 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.11.020>
- Iyer, K. N. S., Germain, R., & Claycomb, C. (2009). B2B e-commerce supply chain integration and performance: A contingency fit perspective on the role of environment. *Information & Management*, 46(6), 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.im.2009.06.002>
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management* (Fifteenth edition). McGraw-Hill Education.
- Kalchschmidt, M., Zotteri, G., & Verganti, R. (2003). Inventory management in a multi-echelon spare parts supply chain. *International Journal of Production Economics, Proceedings of the Eleventh International Symposium on Inventories*, 81–82, 397–413. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00284-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00284-0)
- Kaya, G. O., Sahin, M., & Demirel, O. F. (2020). Intermittent demand forecasting: A guideline for method selection. *Sāadhanā*, 45(1), 51. <https://doi.org/10.1007/s12046-020-1285-8>
- Kiymaz, H., Haque, S., & Choudhury, A. A. (2024). Working capital management and firm performance: A comparative analysis of developed and emerging economies. *Borsa Istanbul Review*, 24(3), 634–642. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2024.03.004>

- Parada Gutiérrez, Ó. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de Administración*, 22(38), 169–187.
- Poblete, E. G., Drakeford, B. M., Ferreira, F. H., Barraza, M. G., & Failler, P. (2019). The impact of trade and markets on Chilean Atlantic salmon farming. *Aquaculture International*, 27(5), 1465–1483. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00400-7>
- Rožanec, J. M., Fortuna, B., & Mladenčić, D. (2022). Reframing Demand Forecasting: A Two-Fold Approach for Lumpy and Intermittent Demand. *Sustainability*, 14(15), 9295. <https://doi.org/10.3390/su14159295>
- Saltelli, A. (Ed.). (2004). *Sensitivity analysis in practice: A guide to assessing scientific models* (Reprinted). Wiley.
- Seyedan, M., Mafakheri, F., & Wang, C. (2023). Order-up-to-level inventory optimization model using time-series demand forecasting with ensemble deep learning. *Supply Chain Analytics*, 3, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100024>
- Sfiris, D. S., & Koulouriotis, D. E. (2025). A New Approach to Forecast Intermittent Demand and Stock-Keeping-Unit Level Optimization for Spare Parts Management. *Applied Sciences*, 15(22), 12030. <https://doi.org/10.3390/app152212030>
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). *Inventory and production management in supply chains* (Fourth edition, first issued in paperback). CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Syntetos, A. A., Boylan, J. E., & Croston, J. D. (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 56(5), 495–503. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601841>
- Tian, X., Wang, H., & Erjiang, E. (2021). Forecasting intermittent demand for inventory management by retailers: A new approach. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 62, 102662. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102662>
- Valenzuela-Cobos, A., Vera-Cabanilla, B., Castillo-Heredia, L., & Valenzuela-Cobos, J. (2025). Industry 4.0 in logistics management in Latin America: A bibliometric review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 18(1), 115–129. <https://doi.org/10.3926/jiem.8147>

Van der Auweraer, S., & Boute, R. (2019). Forecasting spare part demand using service maintenance information. *International Journal of Production Economics*, 213, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.015>

Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory econometrics: A modern approach* (Sixth edition, student edition). Cengage Learning.

Zanlungo, J. P., Katz, J., & Araya, C. A. (2015). Servicios intensivos en conocimiento en la industria salmonera chilena. *IDB Publications*. (Chile). <https://doi.org/10.18235/00000027>

Zhang, S., Huang, K., & Yuan, Y. (2021). Spare Parts Inventory Management: A Literature Review. *Sustainability*, 13(5), 2460. <https://doi.org/10.3390/su13052460>

ANEXOS

Mes	Salidas de bodega 2024 (unidades)	Salidas de bodega 2025 (unidades)	% Variación
enero	58712	96923	65%
febrero	62136	113167	82%
marzo	73007	114776	57%
abril	64951	134141	107%
mayo	94763	96488	2%
junio	62859	105974	69%
julio	86677	98308	13%
agosto	63562	74650	17%
septiembre	54472	91861	69%
octubre	76015	82270	8%
noviembre	86981	73285	-16%
diciembre	68535	93468	36%
Total general	852670	1175311	38%

Anexo 1: Detalle mensual de unidades despachadas desde bodega casa matriz (2024-2025).

Fuente: Elaboración propia a partir del sistema ERP Laudus de ITG Chile S.A.

Periodo	SKU con existencia física (Bodega Casa Matriz)	% Crecimiento
2023	931	(-)
2024	1.176	26,3%
2025	1.477	25,6%
% Crecimiento Bodega Casa Matriz (2023 a 2025)		59,0%

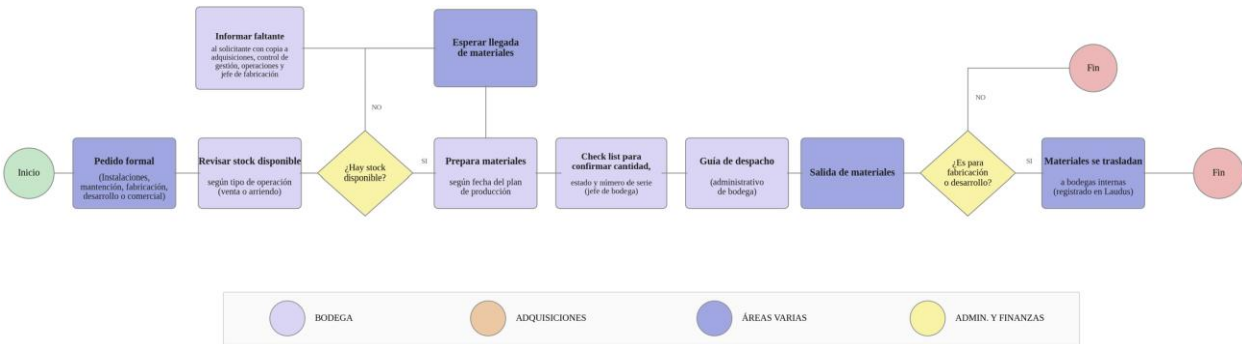
Anexo 2: Detalle anual de SKU activos con stock en bodega casa matriz en 2023-2025.

Fuente: Elaboración propia a partir del sistema ERP Laudus de ITG Chile S.A.

Periodo	Fecha de inventario general Bodega Casa Matriz (2023-2026)	Ajustes de inventario Bodega Casa Matriz (2023-2026)
2023	01/03/2023	02/07/2023
	20/09/2023	(-)
	31/12/2023	(-)
Total	3	1
2024	30/07/2024	14/12/2024
Total	1	1
2025	28/05/2025	26/06/2025
	12/10/2025	25/09/2025
	17/10/2025	01/10/2025
	(-)	08/10/2025
	(-)	09/10/2025
	(-)	13/10/2025
	(-)	17/10/2025
	(-)	30/10/2025
	(-)	03/11/2025
	(-)	21/11/2025
	(-)	01/12/2025
	(-)	04/12/2025
	(-)	09/12/2025
	(-)	16/12/2025
	(-)	23/12/2025
	(-)	26/12/2025
Total	3	16

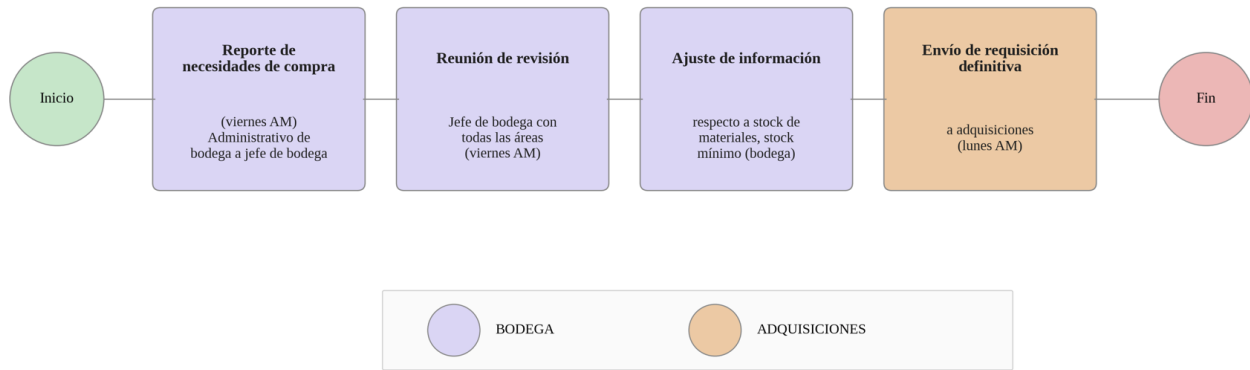
Anexo 3: Fecha de inventarios generales y ajustes de inventario en bodega casa matriz para el periodo 2023-2025.

Fuente: Elaboración propia a partir del sistema ERP Laudus de ITG Chile S.A.



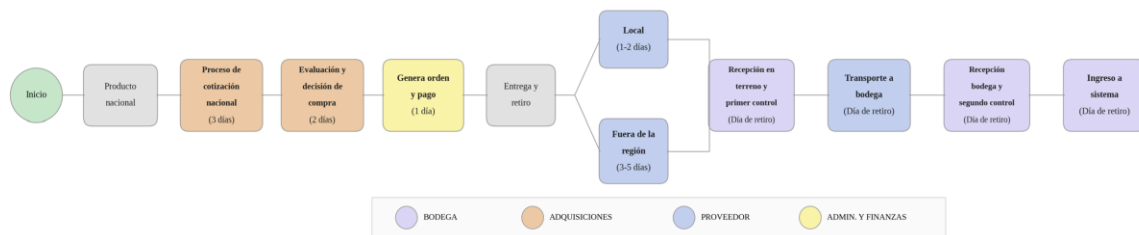
Anexo 4: Diagrama del flujo operativo de salida de materiales desde bodega casa matriz.

Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso de compras, ITG Chile S.A.



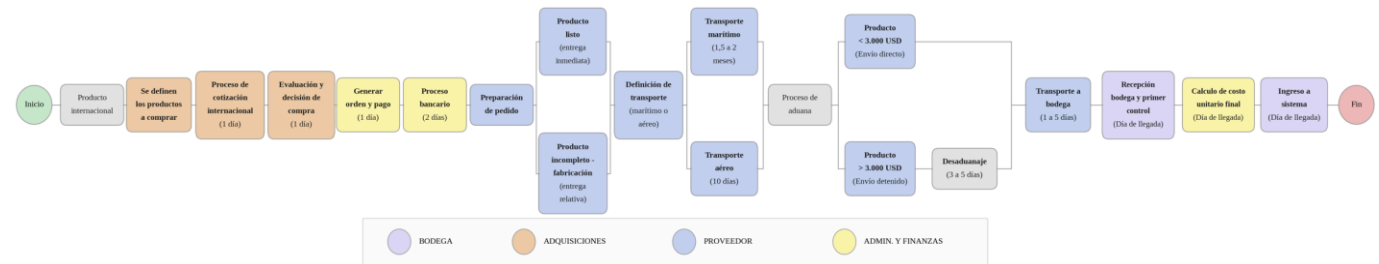
Anexo 5: Diagrama del flujo operativo de abastecimiento vigente durante el periodo 2023-2025.

Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso de compras, ITG Chile S.A.



Anexo 6: Flujo de abastecimiento de productos nacionales.

Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso de compras, ITG Chile S.A.



Anexo 7: Flujo de abastecimiento de productos internacionales.

Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento del proceso de compras, ITG Chile S.A.

Categoría	Glosa	Factor	Cantidad de semanas (consumo)
CL	Productos nacionales	0,5	2 semanas
F1, FCL y FF	Productos de fabricación	0,75	3 semanas
I	Productos importados	3,25	13 semanas
SERVICIOS	Servicios	(-)	(-)
N/A	Productos no clasificados	(-)	(-)

Anexo 8: Factores utilizados para el cálculo del punto de reorden en el modelo vigente.

Fuente: Elaboración propia con base en modelo de reposición de ITG Chile S.A.

Tipo de fuente	Fuente / informante	Uso metodológico
Primaria cuantitativa	Informe mensual por centro de costo extraído desde Laudus ERP	Fuente principal para estimar la demanda histórica, debido a que permite identificar salidas asociadas a la bodega casa matriz.
Primaria cuantitativa	Maestro de productos	Permite vincular cada SKU con su código, descripción y categoría operacional, facilitando la segmentación del inventario.
Primaria cuantitativa	Modelo de reposición vigente en Excel, marzo 2026	Se utiliza como línea base para comparar los parámetros del modelo vigente con los resultados del modelo propuesto.
Primaria cuantitativa/cualitativa	Lead times referenciales por categoría	Permiten incorporar tiempos de reposición nacionales e internacionales ante la ausencia de registros históricos por SKU.
Primaria cualitativa	Área de Supply Chain	Aporta información sobre la lógica del modelo vigente, criterios de cálculo, estructura del maestro de productos y restricciones operativas.
Primaria cualitativa	Área de Control de Gestión	Contribuye a validar la clasificación de productos nuevos y de arriendo, además de identificar productos asociados a la bodega casa matriz.
Primaria cualitativa	Área de Adquisiciones	Entrega plazos referenciales de reposición nacional e internacional, utilizados para definir lead times por categoría de abastecimiento.
Primaria cuantitativa	Libro Mayor de enero-diciembre 2025	Fuente contable utilizada para identificar y estimar costos asociados al mantenimiento de inventario, preparación de órdenes de compra y otros componentes del costo referencial del modelo.
Primaria cuantitativa	Estado de situación financiera (balance) 2025	Fuente contable utilizada para estimar intereses bancarios y la deuda bancaria promedio.
Secundaria	Literatura académica revisada en el Capítulo 3	Sustenta los métodos de estimación de demanda, segmentación de inventario, clasificación ADI-CV ² y cálculo de parámetros.

Anexo 9: Fuentes de información utilizadas en el estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Código	Glosa	Motivo de exclusión
1	Consumo de insumos que se transforman.	Corresponde a consumos asociados a transformación o fabricación, no a salida regular de reposición
2	Ingresos a bodega.	Representa entrada de productos, no demanda o consumo
3	Ajuste de inventario.	Corresponde a correcciones de stock, no a consumo operacional
33, 34 y 61	Casa comercial/publicidad.	Se asocia a movimientos no vinculados directamente con reposición estándar de bodega
50	Insumos taller.	Corresponde a uso interno de taller, no a abastecimiento regular desde bodega casa matriz

Anexo 10: Tipos de movimientos excluidos del análisis.

Fuente: Elaboración propia a partir de códigos internos del ERP (Laudus).

Orden	Criterio aplicado	Descripción del criterio
1	Código SKU como identificador principal	Se consideró el código del ERP como identificador base del producto, por lo que la corrección buscó consolidar la descripción sin modificar las unidades demandadas.
2	Diferencias menores de escritura o formato	Cuando las diferencias eran de abreviación, espacios, guiones, mayúsculas o denominación comercial equivalente, se conservó la descripción con mayor frecuencia de aparición.
3	Frecuencia de aparición	Se priorizó la descripción que aparecía más veces en los registros del periodo 2024-2025.
4	Volumen acumulado asociado	Cuando existían diferencias relevantes entre descripciones, se revisó la cantidad total de unidades asociadas a cada una, priorizando la de mayor volumen acumulado.
5	Vigencia temporal	Cuando una descripción tenía mayor presencia en los meses más recientes, se consideró como posible denominación vigente del producto.
6	Especificidad técnica o trazabilidad operacional	Cuando las descripciones tenían frecuencia y volumen similares, se priorizó la denominación más completa o con mayor detalle técnico/comercial.
7	Diferencia técnica relevante	Cuando la diferencia podía representar productos distintos, el caso se trató con cautela y se seleccionó la descripción más representativa según frecuencia, volumen y vigencia.
8	Validación de volumen	Se verificó que la consolidación no modificara la suma total de salidas asociadas al código SKU.

Anexo 11: Criterios aplicados para consolidar descripciones duplicadas por código SKU.

Fuente: Elaboración propia a partir de códigos internos del ERP (Laudus).

Código referencial	Descripciones identificadas	Frecuencia	Unidades asociadas	Criterio aplicado	Descripción final
SKU A	RASPBERRY PI 4 - 4 GB / RASPBERRY PI 4 - 8GB	05 ; 13	6 ; 65	Mayor frecuencia, mayor volumen y mayor vigencia	RASPBERRY PI 4 - 8GB
SKU B	MUFA CABECERA EASYFIBER / COD:P06654 / COD:P06654 BLANCA	09 ; 08 ; 04	61 ; 56 ; 24	Caso triplicado; mayor representatividad operacional vigencia	MUFA CABECERA EASYFIBER COD:P06654
SKU C	MUFA FO PLANA 48F / MUFA FO PLANA 48F COD:P03999	11 ; 12	59 ; 54	Mayor vigencia y especificidad descriptiva	MUFA FO PLANA 48F COD:P03999
SKU D	SENSOR DE SALINIDAD ITG / SENSOR DE SALINIDAD ITG 10 MTS	03 ; 07	03 ; 21	Mayor vigencia y mayor volumen	SENSOR DE SALINIDAD ITG 10 MTS
SKU E	MASTIL OPTIC 1 M / MASTIL WINCHE 1 M	08 ; 09	92 ; 79	Revisión cautelosa por diferencia técnica relevante	MASTIL OPTIC 1 M

Anexo 12: Ejemplos representativos de consolidación de descripciones duplicadas y triplicadas.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo CL			Grupo FCL			Grupo I		
Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación	Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación	Grupo	Demanda acumulada 2024-2025 (unidades)	% de participación
CL-Erratic	71983	3,6%	FCL-Erratic	108991	5,4%	I-Erratic	23753	1,2%
CL-Intermittent	47781	2,4%	FCL-Intermittent	41910	2,1%	I-Intermittent	1960	0,1%
CL-Lumpy	57142	2,9%	FCL-Lumpy	115966	5,8%	I-Lumpy	3399	0,2%
CL-Smooth	410265	20,5%	FCL-Smooth	675149	33,7%	I-Smooth	442741	22,1%
Total	587171	29,3%	Total	942016	47,1%	Total	471854	23,6%

Total	2001041
-------	---------

Anexo 13: Demanda acumulada por grupo de demanda antes de la depuración.

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis realizado en Python/Colab.

Grupo	Mes prioritario	Demanda	Variación absoluta	Variación porcentual	Prioridad
CL-Intermittent	nov-24	1.551	1.246	409%	Alta
CL-Intermittent	ene-25	2.985	2.684	892%	Alta
CL-Intermittent	feb-25	6.445	3.460	116%	Alta
CL-Intermittent	nov-25	3.226	1.737	117%	Alta

Anexo 14: Meses de prioridad alta para revisión de peaks (CL-Intermittent).

Fuente: Elaboración propia.

Mes	Demanda total	Nº centros activos	Demanda por centro	Diferencia vs. promedio histórico (53,1)
nov-24	1.551	26	60	13%
ene-25	2.985	39	77	45%
feb-25	6.445	41	157	196%
nov-25	3.226	41	79	49%
Promedio histórico	1.990,90	37,5	53,1	—

Anexo 15: Demanda por centro en meses prioritarios (CL-Intermittent).

Fuente: Elaboración propia.

Mes prioritario	Demanda total del mes	Nº centros activos	Centros para Pareto 80%	% acumulado	Centros para Pareto 90%	% acumulado	Naturaleza de los centros concentrados
nov-24	1.551	26	3	~81%	6	~90%	Proyectos de instalación y arriendo
ene-25	2.985	39	2	~80%	4	~92%	Instalación de arriendo
feb-25	6.445	41	6	~85%	7	~92%	Proyectos de instalación, arriendo y venta menor
nov-25	3.226	41	3	~83%	5	~90%	Proyectos de instalación, arriendo, prueba y fabricación

Anexo 16: Concentración de demanda por centro de costo en meses prioritarios (CL-Intermittent).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Mes prioritario	Demanda	Variación absoluta	Variación porcentual	Prioridad
FCL-Smooth	nov-24	38.287	12.387	48%	Alta
FCL-Smooth	jun-25	40.595	10.723	36%	Alta
FCL-Smooth	sep-25	31.011	8.692	39%	Alta
FCL-Smooth	dic-25	34.801	12.590	57%	Alta

Anexo 17: Meses de prioridad alta para revisión de peaks (FCL-Smooth).

Fuente: Elaboración propia.

Mes	Demanda total	N° centros activos	Demanda por centro	Diferencia vs. promedio histórico (513)
nov-24	38.287	41	934	82%
jun-25	40.595	66	615	20%
sep-25	31.011	48	646	26%
dic-25	34.801	83	419	-18%
Promedio histórico	28.131	54,7	513	—

Anexo 18: Demanda por centro en meses prioritarios (FCL-Smooth).

Fuente: Elaboración propia.

Mes prioritario	Demanda total del mes	N° centros activos	Centros para Pareto 80%	% acumulado	Centros para Pareto 90%	% acumulado	Naturaleza de los centros concentrados
nov-24	38.287	41	11	~82%	15	~91%	Fabricación y proyectos acuícolas (instalación, arriendo, etc)
jun-25	40.595	66	18	~81%	24	~90%	Fabricación y proyectos acuícolas (instalación, arriendo, etc)
sep-25	31.011	48	13	~81%	17	~90%	Fabricación y proyectos acuícolas (instalación, arriendo, etc)
dic-25	34.801	83	19	~80%	26	~90%	Fabricación y proyectos acuícolas (instalación, arriendo, etc)

Anexo 19: Concentración de demanda por centro de costo en meses prioritarios (FCL-Smooth).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Ene-2026 (nivel utilizado)	feb-26	mar-26	Promedio serie (u/mes)
FCL-Smooth	30.770	31.242	31.187	28.131
CL-Intermittent	2.965	2.684	2.535	1.451

Anexo 20: Proyecciones ARIMA (1,1,1) de los grupos con tendencia (FCL-Smooth y CL-Intermittent).

Fuente: Elaboración propia.

Componente Ballou	Subcomponente	% del total	Estado
Espacio	Arriendo de bodega	30,0%	Incluido
Servicios básicos	Electricidad	12,0%	Incluido
Servicios básicos	Internet	6,9%	Incluido
Servicios básicos	Agua	0%	Excluido — sin suministro en bodega
Servicios básicos	Calefacción	0%	Excluido — sin sistema en bodega
Mantenición	Mantenimiento de oficinas	0%	Excluido — oficinas, no bodega
Personal / manejo	Personal de bodega (9 cargos, 80% de dedicación)	49,3%	Incluido
Servicio de inventario	Seguros	0%	Excluido — cobertura no confirmada
Otros	Insumos de control de inventario	1,7%	Incluido
Riesgo de inventario	Obsolescencia / deterioro / mermas	0%	Excluido — sin cuenta específica
TOTAL COSTO OPERATIVO		100%	→ Tasa operativa = 23,65%

Anexo 21: Composición de la tasa operativa de mantención de inventario (% del total).

Nota: Los porcentajes expresan la participación de cada subcomponente en el costo operativo anual de mantener inventario, no la tasa. Dicho costo operativo, dividido por el valor del inventario de la bodega casa matriz, deriva la tasa operativa de 23,65%. Los montos por cuenta se reservan por confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de información contable 2025 (Libro Mayor, Estado de Resultados y Estado de Situación financiera).

Concepto	Valor
Intereses bancarios 2025 (Estado de Resultados)	[reservado]
Deuda bancaria promedio 2025 (Estado de Situación Financiera)	[reservado]
Tasa efectiva de financiamiento = intereses / deuda	18,63%

Componente	Valor (anual)
Tasa operativa de mantener	23,65%
Tasa de costo de capital	18,63%
Tasa de mantenimiento I_m	42,28% $\approx$ 42,3%

Anexo 22: Derivación de la tasa de costo de capital y tasa de mantención total.

Nota: Se publica solo la tasa resultante, ya que los intereses y la deuda que la originan se reservan por confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de información contable 2025 (Libro Mayor, Estado de Resultados y Estado de Situación financiera).

Etapas	Área / cargo	Min	% del costo
Revisión de requerimiento	Supply Chain / solicitante	30	15,8%
Cotización	Adquisiciones	45	16,4%
Evaluación de compra	Adquisiciones / jefatura	30	18,7%
Emisión OC	Adquisiciones	20	7,3%
Pago	Finanzas / Contabilidad	20	7,6%
Entrega o retiro	Adquisiciones / Bodega	40	10,3%
Recepción y control	Bodega	30	7,7%
Ingreso a Laudus	Bodega / Administración	20	5,2%
Seguimiento	Adquisiciones	30	10,9%

Anexo 23: Costo de orden nacional (CL, FCL) — total 27.707 CLP/orden.

Nota: El costo laboral por minuto de cada cargo (derivado de sueldos) se reserva por confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa	Área / cargo	Min	% del costo
Definición del producto	Supply Chain / solicitante	30	9,2%
Cotización internacional	Adquisiciones	45	9,5%
Evaluación de compra	Adquisiciones / jefatura	30	10,8%
Emisión OC	Adquisiciones	15	3,2%
Pago / proceso bancario	Finanzas / Contabilidad	30	6,6%
Preparación pedido proveedor	Adquisiciones	30	6,3%
Despacho internacional	Adquisiciones	40	8,4%
Revisión aduanera	Adquisiciones / agente aduana	60	12,6%
Traslado a bodega	Adquisiciones / Bodega	40	5,9%
Recepción y control	Bodega	90	13,4%
Ingreso a Laudus	Bodega / Administración	30	4,5%
Seguimiento adicional	Adquisiciones	45	9,5%

Anexo 24: Costo de orden internacional (I) — total 47.889 CLP/orden.

Nota: El costo laboral por minuto de cada cargo (derivado de sueldos) se reserva por confidencialidad.

Fuente: Elaboración propia.

Grupos	Cg (CLP)
CL-Smooth	\$ 2.704
CL-Erratic	\$ 3.429
CL-Intermittent	\$ 1.924
CL-Lumpy	\$ 1.846
FCL-Smooth	\$ 704
FCL-Erratic	\$ 1.117
FCL-Intermittent	\$ 4.811
FCL-Lumpy	\$ 3.148
I-Smooth	\$ 3.005
I-Erratic	\$ 16.543
I-Intermittent	\$ 19.131
I-Lumpy	\$ 8.302

Anexo 25: Costo unitario representativo de cada grupo (C_g).

Nota: Corresponde a la mediana de los costos unitarios de cada SKU.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Necesidad de compra vigente — marzo 2026 (u)
CL-Smooth	18.112
CL-Erratic	500
CL-Intermittent	3.056
FCL-Smooth	21.604
FCL-Erratic	2.561
FCL-Intermittent	1.721
I-Smooth	49.234
I-Erratic	4.815
I-Intermittent	494

Anexo 26: Necesidad de compra del modelo vigente por grupo (referencia descriptiva, marzo 2026)

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Cat.	Cg (CLP)	σ mensual	D P25	D base	D P75	LT bajo	LT base	LT alto
CL-Smooth	CL	\$ 2.704	4318,92	13123,25	17094,38	19447,75	7	9	11
CL-Erratic	CL	\$ 3.429	1543,94	1910,75	2999,29	3612,25	7	9	11
CL-Intermittent	CL	\$ 1.924	1477,35	955,00	2965,00	3542,50	7	9	11
FCL-Smooth	FCL	\$ 704	7101,48	22639,90	30769,53	34801,14	7	9	11
FCL-Erratic	FCL	\$ 1.117	2372,09	2918,88	4541,30	5433,71	7	9	11
FCL-Intermittent	FCL	\$ 4.811	885,65	1121,62	1746,25	2315,88	7	9	11
I-Smooth	I	\$ 3.005	3394,22	15818,90	18447,56	20844,50	17	64	76
I-Erratic	I	\$ 16.543	827,79	323,25	989,71	1349,50	17	64	76
I-Intermittent	I	\$ 19.131	86,99	36,25	81,68	80,75	17	64	76

Anexo 27: Insumos y escenarios del análisis de sensibilidad (Caso 1 y 2).

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	SS (cte)	ROP P25	ROP base	ROP P75	CIE P25	CIE base	CIE P75	Δ ROP (P75-P25)	Δ CIE demanda
CL-Smooth	3.903	7.840	9.032	9.738	21.201.344	24.422.953	26.332.148	1.897,4	5.130.804
CL-Erratic	1.395	1.969	2.295	2.479	6.749.484	7.869.154	8.499.644	510,5	1.750.159
CL-Intermittent	1.335	1.622	2.225	2.398	3.120.601	4.280.984	4.614.378	776,3	1.493.777
FCL-Smooth	6.418	13.210	15.649	16.858	9.297.379	11.013.918	11.865.176	3.648,4	2.567.797
FCL-Erratic	2.144	3.019	3.506	3.774	3.374.144	3.918.050	4.217.225	754,4	843.082
FCL-Intermittent	800	1.137	1.324	1.495	5.469.555	6.371.084	7.193.231	358,3	1.723.675
I-Smooth	8.180	41.927	47.535	52.648	125.991.433	142.843.008	158.209.094	10.721,3	32.217.661
I-Erratic	1.995	2.685	4.106	4.874	44.411.239	67.932.095	80.629.884	2.189,3	36.218.645
I-Intermittent	210	287	384	382	5.490.243	7.344.394	7.306.438	94,9	1.816.195
TOTAL (Σ grupos)									83.761.796

Anexo 28: Caso 1: Análisis de sensibilidad de la demanda.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	SS bajo	SS base	SS alto	ROP bajo	ROP base	ROP alto	CIE bajo	CIE base	CIE alto	Δ ROP (alto-bajo)	Δ CIE lead time
CL-Smooth	3.442	3.903	4.315	7.431	9.032	10.583	20.094.820	24.422.953	28.618.712	3.152,1	8.523.892
CL-Erratic	1.231	1.395	1.543	1.930	2.295	2.642	6.618.665	7.869.154	9.059.645	711,9	2.440.979
CL-Intermittent	1.177	1.335	1.476	1.869	2.225	2.563	3.597.217	4.280.984	4.932.530	693,9	1.335.313
FCL-Smooth	5.660	6.418	7.095	12.840	15.649	18.377	9.036.784	11.013.918	12.934.403	5.537,8	3.897.619
FCL-Erratic	1.891	2.144	2.370	2.950	3.506	4.035	3.296.849	3.918.050	4.509.207	1.084,9	1.212.358
FCL-Intermittent	706	800	885	1.113	1.324	1.525	5.356.299	6.371.084	7.337.575	411,8	1.981.277
I-Smooth	4.216	8.180	8.914	14.669	47.535	55.648	44.082.119	142.843.008	167.222.652	40.978,3	123.140.533
I-Erratic	1.028	1.995	2.174	1.589	4.106	4.681	26.287.405	67.932.095	77.442.483	3.092,2	51.155.078
I-Intermittent	108	210	228	154	384	435	2.952.594	7.344.394	8.329.315	281,0	5.376.721
TOTAL (Σ grupos)											199.063.770

Anexo 29: Caso 2: Análisis de sensibilidad del lead time.

Fuente: Elaboración propia.

Grupo	Cat.	(P75-P25) / base demanda	Rango lead time (días)	Variable dominante
CL-Smooth	CL	0,37	7 – 11	Lead time
CL-Erratic	CL	0,57	7 – 11	Lead time
CL-Intermittent	CL	0,87	7 – 11	Demanda
FCL-Smooth	FCL	0,40	7 – 11	Lead time
FCL-Erratic	FCL	0,55	7 – 11	Lead time
FCL-Intermittent	FCL	0,68	7 – 11	Lead time
I-Smooth	I	0,27	17 – 76	Lead time
I-Erratic	I	1,04	17 – 76	Lead time
I-Intermittent	I	0,54	17 – 76	Lead time

Anexo 30: Amplitud relativa del rango de demanda (P25-P75) y rango de lead time por grupo, y variable dominante en el análisis de sensibilidad.

Fuente: Elaboración propia a partir del Anexo 27 (insumos y escenarios).