



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN MODELO ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS
PARA EMPRESA ADMINISTRADORA DE TARJETAS BANCARIAS ANTE
LA PÉRDIDA DE MONOPOLIO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

PAULA NATALIA LUCK JARA

PROFESOR GUÍA:
RICARDO SAN MARTÍN ZURITA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PATRICIO CONCA KEHL
LUIS SOLARI DÍAZ

SANTIAGO, CHILE
2020

DISEÑO DE UN MODELO ÓPTIMO DE DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS PARA EMPRESA ADMINISTRADORA DE TARJETAS BANCARIAS ANTE LA PÉRDIDA DE MONOPOLIO

El presente trabajo se enmarca en una empresa perteneciente al mercado de los medios de pago, cumpliendo el rol de adquiriente. La empresa cuenta con 170 mil clientes, lo que corresponde a 310 mil comercios, teniendo 270 mil de estos comercios puntos de venta presenciales, representando un 28,6% de los comercios a nivel nacional. Esta fue creada por los bancos más relevantes del país, conformada como monopolio en el rol de adquirencia, sin embargo, esta situación cambiará a futuro, ya que el Tribunal de Libre Competencia recomendó poner fin a este monopolio.

El proyecto se centra en las Soluciones para Ventas Presenciales (SVP), y tiene como objetivo diseñar el modelo óptimo de distribución para la nueva licitación de los prestadores de Servicio de Soporte en Terreno (PST) que se encargan de instalación de equipos y atención de fallas. El proyecto se justifica con los siguientes puntos: el pronto término de los contratos con las empresas que prestan estos servicios; altos costos en el modelo actual de distribución; desarrollo de nuevos proyectos internos de la empresa para aumentar la autoinstalación que no requiere técnicos; a lo que se suma la entrada de competencia al mercado confirmada por distintas entidades bancarias.

Para la definición del proceso óptimo de distribución, se realiza un trabajo en etapas: Primero, se realiza una estimación de la demanda futura con la metodología “Informed judgment”, basado en la información disponible y considerando tres escenarios de demanda. Luego, para la definición de la cantidad y ubicación de las bodegas se propone un modelo de programación entera, basado en modelos de Warehousing Location como Simple Plant Location Problem (SPLP), se realizan dos modelos, uno que define bodegas fijas para toda la duración de los contratos, y otro donde las bodegas se adecuan a la demanda mes a mes. Posteriormente, a partir de los resultados del modelo se procede a estimar la capacidad necesaria en m^2 para cada bodega, por medio de un Sistema Q, además de la capacidad de técnicos acorde a la nueva demanda. Para finalmente realizar una nueva ejecución del modelo de ubicación de bodegas con la capacidad en m^2 estimada.

Se concluye que los modelos de cantidad y ubicación de bodegas no presentan grandes diferencias de costos al mantener las bodegas fijas y modificarlas mes a mes, más aún, adecuarlas mes a mes podría resultar más costoso al incluir costos de cierre y apertura, además, el modelo de bodegas fijas establece una mayor cantidad de bodegas, por lo que se tiene un mejor nivel de servicio. Por otra parte, los modelos resultan poco sensibles a la demanda, por lo que se propone mantener las bodegas fijas estableciendo 21 bodegas, donde no se realiza el cierre ni apertura de bodegas, para lograr atender la demanda pronosticada.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a mi familia por su apoyo, mis padres, hermanos, abuelos y tíos, a pesar de la distancia siempre estuvieron pendientes de mí.

En particular, quisiera agradecer a mi madre por su ejemplo de mujer fuerte, responsable y trabajadora que me ha impulsado a dar mi mayor esfuerzo durante todo mi proceso educativo. También le agradezco por su apoyo en todas las decisiones que he tomado y que me han llevado a finalizar mi carrera en la universidad que soñaba desde pequeña.

Además, quiero agradecer a José por acompañarme durante todo mi proceso universitario y apoyarme y amarme aun en los momentos más difíciles, le agradezco por valorar mis capacidades y motivarme a superar los límites que yo misma me he impuesto.

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. Mercado de los medios de pago	3
1.3. Cambio en la regulación y migración del modelo	5
1.4. Competencia de la empresa	6
2. Justificación de la oportunidad	8
2.1. Información del área de la empresa y contexto	8
2.2. Oportunidad identificada y justificación	10
3. Objetivos	16
4. Marco Conceptual	17
4.1. Demand Forecasting	17
4.2. Warehousing Location Problem	19
4.3. Inventory	20
5. Alcances	22
6. Metodología y análisis descriptivo	23
6.1. Metodología	23
6.2. Análisis descriptivo	24
6.2.1. Demanda	24
6.2.2. Bodegas potenciales	30
6.2.3. Transporte	31
6.2.4. Costos del proceso de distribución	32
7. Pronóstico de demanda	34
7.1. Factores que afectarán la demanda	34
7.1.1. Reducción de la demanda por proyectos de autoinstalación	34
7.1.2. Crecimiento histórico de la demanda	35
7.1.3. Reducción de la demanda por la competencia en el mercado	37
7.2. Escenarios de demanda	39
8. Desarrollo del modelo de distribución	44
8.1. Modelo de ubicación de bodegas	44
8.1.1. Modelo 1: Máxima demanda	45
8.1.2. Modelo 2: Definición mensual de bodegas	46

8.2. Sistema de inventario: Capacidad de las bodegas	48
9. Resultados	50
9.1. Etapa 1: Modelos de ubicación de bodegas	50
9.1.1. Resultados modelo 1	51
9.1.2. Resultados modelo 2	57
9.1.3. Comparación resultados modelos 1 y 2	61
9.2. Etapa 2: Capacidad de las bodegas	64
9.2.1. Capacidad en m^2 : Resultados sistema de inventario	64
9.2.2. Capacidad técnica	68
9.3. Etapa 3: Comparación de resultados	72
9.3.1. Reejecución del modelo 1	72
9.3.2. Análisis final de bodegas	73
10. Conclusiones	75
Bibliografía	80
Anexo A. Proceso de distribución actual	81
Anexo B. Pronóstico de crecimiento de la competencia	83
Anexo C. Cálculo de tasa de conversión de m^2 a equipos	87
Anexo D. Distancia hasta el Archipiélago Juan Fernández	89
Anexo E. Modelo 1 Escenario 1: Apertura de bodega Castro	90
Anexo F. Porcentaje de equipos autoinstalables por comuna	92
Anexo G. Demanda límite para el cierre de bodegas	93
Anexo H. Bodegas adicionales Modelo 2.1	95
Anexo I. Comparación modelos 1 y 2 con demanda actual	96
Anexo J. Resultados de punto de reorden R y cantidad a ordenar Q	97
Anexo K. Cantidad a ordenar Q deriva del modelo EOQ	101
Anexo L. Ordenes al año	103

Índice de Tablas

1.1.	Crecimiento de la utilidad	3
2.1.	Estimación de costos de distribución proveedor A	12
6.1.	Análisis descriptivo de los datos de demanda	25
6.2.	Demanda por región	29
6.3.	Demanda bodegas potenciales	30
6.4.	Análisis descriptivo costos bodegas	31
6.5.	Análisis descriptivo costos transporte CO-Bodegas	32
6.6.	Análisis descriptivo costos bodegas	32
7.1.	Instalaciones normales	35
7.2.	Competencia por tipo equipo	38
7.3.	Resumen de la reducción de demanda producto de la competencia	39
7.4.	Variación de la demanda escenario optimista	40
7.5.	Variación de la demanda escenario pronosticado	40
7.6.	Variación de la demanda escenario pesimista	41
9.1.	Resultados bodegas modelo 1.1	51
9.2.	Resumen comparación costos modelo 1.1	53
9.3.	Resultados bodegas modelo 1.2	54
9.4.	Resumen comparación costos modelo 1.2	55
9.5.	Comparación costos modelos 1.2 y 1.3	55
9.6.	Bodegas fijas	57
9.7.	Inventario estimado para las 21 bodegas	64
9.8.	Capacidad estimada para las 21 bodegas	65
9.9.	Comparación de inventario y capacidad para distintos niveles de servicio	66
9.10.	Nivel de servicio simulado	67
9.11.	Productividad por cercanía	68
9.12.	Capacidad técnica estimada	70
B.1.	Competencia pronosticada 2021	85
B.2.	Competencia pronosticada 2022	85
B.3.	Competencia pronosticada 2023	85
B.4.	Crecimiento de la competencia a tres años	86
B.5.	Reducción de la demanda de la empresa por competencia a tres años	86
B.6.	Crecimiento de la competencia y reducción de instalaciones equipos POS	86
C.1.	Datos para cálculo de tasa de conversión m^2 a equipos	87
E.1.	Comparación apertura bodega castro	90
F.1.	Porcentaje autoinstalación por comuna	92
G.1.	Demanda límite para el cierre de bodegas	93
H.1.	Bodegas adicionales modelo 2.1	95

J.1.	Inventario máximo de instalaciones 99 %	97
J.2.	Inventario máximo de atención de fallas 99 %	98
J.3.	Inventario máximo de instalaciones 97 %	98
J.4.	Inventario máximo de atención de fallas 97 %	99
J.5.	Inventario máximo de instalaciones 95 %	99
J.6.	Inventario máximo de atención de fallas 95 %	100
L.1.	Ordenes en las simulaciones	103

Índice de Ilustraciones

1.1.	Organigrama de la empresa	1
1.2.	Servicios de la empresa	2
1.3.	Afiliación de comercios	3
1.4.	Crecimiento del uso de tarjetas de crédito y débito	4
1.5.	Crecimiento de puntos de ventas	4
1.6.	Competencia y participación de mercado	7
2.1.	Productos y parque instalado	8
2.2.	Organigrama área de la empresa	9
2.3.	Costo de instalación versus entrega	11
2.4.	Proceso de distribución	11
2.5.	Bodegas y demanda	13
2.6.	Autoinstalación	14
6.1.	Demanda de atenciones y equipos	25
6.2.	Demanda de atenciones	26
6.3.	Análisis de atenciones programadas vs.realizadas	27
6.4.	Porcentaje de atenciones realizadas con éxito	27
6.5.	Demanda de equipos por tipo de atención	28
6.6.	Distribución de equipos por tipo de atención	29
7.1.	Demanda instalaciones	35
7.2.	Demanda fallas	36
7.3.	Crecimiento Compraquí y Multicaja	38
7.4.	Pronóstico de la demanda de instalaciones para cada escenario	41
7.5.	Pronóstico de la demanda de atenciones para cada escenario	42
7.6.	Pronóstico de la demanda de equipos para instalaciones para cada escenario	43
7.7.	Pronóstico de la demanda de equipos para cada escenario	43
9.1.	Resumen demanda modelo 1	56
9.2.	Bodegas modelo 2.1	57
9.3.	Bodegas modelo 2.2	58
9.4.	Bodegas modelo 2.3	59
9.5.	Bodegas modelo 2	59
9.6.	Costo distribución modelo 2	60
9.7.	Comparación modelos 1 y 2 - bodegas y costos	61
9.8.	Comparación modelos 1 y 2 - Costo transporte CO-Bodega	62
9.9.	Comparación modelos 1 y 2 - Costo habilitar bodegas	62
9.10.	Comparación modelos 1 y 2 - Costo transporte Bodega-Clientes	63
9.11.	Cercanía de las comunas	69
9.12.	Comparación capacidad técnica actual y estimada	70

9.13.	Comparación del Sistema Q y el modelo 1	72
A.1.	Proceso de distribución actual	81
D.1.	Isla Juan Fernandez	89
I.1.	Comparación modelos 1 y 2 - Demanda actual	96

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes de la empresa

El proyecto se desarrolla en una empresa administradora de tarjetas de crédito y débito bancarias que pertenece al rubro intermediación financiera. En específico, compete en el mercado de los medios de pago, operando en la adquirencia y procesamiento de pagos con tarjetas de crédito y débito. Fue creada en 1989 como una sociedad de apoyo al giro bancario, por los principales bancos que operan en Chile, siendo actualmente doce los dueños de esta empresa.

Su misión es: “Gestionar con seguridad, innovación y eficiencia los medios de pago valorados por nuestros segmentos de clientes, aportando al desarrollo de nuestro entorno, sustentados en un destacado clima laboral y equipos de excelencia”. Mientras que su visión es: “Liderar de forma segura y eficiente la industria de medios de pago”.

La estructura organizacional de la empresa consiste en: el directorio, la gerencia general y otras nueve gerencias encargadas del funcionamiento de cada área, conformándose un organigrama de tipo vertical y funcional (ver Figura 1.1).

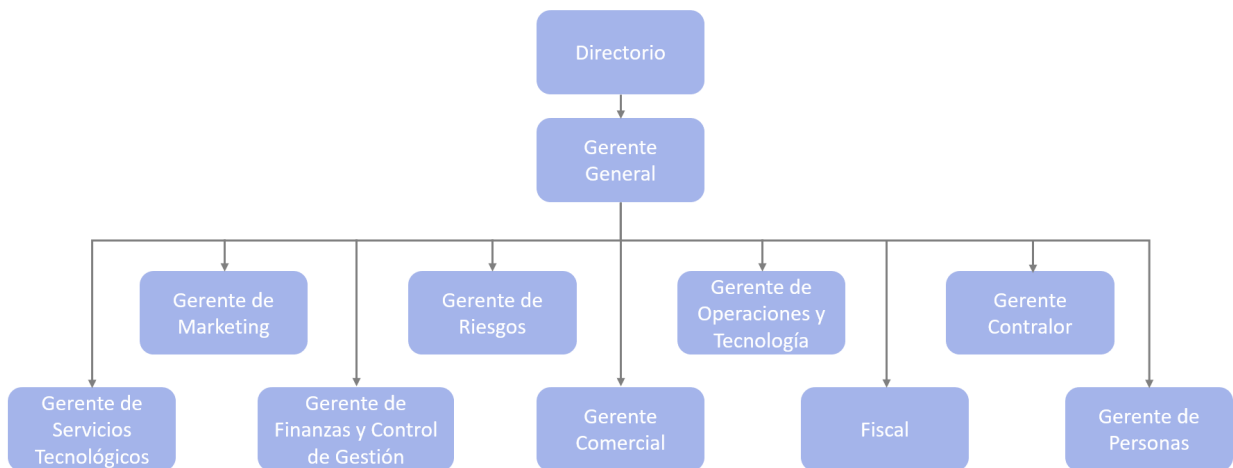


Figura 1.1: Organigrama de la empresa.

Los servicios de la empresa se dividen en cuatro grandes categorías: soluciones para ventas presenciales, soluciones para ventas internet, soluciones para pagos recurrentes y soluciones para pagos con tarjetas (ver Figura 1.2). El trabajo realizado se enmarca en el primer servicio, las soluciones para ventas presenciales, las cual está compuesta por los siguientes productos: POS, HOST, Autoservicio y MOBILE POS, sin embargo, los productos POS se dividen en distintas subcategorías que serán presentadas posteriormente.

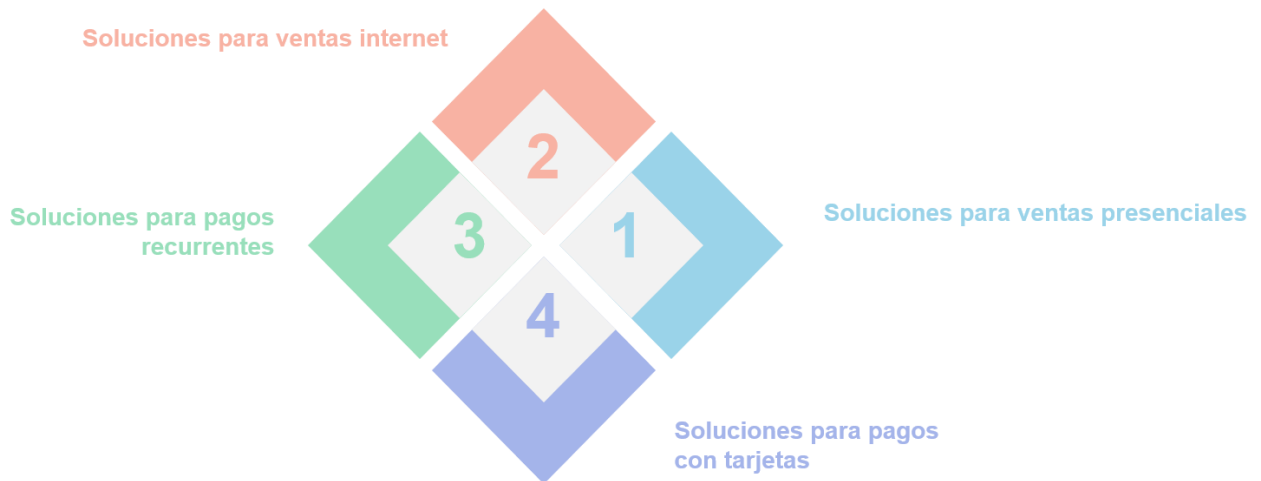


Figura 1.2: Servicios de la empresa.

Por otra parte, los clientes de la empresa corresponden a distintas empresas o comercios que realizan la venta de un servicio o producto, ya sea de manera online o presencial, y requieren realizar estas ventas por medio de tarjetas crédito y débito, para así satisfacer las necesidades de sus clientes (tarjetahabientes), que finalmente son los usuarios del servicio. En el caso de los clientes presenciales, las empresas se clasifican en: corporaciones, grandes empresas, medianas empresas y empresas pymes, mientras que las no presenciales se clasifican en: remoto grandes clientes y remoto masivo. Esta clasificación se realiza considerando el monto de las transacciones y tipo de producto que requiere.

A grandes rasgos, la empresa cuenta con más de 170 mil clientes, lo que corresponde a 310 comercios distintos, de estos 270 mil son comercios presenciales, en 2018 los comercios afiliados representaban aproximadamente un 28,6% del total de comercios a nivel nacional. La empresa cuenta con un parque instalado de 370 mil equipos para ventas presenciales. Además, durante 2018 la empresa tuvo una utilidad neta de más de 12 mil millones de pesos, el 97% de sus ingresos corresponden a ingresos por comisiones y servicios. Sumado a esto, la empresa se encuentra valorizada en 700 millones de dólares.

En cuanto a su crecimiento, la afiliación de comercio ha crecido durante la mayor parte de la trayectoria de la empresa, sobre toda a partir de 2015, alcanzando en 2018 una afiliación de aproximadamente 70 mil comercios (ver Figura 1.3), acorde con esto la utilidad neta ha crecido en promedio un 34% anual entre 2014 y 2018 (ver Tabla 1.1).



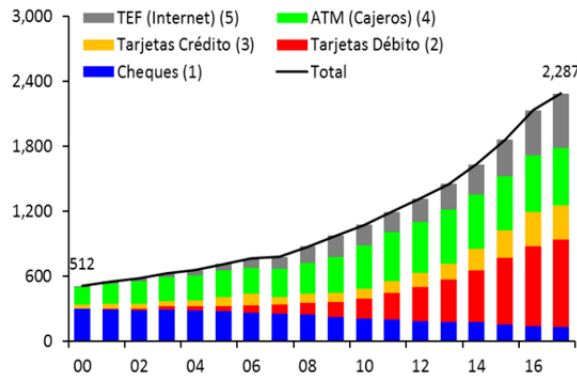
Figura 1.3: Cantidad de comercios afiliados por año.

Tabla 1.1: Utilidad neta de la empresa y crecimiento de esta en los últimos 5 años. Fuente: Elaboración propia a partir de Estados de Resultado de la empresa.

Año	Utilidad neta MM CLP	Crecimiento de la utilidad neta anual [%]
2014	4.089	-
2015	5.024	23%
2016	5.209	4%
2017	8.095	55%
2018	12.470	54%

1.2. Mercado de los medios de pago

Como se mencionó anteriormente, la empresa pertenece al mercado de medios de pago, en Chile se está viviendo una transformación en este mercado, en la cual, si bien el efectivo sigue siendo el medio de pago más utilizado, el uso de tarjetas de crédito y débito ha aumentado considerablemente, lo que se observa en el crecimiento de la cantidad de transacciones realizadas con estos instrumentos, y que incluso ha reemplazado a otros medios de pago como los cheques (ver Figura 1.4). En cuanto a la cantidad de personas que utilizan tarjetas, el año 2014 65 % de las personas declaró utilizar tarjetas de débito, mientras que tres años después (2017) este valor aumentó hasta alcanzar un 73 %.



(1) Cheques presentados a cobro. (2) Transacciones con tarjeta de débito. Incluye compras y pagos. Excluye giros en cajeros automáticos. (3) Transacciones con tarjeta de crédito. Incluye compras, pagos y avances de efectivo. (4) Transacciones en cajeros automáticos (ATM). Incluye giros, depósitos y otras transacciones. (5) Transferencias electrónicas de fondos (TEF) vía internet.

Figura 1.4: Número de transacciones con instrumentos distintos al efectivo, en millones de unidades. Fuente: Banco Central (BC) en base a datos de Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras (SBIF) y Asociación de Bancos e Instituciones Financieras (ABIF).

Por otra parte, en los países desarrollados el uso de tarjetas de crédito, débito y transferencias electrónicas por habitante es mayor que en Chile, en Estados Unidos y Suecia se realizan 450 transacciones por habitante, mientras que en Chile solamente 90, por lo que observa un espacio de crecimiento para uso de tarjetas de crédito y débito en el país.

En cuanto a la infraestructura financiera del mercado, que se entienden por todos los canales físicos habilitados por entidades bancarias, esta aumentó en un 247% entre 2007 y 2017, aumento que se logró en gran medida gracias al aumento de Puntos de Venta (POS), que corresponden a todos los comercios adheridos a la red POS y que, por tanto, cuentan con los equipos para recibir pagos con tarjeta de crédito y débito. Lo que reflejó un aumento de los comercios en los cuales las personas pueden hacer uso de sus tarjetas (ver Figura 1.5).

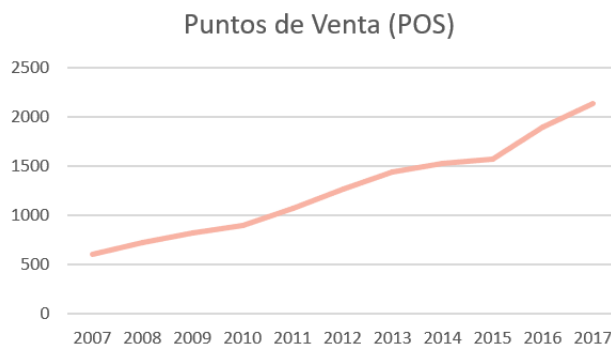


Figura 1.5: Dotación de Puntos de Venta (POS) por cada 100 mil adultos. Fuente: Elaboración propia en base a datos de SBIF.

Dentro del mercado de medios de pago, la empresa en particular participa de la adquisición de pagos (empresa adquirente). Mientras que los bancos son los proveedores de la licencia de adquirencia. Sus clientes directos son los comercios, pero reciben pagos de los

tarjetahabientes, que corresponden a una de las partes interesadas. En total el mercado de los medios de pago está compuesto por seis actores principales (Martínez, 2014 [4]):

- **Marcas:** Corresponden a las marcas como Visa, MasterCard, American Express, entre otras, que otorgan a los emisores las licencias para ofrecer a los tarjetahabientes, tarjetas bancarias de sus marcas.
- **Emisor:** Es una entidad financiera, generalmente bancos, que otorga una tarjeta bancaria a un tarjetahabiente por medio de un contrato, son los encargados de identificar y autorizar transacciones.
- **Operador:** Es la entidad que dispone del soporte tecnológico para la captura, procesamiento y autorización electrónica de transacciones.
- **Adquiriente:** Entidad financiera que dispone de la red de pagos electrónicos (puntos de venta) y afilia a los comercios por medio de un contrato, para la adquirencia de pagos.
- **Comercio:** Establecimientos comerciales que se afilian a la red de pagos electrónicos para así poder prestarles a sus clientes el servicio de pago por medio de tarjetas de débito y crédito.
- **Tarjetahabientes:** Personas que disponen de tarjetas de crédito y débito para la compra de bienes y servicios.

Esta empresa es regulada por el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (TDLC), que regula los precios y su condición actual de monopolio. El mercado de medios de pago en general es regulado por la Comisión para el Mercado Financiero (CMF), encargada de la fiscalización y cumplimiento de las leyes en el mercado financiero. Mientras que el Banco Central (BC) es el regulador de los sistemas de pago y, por tanto, es quién emite normativas para este mercado.

La empresa a través de una larga trayectoria y gracias a sus inicios como un monopolio ha logrado crecer libremente y consolidarse, pasando de captar inicialmente 500 comercios anuales (año 1979), a 70.000 en la actualidad (año 2018) (ver Figura 1.3). Por lo que se encuentran en un punto de desarrollo de una gran cantidad de proyectos para mejorar los procesos y servicios ofrecidos a los clientes. Sin embargo, se encuentra en un momento crucial, en el cual el mercado se abre a la competencia, dado esto, si la empresa no es capaz de adaptarse y reducir sus costos y precios, entrará a una fase de declive y podría perder clientes y reducir considerablemente su participación de mercado.

1.3. Cambio en la regulación y migración del modelo

En sus inicios la empresa se conformó como un monopolio aprobado y regulado por el TDLC, y se configuró al mismo tiempo como emisor de tarjetas bancarias y adquiriente, dado que es una sociedad conformada por los bancos nacionales. Esta situación dificultó la entrada de competencia dado que los bancos son quienes tienen licencia emisora y adquiriente de tarjetas (como Visa y MasterCard), y estos le delegaron la adquirencia a la empresa.

Entonces se requiere ser banco para otorgar licencia de adquiriente, pero los bancos ya tienen asignada su empresa adquiriente, lo que se traduce en que la principal ventaja competitiva de la empresa sea no tener gran competencia, y en el caso de que ingrese competencia al mercado, la empresa cuenta con una gran participación de mercado, experiencia acumulada durante 30 años, diversidad de productos y reputación en el mercado.

Sin embargo, a inicios de 2017 el TDLC aconsejó terminar con el monopolio, es decir, terminar con la delegación conjunta de los bancos, lo que motivó la creación de nuevas empresas adquirientes por parte de los socios dueños de la empresa como Santander. Ante esto, a principios de año (2019) el Ministerio de Hacienda creó un plan de trabajo en el que participarán distintos reguladores de este mercado para aumentar la competencia, lo que incluye la migración a un modelo de cuatro partes, entonces el mercado pasaría de estar conformado inicialmente por: emisor, adquiriente y comercio, a incluir a las marcas (Visa y MasterCard).

Actualmente, con el modelo de tres partes, la empresa cobra por transacción al comercio (en promedio un 1,45 % con tarjetas de crédito y 0,96 % con débito) y al mismo tiempo al banco (aproximadamente 70 CLP). Con el nuevo modelo (cuatro partes), la empresa solo podría cobrarle al comercio, más aún, tendría que pagar una tasa de intercambio a los bancos dependiendo de la marca de la tarjeta .

Esto cambios se enmarcan en la nueva Ley N° 20.950 (año 2016) de Medios de Pago creada por el Banco Central y que autoriza la emisión y operación de medios de pago con provisión de fondo por entidades no bancarias. Además, durante el 2017 se realizaron modificaciones a la normativa, que permiten que ya no sea necesaria la licencia otorgada por un emisor (banco) para que una empresa pueda ser adquiriente, sino que las marcas podrán otorgar dicha licencia.

1.4. Competencia de la empresa

En cuanto a la competencia de la empresa, esta tiene distintos competidores de acuerdo con el tipo de servicio, ya sea venta online o presencial. En cuanto a la venta de online, la empresa compite con Flow, DineroMail, Khipu, PayPal, MercadoPago, Multicaja, MACH, entre otras. Algunos de estos competidores captan pagos directamente, como PayPal, mientras que otros usan a la empresa como intermediaria.

En el caso de los servicios presenciales, el principal competidor de la empresa analizada es Multicaja, que comenzó a recibir transacciones con tarjetas de crédito en 2017, tras ser certificada como adquiriente por Mastercard. Actualmente solo ofrece el servicio de pago con tarjetas de débito y crédito MasterCard y UnionPay, pero se espera que en los próximos meses comience a recibir pago con tarjetas Visa, tras obtener la licencia en 2018.

Por otra parte, Compraquí, perteneciente a Banco Estado, fue lanzado en mayo del 2019, tras iniciar su pilotaje en octubre del 2017. Es el único competidor directo de la empresa, ya que acepta pagos con Visa, MasterCard y Redcompra. Sin embargo, opera usando a esta empresa como intermediaria, además, solo opera con un tipo de productos que requiere el uso

de un smartphone o tablet para procesar los pagos al igual que la última familia de productos lanzada por la empresa.

De esta manera, los principales protagonistas del mercado de pagos presenciales son: la empresa analizada, Multicaja y Compraquí. Respecto a la participación de mercado, la empresa analizada tiene presencia en un 88 % de los comercios que ofrecen opción de pago presencial por medio de tarjetas bancarias y posee un 90 % de los terminales de venta (POS), posicionándose como la empresa líder del mercado (ver Figura 1.6). Además, para abril de este año 2019, Compraquí contaba con 25.000 equipos, lo que representa un crecimiento de 12,5 veces los equipos iniciales, asimismo entre abril y mayo de este año la red de equipos creció en un 8 %.



Figura 1.6: A la izquierda, participación de mercado considerando cantidad de comercios presenciales atendidos. A la derecha, cantidad de equipos en el mercado. Enero 2018.

En cuanto a la competencia futura, en octubre de 2018, Santander anunció que no renovarían contratos con la empresa, y entraría a competir al mercado de medios de pago. Además, durante este año (2019), BCI anunció que también creará una red de adquirencia y poco después Scotiabank informó que está evaluando la creación de su propia red. De esta manera, Santander y BCI se espera que entren a competir en el primer trimestre de 2020, a lo que podrían sumarse aún más competidores. Según los expertos la competencia real en este mercado iniciaría durante el 2021.

Capítulo 2

Justificación de la oportunidad

2.1. Información del área de la empresa y contexto

Dentro de los cuatro grupos de productos que ofrece la empresa mencionados previamente, el proyecto se centra en las Soluciones para Ventas Presenciales (SVP), ya que el 87% de los comercios afiliados utilizan este tipo de producto lo que se traduce en 370 mil equipos instalados (ver Figura 2.1).



Figura 2.1: A la izquierda, productos pertenecientes al servicio SVP. A la derecha, porcentaje del parque instalado por producto. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa.

Dentro de las gerencias mencionadas en los antecedentes de la empresa, el trabajo se enmarca en la gerencia de Operaciones y Tecnología, con un mayor impacto en las áreas de “Logística” y “Canales Presenciales” (ver Figura 2.2). Sin embargo, este proyecto requiere la colaboración de las diferentes áreas para conocer los distintos proyectos que se están desarrollando y su impacto en la demanda de equipos y en los procesos asociados a su instalación, retiros, atención a fallas, etc. En particular el área solicitante del proyecto es “Logística”.

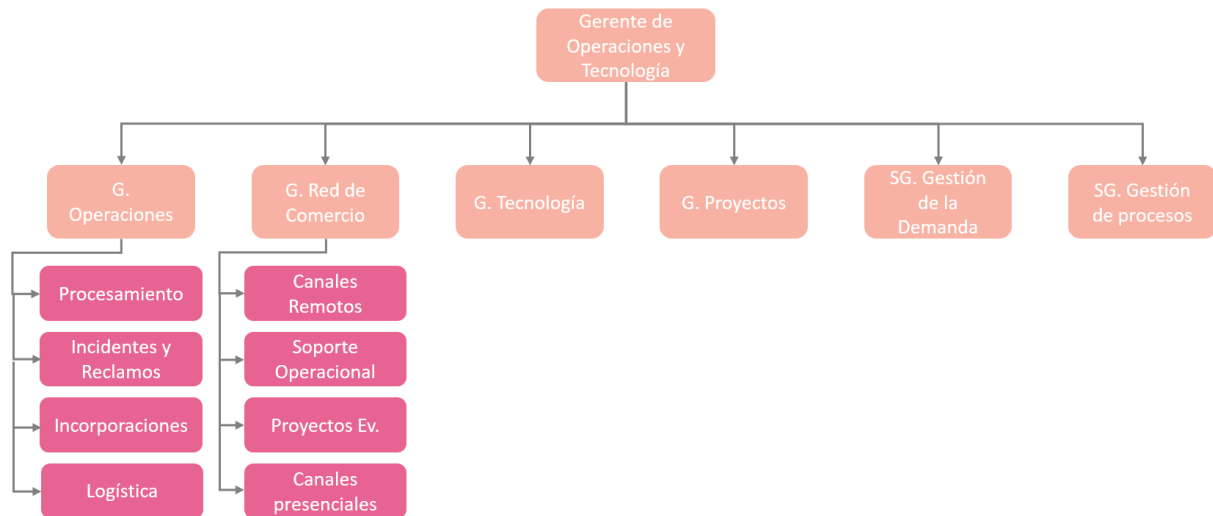


Figura 2.2: Organigrama Gerencia de Operaciones y Tecnología.

El área de logística es la encargada de la entrega de equipos por medio de Courier, retiros de equipos, y entrega de insumos, así como también de supervisar las bodegas (nivel de stock, riesgo, etc.). Mientras que la segunda área involucrada, Canales Presenciales, se encarga de instalaciones y atención de fallas por medio de los proveedores de Servicio de Soporte en Terreno (PST). Cabe destacar que el costo mensual de los contratos de los PST representa un 8,57% de los Gastos por comisiones y servicios de la empresa.

En cuanto a los actores del proceso de distribución de las SVP, los productores son las empresas que fabrican los equipos (actualmente dos empresas productoras), los que a su vez son distribuidos por dos empresas de Servicio de Soporte en Terreno (PST), que utilizan técnicos para el proceso de distribución a los clientes, y un Courier. Otros actores de estos procesos son la empresa de reciclaje, a la que son enviados los productos que no pueden ser reparados y la empresa logística que transporta los equipos reparados hacia al centro de distribución. En cuanto a la regulación, la Gerencia de Riesgos es la encargada de la gestión de riesgos de procesos y proyectos.

Existen cuatro grandes familias de productos dentro de las SVP (ver Figura 2.1): Host, Autoservicio, POS (POS móvil, POS fijo y POS fijo celular) y MPOS:

- Host: Producto orientado a comercios con un gran número de transacciones y varios locales que requieren realizar las cuadraturas de manera centralizada, este producto requiere la integración de los quipos con la caja registradora. Es utilizado, por ejemplo, por supermercados, registro civil y tiendas de retail.
- Autoservicio: Producto que permite que el cliente pueda realizar de manera autónoma la transacción de un pago. Es aplicable, por ejemplo, en cines, estacionamientos y maquinas expendedoras.
- POS (“point of sale” o “punto de venta”): Producto que permite captar pagos con tarjetas de crédito y débito, se puede conectar mediante señal telefónica, internet o

celular, dependiendo de esto se define si el equipo es fijo o móvil, en caso de ser fijo el equipo debe mantenerse conectado a la fuente de energía, en caso de ser móvil debe mantener la batería cargada.

- Mobile POS (MPOS): Producto económico y que está pensado en comercios que requieren movilidad, como profesionales independientes y emprendedores, requiere de un smartphone adicional al Mobile POS para funcionar.

En el pasado, este último producto no existía, y las tres familias de productos requerían de un técnico para su instalación. Además, el proceso de asignación de clientes se realizaba en el Centro de Operaciones de la empresa, por lo que eran entregados a los PST con un cliente final asignado.

Sin embargo, durante el 2017 se modificó este proceso para hacer posible la asignación en la punta, es decir, los equipos no tenían un cliente designado hasta la entrega. A esto se sumó la creación de este nuevo producto en 2018, que podía ser instalado por los mismos clientes (autoinstalación), por lo que los técnicos ya no eran necesarios para su entrega y se optó por incorporar un Courier dentro de los prestadores de servicio. Para más detalles del proceso de distribución ver Anexo A.

2.2. Oportunidad identificada y justificación

En este contexto se identifica la oportunidad de rediseñar y optimizar el modelo de distribución de equipos pertenecientes a las Soluciones para Ventas Presenciales. La justificación de esta oportunidad se basa en los siguientes cuatro puntos:

1. Pérdida de monopolio
2. Altos costos e ineficiencias de distribución
3. Proyectos de autoinstalación
4. Término de contratos de PSTs

Pérdida de monopolio

Como se mencionó previamente, el mercado de los medios de pagos está sufriendo un cambio en su regulación que permite que las “Marcas” otorguen licencias de adquirencia, además de los “Emisores” (Bancos), que son quienes las emiten actualmente. Esto sumado a las indicaciones de terminar con la delegación conjunta por parte de los bancos ha motivado un crecimiento de la competencia, con la entrada de empresas como Multicaja, además de la creación de sus propias empresas de adquirencia por parte de los bancos accionistas de la empresa como Banco Estado con Compraquí y próximamente los bancos: Santander y BCI. Con esto la empresa deberá enfrentar a futuro a un mercado competitivo y se ve en la necesidad de reducir sus costos operando a costos competitivos, ya que hasta la fecha, en su estado de monopolio esto no era una prioridad.

Altos costos e ineficiencias de distribución

Los altos costos del proceso de distribución se evidencian en la gran diferencia que existe entre el costo de una instalación realizada por un PST y una entrega realizada por Courier, donde los costos aproximados son 28.000 CLP y 2.800 CLP (ver Figura 2.3).

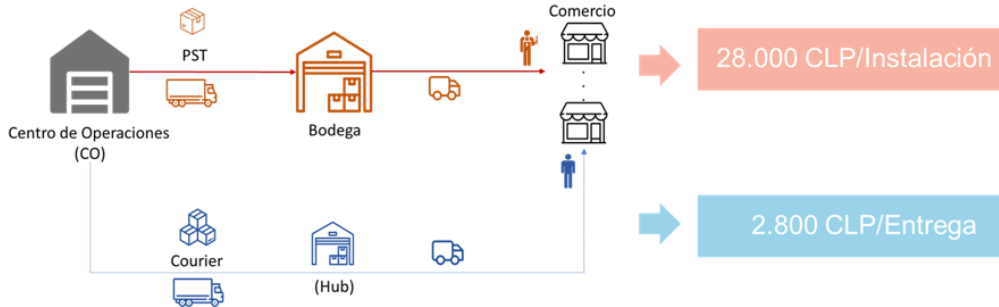


Figura 2.3: Diagrama de los dos métodos de distribución utilizados por la empresa y el valor estimado de cada servicio.

Una parte de esta diferencia en costos se puede explicar por algunas necesidades propias del servicio entregado por los PSTs, por ejemplo, la necesidad de tener bodegas con capacidad para almacenar inventario, tener técnicos capacitados para realizar una instalación, además del tiempo adicional que requiere una instalación con respecto a una entrega.

Por otra parte, otros costos se pueden explicar por la existencia de dos proveedores que operan en las mismas comunas, así como la diferencia en la productividad de estos técnicos (ver Figura 2.4).

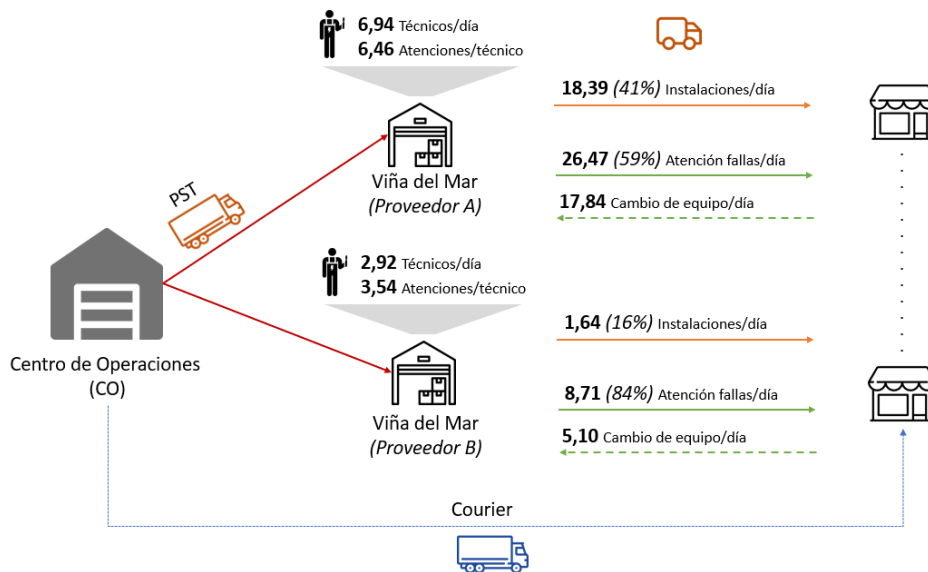


Figura 2.4: Diagrama de flujo del proceso de distribución. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

En cuanto a las bodegas actuales de la red de servicios PST (ver Figura 2.5), se observa que los dos proveedores actuales operan en todas las regiones del país, uno de estos proveedores cuenta con 15 bodegas regionales y 7 bodegas pequeñas, que pueden ser por ejemplo departamentos. Mientras que el segundo cuenta con 3 bodegas regionales y 17 bodegas pequeñas, además de 5 “home office” que no representan bodegas, sino que corresponden a técnicos que mantienen equipos en sus casas en localidades más aisladas y que deben rendir los equipos a la bodega más cercana para el control del inventario, esto ocurre en las ciudades de: Ovalle, San Antonio, Rengo, Curicó y Castro.

Cabe destacar que la empresa desea modificar los formatos de bodegas pequeñas definiendo estándares de seguridad para todas las bodegas como cámaras de seguridad, guardias y áreas habilitadas exclusivamente para el almacenamiento y rendición de equipos, por otra parte, para las localidades más aisladas en lugar de permitir que los técnicos realicen “Home Office” se permitirán “rutas largas”, lo que significa que en estos casos la rendición de equipos no se realizará diariamente, sino que previo acuerdo con la empresa se definirá el plazo máximo para realizar rendición de equipos, la cual no será superior a una semana.

El sistema actual de bodegas duplicadas implica un exceso de costos e ineficiencias. El transporte desde el CO a las bodegas es realizado por los proveedores, de acuerdo al sistema de inventarios actual de la empresa la reposición de inventario es diaria, entonces ambos proveedores deben retirar productos en el CO diariamente y enviarlos a cada una de las bodegas de acuerdo a las cantidades especificadas por la empresa, por ejemplo en el caso de las bodegas de Antofagasta dos camiones transportan equipos desde Santiago a Antofagasta diariamente, por lo que el costo fijo de transporte se duplica. Además, por los altos costos que implica el transporte hacia las bodegas los proveedores deciden no realizar este transporte diariamente, entonces no se cumple con los requisitos de stock. Por su parte, al tener dos bodegas en la misma ciudad se tiene el doble de costo fijo de arriendo, seguridad, luz, agua, entre otros.

Estimando los costos de cada etapa del proceso de distribución para el proveedor A, considerando la demanda que atienden, el tamaño y localización de sus bodegas, la cantidad de técnicos y los costos estimados presentados posteriormente (ver Capítulo 6). Se obtiene la siguiente distribución de costos:

Tabla 2.1: Estimación de costos del proceso de distribución para el proveedor PST A.

Proceso	Costo Porcentual
Bodegas	12.9%
Habilitación (Arriendo + Gastos básicos)	4.8%
Administración bodegas	8.0%
Transporte 1	2.7%
Transporte CO-Bodega	1.7%
Reversa	0.9%
Transporte 2	73.9%
Técnicos	64.4%
Transporte	9.5%
Otros (Seguros, Supervisores, Mesa cuadretura)	10.6%

Mapa de bodegas y caracterización de la demanda

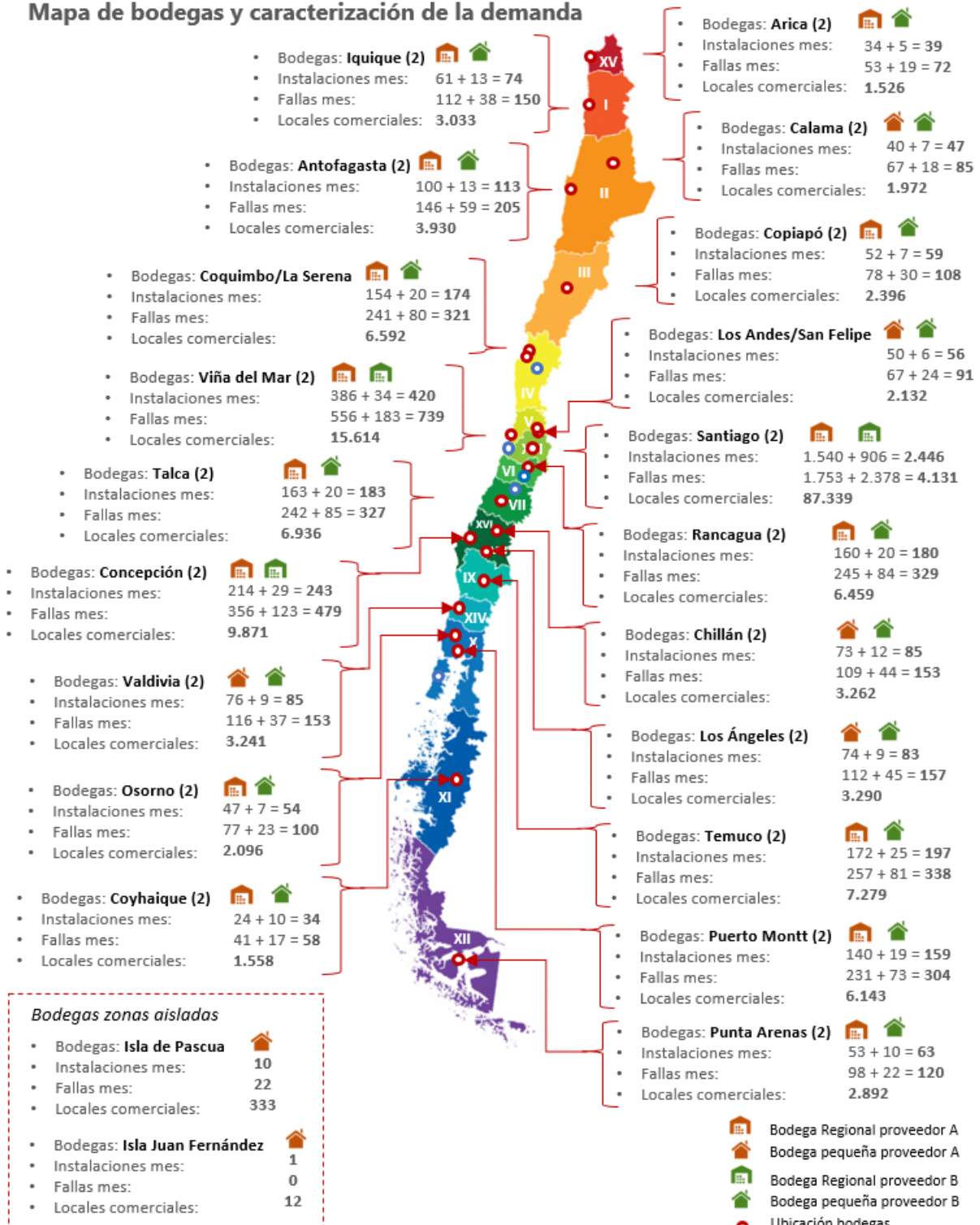


Figura 2.5: Ubicación de bodegas regionales, bodegas pequeñas y home office de los proveedores A y B. Los datos presentados representan el promedio mensual del año 2019. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

Como se puede ver en la Tabla 2.1 el transporte desde la bodega al cliente final que incluye el costo del técnico, representa el mayor costo del proceso de distribución, es por esto que es necesaria una ubicación adecuada de las bodegas para reducir los costos de transporte y aumentar la productividad de los técnicos, ya que si se tienen pocas bodegas los técnicos deben realizar viajes muy largos para atender algunas localidades, con lo que su productividad así como su servicio entregado al cliente en tiempos de atención se verían afectados.

Proyectos de autoinstalación

Actualmente existe una gran cantidad de proyectos que afectarán al proceso de distribución, el más relevante para este proyecto implica un aumento en los equipos que serán instalados por los propios clientes, o sea autoinstalados. Como se mencionó, actualmente solo uno de los equipos es autoinstalable y, por tanto, es transportado vía Courier al cliente.

Es necesario aclarar que los productos de Autoservicio, Host y POS integrados, no tienen la posibilidad de ser autoinstalables. Por lo que, la expansión a otros productos del sistema de autoinstalación comenzará por los POS móvil, para luego expandirse a los equipos POS fijo, los cuales representan el 56% y 21% de los equipos instalados respectivamente, con esto se verá reducida la necesidad de técnicos y la distribución realizada por PST deberá ser reemplazada por Courier para reducir los costos, ya que el costo de una entrega realizada por un Courier es solamente el 10% del costo de una instalación realizada por un PST (ver Figura 2.6).

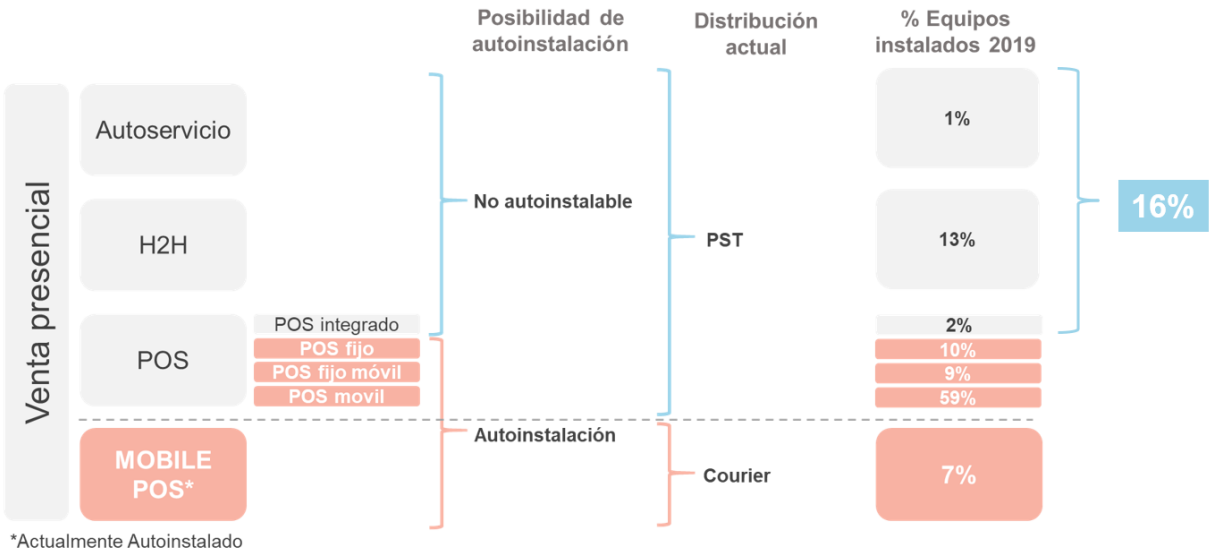


Figura 2.6: Esquema de productos muestra la situación actual respecto a la autoinstalación y el tipo de distribución y equipos a los que se les incluirá este tipo de tecnología.

Cabe destacar que los nuevos equipos autoinstalables aún requerirán un stock en bodega para la atención de fallas que representa 51.6% de la demanda total de equipos. Por lo que la demanda de equipos (instalaciones y atención de fallas) podría reducirse a lo más en un 40% de aplicarse la autoinstalación en todas las instalaciones de equipos en que es posible.

Término de contratos de PSTs

Los contratos con los actuales PSTs se encuentran prontos a terminar, en particular, el contrato con el proveedor A finaliza en septiembre del año 2020 y el contrato con el proveedor B finaliza en septiembre del año 2021.

Considerando el pronto término de los contratos, así como la libertad que tiene la empresa para definir restricciones sobre la ubicación de bodega y el inventario de las mismas (bases sobre las cuales se establecen los contratos actuales) es que el área de Logística de la empresa busca una optimización del servicio de distribución para la posterior licitación de los servicios.

En síntesis, Esta oportunidad se enmarca en el término del contrato de los proveedores en el año 2020 y 2021 lo que hace necesario realizar una licitación de los servicios. Así mismo, los avances en las tecnologías producen cambios importantes la demanda de los distintos servicios y los proveedores requeridos. A lo anterior se suma la inminente entrada de competencia al mercado mencionada, que hace necesario operar a costos competitivos.

La gran cantidad de cambios a la que se está enfrentando la empresa en sus productos y tecnologías, así como los que enfrenta el mercado de los medios de pago, con la inminente entrada de competencia, hacen necesario definir la ubicación y capacidad óptima de bodegas a lo largo de todo Chile para satisfacer la demanda de 340 comunas y reducir los costos de distribución. Lo que está directamente relacionado con la visión de la empresa de ser líder del mercado y ser eficiente.

Capítulo 3

Objetivos

El objetivo general es el siguiente: “Diseño del modelo óptimo de distribución de los prestadores de Servicio de Soporte en Terreno (PST) capaz de generar ahorros y adaptarse a los cambios tecnológicos de la empresa y al nuevo modelo competitivo del mercado”.

El rediseño del modelo de distribución se optimizará a nivel táctico y operacional, entonces como objetivos específicos se tienen:

- Realizar una estimación simplificada de la demanda futura.
- A nivel táctico con un horizonte temporal de 3 años se definirá la ubicación y capacidad óptimas de las bodegas.
- A nivel operativo se definirá el nivel de inventario que se debe mantener en la bodega, así como la capacidad de técnicos necesarios, todo esto para satisfacer la demanda de las bodegas.

Capítulo 4

Marco Conceptual

La problemática abarca la disciplina de Gestión de Operaciones, en específico temas de logística como distribución, transporte, almacenamiento, localización de bodegas, inventario y capacidad operativo, así como en temas de pronóstico de demanda, que será necesario para optimizar adecuadamente los temas mencionados. En específico los problemas que deben ser resueltos son: “Demand Forecasting”, “Warehousing Location” y “Inventory Models ”. Se propone el uso de un modelo de toma de decisiones para la localización de las bodegas, considerando aspectos como el costo de transporte y habilitación de bodegas, así como la capacidad de estas.

4.1. Demand Forecasting

El pronóstico de demanda se usa para planificar y controlar, dentro de distintas áreas operacional, marketing, entre otras, y su metodología varía según la finalidad del pronóstico. En el caso específico de decisiones de capacidad, como la que se enfrenta al decidir el tamaño de las bodegas, para una planificación de instalaciones se requiere realizar un pronóstico a largo plazo. Mientras que, para decidir sobre subcontratación, planes de contratación y decisiones sobre el equipo necesario se necesita un pronóstico más detallado por tipo de producto o servicio. Por último, para decisiones de corto plazo se requiere un mayor nivel de precisión del pronóstico.

A grandes rasgos, los pronósticos se pueden realizar de dos maneras, los métodos cualitativos y los cuantitativos. Los métodos cualitativos son útiles cuando existe poca información o la información pasada no es un indicador confiable para predecir el futuro. Por otra parte, existen los métodos cuantitativos que se basan en modelos analíticos que utilizan los patrones del pasado para predecir el futuro, estos métodos se dividen principalmente en series de tiempo y pronóstico causal (Schroeder & Goldstein, 2016 [6]).

Métodos cualitativos de pronóstico:

- **Delphi:** El pronóstico es realizado por un panel de expertos, los cuales responden cuestionarios en varias rondas, después de cada ronda un facilitador resume anónimamente los pronósticos realizados por los expertos.

- **Market surveys:** Paneles, cuestionarios, mercados de prueba y/o encuestas, para reunir información de mercado.
- **Life-cycles analogy:** Predicción basada en la introducción, crecimiento y fases de madurez de productos similares.
- **Informed judgment:** Pronostico realizado por una o varias personas, en base a experiencia, sospechas o hechos acerca de la situación.

Series de tiempo como método cuantitativo para pronóstico de la demanda:

- **Moving averages:** Se utiliza la media aritmética o promedio ponderado de puntos definidos de la información pasada para predecir el futuro.

Formulación con media aritmética: $F_{t+1} = A_t$ y $A_t = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$. Donde F_{t+1} es la demanda pronostica para el periodo $t + 1$ y A_t es la demanda promedio de N periodos.

Formulación con promedio ponderado: $F_{t+1} = A_t = W_1 D_t + \dots + W_N D_{t-N+1}$, donde $\sum_{i=1}^N W_i = 1$

- **Exponential smoothing:** Similar al método de “moving average”, pero agrega un mayor peso a la información reciente.

Formulación: $F_{t+1} = A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) A_{t-1}$, donde $\alpha \in [0, 1]$ es la proporción de peso asignado a la nueva demanda.

- **Life-cycles analogy:** Predicción basada en la introducción, crecimiento y fases de madurez de productos similares.
- **Analytical models:** Se utiliza un modelo lineal o no lineal ajustado a series de tiempo, por medio de regresiones.
- **Box-Jenkins:** se utilizan métodos de autocorrelación (ej. ARMA, ARIMA) para encontrar el mejor ajuste a una serie de tiempo.

Además existen otros métodos de pronóstico causal como método cuantitativo para pronóstico de demanda.

Para el caso de este proyecto, la demanda representa un factor necesario para la definición óptima de la ubicación de bodegas, nivel de inventario y capacidad. Sin embargo, no se cuenta con información suficiente para estimar apropiadamente la proporción de la demanda que será captada por los competidores, es por esto que se propone el uso principal de métodos cualitativos, en particular Informed judgment, para analizar cuál podría ser la demanda captada.

4.2. Warehousing Location Problem

Como primera aproximación para definir la ubicación óptima de bodegas se puede utilizar el modelo “center-of-gravity analytics”, el cual calcula el centro de gravedad basado en las distancias hacia una cantidad definida de clientes y la demanda de estos, sin embargo, asume que los costos son proporcionales a la distancia recorrida y el peso transportado, lo que en la práctica no es real.

Al momento de decidir el número de bodegas óptimo se debe considerar el trade-off entre: abrir una bodega y el costo de transporte y almacenamiento, ya que existe un punto de saturación en el cual con cada bodega abierta los envíos realizados a las bodegas son más pequeños y el beneficio de las bodegas es superado por el costo de los envíos y el costo de apertura de cada bodega (Schroeder & Goldstein, 2016 [6]).

Entonces para decidir correctamente la cantidad y localización de bodegas, así como la demanda atendida por estas, se debe minimizar todos los costos logísticos asociados a la distribución: costo de transporte hacia la bodega, costo de transporte desde la bodega a los clientes asignados, costo de inventario de la bodega, costo de habilitación de una bodega.

Primeramente, al hablar de un problema de localización se debe decidir si utilizar un modelo discreto o continuo, para esto (Krarup, 2009 [2]) propone analizar los siguientes aspectos: ¿La red de transporte está lo suficientemente bien desarrollada y libre de barreras como para considerar un modelo continuo? ¿Existe un número relativamente pequeño de posibles ubicaciones de bodegas que permita recomendar el uso de un modelo discreto? ¿Las soluciones del modelo son fácilmente transferibles a un conjunto de ubicaciones sin que se produzcan errores en las medidas utilizadas para evaluar las soluciones? ¿Alguno de los modelos ofrece ventajas computacionales? En general, estas preguntas llevan a decidir sobre un modelo discreto.

Dentro de los modelos discretos, existen tres utilizados comúnmente para problemas de localización: p-Median Problem (p-MP), en el cual se busca minimizar el costo variable de abrir p bodegas (donde n es un conjunto de potenciales localizaciones de bodegas y $1 \leq p \leq n$) asignando cada cliente a exactamente una bodega. p-Center Problem (p-CP), este modelo busca minimizar el máximo costo variable de atender a cualquier cliente desde p bodegas a elegir (Exnar & Machac, 2003 [1]). Por último, el Simple Plant Location Problem (SPLP), es similar al p-MP, pero se basa en minimizar la suma de los costos fijos y variables de habilitar p bodegas. Cabe destacar, estos modelos asumen una cantidad definida de bodegas para ser habilitadas.

Analizando el problema, en este se buscan minimizar los costos totales del proceso de distribución, dichos costos se componen tanto de costos fijos como variables, es por esto, que se descarta el p-Center y se propone para este proyecto el uso de un modelo SLPL que corresponde a una extensión del clásico modelo p-Median (Ramos, 2003 [5]). Además, en este caso se pretende eliminar la restricción de cantidad de bodegas a habilitar, ya que, si bien esto aumenta la complejidad del problema, permite que los costos sean optimizados considerando todas las variables.

4.3. Inventory

Los costos de inventarios son variados, en general se consideran los siguientes: costo de los productos al momento de la compra, costos de realizar la orden y transporte de los productos, costo de mantener un producto (costo de capital, costo de almacenamiento, costo de obsolescencia) y el costo de quiebres de stock. En particular en este proyecto el principal los principales costos de inventario que afectarán el proceso de distribución son el costo de almacenamiento y los costos de transporte, ya que el resto de los costos, corresponden a costos en los que incurre la empresa y no el PST.

Dada la importancia de los costos de inventario, es necesario utilizar un modelo adecuado para definir la cantidad a ordenar y cuando ordenar dicha cantidad. A continuación, se presentan los diferentes modelos para estimar dichas cantidades (Schroeder & Goldstein, 2016 [6]).

Economic order quantity (EOQ)

Este modelo asume que la tasa de demanda es constante, es recurrente y conocida. El tiempo de entrega (lead time), es constante y conocido. Por otra parte, el producto es único. Además, no se permiten quiebres de stock. Este modelo, busca definir la cantidad a ordenar Q , tal que se minimicen los costos de inventario.

Continuous review system (Q System)

Este modelo permite adaptar el modelo EOQ, permitiendo relajar las restricciones de demanda constante y permitiendo los quiebres de stock. En este modelo se monitoria continuamente la posición del stock, que corresponde al inventario disponible e inventario ordenado. Cuando la posición del stock cae del nivel de reorden R se ordena una cantidad fija Q .

Periodic review system (P System)

Al igual que en el modelo de anterior, en este modelo se mantienen las restricciones del EOQ excepto por las restricciones de demanda constante y la que no permite los quiebres de stock. Sin embargo, en este modelo la posición del stock no es revisada constantemente, sino que, en intervalos de tiempo fijos, de duración P . Además, no se ordena una cantidad fija, sino que se busca alcanzar un nivel de inventario T , entonces se ordena una cantidad igual a T menos la posición del stock al momento de la revisión.

Diferencias entre sistemas P y Q

Ambos métodos mencionados previamente son útiles para aplicar en este problema, sin embargo, el sistema de revisión periódica requiere un mayor nivel de inventario que el de revisión continua, pero permite definir fechas de envío y no requiere grandes esfuerzos para

la revisión continua del inventario y el despacho de las órdenes.

Además de las diferencias en cuanto a los resultados de cada modelo, es necesario comprender las diferencias en el funcionamiento de ambos sistemas, (Marchetti, 2015 [3]) plantea las siguientes diferencias fundamentales:

- El sistema P define un inventario objetivo a alcanzar, mientras que el modelo Q define un punto de reorden.
- El sistema P no define una cantidad fija a ordenar, sino que la orden depende de cuantas unidades faltan para alcanzar el objetivo, el sistema Q define una cantidad fija a ordenar.
- El sistema P define intervalos fijos de compra mientras que el Q ordena cada vez que el nivel de inventario se encuentra por debajo del punto de reorden.

Un punto muy importante al definir el nivel del inventario es definir el nivel de servicio deseado. En particular en este caso, la empresa es la que decide el sistema de inventario y la cantidad a enviar a cada PST, además, la empresa exige a los PST que se cumpla con el nivel de servicio de cara al cliente con un nivel en general superior al 95 % (con multas asociadas a un nivel de servicio inferior), es por esto que resulta necesario evitar los quiebres de stock y que de esta manera no se castigue a los PST por un sistema de inventario mal definido.

Capítulo 5

Alcances

Como alcances del proyecto se definirá la ubicación óptima de bodegas a lo largo de todo Chile, considerando la demanda a mediano plazo, en vista de que la licitación de los servicios se realizará entre el año 2020 y 2021, entonces se debe definir la capacidad suficiente para satisfacer la demanda proyectada para estos años y los años siguientes, donde se debe tomar en cuenta la duración de los contratos que la empresa ha establecido en 3 años. Para esto se pueden definir bandas de demanda, considerando que resulta difícil realizar una estimación adecuada de la demanda, por los diferentes cambios que enfrenta este mercado. Además, la demanda será agregada a nivel de comuna y no por cliente, para reducir la complejidad del problema.

Cabe destacar que actualmente existe una situación de pandemia que puede afectar considerablemente la demanda y puede dificultar aun más la estimación de la demanda futura. Es por esto que se utilizará la información de demanda en situaciones normales, considerando el año 2018 y parte del año 2019. Todo esto bajo el supuesto de que durante el año 2021 se retorne a la normalidad.

Además de la definición de la ubicación y cantidad óptima de bodegas, se definirá la capacidad de almacenamiento, es decir, tamaño en m^2 que debe poseer cada bodega, definiendo un sistema de inventarios apropiado. Así mismo, se definirá la capacidad necesaria de técnicos, tanto la capacidad de almacenamiento como la capacidad técnica corresponden a factores operacionales. Incluyendo estos factores se espera lograr una definición adecuada del modelo de distribución para establecer en la licitación.

Capítulo 6

Metodología y análisis descriptivo

6.1. Metodología

Inicialmente, para poder definir adecuadamente el modelo de distribución necesario para los próximos años se debe realizar un pronóstico de la demanda para los prestadores de Servicio de Soporte en Terreno (PST) de atenciones y equipos, para esto se considerará el crecimiento de la demanda del mercado, así como la potencial pérdida de demanda por la entrada de competencia y por los proyectos de autoinstalación que realizará la empresa.

Para la definición del proceso óptimo de distribución se realizará un proceso de optimización en etapas, en la **primera etapa**, se considera la parte táctica, entonces se definirá la cantidad y ubicación óptima de las bodegas considerando costos de transporte y habilitación de bodegas.

Incluso con un modelo que incluye costos fijos y variables de distribución resulta complejo incluir aspectos como el nivel de inventario, que es fundamental para definir la capacidad que deben tener las bodegas y calcular los costos de dicha capacidad.

Por otra parte, después de obtenida la capacidad de las bodegas, resulta necesario analizar la factibilidad de que los técnicos atiendan a todas las bodegas asignadas y se debe analizar la cantidad de técnicos que serán requeridos. Dado estos dos aspectos es que se propone realizar una segunda etapa que permita obtener mejores estimaciones de los costos de distribución, así como recalibrar los resultados del modelo, modificando la cantidad y ubicación de bodegas de ser necesario.

En la **segunda etapa** se definirá el nivel de inventario necesario en cada bodega, así como la capacidad de técnicos necesarios para satisfacer la demanda.

Por último, en la **tercera etapa** se analizarán los costos asociados a cada una de estas etapas. Y se realizará una recalibración del modelo de ubicación de bodegas en caso de ser necesario, en base a los costos asociados al inventario.

6.2. Análisis descriptivo

6.2.1. Demanda

Los datos de demanda a utilizar corresponden a bases de datos de las instalaciones y fallas atendidas para el rango de fechas enero 2018 a agosto 2019. Estas bases de datos fueron consolidadas para facilitar el análisis de los datos, donde los principales atributos son los siguiente:

1. ID: Corresponde al código único de cada solicitud de instalación o atención de fallas.
2. Tipo de solicitud: Indica si corresponde a una instalación o a una falla.
3. Técnico: Corresponde al código del técnico asignado a dicha solicitud.
4. Proveedor: Indica cuál de los dos proveedores PST (proveedor A o B) tiene asignado dicha solicitud.
5. Éxito: Indica si la solicitud fue realizada con o sin éxito.
6. Fecha y hora: Se incluyen las siguientes:
 - Fecha Apertura: Corresponde a la fecha en que el servicio fue solicitado.
 - Fecha Agendada: Corresponde a la fecha agendada por el cliente para una instalación (las fallas no presentan este atributo ya que deben ser ejecutadas una vez que el cliente realiza la solicitud).
 - Fecha Ejecución: Corresponde a la fecha real de ejecución del servicio, es decir, la fecha en que el técnico acude al comercio y atiende el requerimiento del cliente (en caso de ser exitosa).
7. Comuna: Corresponde a la comuna en la que se localiza el comercio que solicita el servicio.
8. Región: Región a la que pertenece dicha comuna, se consideran 15 regiones (no se distingue región del Ñuble).
9. Bodega: Se indica la bodega que atiende a dicho comercio dada la comuna en la que se encuentra (Bajo el formato: Proveedor - Comuna).
10. Comuna Bodega: Muestra la comuna en la que se localiza la bodega.
11. Tipo de equipo: Corresponde al tipo de equipo instalado, en una solicitud de instalación o en reemplazo de otro equipo por una falla no resuelta.
12. Cantidad de equipos: Corresponde al número de equipos instalados, ya sea durante una solicitud de instalación o en una falla no resuelta.

13. Código de cierre: Indica los detalles del cierre de la solicitud indicando en el caso de las instalaciones que la instalación fue efectuada o el motivo genérico por el cual no fue realizada. Mientras que en el caso de las fallas se indica la solución aplicada, como puede ser el cambio del equipo o componente, o en el caso de una falla no resuelta el motivo.

En la siguiente tabla se muestra un análisis descriptivo de estos atributos:

Tabla 6.1: Tabla descriptiva de los datos de demanda del año 2019, para cada atributo se identifica: cantidad de datos, cantidad de datos únicos, dato más repetido y frecuencia de aparición de los datos no numéricos, promedio, desviación estándar, mínimo y máximo de los datos numéricos.

	Tipo solicitud	Tecnico	Proveedor	Exito	mes-año	Comuna	Region	Bodega	Comuna Bodega	Equipo	Cantidad
count	167041	167041	167041	167041	167041	167041	167041	167041	167041	167041	167041
unique	2	514	2	2	8	340	17	42	24	8	-
top	Falla	Cristian.Villa	A	Con Exito	01-2019	SANTIAGO	METROPOLITANA	A - SANTIAGO	SANTIAGO	MOVIL	-
freq	113520	1571	110798	158846	23247	12230	81584	42692	81583	75615	-
mean	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.91
std	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.22
min	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99

Utilizando los datos previamente mencionados y considerando la diferencia entre los servicios de instalación y atención de fallas, se procede a analizar la demanda de este tipo de servicio de distribución desde dos puntos de vista: demanda de atenciones y demanda de equipos. Al analizar la demanda de atenciones y equipos en su conjunto, es decir, atenciones como la suma de atenciones de fallas e instalaciones, y equipos como la suma de equipos para instalaciones y atenciones de fallas, se observa que la cantidad de atenciones y equipos son similares (ver Figura 6.1).

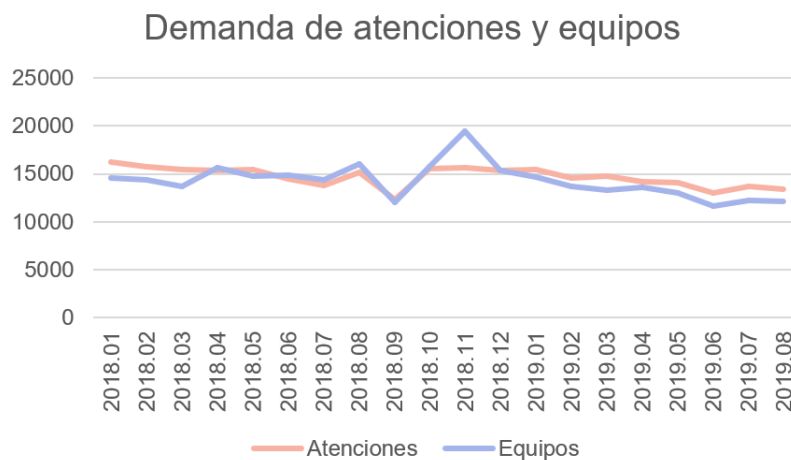


Figura 6.1: Gráfico de demanda de atenciones y equipos con éxito, entre enero 2018 y agosto 2019, considera atenciones como atenciones de fallas e instalaciones y equipos como equipos para atención de fallas e instalaciones. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

Demanda de atenciones

La demanda de atenciones corresponde a cada solicitud realizada por los clientes para realizar una instalación o atender una falla. Desde el punto de vista del proceso de distribución corresponde a cada viaje que un técnico debe realizar desde una bodega hacia un comercio, por tanto, este tipo de demanda es fundamental para decidir la ubicación de bodegas reduciendo este costo de transporte.

Al observar la demanda de atenciones a través del tiempo se observa que en general el número de atenciones, que corresponde a la suma de instalaciones y atenciones de fallas, no tiene grandes variaciones a nivel mensual. Sin embargo, se observa una tendencia en la cual cuando las instalaciones aumentan disminuyen las atenciones de fallas (ver Figura 6.2).

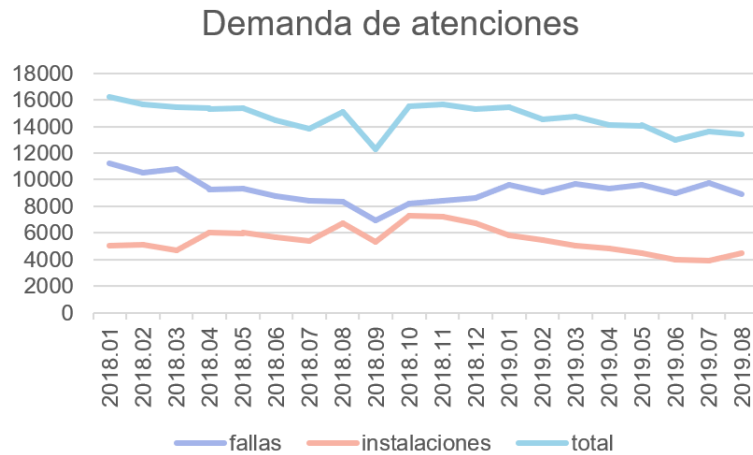


Figura 6.2: Gráfico muestra las instalaciones y atenciones de fallas ejecutadas (con y sin éxito) entre enero 2018 y agosto 2019. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

Esto podría hacer suponer que las atenciones ejecutadas están sujetas a la capacidad que tienen los PST para atender los requerimientos, sin embargo, esto queda descartado dado que la empresa tiene Service Level Agreement (SLA) estrictos que exigen el cumplimiento de las instalaciones en la fecha agendada y de las fallas luego de que estas sean informadas por el cliente. No obstante, se realizó un análisis que compara la demanda de atenciones por mes, de acuerdo a la fecha de ejecución de las instalaciones y fallas, y la fecha agendada en el caso de las instalaciones y la fecha de apertura en el caso de las fallas (ver Figura 6.3). De este análisis se concluye que la ejecución de las atenciones no responde a la capacidad, sino que a la demanda, la cual, en su conjunto tienen un comportamiento equilibrado.

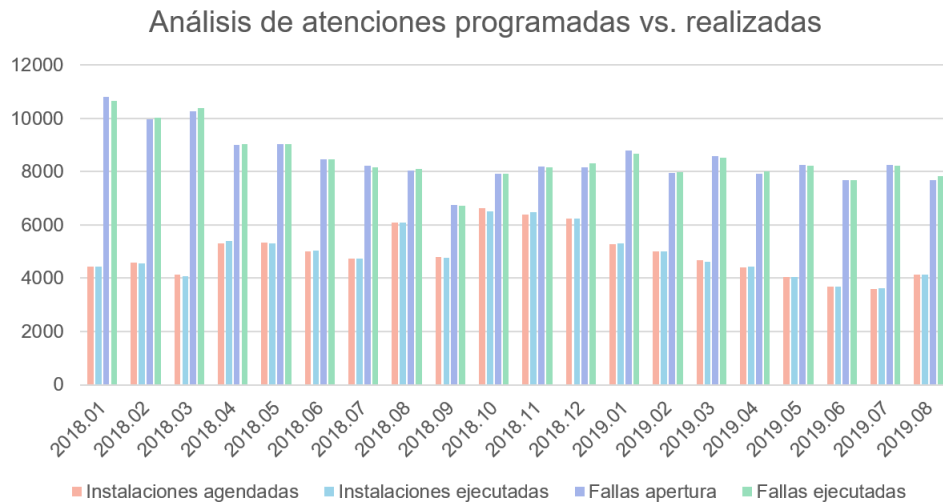


Figura 6.3: Gráfico muestra las instalaciones y atenciones de fallas ejecutadas con éxito, así como las instalaciones agendadas y las atenciones de fallas solicitadas por los clientes, entre los meses de enero 2018 y agosto 2019. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

En cuanto al éxito de las atenciones realizadas, en promedio un 90% de las instalaciones son atendidas con éxito, mientras que un 97% de las fallas son atendidas con éxito. Cabe destacar que el éxito de las atenciones a aumentado a través del tiempo y, actualmente, tanto las atenciones de fallas como las instalaciones son resueltas con éxito en más de un 90% de los casos (ver Figura 6.4).

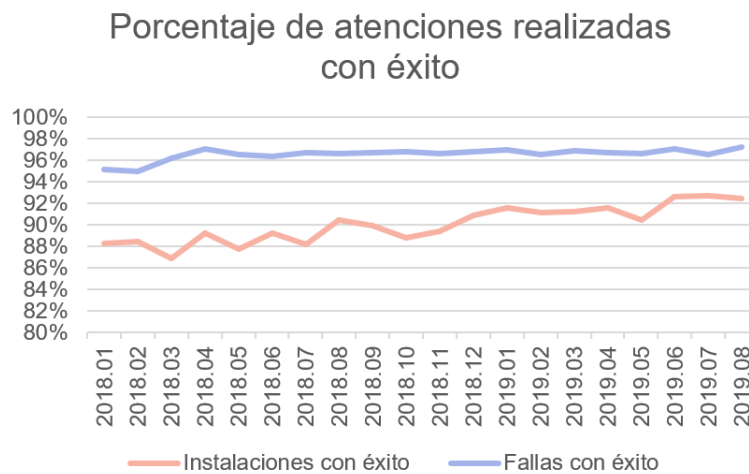


Figura 6.4: Gráfico muestra el porcentaje de instalaciones y fallas ejecutadas con éxito, entre los meses de enero 2018 y agosto 2019.

Demanda de equipos

Por su parte, la demanda de equipos corresponde a cuantos equipos son solicitados por los clientes para instalación o cuantos equipos son reemplazados cuando ocurren fallas, es decir, corresponden al flujo de equipos que salen de cada bodega, este tipo de demanda es necesaria para definir el sistema de inventario requerido para satisfacer la demanda en cada comuna, así como para definir la capacidad de almacenamiento y administración de cada bodega.

La relación entre el número de atenciones y el número de equipos difiere entre instalaciones y fallas, a grandes rasgos por cada instalación se requieren 1,63 equipos, mientras que por cada falla se requieren solamente 0,69 equipos, ya que el resto de las fallas pueden ser solucionadas en terreno sin requerir el cambio del equipo.

Al analizar la demanda de equipos, se observa que la demanda para cada categoría de atención tiene un comportamiento similar a la demanda de atenciones, la principal diferencia es que, dado lo que se mencionó anteriormente, la demanda de equipos para instalaciones es superior a la demanda de equipos para atención de fallas. Además, en los meses con mayor demanda de instalaciones, el efecto en la demanda de equipos es mayor. En consecuencia, se observa que la demanda total de equipos sigue el comportamiento de la demanda de equipos para instalaciones (ver Figura 6.5).

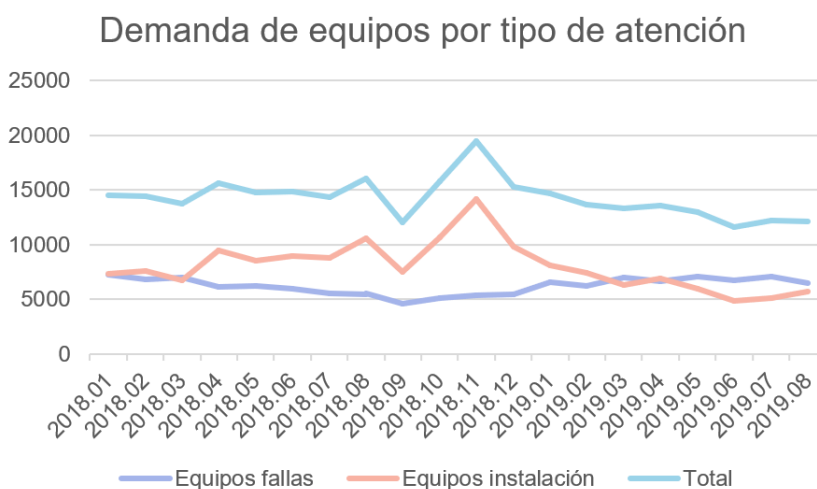


Figura 6.5: Gráfico muestra la demanda de equipos para instalaciones y fallas ejecutadas con éxito, entre los meses de enero 2018 y agosto 2019.

Cuando se analiza por tipo de equipo se observa que la demanda por equipos para fallas e instalaciones no depende del tipo de equipo, el único caso en que se observan diferencias es para los equipos POS Móvil o POS fijo, donde el primero tiene mayor demanda para atención de fallas, y el segundo tiene mayor demanda para instalaciones que para atención de fallas (Ve Figura 6.6). Existen dos posibles explicaciones para esto: que los equipos fijos son cambiados por equipos móviles durante la atención de fallas, o que los equipos móviles presentan más fallas y los fijos menos.

Distribución de equipos por tipo de atención

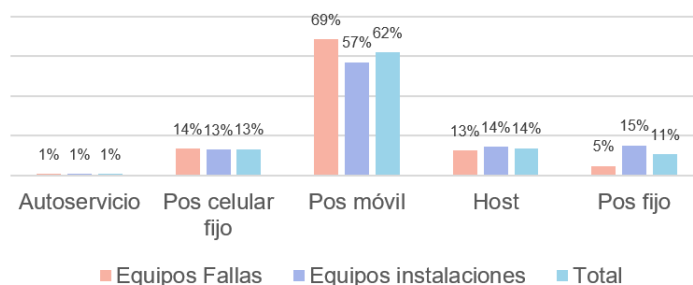


Figura 6.6: Gráfico muestra porcentaje de la demanda de equipos para instalaciones y fallas ejecutadas con éxito por tipo de equipo, entre los meses de enero 2018 y agosto 2019.

Finalmente, si se analiza la demanda de atenciones y equipos a nivel regional, se observa que no existen diferencias significativas entre la demanda de atenciones y equipos, además, al comparar las demandas con la proporción de habitantes se observa que la demanda está relacionada con el nivel de habitante para la mayoría de las regiones. En particular, para las regiones Metropolitana (XIII) y de Valparaíso (V) el porcentaje de demanda es levemente superior al porcentaje de habitantes, mientras que en las regiones del Maule (VII) y del Biobío (VIII) el porcentaje de demanda es inferior al porcentaje de la población que vive en dichas regiones:

Tabla 6.2: Se muestra el porcentaje de demanda de atenciones (instalaciones y fallas) y de equipos (instalaciones y fallas), comparado al porcentaje de habitantes por región. Fuente: Elaboración propia en base a datos de la empresa y Censo 2017.

Región	Atenciones	Equipos	Habitantes
XV	1%	1%	1%
I	2%	2%	2%
II	3%	4%	3%
III	1%	1%	2%
IV	5%	4%	4%
V	12%	12%	10%
XIII	45%	44%	40%
VI	4%	4%	5%
VII	4%	4%	6%
VIII	8%	9%	12%
IX	5%	5%	5%
XIV	2%	2%	2%
X	5%	5%	5%
XI	1%	1%	1%
XII	1%	1%	1%

6.2.2. Bodegas potenciales

Como se puede ver del análisis descriptivo anterior (ver Tabla 6.1) actualmente existen 42 bodegas distribuidas en 24 comunas, en síntesis, existen dos bodegas por comuna (2 bodegas en 19 comunas). Excepto en 4 bodegas que no se encuentran en la misma comuna que otras, pero si en comunas contiguas, en particular bodegas en los pares San Felipe – Los Andes y La Serena – Coquimbo.

Dentro de las comunas con mayor demanda, 33 comunas fueron seleccionadas por la empresa, para ser consideradas como potenciales ubicaciones de bodegas, para esto se consideró que no sean comunas contiguas. Además, se incluyeron Isla de Pascua y Archipiélago Juan Fernández, al ser localidades aisladas (ver Tabla 6.3).

Tabla 6.3: Se muestra la demanda porcentual, calculada como el número de instalaciones sobre el total de instalaciones entre enero 2018 y agosto 2019, por simplicidad solo se muestra la demanda de las 33 bodegas potenciales seleccionadas.

COMUNA	PORCENTAJE DEMANDA
SANTIAGO	8.0%
LAS CONDES	4.9%
VIÑA DEL MAR	2.7%
CONCEPCION	2.6%
MAIPU	2.6%
ANTOFAGASTA	2.2%
LAFLOLIDA	2.2%
TEMUCO	2.0%
PUERTO MONTT	1.6%
VALPARAISO	1.6%
LA SERENA	1.6%
RANCAGUA	1.5%
TALCA	1.4%
PUDAHUEL	1.4%
IQUIQUE	1.3%
LOS ANGELES	1.2%
CHILLAN	1.2%
VALDIVIA	1.1%
QUILICURA	1.0%
PUNTA ARENAS	1.0%
OSORNO	0.9%
CURICO	0.8%
CALAMA	0.8%
ARICA	0.8%
COPIAPO	0.8%
COYHAIQUE	0.4%
SAN FERNANDO	0.4%
CASTRO	0.4%
SAN ANTONIO	0.4%
SAN FELIPE	0.4%
EL BOSQUE	0.4%
ISLA DE PASCUA	0.2%
JUAN FERNANDEZ	0.0%

Para estas 33 bodegas se tiene una base de datos con los siguientes costos:

1. Costo de arriendo de una bodega de 40 m² (Espacio mínimo necesario para cumplir con aspectos administrativos), para esto se utilizó como referencia el costo de arriendo de un departamento, además se le incluyó el costo de los servicios básicos (luz, agua y gastos comunes).
2. Costo de arriendo por m² adicional, incluye costos de servicios básicos (luz, agua y gastos comunes).
3. Costo de administración, consiste en el costo para una empresa del personal para administración de cada bodega, se utilizó como referencia el costo de vida de cada comuna y un costo adicional que corresponde a los costos para la empresa adicionales al sueldo.

A continuación, se puede observar resumidamente como varían estos costos a través de las comunas:

Tabla 6.4: Se muestra un análisis descriptivo de los costos estimados para las 33 bodegas potenciales, se incluye: promedio, desviación estándar, valores mínimo y máximo de los datos. Fuente: Elaboración propia en base a costos estimados para bodegas potenciales.

	Costo arriendo 40 m ²	Costo adicional por m ²	Costo de administración
count	33	33	33
mean	\$ 439,491	\$ 5,092	\$ 1,089,546
std	\$ 56,157	\$ 842	\$ 31,107
min	\$ 369,194	\$ 4,038	\$ 1,040,553
max	\$ 621,564	\$ 7,823	\$ 1,135,368

6.2.3. Transporte

El proceso de transporte de equipos desde el CO hasta el Centro de operaciones se divide en dos etapas: La primera etapa consiste en el transporte desde el CO hacia una bodega regional y la segunda corresponde al transporte desde dicha bodega regional al cliente.

Para el cálculo de los costos de transporte hacia cada bodega regional se realizó un benchmark price con el costo de transporte realizado por Couriers, a partir de esta comparativa se obtienen los costos de transportes a cada una de las potenciales bodegas, estos costos consideran un costo fijo de transporte y un costo variable por la cantidad de equipos transportados.

Para el caso del costo de transporte desde cada bodega potencial a cada comuna se realizó la geolocalización y se obtuvieron las coordenadas del centro de cada comuna, a partir de esta información se identificó la distancia desde cada bodega a cada comuna. Considerando la distancia, el costo por kilómetro recorrido (costo fijo y variable que considera costos de inversión, combustible, mantención, entre otros), la productividad de los técnico y costo diario de los técnicos, se estimó el costo del transporte para el viaje ida y vuelta del técnico desde cada bodega a cada comuna representada por medio de una matriz. Dicha matriz fue

Tabla 6.5: Se muestra un análisis descriptivo de los costos fijos y variables estimados para el transporte desde el CO hacia las 33 bodegas potenciales, se incluye: promedio, desviación estándar, valores mínimo y máximo de los datos. Fuente: Elaboración propia en base a costos estimados de transporte CO-Bodegas.

	Costo fijo	Costo variable
count	33	33
mean	\$ 3,839	\$ 352
std	\$ 1,855	\$ 72
min	\$ 2,143	\$ 286
max	\$ 8,409	\$ 526

calculada bajo el supuesto de que durante un día un técnico atenderá requerimientos dentro de una sola comuna o comunas cercanas entre si, que no afecten altamente la productividad.

Tabla 6.6: Se muestra un análisis descriptivo del costo estimado para el transporte desde las 33 bodegas potenciales hacia los 340 clientes, se incluye: promedio, desviación estándar, valores mínimo y máximo de los datos. Fuente: Elaboración propia en base a costos estimados de transporte Bodegas-Clientes.

	Costo arriendo 40 m2	Costo adicional por m2	Costo de administración
count	33	33	33
mean	\$ 439,491	\$ 5,092	\$ 1,089,546
std	\$ 56,157	\$ 842	\$ 31,107
min	\$ 369,194	\$ 4,038	\$ 1,040,553
max	\$ 621,564	\$ 7,823	\$ 1,135,368

6.2.4. Costos del proceso de distribución

Previamente se mencionaron los principales costos del proceso de distribución realizado por un PST para el transporte y habilitación de bodegas, de la misma manera se presentaron estimaciones de estos costos, genéricamente estos costos presentados corresponden a los siguientes:

1. Costo de transporte desde el Centro de Operaciones hacia una bodega.
2. Costo de habilitar una bodega: arriendo de una bodega, servicios básicos (luz, agua y gastos comunes) y costo de personal en bodega.
3. Costo de transporte desde la bodega al comercio.
4. Costo de técnicos para instalaciones y atención de fallas.

Sin embargo, existen costos adicionales al proceso de distribución:

5. Reversa de equipos desde bodega a Centro de Operaciones. Este costo puede ser representado por el mismo modelo de costos utilizado para el transporte de equipos desde el CO hacia las bodegas potenciales.
6. Otros costos: Seguro (20 % del valor del inventario), Cámaras de seguridad, Supervisores y Mesa de cuadratura (una por cada proveedor).

Capítulo 7

Pronóstico de demanda

7.1. Factores que afectarán la demanda

Para definir la ubicación y capacidad de las bodegas, así como los niveles de inventario y técnicos necesarios, se debe conocer la demanda a satisfacer. Para el caso particular de esta empresa esto resulta bastante complejo considerando la entrada de competencia al mercado, es por esto que se considerarán distintos escenarios de demanda para los 3 años que considera el proyecto.

Primero, es necesario recordar que la demanda se divide en: demanda de atenciones (atención de falla e instalaciones) que representan cada visita que un técnico realiza a un comercio, y demanda de equipos (cambio de equipo e instalación), que refleja la cantidad de equipos que son entregados a los clientes.

Además, se deben considerar los factores que afectarán la demanda futura de la empresa, en particular, se identifican tres factores: Los proyectos de autoinstalación que afectarán la demanda de equipos POS, excepto aquellos que son integrados o utilizados para ferias y eventos, ya que estos necesitarán técnicos. El crecimiento natural de la demanda que se da principalmente por el crecimiento del comercio y la masificación del uso de tarjetas de crédito y débito. Por último, el crecimiento de la competencia que tendrá como consecuencia que una parte importante de la demanda no sea captada por la empresa, sino que por los otros competidores de este mercado.

7.1.1. Reducción de la demanda por proyectos de autoinstalación

En primer lugar, al considerar la demanda futura se debe considerar los proyectos que buscan que el cliente pueda instalar por si mismo los equipos. Con esto se reducirá la demanda de técnicos para instalar equipos POS móvil que iniciará a fines de 2019 y POS fijo a mediados 2020. Sin embargo, se debe considerar que los equipos que deban ser instalados con integración a la caja registradora continuarán siendo instalados por técnicos, así como los equipos para ferias y eventos también requerirán técnicos. Considerando esto se obtiene que el siguiente porcentaje de las instalaciones se verán afectadas por estos proyectos de autoinstalación:

Tabla 7.1: Se muestra el porcentaje de instalaciones normales de equipos POS Móvil y fijo (es decir, excluyendo Ferias, Eventos y Proyectos), que corresponden a los equipos que forman parte de los proyectos de autoinstalación, el porcentaje está calculado sobre el total de instalaciones.

	Instalaciones	Equipos instalados
Fijo	23%	26%
Móvil	60%	48%

Si bien se observa una drástica reducción de las instalaciones producto de la autoinstalación, se debe considerar que la atención de fallas representa un porcentaje mayor de las atenciones, por tanto, la reducción de demanda de atenciones producto de la autoinstalación será solamente de un 29.8%. Mientras que, en los equipos la reducción es mayor, dado que el porcentaje de equipos reemplazados en las fallas es menor que los entregados en las instalaciones, entonces la reducción de la demanda de equipos será de un 40.7%. Cabe destacar la distinción entre equipos autoinstalables que son aquellos que pueden ser instalados por el mismo cliente y que, por tanto, no requieren un técnico, y los no autoinstalables que considera los POS integrados, y además los equipos para ferias y eventos, en este último caso es necesario un técnico que se encarga del correcto funcionamiento durante la feria o evento, así como el retorno de los equipos.

7.1.2. Crecimiento histórico de la demanda

Al analizar la demanda de instalaciones desde el año 2016 (ver Figura 7.1) se observa que a partir existe una estacionalidad de la demanda con un aumento en los meses de septiembre a diciembre, con un peak en los meses de octubre o noviembre, y un descenso en el mes de enero hasta marzo.

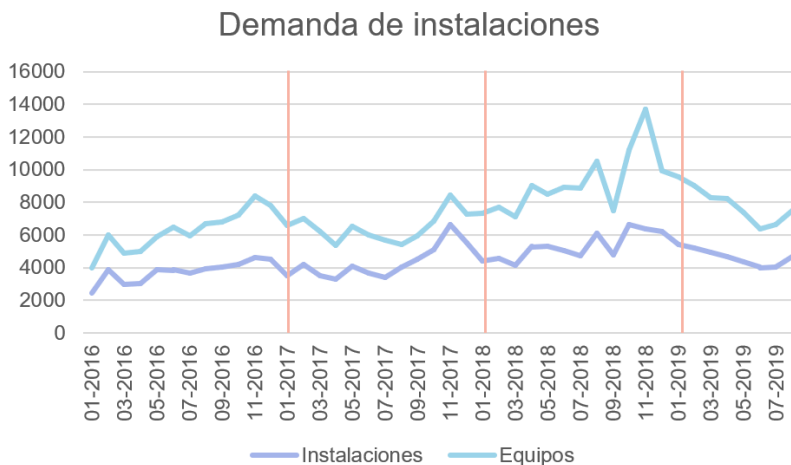


Figura 7.1: Demanda histórica mensual de instalaciones y equipos instalados, desde enero 2016 hasta agosto 2019. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

Considerando esta información, que solo corresponde a tres ciclos completos de demanda, y la necesidad de pronosticar la demanda para los años 2021, 2022 y 2023, es que se propone utilizar la tendencia anual de crecimiento, que corresponde a un 19 % de la demanda de instalaciones y un 23 % la demanda de equipos.

Como se mencionó en el análisis de los datos, la demanda de atenciones tiene dos componentes, las instalaciones y las atenciones de fallas que corresponden a 1.68 veces las instalaciones. Si bien durante el análisis de la demanda realizado en el análisis descriptivo del capítulo 6, no se observa una variación relevante de la demanda por atención de fallas, ni tampoco en los equipos para atención de fallas, se procede a analizar la demanda de atenciones de fallas desde el 2016 (ver Figura 7.2).

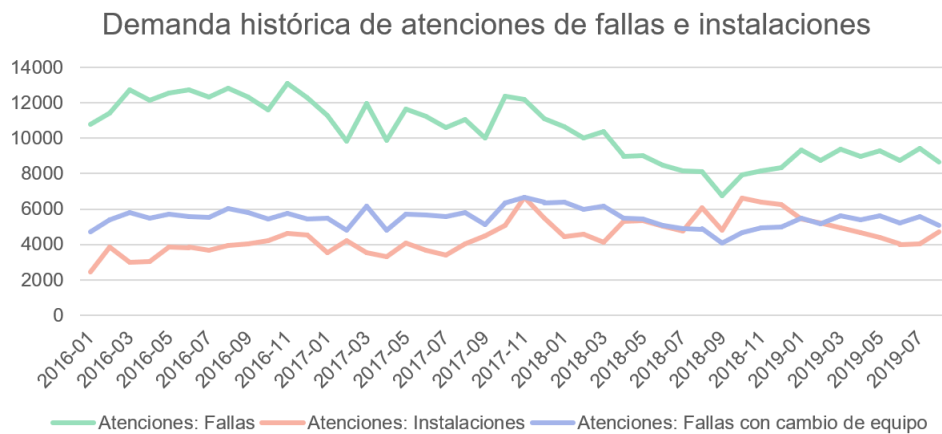


Figura 7.2: Demanda histórica mensual de atención de fallas y atención de fallas que requieren cambio de equipo, así como la comparación con la demanda de instalaciones, desde enero 2016 hasta agosto 2019. Los valores han sido multiplicados por una constante k por temas de confidencialidad de la información.

De esta manera, se observa que la demanda de atención de fallas se mantuvo relativamente constante entre 2016 y 2017, pero descendió durante 2018, para luego mantenerse constante. Sin embargo, la demanda de atención de fallas que requieren cambio de equipos se mantuvo constante durante todo el periodo analizado. Dados estos antecedentes se concluye que la demanda de atención de fallas se mantendrá constante, por lo que se considerarán los valores de atención de fallas del último año para realizar el pronóstico.

Para comprender este descenso en la demanda de atención de fallas se analizan los códigos de cierres de dichas atenciones durante cada año y se observa que durante 2016 y 2017 el segundo motivo de atención fue la revisión de equipo, representando un 16 % y un 15 % de las atenciones respectivamente, mientras que en 2018 este tipo de motivo disminuye a un 10 %, de igual forma, la demanda de otros tipos de servicios disminuye. Este cambio posiblemente se debe a que la empresa potenció el uso del call center como un medio para resolver los problemas sin que un técnico deba acudir al comercio.

7.1.3. Reducción de la demanda por la competencia en el mercado

Un factor importante al predecir la demanda futura es el crecimiento de la competencia, como fue presentado en antecedentes, existen tres competidores en el mercado: la empresa estudiada (1989), Multicaja (diciembre 2017) y Compraquí (mayo 2019). Además, empresas como Santander¹ y BCI² se incorporarán al mercado, la primera inició su pilotaje en 2020, mientras que la segunda pronosticaba su lanzamiento para el primer trimestre de 2020, sin embargo, no hay información reciente respecto a cuándo podrían realizar finalmente el lanzamiento. Por último, Scotiabank³ si bien manifestó su interés en participar en el mercado y en otros países opera con una red de adquirencia, no se ha pronunciado formalmente para informar que participará en este mercado.

Mauricio Araya, Gerente Corporativo de medios de pago de BCI, fue consultado en una entrevista por la capacidad del mercado para tener más de cuatro actores, a lo que él respondió que “Hay 700.000 comercios en Chile y solo el 25 % se encuentra afiliado a una red de adquirencia, lo que vemos es que hay un espacio para que exista competencia”, comparando esta información del número de comercios en Chile, con la cantidad real de comercios afiliados según la información de la empresa, se estima un porcentaje de comercios afiliados de un 28.6 %.

Por otra parte, se debe analizar la oferta de productos que realizan y realizarán las empresas que competirán en este mercado, ya que la demanda es distinta dependiendo del tipo de producto (ver Tabla 7.2). Entre las empresas que compiten actualmente Multicaja ofrece productos POS y Host para compras con tarjetas de crédito y débito, pero también ofreció en 2016 Mobile POS para realizar compras con tarjetas de alimentación, por lo que, podría ser posible que incorporen este tipo de equipos a su oferta.

Mientras que Compraquí ofrece un producto equivalente al Mobile POS, ya que ambos operan utilizando un Smartphone o Tablet, cabe destacar que dicho equipo es actualmente autoinstalable para la empresa estudiada, por tanto, es distribuido vía Courier y no vía PST. La empresa Compraquí ofrece productos de la empresa SumUp, dicha empresa es líder en ventas móviles en Europa, en otros países además de ofrecer el Mobile POS, ofrece equipos POS, en particular, POS móvil, además, ofrece un producto distinto a todos los ofrecidos por la empresa, que incluye una tablet que funciona como caja registradora y se conecta directamente al equipo POS.

Por su parte, Santander se encuentra asociada a la empresa Evertec, con presencia en 26 países de Latinoamérica y el Caribe, esta empresa dispone de distintas soluciones de venta presencial: Mobile POS, POS, POS integrado, POS virtual, entre otros. Cabe destacar que este banco inició el pilotaje de equipos POS en sus Work/Café. Mientras que BCI realizó un *joint venture* con la firma EVO payments que ofrece: Soluciones Integradas, Host, Mobile

¹ Fuente: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/santander-contrata-evertec-procesador-negocio-adquirencia/718894/>

² Fuente: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/bci-saldra-competir-transbank-aqui-2020-alianza-operador-global/672845/>

³ Fuente: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/mas-competencia-transbank-scotiabank-evaluar-lanzar-red-adquirencia/682083/>

POS, POS y Autoservicio.

Tabla 7.2: Empresas que participan o participarán del mercado de los medios de pagos, se indican los productos operativos en las empresas que participan actualmente del mercado, así como los equipos actualmente en pilotaje, además se indica los productos que podrían ser incorporados por las empresas, ya sea actuales, en pilotaje o en desarrollo, considerando los equipos que ofrecen internacionalmente las empresas asociadas. Fuente: elaboración propia.

	Operando actualmente			Pilotaje	Desarrollo
	Empresa	Multicaja	Compraquí (Banco Estado-SumUp)	(Santander-Evertec)	(BCI-EVO Payments)
AUTOSERVICIO	Operativo	-	-	-	Posible Producto
HOST	Operativo	Operativo	-	Posible Producto	Posible Producto
POS	Operativo	Operativo	Posible Producto	Operativo	Posible Producto
MOBILE POS	Operativo	Posible Producto	Operativo	Posible Producto	Posible Producto

En cuanto al crecimiento de la competencia⁴, Compraquí en 2019 tenía una red de 25.000 equipos a inicios de abril, 27.000 a inicios de mayo 2019, y esperaban llegar a 50.000 a fin de año. Por su parte, Multicaja a enero 2018 contaba con 25.000 comercios afiliados y 30.000 equipos instalados, y en octubre de 2018 se proyectaba que alcanzarían los 64.000 equipos a finales del mismo año (ver Figura 7.3).

Utilizando estos valores, se concluye que Compraquí creció a una tasa de un 8 % entre abril y mayo y se proyectaba un crecimiento de un 100 % entre mayo y diciembre, que corresponde a un 9 % mensual, extrapolarlo este valor a los siguientes meses se tendría un crecimiento anual de un 163 %. Por su parte, para Multicaja se proyectaba un crecimiento durante un año de un 113 %, mensualmente un 7 % aproximadamente. De estas cifras se concluye que para el primer año de funcionamiento ambos competidores han proyectado un crecimiento similar.

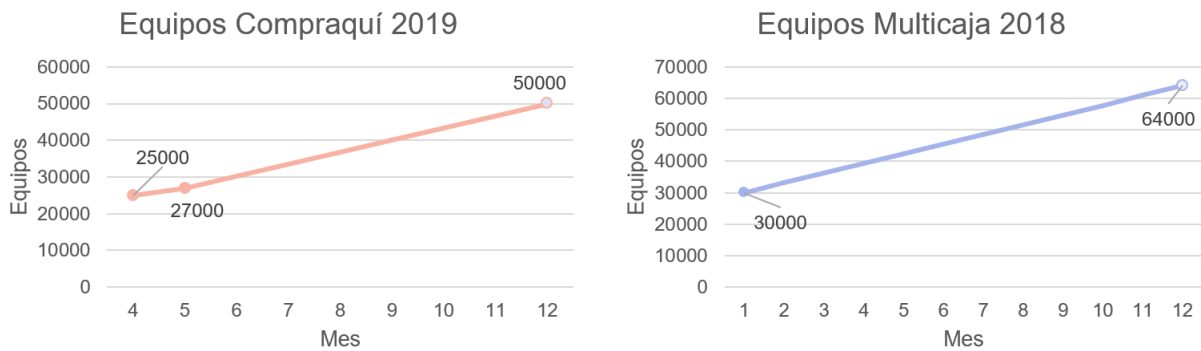


Figura 7.3: A la izquierda, crecimiento de los equipos de Compraquí entre abril y mayo 2019 y proyección para fin de año. A la derecha, estimación de crecimiento de los equipos de Multicaja, se consideran equipos a comienzos de año y equipos (POS) proyectados en octubre para fin de año.

⁴ Fuente: <https://www.latercera.com/noticia/bancoestado-competira-transbank-red-pagos-comercios/>

Respecto a la competencia futura, se tiene como antecedente que BCI espera superar el 14% de participación de mercado, sin embargo, se desconoce en qué plazo esperan lograr dicho objetivo. De igual forma, Multicaja por medio Javier Etcheberry, presidente ejecutivo de la empresa, comentó en 2018 que esperan lograr una participación de mercado de un 15%⁵ a 5 años partiendo en 2019, es decir, para fines del año 2023. Por su parte, Compraquí en 2018 anticipó que espera alcanzar los 150.000 comercios afiliados en los próximos cuatro años, fines del 2022, por medio de un enfoque en pymes y emprendedores de regiones.

A partir de los antecedentes presentados, sumado a los supuestos y cálculos que se adjuntan en el Anexo B, se estima el crecimiento de cada uno de los competidores para cada año y tipo de producto. Para luego calcular, como un porcentaje del crecimiento de la competencia, la cantidad de comercios que se afiliarán a la competencia y que en un escenario sin competencia se afiliarán a la empresa estudiada.

En resumen, dado que la distribución de equipos POS autoinstalables se realizará vía Courier al ser la opción más económica, es decir, equipos POS excluyendo aquellos integrados y aquellos utilizados en ferias y eventos, y que los equipos POS Mobile son actualmente distribuidos vía Courier. Se concluye que la competencia solo afectará a la demanda de equipos POS no autoinstalables, equipos Host y Autoservicio, en la distribución de equipos realizada por los PST. Entonces se obtiene la siguiente reducción de demanda de la empresa debido a la competencia:

Tabla 7.3: Resumen de la cantidad de comercios pronosticados que la empresa no afiliará producto del crecimiento de la competencia, para los productos que serán instalados por técnicos, es decir, distribuidos vía PST y no vía Courier.

Reducción anual pronosticada de la demanda de instalaciones			
Producto	2021	2022	2023
Autoservicio	0	0	151
Host	1239	3294	4335
POS no autoinstalables	6011	7911	10412

7.2. Escenarios de demanda

Previamente, fueron analizadas las tres principales causas que afectarán la demanda futura: La reducción de la demanda de instalaciones de los PST, dado los proyectos de autoinstalación que provocará que gran parte de los equipos sean distribuidos vía Courier. El crecimiento natural de la demanda de instalaciones, estimada a partir del crecimiento de la demanda desde el año 2016, y la estabilidad de la demanda de atención de fallas. Sumado a esto, la inminente entrada de competidores al mercado, así como el crecimiento de estos, que disminuirá la demanda de instalaciones la empresa.

⁵ Fuente: <https://www.biobiochile.cl/noticias/economia/negocios-y-empresas/2018/05/15/multicaja-comenta-llegada-de-pagos-con-cuentarut-y-proyecta-su-arremetida-contr-transbank.shtml>

A partir de estas estimaciones se propone considerar tres posibles escenarios de demanda de instalaciones realizadas por los PSTs:

1. Escenario optimista: En este caso, se reduce la demanda de los PST como consecuencia de los proyectos de autoinstalación, y al mismo tiempo la demanda de la empresa crece de acuerdo con el crecimiento de los últimos años, sin embargo, la competencia no produce reducción en la demanda de la empresa.

Tabla 7.4: Variación anual de la demanda de instalaciones para un escenario optimista que considera la reducción de la demanda de PST debido a los proyectos de autoinstalación y el crecimiento de la demanda de acuerdo con el crecimiento de los últimos años.

Escenario optimista: Variación de la demanda de instalaciones			
	Año		
Producto	2021	2022	2023
Autoservicio	19%	19%	19%
Host	19%	19%	19%
POS autoinstalables	-100%	0%	0%
POS no autoinstalables	19%	19%	19%

2. Escenario pronosticado: En este escenario se conjugan las tres causas de variación en la demanda, es decir, la reducción de demanda de PST por autoinstalación de productos, el crecimiento esperado de la demanda y la reducción de demanda producto de la competencia.

Tabla 7.5: Variación anual de la demanda de instalaciones para un escenario pronosticado que considera la reducción de la demanda de PST debido a los proyectos de autoinstalación, el crecimiento de la demanda de acuerdo con el crecimiento de los últimos años y la reducción de la demanda debido al crecimiento de la competencia.

Escenario esperado: Variación de la demanda de instalaciones			
	Año		
Producto	2021	2022	2023
Autoservicio	19%	19%	4%
Host	6%	0%	15%
POS autoinstalables	-100%	0%	0%
POS no autoinstalables	-52%	0%	-6%

3. Escenario pesimista: Por otro lado, este escenario, al igual que los anteriores considera la reducción de la demanda de instalación por proyectos de autoinstalación, además considera la reducción de la demanda por la competencia, pero no considera un crecimiento para la demanda de los años considerados en este análisis.

Tabla 7.6: Variación anual de la demanda de instalaciones para un escenario pesimista que considera la reducción de la demanda de PST debido a los proyectos de autoinstalación y la reducción de la demanda debido al crecimiento de la competencia.

Escenario pesimista: Variación de la demanda de instalaciones			
	Año		
Producto	2021	2022	2023
Autoservicio	0%	0%	-22%
Host	-14%	-26%	-18%
POS autoinstalables	-100%	0%	0%
POS no autoinstalables	-71%	-13%	0%

Al analizar estos pronósticos de la demanda de instalaciones se puede observar que existe una gran variación entre la demanda actual y la pronosticada (ver Figura 7.4), diferencia producida principalmente por los proyectos de autoinstalación, ya que como se ha mencionado los equipos POS representan la mayor parte de la demanda y solo un pequeño porcentaje de estos no son autoinstalables. Dado esto, la demanda instalaciones resulta ser bastante baja y tiene grandes variaciones entre el escenario pesimista y el optimista, donde para el último año pronosticado, en un mes determinado la demanda del escenario optimista cuadruplica la del escenario pesimista.



Figura 7.4: Gráfico que muestra la demanda actual de instalaciones y la demanda pronosticada de instalaciones para tres años en cada uno de los escenarios propuestos: optimista, pronosticado y pesimista.

Sin embargo, es necesario recordar que la demanda de atenciones de fallas supera a la de instalaciones, entonces al observar la demanda de atenciones en su conjunto (ver Figura 7.5), es decir, atenciones de fallas e instalaciones, los escenarios de demanda no representan un cambio importante en la demanda pronosticada, sino que el principal cambio se da producto de los proyectos de autoinstalación.

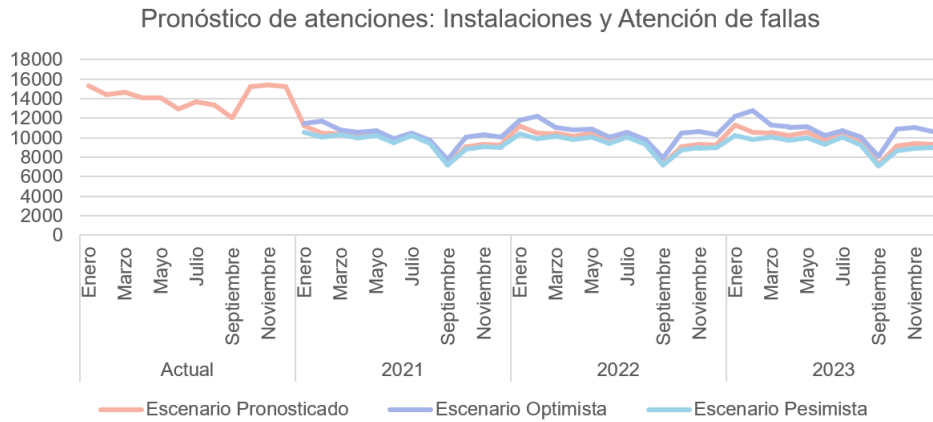


Figura 7.5: Gráfico que muestra la demanda actual de atenciones (instalaciones y atención de fallas) y la demanda pronosticada para tres años en cada uno de los escenarios propuestos: optimista, pronosticado y pesimista.

Anteriormente fue presentado el pronóstico de la demanda de atenciones, tanto la demanda de instalaciones por sí misma, como la demanda de instalaciones y atenciones de fallas. Como se ha mencionado la demanda se puede dividir en demanda de atenciones y demanda de equipos, con la primera es posible comprender la cantidad de técnicos que serán necesarios durante cada mes para satisfacer la demanda de la empresa y cuantos viajes deben realizar estos para cada bodega. Sin embargo, aún es necesario definir la cantidad de equipos que debe almacenar cada bodega, por lo que aún es necesario pronosticar la demanda de equipos.

Si bien para el caso de las atenciones (instalaciones y atenciones de fallas) se utiliza la demanda de atenciones con y sin éxito, excluyendo las atenciones canceladas, dado que se busca representar cada viaje de un técnico, independiente de si la atención pudo ser efectivamente realizada. Para el caso de los equipos solamente se consideran los equipos de las atenciones realizadas con éxito, dado que en este caso se quiere saber el inventario de equipos necesario y el flujo de equipos desde el CO al cliente final.

Para pronosticar la demanda de equipos se utilizó la demanda actual de equipos y los porcentajes presentados en cada escenario pronosticado. Como resultado se obtiene un salto importante entre la demanda de equipos de instalaciones debido a los proyectos de auto-instalación, además se observa un gran crecimiento de la demanda en los últimos meses del año (ver Figura 7.6), al igual que en para el caso del pronóstico de atenciones, al incluir la demanda de fallas la diferencia entre cada pronóstico se atenúa (ver Figura 7.7).

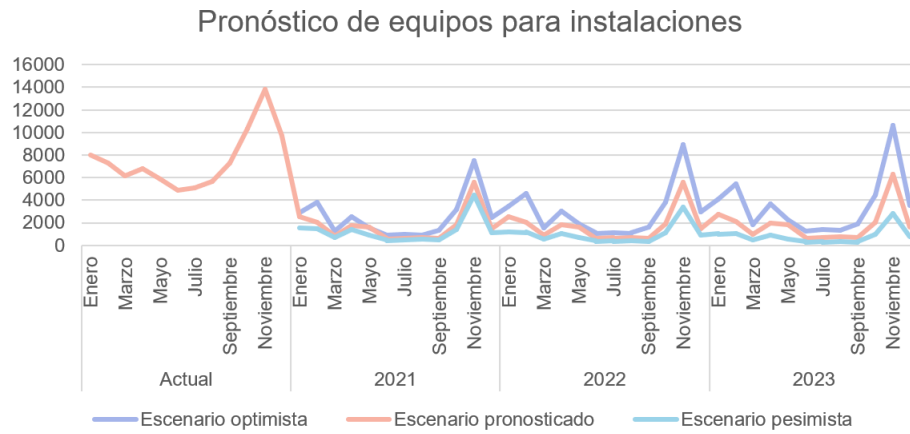


Figura 7.6: Pronóstico de la demanda de equipos para instalaciones en cada escenario. Gráfico que muestra la demanda actual y la demanda pronosticada de los equipos para instalaciones para tres años en cada uno de los escenarios propuestos: optimista, pronosticado y pesimista.

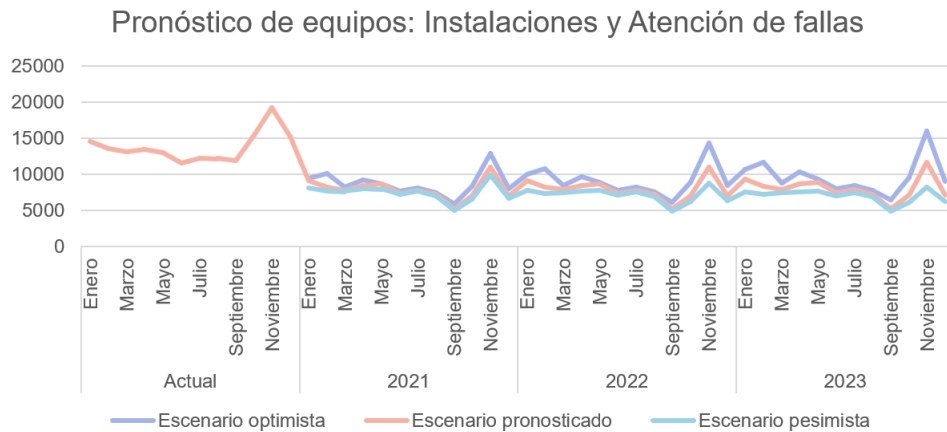


Figura 7.7: Pronóstico de la demanda de equipos para cada escenario. Gráfico que muestra la demanda actual de equipos (instalaciones y atención de fallas) y la demanda pronosticada para tres años en cada uno de los escenarios propuestos: optimista, pronosticado y pesimista.

Capítulo 8

Desarrollo del modelo de distribución

8.1. Modelo de ubicación de bodegas

Para definir la cantidad y ubicación óptimas de las bodegas se compara el uso de dos modelos. El primero (*Modelo 1*), define una cantidad y ubicación fija de bodegas para los tres años de duración de los contratos, en base a la demanda máxima mensual de las comunas. Mientras que en el segundo (*Modelo 2*), la cantidad y ubicación de las bodegas varían mes a mes, adecuándose a la demanda de cada mes.

Pese a que la posibilidad de adecuar las bodegas mes a mes no representa una situación realista de distribución, es una herramienta de análisis que permite entender la distribución de las bodegas mesa a mes, así como analizar la necesidad de abrir o cerrar una bodega en un momento dado, dada la demanda pronosticada.

De esta manera se busca comprender y analizar las diferencias en el número de bodegas, así como en costos, de tener un número fijo de bodegas o modificarlas mes a mes. *A priori* los costos de adecuar las bodegas a la demanda de cada mes debieran ser menores (si no se consideran costos adicionales como los costos de cierre o apertura de bodegas).

Dentro de los datos para la definición de estos modelos, en particular, para establecer la ubicación de las bodegas, se tienen como conjuntos las 33 bodegas potenciales (definidas previamente según los criterios mencionados en el capítulo 6) y las 340 comunas a atender.

Además, como parámetros se tiene la demanda por comuna y por equipos, así como los distintos costos, analizando los costos, para definir la ubicación de las bodegas se debe conocer el costo de transporte desde el CO a cada bodega, los costos de habilitar una bodega y los costos asociados al transporte y soporte técnico entregados al cliente.

Cada uno de los costos mencionados estarán mensualizados. Para calcular el costo de transporte CO-Bodega y el costo variable de bodega se asume inicialmente que la cantidad de equipos transportada y almacenada corresponde a la demanda mensual de equipos de las comunas que atenderá cada bodega como una aproximación, cabe destacar que el costo variable de habilitar una bodega representa el costo por m^2 adicional, por lo que se incluyó un factor de conversión a costo por equipos (ver Anexo C). Además, para el costo fijo de transporte se considera que los equipos son transportados 5 días a la semana, es decir

aproximadamente 22 veces en un mes.

Si bien estos costos permiten obtener una aproximación de los costos que afrontará la empresa al momento de realizar los contratos con los PST, es necesario destacar, que dado el nuevo escenario competitivo que existirá en este mercado y la necesidad de la competencia de captar proveedores como estos para la instalación de sus equipos, los precios podrían subir.

8.1.1. Modelo 1: Máxima demanda

Como una primera aproximación, se utilizarán los costos y demandas para un periodo de un mes, donde se buscará satisfacer la demanda mensual máxima de cada comuna.

Considerando lo anterior se definió el siguiente modelo de programación entera:

Conjuntos:

- $I = 1, \dots, 33$: Posibles bodegas.
- $J = 1, \dots, 340$: Comunas.

Parametros:

- CFB_i : Costo fijo de habilitar bodega i
- CVB_i : Costo variable de habilitar bodega i
- $CFT1_i$: Costo fijo de transporte CO-Bodega
- $CVT1_i$: Costo variable de transporte CO-Bodega
- $CT2_{ij}$: Costo de transporte Bodega-Cliente
- DE_j : Demanda de equipos en la comuna j
- DA_j : Demanda de atenciones en la comuna j

Variables de decisión:

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{si se abre bodega en la comuna i} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (8.1)$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la comuna j se atiende desde i} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (8.2)$$

Función Objetivo:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_i (x_i(CFB_i + CVB_i \sum_j (y_{ij}DE_j))) + x_i(CFT1_i + CVT1_i \sum_j (y_{ij}DE_j)) \\ & + \sum_j (y_{ij}DA_jCT2_{ij}) \end{aligned} \quad (8.3)$$

Restricciones:

$$y_{ij} \leq x_i \quad \forall i \in I, j \in J \quad (8.4)$$

$$\sum_{i=1}^{33} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (8.5)$$

8.1.2. Modelo 2: Definición mensual de bodegas

Para una segunda versión del modelo se busca comprender como varía la necesidad de bodegas mensualmente, considerando los pronósticos de demandas realizados previamente, los costos del modelo anterior se mantienen y se asume que no existen costos de realizar modificaciones a las ubicaciones de las bodegas.

Considerando lo anterior se definió el siguiente modelo de programación entera:

Conjuntos:

- $I = 1, \dots, 33$: Posibles bodegas.
- $J = 1, \dots, 340$: Comunas.
- $T = 1, \dots, 48$: Meses.

Parametros:

- CFB_i : Costo fijo de habilitar bodega i
- CVB_i : Costo variable de habilitar bodega i
- $CFT1_i$: Costo fijo de transporte CO-Bodega
- $CVT1_i$: Costo variable de transporte CO-Bodega
- $CT2_{ij}$: Costo de transporte Bodega-Cliente
- DE_{jt} : Demanda de equipos en la comuna j en el mes t
- DA_{jt} : Demanda de atenciones en la comuna j en el mes t

Variables de decisión:

$$x_{it} = \begin{cases} 1 & \text{si se abre bodega en la comuna i en el mes t} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (8.6)$$

$$y_{ijt} = \begin{cases} 1 & \text{si la comuna j se atiende desde i en el mes t} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (8.7)$$

Función Objetivo:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_t \sum_i (x_{it}(CFB_i + CVB_i \sum_j (y_{ijt}DE_{jt})) + x_{it}(CFT1_i + CVT1_i \sum_j (y_{ijt}DE_{jt})) \\ & + \sum_j (y_{ijt}DA_{jt}CT2_{ij})) \end{aligned} \quad (8.8)$$

Restricciones:

$$y_{ijt} \leq x_{it} \quad \forall i \in I, j \in J, t \in T \quad (8.9)$$

$$\sum_{i=1}^{33} y_{ijt} \geq 1 \quad \forall j \in J, t \in T \quad (8.10)$$

8.2. Sistema de inventario: Capacidad de las bodegas

Para la definición de la capacidad de las bodegas se debe definir un sistema de inventario apropiado, en particular, se propone un modelo de revisión continua o sistema Q, dado que los sistemas de la empresa permiten controlar fácilmente el nivel actual de stock, además, este sistema permite tener menores niveles de inventario y, por tanto, tener bodegas más pequeñas. Más aún, dado los altos costos de los equipos en toda la gama de productos, así como la necesidad de evitar el robo o pérdida para evitar fraudes, se hace necesario mantener bajos niveles de stock.

El sistema Q establece que continuamente se revisa el nivel de inventario (inventario disponible más inventario en orden), si dicho inventario cae por debajo del punto de reorden R se ordena una cantidad Q de inventario.

El punto de reorden R se calcula como sigue:

$$R = m + s \quad (8.11)$$

Donde:

- m : demanda promedio durante el lead time o plazo de entrega
- s : stock de seguridad $s = z\sigma$, donde z es el factor de seguridad y σ es la desviación estándar durante el lead time $\sigma = \sqrt{\text{lead time}} \times \sigma_{un\ periodo}$

En este caso particular cada periodo es un día, dado que día a día se analizará el nivel de stock, debido a que la demanda tiene estacionalidad y no se quiere subestimar la demanda se tomará la demanda diaria promedio y su desviación correspondiente del mes con mayor demanda promedio.

Por su parte, el lead time corresponde al tiempo en días de distribución desde el CO a cada bodega, que varía entre 2 y 7 dependiendo de la distancia de la bodega al CO. Además, dado que se desea evitar los quiebres de stock se busca un nivel de servicio entre 95 % y 99 %, considerando una distribución normal, el valor de z está entre $z_{95\%} = 1.645$ y $z_{99\%} = 2.326$. Entonces para cada bodega b y cada producto p el punto de reorden se calcula como:

$$R_{bp} = (dem_{bp}) \times (lead\ time_b) + (2.326 \times (\sqrt{lead\ time_b} \times \sigma_{bp})) \quad (8.12)$$

Por otra parte, Q corresponde a la cantidad de equipos a ordenar, en este caso se define para cada bodega y tipo de producto una cantidad a ordenar Q_{bp} , dicha cantidad corresponde al Q del modelo EOQ (ver Anexo K) y se calcula de la siguiente forma:

$$Q_{bp} = \sqrt{\frac{2 \times (CFT1_b) \times D_{bp}}{i \times C_p}} \quad (8.13)$$

Donde:

- $CFT1_b$: Corresponde al costo fijo de transporte hacia cada bodega b por orden
- D_{bp} : Corresponde a la demanda anual de cada producto p en cada bodega b
- C_p : Corresponde al costo de cada producto p
- i : Corresponde al % del costo del producto que representa el costo de mantenimiento, en general este costo es un 25 %, por lo que se utiliza dicho porcentaje

Capítulo 9

Resultados

9.1. Etapa 1: Modelos de ubicación de bodegas

Anteriormente se presentaron las dos posibles versiones del modelo de optimización, la primera que busca definir una cantidad fija de bodegas para establecer los contratos a 3 años con los PSTs, minimizando los costos para la máxima demanda de las comunas, y la segunda, que busca minimizar el costo durante los 3 años de duración de los contratos, definiendo mensualmente la configuración de bodegas.

Para comparar la situación actual de las bodegas con la situación optimizada, así como para definir la cantidad y ubicación óptima de las bodegas para distintos escenarios de demanda, además de analizar la sensibilidad del modelo a las variaciones en la demanda, se analizan 6 escenarios de demanda, 3 para cada modelo:

- Modelo 1.1: Se ejecuta el modelo 1 con la máxima demanda de cada comuna para el último año, de esta manera se busca comparar la situación actual con la situación optimizada.
- Modelo 1.2: Se ejecuta el modelo 1 con la máxima demanda actual de cada comuna, pero se descuenta la demanda de los equipos autoinstalables, dado que de las proyecciones de la demanda se concluye que los proyectos de autoinstalación representan el factor que más disminuirá la demanda de los PSTs.
- Modelo 1.3: Se ejecuta el modelo 1 con la máxima demanda pronosticada para cada comuna en el escenario esperado.
- Modelo 2.1: Se ejecuta el modelo 2 para la demanda actual y la demanda de los 3 próximos años pronosticada en el escenario esperado, es decir, se minimizan los costos para una ventana de 48 meses.
- Modelo 2.2: Se ejecuta el modelo 2 para la demanda pronosticada para los próximos 3 años en el escenario optimista, es decir, se minimizan los costos en una ventana de 36 meses.
- Modelo 2.3: Se ejecuta el modelo 2 para la demanda pronosticada para los próximos 3 años en el escenario pesimista, es decir, se minimizan los costos en una ventana de 36 meses.

9.1.1. Resultados modelo 1

Modelo 1.1: Demanda actual máxima

Inicialmente se utilizó el modelo presentado previamente para comparar la situación actual con la situación actual optimizada, para esto se utilizó la demanda máxima en cada comuna durante un año (entre los meses de septiembre 2018 y agosto 2019), el motivo de utilizar la máxima demanda es que se espera que las bodegas tengan la capacidad de atender la demanda de cada comuna en cualquier momento del año.

Tabla 9.1: Comparación de la situación actual de localización de bodegas y los resultados del modelo de localización de bodegas utilizando la demanda mensual máxima de cada comuna durante septiembre 2018 y agosto 2019.

SITUACIÓN ACTUAL			SITUACIÓN OPTIMIZADA	
COMUNA BODEGA	BODEGAS	DEMANDA [%]	COMUNA BODEGA	DEMANDA [%]
ANTOFAGASTA	2	2%	ANTOFAGASTA	2%
ARICA	2	1%	ARICA	1%
CALAMA	2	1%	CALAMA	1%
CHILLAN	2	2%	CASTRO	1%
CONCEPCION	2	6%	CHILLAN	2%
COPIAPO	2	1%	CONCEPCION	6%
COQUIMBO/LA SERENA	2	4%	COPIAPO	1%
COYHAIQUE	2	1%	COYHAIQUE	1%
IQUIQUE	2	2%	IQUIQUE	2%
ISLA DE PASCUA	1	0%	ISLA DE PASCUA	0%
ISLA JUAN FERNANDEZ	1	0%	LA SERENA	3%
LOS ANDES/SAN FELIPE	2	1%	LOS ANGELES	2%
LOS ANGELES	2	2%	OSORNO	1%
OSORNO	2	1%	PUERTO MONTT	2%
PUERTO MONTT	2	3%	PUNTA ARENAS	1%
PUNTA ARENAS	2	1%	RANCAGUA	4%
RANCAGUA	2	4%	SAN ANTONIO	2%
SANTIAGO	2	50%	SANTIAGO	50%
TALCA	2	4%	TALCA	4%
TEMUCO	2	4%	TEMUCO	4%
VALDIVIA	2	2%	VALDIVIA	2%
VIÑA DEL MAR	2	9%	VIÑA DEL MAR	8%

Como resultado se obtiene que se abren bodegas en la misma cantidad de comunas (o cantidad de localizaciones geográficas), sin embargo, el modelo no admite la duplicidad de bodegas, por lo que la cantidad de bodegas se reduce de 42 en la situación actual (con 20 bodegas duplicadas, donde las únicas bodegas que no se encuentran duplicadas son las ubicadas en Isla de Pascua e Isla de Juan Fernández) a un nuevo total de 22 bodegas.

Además, las bodegas ubicadas en San Felipe y Los Andes son eliminadas y la demanda que era cubierta por estas bodegas pasa a ser cubierta por la bodega de Santiago. La bodega de Juan Fernández también es eliminada, probablemente debido a la baja demanda de dicho archipiélago, donde la demanda máxima mensual es de 7 atenciones.

La demanda correspondiente a Juan Fernández es asignada por el modelo a la comuna de Concepción dado que es la bodega activa con menor distancia (ver Anexo D), sin embargo, se propone considerar que dicha comuna sea atendida desde la bodega ubicada en Viña del Mar o Santiago dado que los viajes hacia el archipiélago se realizan desde los aeródromos ubicados en las ciudades de Concón y Santiago.

Por otra parte, se abrieron bodegas en las comunas de Castro y San Antonio. En el caso de Castro la demanda de la isla de Chiloé antes era satisfecha desde Puerto Montt (ver Anexo E), mientras que San Antonio abarca demanda que antes era cubierta por las bodegas de Valparaíso y Santiago.

Para entender el impacto que el modelo tiene en términos de costos se utilizó la misma información de costos utilizada en el modelo y la información referente a la situación actual de los proveedores PST A y B, es decir, las bodegas que poseen, demanda máxima mensual y asignación bodega-comuna actuales de cada proveedor.

Como resultado se obtiene una reducción total de los costos de un 10,9%. La principal reducción porcentual de costos se observa en los costos fijos de transporte hacia las bodegas y de habilitación de bodegas, esto es consistente con lo esperado y refleja el término de la duplicidad de bodegas. Ahora bien, el principal ahorro en el modelo se obtiene en el ítem de costos desde la bodega al cliente, que representa la etapa más costosa del proceso de distribución.

Además, con las modificaciones a las bodegas habilitadas, así como la asignación correcta de las bodegas a cada comuna se logra una reducción de entre un 6.5% y un 6.8% de los costos variables de transporte hacia y desde las bodegas. En el caso del transporte hacia las bodegas la reducción es de un 6.8%, y es el resultado de la eliminación de bodegas como la de Juan Fernández y Los Andes/San Felipe. Mientras que en el costo de transporte desde las bodegas hacia los clientes los costos se reducen en un 6.5%, producto de la apertura de bodegas en algunas zonas lejanas como San Antonio y Castro.

Cabe destacar que, para el costo variable de bodegas, que consiste en el costo por m^2 adicional, se utilizó la situación actual promedio de las bodegas para estimar el costo por equipo demandado. Sin embargo, esto solo sirve como aproximación de los costos de almacenamiento en la decisión que debe tomar modelo sobre si abrir una bodega o no, en la segunda etapa de este trabajo se buscará definir el tamaño necesario de las bodegas considerando un sistema de inventario apropiado y se espera que en dicha etapa sea posible visualizar la reducción de costos en esta categoría.

Tabla 9.2: Costos fijos y variables (en CLP) por categoría de costos, considerando los costos utilizados como input para el modelo, así como los escenarios actuales de bodegas activas y demanda de ambos prestadores de servicio (A y B). Se comparan los costos de la situación actual con los costos de la situación optimizada (Modelo).

Costos		A	B	Situación Actual	Modelo	Reducción [%]
Costos CO-Bodegas	fijo	\$ 2,158,960	\$ 1,788,973	\$ 3,947,934	\$ 2,088,344	47.1%
	variable	\$ 7,680,108	\$ 3,646,917	\$ 11,327,025	\$ 10,559,844	6.8%
Costos Bodegas	fijo	\$ 33,299,365	\$ 30,286,380	\$ 63,585,745	\$ 33,232,308	47.7%
	variable	\$ 6,547,289	\$ 3,897,131	\$ 10,444,419	\$ 12,819,365	-22.7%
Costos Bodegas-Clientes		\$326,043,257	\$148,700,073	\$ 474,743,330	\$444,112,894	6.5%
Total		\$375,728,979	\$188,319,473	\$ 564,048,453	\$502,812,755	10.9%

Modelo 1.2: Demanda actual máxima y autoinstalación

Para una segunda ejecución del modelo se consideró la demanda actual según los criterios mencionados en la iteración anterior, y demás, se consideró el factor que más afectará la demanda futura de los PST y corresponde a la autoinstalación de equipos. Se utiliza como supuesto que la totalidad de los equipos autoinstalables serán entregados por un Courier y no por un PST, dada la gran diferencia de costos que existe.

Como se explicó en el pronóstico de la demanda, la demanda de instalaciones se reducirá en un 83% a causa de esta medida, mientras que los equipos instalados se reducirán en un 74% (ver Tabla 7.1). Para incluir este efecto en la demanda actual se calculó el porcentaje de atenciones y equipos que se verán afectados por la autoinstalación en cada comuna y se calculó la nueva demanda máxima de cada comuna descontando este porcentaje (ver Anexo F).

Como resultado de esta nueva ejecución se obtiene que la bodega de San Antonio es cerrada, mientras que el resto de los resultados de la ejecución anterior se mantienen, es decir, se tiene un nuevo total de 21 bodegas. El cierre de esta bodega puede explicarse por el hecho de que la demanda que es cubierta por esta bodega se reduce tanto, que resulta más económico atenderla desde otras bodegas que habilitar una bodega en dicha localidad.

Para analizar los resultados de este modelo se compara que pasaría si se mantienen las bodegas actuales (la misma cantidad, tamaño y comunas asignadas), pero se reduce la demanda actual producto de la autoinstalación. Como resultado se obtiene que los costos fijos de transporte hacia las bodegas y de habilitación de bodegas se reducen aún más que en el escenario anterior, ya que se elimina la bodega de San Antonio, siendo cercanos a un 50%.

En cuanto a los costos variables de transporte hacia y desde las bodegas, estos continúan con una reducción en un rango de 6%-7%, dado que esta reducción se produce por el cierre y apertura de bodegas que ya se produjo en el escenario anterior que solo cambia en una bodega para este escenario.

Tabla 9.3: Comparación de la situación actual de localización de bodegas y los resultados del modelo de localización de bodegas utilizando la demanda mensual máxima de cada comuna sin atenciones o equipos autoinstalables, durante septiembre 2018 y agosto 2019.

SITUACIÓN ACTUAL		OPTIMIZACIÓN SITUACIÓN ACTUAL	OPTIMIZACIÓN CON AUTOINSTALACIÓN
COMUNA BODEGA	BODEGAS	COMUNA BODEGA	COMUNA BODEGA
ANTOFAGASTA	2	ANTOFAGASTA	ANTOFAGASTA
ARICA	2	ARICA	ARICA
CALAMA	2	CALAMA	CALAMA
CHILLAN	2	CASTRO	CASTRO
CONCEPCION	2	CHILLAN	CHILLAN
COPIAPO	2	CONCEPCION	CONCEPCION
COQUIMBO/LA SERENA	2	COPIAPO	COPIAPO
COYHAIQUE	2	COYHAIQUE	COYHAIQUE
IQUIQUE	2	IQUIQUE	IQUIQUE
ISLA DE PASCUA	1	ISLA DE PASCUA	ISLA DE PASCUA
ISLA JUAN FERNANDEZ	1	LA SERENA	LA SERENA
LOS ANDES/SAN FELIPE	2	LOS ANGELES	LOS ANGELES
LOS ANGELES	2	OSORNO	OSORNO
OSORNO	2	PUERTO MONTT	PUERTO MONTT
PUERTO MONTT	2	PUNTA ARENAS	PUNTA ARENAS
PUNTA ARENAS	2	RANCAGUA	RANCAGUA
RANCAGUA	2	SAN ANTONIO	SANTIAGO
SANTIAGO	2	SANTIAGO	TALCA
TALCA	2	TALCA	TEMUCO
TEMUCO	2	TEMUCO	VALDIVIA
VALDIVIA	2	VALDIVIA	VIÑA DEL MAR
VIÑA DEL MAR	2	VIÑA DEL MAR	-

Por otra parte, en este caso si se observa una reducción en los costos variables de habilitación de bodegas, ya que este valor está estrechamente ligado a la demanda y en este nuevo escenario de demanda la cantidad de m^2 necesarios por bodega serán aun menores que los m^2 actuales. Si bien se estima una reducción del 27.6 % de este costo, una mejor estimación de la reducción de costos será obtenida posteriormente con el sistema de inventario.

Finalmente, se estima que la reducción total de costos en este nuevo escenario de demanda respecto a la situación actual de bodegas es de un 13.8 %, este incremento respecto al escenario anterior se produce principalmente por la eliminación de una bodega y la disminución del costo de almacenamiento producto de la baja significativa en la demanda.

Tabla 9.4: Costos fijos y variables (en CLP) por categoría de costos, considerando los costos utilizados como input para el modelo, así como los escenarios actuales de bodegas activas de ambos prestadores de servicio (A y B). Se comparan los costos de la situación actual con los costos de la situación optimizada (Modelo), caso con autoinstalación.

Costos		A	B	Situación Actual	Modelo	Reducción [%]
Costos CO-Bodegas	fijo	\$ 2,158,960	\$ 1,788,973	\$ 3,947,934	\$ 2,030,471	48.6%
	variable	\$ 4,552,617	\$ 2,163,456	\$ 6,716,073	\$ 6,258,150	6.8%
Costos Bodegas	fijo	\$ 33,299,365	\$ 30,286,380	\$ 63,585,745	\$ 31,769,490	50.0%
	variable	\$ 6,547,289	\$ 3,897,131	\$ 10,444,419	\$ 7,625,307	27.0%
Costos Bodegas-Clientes		\$224,853,944	\$104,984,172	\$ 329,838,116	\$309,890,295	6.0%
Total		\$271,412,175	\$143,120,111	\$ 414,532,287	\$357,573,713	13.7%

Modelo 1.3: Demanda máxima pronosticada en escenario esperado

Finalmente se ejecuta el modelo con la demanda máxima mensual de atenciones y equipos de cada comuna, pronosticada en el escenario esperado, de esta manera se puede comprender la cantidad de bodegas y la demanda asignada a cada una de las bodegas, con el objetivo de satisfacer la demanda de los próximos tres años, en base a la minimización de los costos del mes con mayor demanda. Es decir, corresponde a la configuración óptima de bodegas y sus comunas asignadas para un contrato a 3 años que establece la ubicación de las bodegas y no considera el cierre o apertura de estas durante la duración del contrato.

En este nuevo escenario, la demanda mensual máxima de atenciones de las comunas aumenta en un 1.2 %, mientras que la de equipos aumenta en un 6.7 %. Con esta configuración de demanda las bodegas se mantienen constantes y los costos totales del modelo se elevan en un 2.2 %, lo que confirma que la distribución óptima de las bodegas no varía con pequeñas variaciones de la demanda y que la demanda futura se verá afectada principalmente por los proyectos de autoinstalación de la empresa.

En particular, en esta ejecución del modelo los costos fijos de transporte hacia las bodegas y de habilitación de bodegas no cambiaron, ya que las bodegas abiertas por el modelo tampoco cambian. Los costos variables de transporte hacia las bodegas y de habilitación de bodegas aumentaron sobre un 7 % debido que estos costos dependen de la cantidad de equipos. Mientras que el costo de transporte de las bodegas a los clientes aumentó un 2.2 % con el aumento de la demanda de atenciones, como se ha mencionado este es el mayor costo de distribución, lo que explica que los costos totales también varían en solo un 2.2 %.

Tabla 9.5: Comparación de costos fijos y variables (en CLP) por categoría de costos, de los modelos 1.2 (modelo con demanda actual descontando autoinstalación) y 1.3 (modelo con demanda pronosticada).

Costos		Modelo 1.2	Modelo 1.3	Variación de costos [%]
Costos CO-Bodegas	fijo	\$ 2,030,471	\$ 2,030,471	0.0%
	variable	\$ 6,258,150	\$ 6,712,951	7.3%
Costos Bodegas	fijo	\$ 31,769,490	\$ 31,769,490	0.0%
	variable	\$ 7,625,307	\$ 8,218,146	7.8%
Costos Bodegas-Clientes		\$ 309,890,295	\$ 316,579,514	2.2%
Total		\$ 357,573,713	\$ 365,310,572	2.2%

Resumen comparación modelo 1

Al comparar las distintas ejecuciones del modelo 1, se puede observar que entre los modelos 1.2 y 1.3 la variación de la demanda es bastante pequeña, por lo que, resulta esperable que las bodegas en ambas ejecuciones sean las mismas. Sin embargo, al analizar las diferencias entre el modelo 1.1, que utiliza la demanda actual, y los otros modelos, se observa que la demanda de atenciones del modelo 1.1 es un 43 % superior a la del modelo 1.2 y la demanda de equipos es un 68 % mayor (ver Figura 9.1).

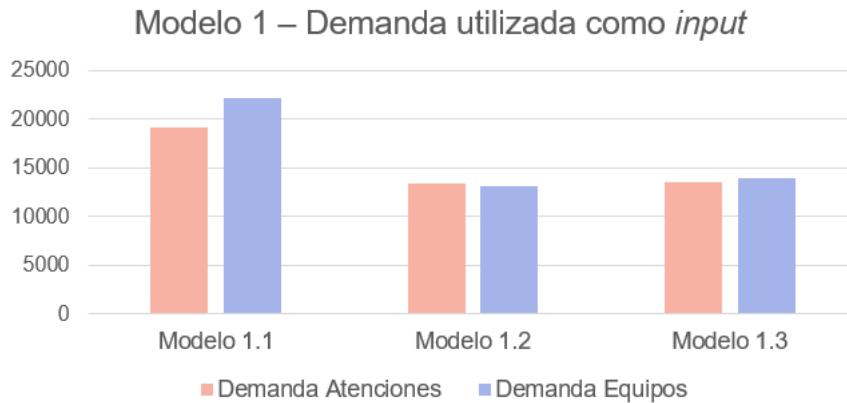


Figura 9.1: Gráfico que muestra la demanda de atenciones y equipos utilizadas como input en cada ejecución del modelo 1.

A pesar de está gran diferencia entre la demanda de ambos escenarios, la diferencia en las bodegas es de solo una bodega adicional en el modelo 1.1, que corresponde a la bodega de San Antonio. En este modelo se tienen 22 bodegas, mientras que en los otros 21. Esto se puede explicar porque en un punto los costos de habilitar una bodega adicional y transportar equipos a esta bodega resultan mayores que la reducción de costos que se obtiene al acercar las bodegas a los clientes.

En síntesis, considerando la demanda pronosticada y los resultados del modelo 1, se recomienda habilitar las 21 bodegas resultantes de las ejecuciones 1.2 y 1.3. Sin embargo, dado la dificultad para predecir con exactitud la demanda futura se calcula la demanda límite para el cierre de las bodegas (ver Anexo G), de dicho cálculo se observa que la mayoría de las bodegas requieren una disminución de la demanda superior a un 50 % para su cierre, las bodegas que requieren una menor disminución de la demanda para su cierre son: Castro (7 %), Osorno (20 %), Valdivia (27 %) y Chillán (47 %). Cabe recordar que el modelo utiliza la máxima demanda mensual y no la demanda puntual de cada mes.

9.1.2. Resultados modelo 2

Modelo 2.1: Demanda actual y pronosticada en escenario esperado

A continuación, se analizan los resultados de minimizar los costos totales considerando la demanda mensual actual del último año y la demanda mensual pronosticada en el escenario esperado (ver Figura 9.2). Como resultado se observa que durante todo el periodo de 48 meses hay como mínimo 17 bodegas abiertas, sin embargo, existen 16 bodegas que se mantienen fijas durante toda la ventana de tiempo:

Tabla 9.6: Bodegas que se mantienen durante los 48 meses de la ejecución del modelo 2.1

BODEGAS FIJAS
ANTOFAGASTA
ARICA
CALAMA
CONCEPCION
COPIAPO
COYHAIQUE
IQUIQUE
LA SERENA
LOS ANGELES
PUERTO MONTT
PUNTA ARENAS
RANCAGUA
SANTIAGO
TALCA
TEMUCO
VIÑA DEL MAR

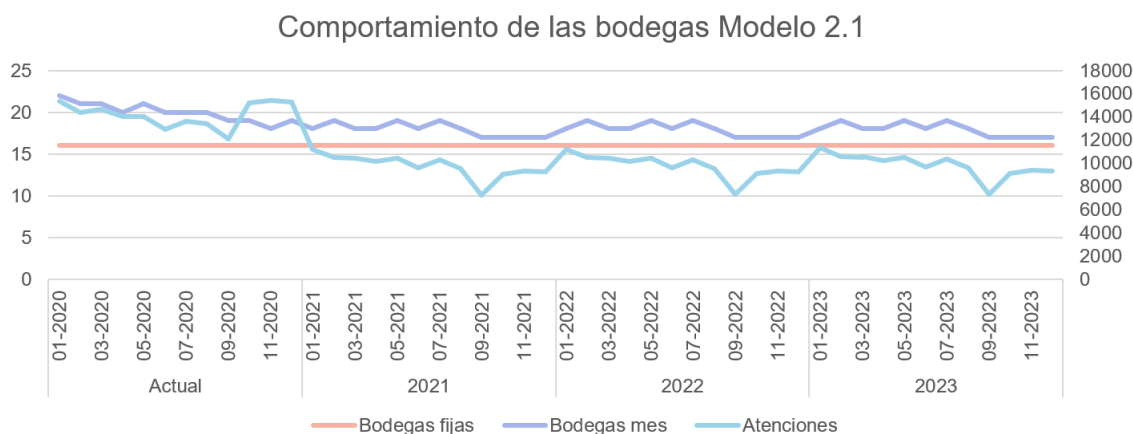


Figura 9.2: Se muestra la cantidad de bodegas abiertas en cada mes para el modelo 2.1 y se compara con las atenciones mensuales de la demanda utilizada como input en el modelo (escenario esperado), además se identifica el número de bodegas que se mantienen fijas.

Para la demanda actual, la cantidad de bodegas abiertas varía entre 22 y 18, cuando hay 22 bodegas abiertas se agregan las bodegas de: Valdivia, Chillán, Osorno, Castro, San Antonio e Isla de Pascua, a las bodegas fijas, entonces se observa que, en el mes con mayor demanda se obtiene el mismo resultado de bodegas abiertas que en el modelo 1.1 que considera la máxima demanda de cada comuna.

Para la demanda pronosticada de los años 2021, 2022 y 2023, la cantidad de bodegas varía entre 17 y 19, para el caso en que hay 19 bodegas, a las 16 bodegas fijas se adicionan las bodegas en: Valdivia, Isla de Pascua y Osorno o Chillán. Mientras que, cuando hay 17 bodegas abiertas se incluyen las bodegas de Osorno o Valdivia. Para más detalles sobre las bodegas adicionales a las bodegas fijas en cada mes ver Anexo H.

Modelo 2.2: Demanda pronosticada en escenario optimista

Para el caso del modelo 2.2 la ventana a analizar solo considera 36 meses, ya que en este caso no se incluye la demanda actual, sino que solo la demanda pronosticada en el escenario optimista (ver Figura 9.3). A diferencia del escenario 2.1 en este caso se tienen solo 15 bodegas fijas, en particular, se elimina de las bodegas fijas la bodega de Rancagua, dado que en los meses de enero 2022 y enero 2023 se opta por cerrar esta Bodega y abrir una en la comuna de San Fernando ubicada a 50 km hacia el sur de Rancagua.

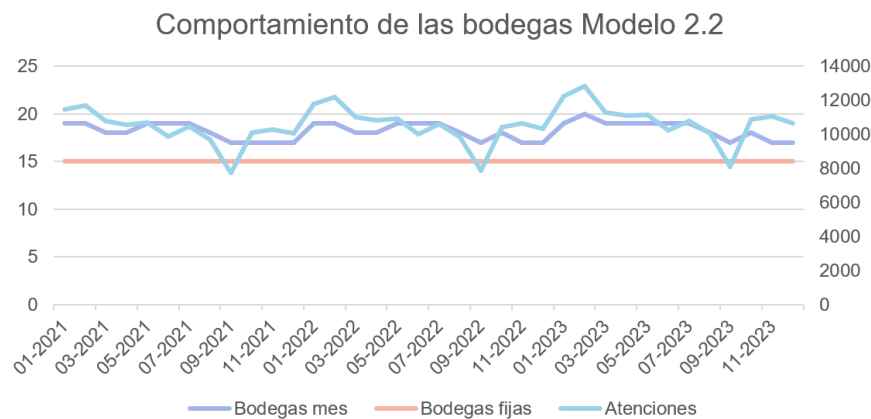


Figura 9.3: Se muestra la cantidad de bodegas abiertas en cada mes para el modelo 2.2 y se compara con las atenciones mensuales de la demanda utilizada como input en el modelo (escenario optimista), además se identifica el número de bodegas que se mantienen fijas.

En este caso, para los primeros años, 2021 y 2022, las bodegas varían entre 19 y 17 bodegas abiertas, al igual que en modelo 1.1. Sin embargo, en el último año las bodegas varían entre 20 y 17, ya que durante el mes de febrero se abre una bodega más que en el modelo anterior. En particular, adicional a las bodegas abiertas en el modelo 1.1, algunos meses se abren las bodegas de Chillán, Osorno o Valdivia.

Modelo 2.3: Demanda pronosticada en escenario pesimista

Finalmente, para el modelo 2.3, al igual que en el modelo 2.2 solo se utiliza la demanda pronosticada, pero en este caso corresponde a la demanda del escenario pesimista (ver Figura 9.4). En este caso las bodegas fijas son 16 y coinciden con las del escenario esperado (modelo 2.1). Así mismo, las bodegas abiertas cada año varían entre 19 y 17 y las bodegas abiertas son las mismas del escenario 2.1, excepto para los meses de mayo 2022 y 2023, en que el modelo 1.1 y 1.2 tienen 19 bodegas, y en este escenario se tienen solo 18, ya que se cierra la bodega de Osorno.

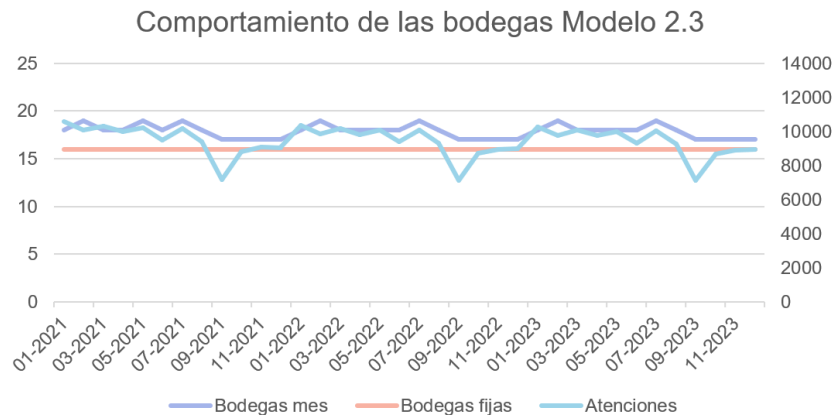


Figura 9.4: Se muestra la cantidad de bodegas abiertas en cada mes para el modelo 2.3 y se compara con las atenciones mensuales de la demanda utilizada como input en el modelo (escenario pesimista), además de identifica el número de bodegas que se mantienen fijas.

Resumen comparación modelo 2

Al comparar los resultados de las distintas ejecuciones del modelo 2, que contempla los 3 escenarios de demanda, se observa que los resultados en todos los modelos son similares, la cantidad de bodegas mensuales no cambia en más de una bodega, más aún en los escenarios esperado y pesimista los resultados solo cambian en dos meses (ver Figura 9.5).

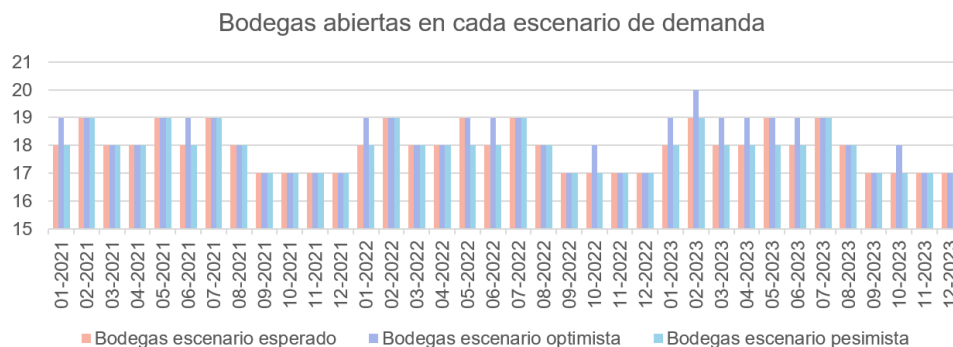


Figura 9.5: Gráfico que muestra la cantidad de bodegas habilitadas mensualmente en cada uno de los escenarios de demanda.

En particular, en el primer año los modelos 2.1 y 2.3 entregan los mismos resultados, mientras que en el modelo 2.2 se abre una bodega adicional en enero y junio, en Osorno y Chillán respectivamente.

Al segundo año, en el modelo 2.2 se abren 3 bodegas más que en el modelo 2.1, adicional a las del año anterior se abre la bodega de Valdivia en octubre, además se realiza una modificación en enero, cambiando la bodega en Rancagua, por la de San Fernando. Mientras que en el modelo 2.3 se cierra la bodega de Osorno en mayo.

Por último, en el año 2023, para el modelo 2.2, se mantienen las modificaciones del año 2022 y se extiende la apertura de la bodega de Chillán a otros 3 meses: febrero, marzo y abril. Por su parte, en el modelo 2.3 se mantiene el cierre de la bodega de Chillán en mayo.

Por otra parte, si se comparan los costos de cada uno de los modelos, se observa que la variación no es muy grande (ver Figura 9.6). Al comparar la demanda de los tres escenarios, se tiene que la demanda promedio del escenario optimista es un 11.8% superior a la demanda del escenario pesimista, mientras que la del escenario esperado es solo un 3.7% mayor, en tanto que, los costos de los escenarios optimista y esperado son un 10.3% y 3.3% superior al del pesimista respectivamente. Entonces, se puede observar que las diferencias de costos son principalmente por las diferencias de demanda, y que el modelo logra minimizar los costos adecuadamente.

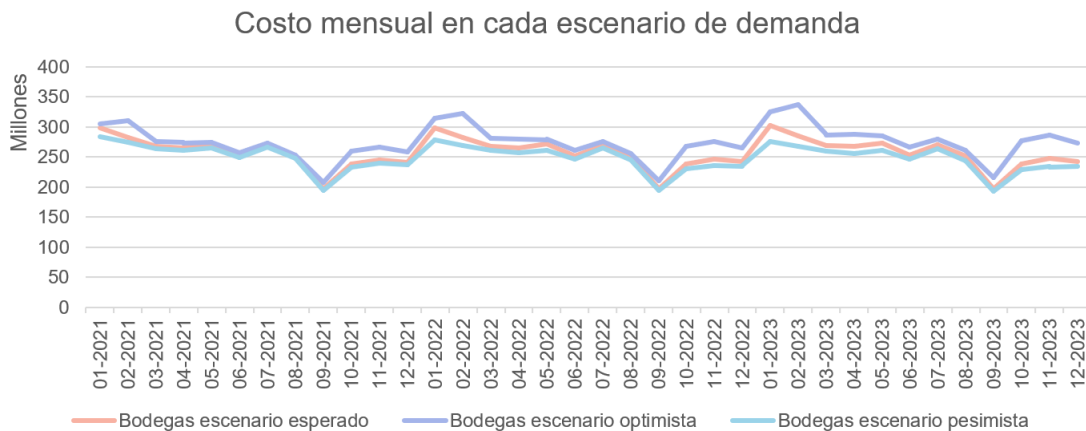


Figura 9.6: Gráfico muestra la variación mensual de los costos de distribución en cada uno de los escenarios optimizados.

9.1.3. Comparación resultados modelos 1 y 2

Finalmente, se procede a comparar los resultados de los modelos 1 y 2, considerando que el modelo 2 al ajustarse a las necesidades mensuales de bodegas debería tener menores costos que el modelo 1. En particular, se comparan el modelo 1.3 que utiliza la demanda máxima por comuna del escenario esperado y el modelo 2.1 para los tres años pronosticados que considera la demanda mensual del escenario esperado, dado que utilizan la demanda del mismo escenario y entonces son comparables.

Primero, se compara la cantidad de bodegas que tiene cada modelo (ver Figura 9.7), en el 1.3 se establece que durante los 3 años que dure el contrato se tendrán 21 bodegas abiertas, mientras que en el modelo 2.1 las bodegas varían entre 17 y 19 bodegas. Cabe recordar, que el modelo 1 utiliza la máxima demanda de cada comuna y no la demanda del mes con mayor demanda, es por esto que en el modelo 2.1 siempre la cantidad de bodegas es menor, dado que en este modelo nunca se abre la bodega de Castro y en algunos meses se decide entre abrir la bodega de Chillán o la de Osorno.

En cuanto a los costos de cada uno de los modelos, se estudia que pasa al tener las 21 bodegas del modelo 1.3 abiertas y que la demanda varíe mensualmente según el escenario pronosticado, para luego compararlo con los costos mensuales del modelo 2.1 (ver Figura 9.7). De esta comparación se observa que si bien los costos del modelo 2.1 son menores que los del modelo 1.3 para cada uno de los meses, la diferencia total es de solamente un 0.63%, más aún, en el mes con mayor diferencia de costos la diferencia es de 3.498.069 CLP y la menor diferencia es de solo 423.573 CLP, valores que resultan pequeños, considerando que los costos totales del modelo varían aproximadamente entre 200 y 300 millones de pesos.

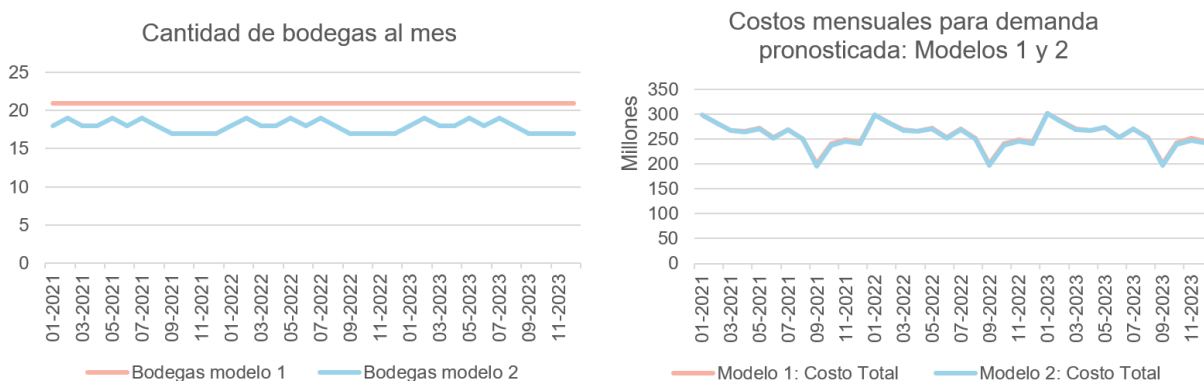


Figura 9.7: A la derecha, se observa la cantidad de bodegas durante los 3 años en los modelos 1.3 y 2.1. A la izquierda, se muestran los costos mensuales con esta configuración de bodegas para los modelos 1.3 y 2.1.

Dada esta pequeña diferencia en los costos de los modelos se procede a analizar cada uno de los costos de distribución por separado. Al analizar los costos de transporte de equipos hacia las bodegas (ver Figura 9.8), se observa una diferencia importante donde los costos fijos del modelo 1.3 son un 18.34% superiores que los del modelo 2.1, esto ocurre porque el

modelo 1.3 tiene más bodegas y, por tanto, se debe transportar equipos desde el CO a una mayor cantidad de puntos, por su parte, el costo variable solo cambia un 0.03% ya que la cantidad de equipos es la misma, pero son enviadas en algunos casos a bodegas más lejanas como la bodega de Castro en lugar de la bodega de Puerto Montt.

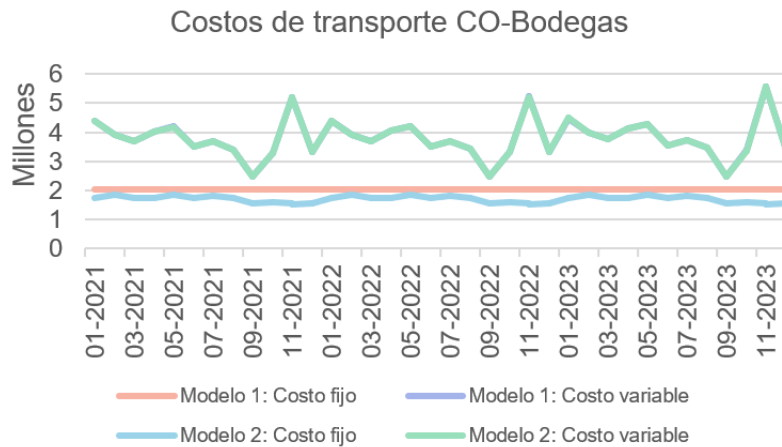


Figura 9.8: Gráfico que muestra el costo fijo y variable mensual de transporte desde el CO a las bodegas de los modelos 1.3 y 2.1

Para el caso de los costos de habilitación de bodegas (ver Figura 9.9), también sucede que el costo fijo del modelo 1.3 es superior al del 2.1 en un 16.72% dado que se tienen que habilitar más bodegas en cada mes, mientras que el costo variable solo cambia un 0.15%, dado que la demanda es la misma y la variación solo representa la diferencia del costo por m^2 adicional en las distintas bodegas.

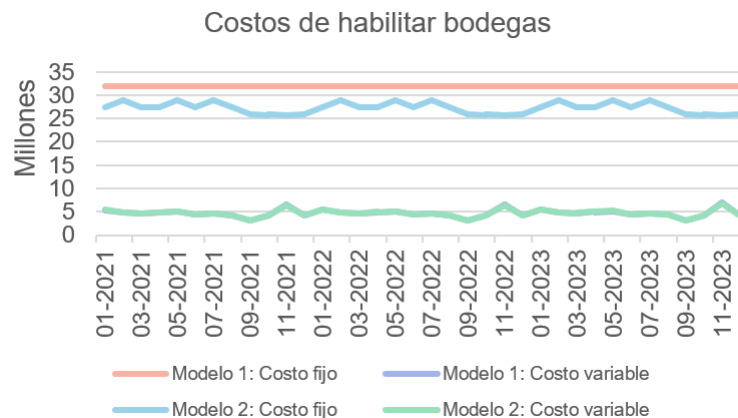


Figura 9.9: Gráfico que muestra el costo fijo y variable mensual de habilitación de las bodegas de los modelos 1.3 y 2.1

Por último, se compara el costo de transporte desde la bodega hacia el cliente final, es decir, el comercio (ver Figura 9.10). En este caso, a diferencia de los anteriores, el modelo 1.3 tiene un menor costo que el modelo 2.1, ya que, al tener más bodegas, las bodegas se encuentran más cerca de los clientes y, por tanto, es menor la distancia que tienen que

recorrer los técnicos para atender la demanda. Sin embargo, esta variación es de un -1.48 %, esta diferencia porcentual no es muy grande, pero dado que el costo de transporte desde la bodega al cliente representa el mayor costo del proceso de distribución ocurre que la disminución de costos producida por la menor cantidad de bodegas del modelo 2.1 se vea reducido a una pequeña diferencia inferior a un 1 %.

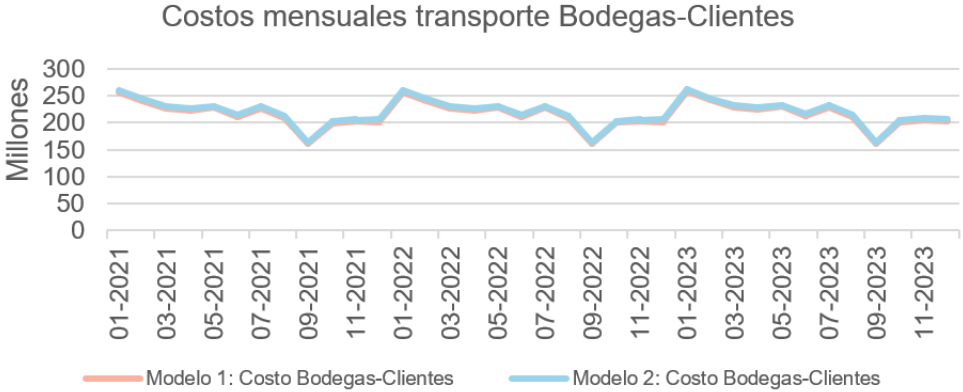


Figura 9.10: Gráfico que muestra el costo fijo y variable mensual de transporte desde las bodegas hacia los clientes de los modelos 1.3 y 2.1

Además de esta comparación de los modelos 1 y 2 con la demanda pronosticada, se compararon los resultados de los modelos 1.1 y 2.1 (solo para el primer año, es decir, demanda actual), para analizar cómo se comportan ambos modelos con la demanda actual, los resultados de esta comparación se encuentran en el Anexo I y muestran, al igual que los resultados anteriores, que la diferencia de costos entre tener una cantidad fija de bodegas y adecuarlas mensualmente es muy pequeña.

9.2. Etapa 2: Capacidad de las bodegas

9.2.1. Capacidad en m^2 : Resultados sistema de inventario

Una vez definida la cantidad y ubicación óptima de las bodegas se procede a definir la capacidad de las bodegas. En particular, se define la capacidad estimada para las 21 bodegas definidas por el modelo 1.3. Para esto se identifica la demanda diaria del escenario esperado para cada bodega, tipo de servicio (atención de fallas o instalación) y tipo de producto. Se calcula para cada mes la demanda promedio y la desviación estándar y, a partir del mes con mayor demanda promedio se calcula el punto de reorden R_{bp} para cada bodega y producto, con tres niveles de servicio distintos 95 %, 97 % y 99 %.

Por otra parte, se calcula la cantidad a ordenar Q_{bp} para cada bodega, producto y servicio, utilizando la demanda anual, el costo del producto y el costo fijo de cada orden. Una vez calculados R_{bp} y Q_{bp} se concluye que el nivel de inventario de cada bodega no superará la siguiente cota $InventarioMax_b = \sum_p R_{bp} + Q_{bp}$, por lo que cada bodega debe tener capacidad suficiente para almacenar dicha cantidad de inventario. Para ver los detalles de cada punto de reorden R y cantidad a ordenar Q ver Anexo J.

Posteriormente, se procede a estimar los m^2 necesarios para almacenar la cantidad estimada de inventario, para esto se considera una cantidad base administrativo de $40 m^2$, además, de los m^2 adicionales que son calculados utilizando la tasa promedio de $0.098 m^2/equipo$ del Anexo C. Los resultados se pueden ver en las siguientes tablas:

Tabla 9.7: Se muestra el inventario máximo estimado para cada bodega según el sistema de revisión continua para tres niveles de servicio diferentes: 95 %, 97 % y 99 %.

BODEGA	INVENTARIO NS=95%	INVENTARIO NS=97%	INVENTARIO NS=99%
SANTIAGO	1740	1844	2041
VINADELMAR	392	414	460
CONCEPCION	364	387	435
TEMUCO	174	185	201
RANCAGUA	234	250	274
PUERTOMONTT	211	222	244
LASERENA	203	215	237
PUNTAARENAS	148	156	172
CHILLAN	152	161	176
ANTOFAGASTA	137	145	160
TALCA	180	192	215
COPIAPO	197	207	229
IQUIQUE	142	150	165
LOSANGELES	127	133	146
VALDIVIA	105	113	122
CALAMA	123	131	142
OSORNO	146	154	172
COYHAIQUE	120	126	137
ARICA	237	254	281
CASTRO	80	84	91
ISLADEPASCUA	55	56	59

Tabla 9.8: Se muestran los m^2 base administrativos, la estimación de m^2 adicionales (calculado como el inventario maximo estimado multiplicado por la tasa de conversión a m^2) y los m^2 totales, que representan la suma de los m^2 base y adicionales, calculos realizados para tres niveles de servicio diferentes: 95 %, 97 % y 99 %.

BODEGA	M2 BASE	M2 ADICIONALES			M2 TOTALES		
		NS=95%	NS=97%	NS=99%	NS=95%	NS=97%	NS=99%
SANTIAGO	40	171.05	181.27	200.63	211.05	221.27	240.63
VINADELMAR	40	38.53	40.70	45.22	78.53	80.70	85.22
CONCEPCION	40	35.78	38.04	42.76	75.78	78.04	82.76
TEMUCO	40	17.10	18.19	19.76	57.10	58.19	59.76
RANCAGUA	40	23.00	24.58	26.93	63.00	64.58	66.93
PUERTOMONTT	40	20.74	21.82	23.99	60.74	61.82	63.99
LASERENA	40	19.96	21.13	23.30	59.96	61.13	63.30
PUNTAARENAS	40	14.55	15.34	16.91	54.55	55.34	56.91
CHILLAN	40	14.94	15.83	17.30	54.94	55.83	57.30
ANTOFAGASTA	40	13.47	14.25	15.73	53.47	54.25	55.73
TALCA	40	17.69	18.87	21.13	57.69	58.87	61.13
COPIAPO	40	19.37	20.35	22.51	59.37	60.35	62.51
IQUIQUE	40	13.96	14.75	16.22	53.96	54.75	56.22
LOSANGELES	40	12.48	13.07	14.35	52.48	53.07	54.35
VALDIVIA	40	10.32	11.11	11.99	50.32	51.11	51.99
CALAMA	40	12.09	12.88	13.96	52.09	52.88	53.96
OSORNO	40	14.35	15.14	16.91	54.35	55.14	56.91
COYHAIQUE	40	11.80	12.39	13.47	51.80	52.39	53.47
ARICA	40	23.30	24.97	27.62	63.30	64.97	67.62
CASTRO	40	7.86	8.26	8.95	47.86	48.26	48.95
ISLADEPASCUA	40	5.41	5.50	5.80	45.41	45.50	45.80

Cabe señalar que se definió un mínimo R para cada bodega y tipo de producto, este mínimo corresponde a 2 equipos, es decir, a pesar de que el sistema decida tener 0 o 1 equipos de un producto determinado, se fija el valor en 2, para hacer frente a cambios en la demanda. De igual forma, para algunos casos particulares la cantidad a ordenar Q era de 0 equipos, debido a la baja demanda, por lo que definió un mínimo Q de 1 equipos.

Los tres niveles de servicios propuestos para el inventario 95 %, 97 % y 99 %, representan alternativas para la empresa dependiendo de sus objetivos. Por una parte, la empresa busca lograr altos niveles de satisfacción al cliente, además de tener los equipos funcionando rápidamente, es decir, instalar y atender las fallas tan pronto como se presenten los requerimientos para recibir las comisiones por transacción, con ambos puntos se justifica un mayor nivel de servicio. Por otra parte, se debe considerar que un mayor nivel de servicio también representa mayores costos, ya que se debe mantener un mayor nivel de inventario.

Dado esto, se presentan las tres alternativas y, además, se comparan los niveles de inventario y capacidad necesarios. Cabe destacar que el nivel de servicio solo afecta el punto de reorden R , es decir, si se desea un mayor de nivel de servicio el nivel de inventario en el cual se realiza una nueva orden es mayor, ya que el inventario de seguridad para evitar quiebres de stock es mayor.

Tabla 9.9: Se compara la diferencia unitaria y porcentual del inventario estimado y la capacidad de las bodegas, para los tres niveles de servicios analizados: 95 %, 97 % y 99 %.

BODEGA	Diferencias en inventario máximo [unidades]				Diferencias capacidad de las bodegas [m ²]			
	Cantidad		Porcentaje		Cantidad		Porcentaje	
	95% vs 97%	97% vs 99%	95% vs 97%	97% vs 99%	95% vs 97%	97% vs 99%	95% vs 97%	97% vs 99%
SANTIAGO	104	197	6%	11%	10	19	5%	9%
VINADELMAR	22	46	6%	11%	2	5	3%	6%
CONCEPCION	23	48	6%	12%	2	5	3%	6%
ANTOFAGASTA	11	16	6%	9%	1	2	2%	3%
TEMUCO	16	24	7%	10%	2	2	2%	4%
LASERENA	11	22	5%	10%	1	2	2%	3%
PUERTOMONTT	12	22	6%	10%	1	2	2%	4%
IQUIQUE	8	16	5%	10%	1	2	1%	3%
TALCA	9	15	6%	9%	1	1	2%	3%
VALDIVIA	8	15	6%	10%	1	1	1%	3%
CHILLAN	12	23	7%	12%	1	2	2%	4%
PUNTAARENAS	10	22	5%	11%	1	2	2%	4%
LOSANGELES	8	15	6%	10%	1	1	1%	3%
CALAMA	6	13	5%	10%	1	1	1%	2%
ARICA	8	9	8%	8%	1	1	2%	2%
OSORNO	8	11	7%	8%	1	1	2%	2%
COPIAPO	8	18	5%	12%	1	2	1%	3%
COYHAIQUE	6	11	5%	9%	1	1	1%	2%
RANCAGUA	17	27	7%	11%	2	3	3%	4%
CASTRO	4	7	5%	8%	0	1	1%	1%
ISLADEPASCUA	1	3	2%	5%	0	0	0%	1%

Al comparar la cantidad del inventario máximo estimado para los distintos niveles de servicio, se observa que para bodegas de gran tamaño como la de Santiago, la diferencia de equipos para pasar de un nivel de servicio de 95 % a 97 % es de aproximadamente 100 equipos, mientras que para el resto de las bodegas este valor no supera los 23 equipos. A pesar de esta diferencia, el número de equipos adicionales no supera el 8 % del inventario para ninguna de las bodegas. Por otra parte, se destaca que para pasar de un nivel de servicio de 97 % a 99 % se necesita aproximadamente el doble de equipos que para pasar de un nivel de servicio de 95 % a 97 %, a pesar de que en ambos casos el nivel de servicio se mejora en solo un 2 %.

Traduciendo esta diferencia de equipos en capacidad de las bodegas, se observa que la diferencia en m^2 es despreciable para la mayoría de las bodegas, excepto Santiago, ya que a lo más se requieren 5 m^2 adicionales, en la bodega de Viña del Mar lo que representa una diferencia de aproximadamente 30.284 CLP en espacio adicional al mes, para pasar de un nivel de servicio de 97 % a 99 %. Mientras que en la bodega de Santiago para lograr ese cambio en el nivel de servicio se requieren 117.958 CLP en m^2 adicionales. Además de estos costos adicionales por capacidad de las bodegas, un mayor nivel de servicio podría implicar un mayor número de órdenes y un mayor riesgo al mantener más inventario.

Sin embargo, al analizar los costos de inventario también se deben considerar el costo oportunidad de tener los equipos en inventario, se calculó el costo para cada nivel de servicio multiplicando el nivel de inventario R por el costo de cada equipo, a partir de esto se obtienen los siguientes costos de inventario: 608.964.000 CLP, 657.746.400 CLP y 748.896.800 CLP, para niveles de servicio de 95 %, 97 % y 99 % respectivamente.

A partir del costo de oportunidad se observa una tendencia similar, en la cual pasar de un nivel de servicio de un 95 % a un 97 % tiene un costo un 8 % superior, mientras que pasar de un 97 % a un 99 % resulta más costoso, en particular, el costo es un 14 % superior. Cabe destacar que el costo oportunidad será inferior al de la situación actual por la gran baja en la demanda, además de la optimización realizada con el Sistema Q.

Ahora bien, para validar los resultados obtenidos se procede a simular el comportamiento de los parámetros R y Q enfrentándose a la demanda real. Para esto, para cada producto y bodega se realiza una simulación del nivel de inventario diario con la demanda pronosticada para un año, de esta manera es posible identificar los quiebres de stock, y su complemento el nivel de servicio, así como el número de ordenes realizadas (ver Anexo L). Como resumen del nivel de servicio resultante de las simulaciones se obtiene lo siguiente:

Tabla 9.10: Se muestra el nivel de servicio, calculado como el complemento de los quiebres de stock, como resultado de simulaciones. Para cada bodega y producto se simula el comportamiento del inventario dados los parámetros R y Q estimados con un 99 % de nivel de servicio, aplicados a la demanda pronosticada, cada vez que la demanda es superior al inventario se produce un quiebre de stock.

NIVEL DE SERVICIO - SIMULACIONES							
BODEGAS	INSTALACIONES			ATENCIÓN DE FALLAS			
	POS	HOST	AUTOSERVICIO	POS	HOST	AUTOSERVICIO	MPOS
SANTIAGO	98.6%	98.9%	99.7%	99.5%	99.2%	99.2%	100.0%
VINADELMAR	99.5%	99.2%	99.7%	99.7%	99.7%	100.0%	100.0%
CONCEPCION	99.2%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ANTOFAGASTA	100.0%	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
TEMUCO	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%
LASERENA	99.5%	99.5%	100.0%	99.5%	99.5%	100.0%	100.0%
PUERTOMONTT	100.0%	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
IQUIQUE	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
TALCA	99.7%	99.2%	100.0%	100.0%	99.5%	100.0%	100.0%
VALDIVIA	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
CHILLAN	99.7%	99.5%	100.0%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%
PUNTAARENAS	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
LOSANGELES	100.0%	99.5%	100.0%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%
CALAMA	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ARICA	100.0%	99.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
OSORNO	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COPIAPO	99.5%	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
COYHAIQUE	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
RANCAGUA	100.0%	99.7%	100.0%	99.7%	99.5%	100.0%	99.7%
CASTRO	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISLADEPASCUA	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Se observa que en general para los parámetros estimados los quiebres de stock se aproximan al valor teórico. En particular, los productos de Autoservicio y MPOS que tienen una baja demanda, los niveles de servicio son bastante altos, mientras que para los productos POS y Host los quiebres de stock son mayores. Sin embargo, para todos los productos y bodegas el nivel de servicio simulado se encuentra alrededor de un 99 % o más. La única bodega que llama la atención, dado que presenta una mayor cantidad de quiebres de stock es Santiago, pero dado que se utilizó la cota superior $R+Q$ para estimar la capacidad necesaria, la capacidad en m^2 propuesta debiese ser suficiente.

9.2.2. Capacidad técnica

De igual forma que la capacidad de las bodegas se procede a definir la capacidad técnica para las 21 bodegas propuestas a partir de los resultados de la etapa 1. Esta estimación se realizará considerando las productividades actuales y aplicándolas a la demanda estimada y bodegas propuesta.

En particular, se usará como referencia la productividad técnica actual de acuerdo a la cercanía en que se realizan las atenciones. Para esto se definen cuatro categorías de cercanía:

- **Misma comuna:** Las atenciones son realizadas en la misma comuna donde se encuentran las bodegas.
- **Cerca (≤ 30):** Las atenciones son realizadas en otras comunas que se localizan a menos de 30 km de la comuna en la cual se encuentra la bodega (considerando la distancia en línea recta entre el centro urbano principal de ambas comunas).
- **Lejos (≤ 100):** Las atenciones son realizadas en otras comunas que se encuentran a más de 30 km y hasta 100 km de distancia.
- **Muy lejos (> 100):** Las atenciones se realizan en otras comunas se encuentran a más de 100 km de distancia.

Luego, se asigna a cada atención la cercanía: misma comuna, cerca, lejos y muy lejos, respecto a las bodegas actuales (ver Figura 9.11). En base a la información actual se calcula para cada cercanía el promedio de las atenciones diarias realizadas por cada técnico, para luego obtener el promedio para cada PST (A y B) de atenciones por técnico al día:

Tabla 9.11: Se muestra para cada PST el porcentaje de atenciones realizadas a una determinada cercanía de las bodegas, así como el promedio de atenciones por día y técnico.

CERCANÍA ATENCIONES	PST A		PST B	
	% ATENCIONES	PRODUCTIVIDAD [Atenciones/(TécnicoxDía)]	% ATENCIONES	PRODUCTIVIDAD [Atenciones/(TécnicoxDía)]
MISMA COMUNA	30%	3.32	37%	2.99
CERCA (≤ 30 KM)	46%	3.75	54%	2.99
LEJOS (≤ 100 KM)	20%	3.03	8%	1.71
MUY LEJOS (>100 KM)	4%	2.85	1%	1.55

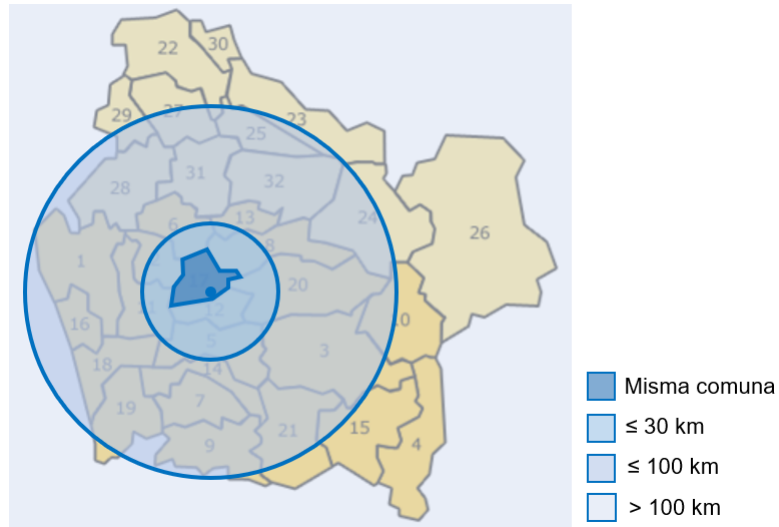


Figura 9.11: Se muestra la Región de la Araucanía que posee tanto en la situación actual como en la propuesta una bodega en la comuna de Temuco, las atenciones realizadas en la comuna de Temuco son asignadas como “Misma comuna”, las atenciones realizadas en las comunas a menos de 30 km se asignan como “Cerca”, las comunas ubicadas a menos de 100 km se asignan como “Lejos” y las que se encuentran a más de 100 km de distancia “Muy lejos”. La distancia se mide en línea recta entre los principales centros urbanos de cada comuna.

A partir de este análisis se observa que la mayoría de las atenciones son realizadas en comunas que se encuentran “Cerca” de la comuna en que se encuentra la bodega o en la “Misma comuna”, y un porcentaje muy bajo de las atenciones, menor a 5 %, se realizan a más de 100 km de la comuna donde se encuentra la bodega, es decir, “Muy lejos”. También se observa que la productividad de los técnicos, medida como la cantidad de atenciones que realizan al día, en general disminuye cuando las atenciones son realizadas más lejos. Se destaca que para todas las cercanías la productividad del PST A es mayor que la del PST B.

Luego, se procede a estimar la capacidad técnica para las 21 bodegas propuestas, para esto se identifica la demanda pronosticada por cercanía a la bodega asignada. Posteriormente, se calculan los técnicos necesarios para atender las atenciones diarias para cada cercanía, para esto se dividen las atenciones diarias por la productividad correspondiente a la cercanía:

$$Técnicos_{Cercanía} = \frac{Atenciones_{Cercanía}}{Productividad_{Cercanía}} \quad (9.1)$$

Dado que existen dos productividades, la de los PST A y B, se define las productividades del PST A como el valor mínimo de técnicos necesarios, dado que al tener mayor productividad se requiere una menor cantidad de técnicos para realizar las atenciones, y las del PST B como el valor máximo, debido a la menor productividad que tienen para todas las cercanías. Finalmente, se suman los técnicos para cada cercanía, del valor mínimo y del máximo por separado, para obtener el siguiente rango de técnicos por bodega:

Tabla 9.12: Se muestra la capacidad técnica estimada, el rango inferior representa la estimación realizada con la productividad del PST A (mayor productividad) y el superior con el PST B (menor productividad). Cuando el valor es el mismo se muestra un solo valor.

BODEGAS	ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD
ANTOFAGASTA	4 - 5
ARICA	2
CALAMA	2 - 3
CASTRO	2 - 3
CHILLÁN	4 - 6
CONCEPCIÓN	10 - 13
COPIAPÓ	3 - 5
COYHAIQUE	2 - 3
IQUIQUE	4
ISLA DE PASCUA	1 - 1
LA SERENA	8 - 10
LOS ÁNGELES	4 - 6
OSORNO	3 - 4
PUERTO MONTT	5 - 7
PUNTA ARENAS	3 - 4
RANCAGUA	10 - 15
SANTIAGO	92 - 120
TALCA	8 - 12
TEMUCO	10 - 15
VALDIVIA	3 - 5
VIÑA DEL MAR	22 - 32

Cabe destacar que en este punto no se realiza una optimización de la capacidad técnica, sino que se estima la capacidad necesaria para satisfacer la nueva demanda pronosticada y la ubicación propuesta para las bodegas, así como la asignación de cada comuna a cada bodega. Sin embargo, con una optimización de los procesos realizados por los técnicos se podrían lograr productividades mayores que las del PST A, disminuyendo el requerimiento técnico.

Posteriormente, se procede a comparar los resultados con respecto a la situación actual:

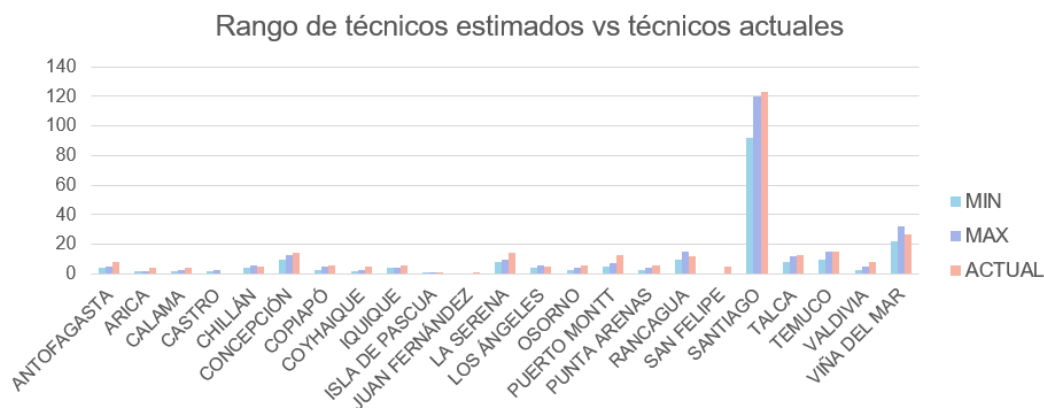


Figura 9.12: Se muestra el valor mínimo (MIN) y máximo (MAX) del rango de técnicos necesarios para satisfacer la demanda actual, también se muestra la capacidad actual de técnicos para cada bodega. Se incluyen las bodegas actuales y optimizadas. La cantidad de técnicos actual representa la suma de los técnicos de los PST A y B.

Se puede observar que para la mayoría de las bodegas la cantidad de técnicos actual es superior al rango estimado, esto se debe a que la capacidad estimada se adecua a la demanda pronosticada que es inferior a la demanda actual. En total, el valor máximo de técnicos, estimado con la peor productividad presenta un 9% menos de técnicos a nivel nacional, mientras que el valor mínimo revela un 32% menos de técnicos, lo que refleja la importancia de lograr acercarse a una productividad mayor, como la del PST A.

Analizando en detalle, se observa que, en bodegas como Chillán, Los Ángeles y Rancagua, la cantidad de técnicos actual se encuentra entre los rangos mínimo y máximo, esto se debe principalmente a que el modelo asignó una mayor cantidad de comunas a estas bodegas, en particular, comunas que se encuentran “Lejos” o “Muy lejos”, por lo que aumentó la necesidad de técnicos. Cabe destacar, que estos cambios en las asignaciones son correctos, ya que corresponden a comunas que antes estaban asignadas a bodegas aún más lejanas, por ejemplo, algunas comunas que antes estaban asignadas a Santiago fueron asignadas a Rancagua.

Por otra parte, entre la situación actual y la situación optimizada se modificaron algunas bodegas, por ejemplo, se cerraron las bodegas de San Felipe y Los Andes, por lo que para Santiago y Viña del Mar aumentó la demanda, lo que explica lo alto de la capacidad estimada en ambos casos. Por otra parte, se abre una bodega en Castro, lo que explica la diferencia entre la capacidad actual y la estimada en la bodega de Puerto Montt, ya que parte de esa capacidad se traslada a Castro.

9.3. Etapa 3: Comparación de resultados

9.3.1. Reejecución del modelo 1

Finalmente, se procede a comparar los resultados de capacidad del Sistema Q con la capacidad estimada en el modelo al momento de decidir las 21 bodegas que se deben abrir, cabe recordar, que el modelo utiliza la demanda mensual y la transforma a m^2 utilizando un factor de conversión. Esta comparación se realiza a nivel de m^2 , así como a nivel de los costos variables de cada bodega, es decir, los costos por m^2 adicional a los 40 m^2 administrativos (ver Figura 9.13).

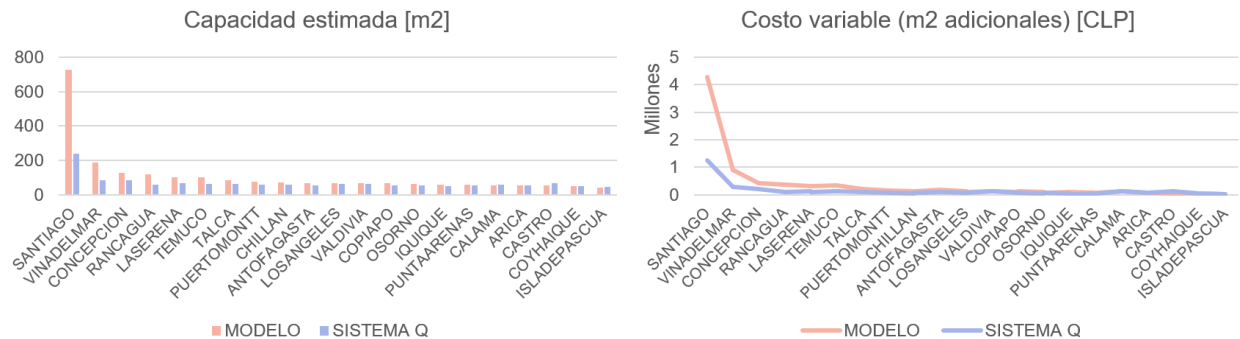


Figura 9.13: A la izquierda, se muestra la capacidad total (40 m^2 base y m^2 adicionales para almacenamiento) estimada por el Sistema Q y por el modelo 1 para las 21 bodegas seleccionadas. A la derecha, se comparan los costos por m^2 adicional de tener las bodegas con las capacidades propuestas en cada etapa (Sistema Q y Modelo 1)

A partir de la comparación de los m^2 se puede observar que en general el Sistema Q estima una menor cantidad de inventario a almacenar, lo que se traduce en bodegas de menor tamaño. Los valores estimados por el Sistema Q se deben a diferentes motivos, por ejemplo, el lead time de entrega, la desviación estándar de la demanda, el costo fijo de transporte, entre otros. Dado esto, las bodegas más lejanas tienden a tener una menor diferencia entre lo estimado por el Sistema Q y por el modelo.

En particular, para algunas bodegas muy lejanas como Arica y Coyhaique el Sistema Q estima un inventario mayor que el modelo. Mientras que, para la bodega de Santiago la estimación del Sistema Q es bastante menor a la del modelo, en parte debido a que es la bodega más cercana al CO y, por tanto, tiene un lead time pequeño y un bajo costo de transporte.

En cuanto al costo, este es una consecuencia de las capacidades estimadas en el Sistema Q y el modelo 1. Se destaca que, para la bodega de Santiago, que es la de mayor tamaño, los m^2 adicionales del modelo son 3,7 veces los propuestos por el sistema Q, lo que se traduce en una diferencia de poco más de 3 millones de pesos en los costos por m^2 adicional. En general, con la optimización del nivel de inventario realizada con el sistema Q, los costos variables de

habilitar bodegas se ven reducidos en 4.952.220 CLP, es decir, un 60 % menos que lo estimado en el modelo 1.3.

Dado que se observan diferencias entre la estimación de capacidad realizada con el Sistema Q y la estimación en base a la demanda utilizada en los modelos de la etapa 1, se procede a ejecutar nuevamente el modelo de cantidad y ubicación de bodegas, en particular el modelo 1.3 que utiliza la demanda pronosticada, utilizando como input el tamaño de las bodegas estimado según el Sistema Q.

Debido a que el Sistema Q solo estima la capacidad para las 21 bodegas propuestas, se realiza una estimación para las otras 12 bodegas potenciales, para todas estas, excepto la de Juan Fernández, se define una capacidad de $60 m^2$ ($40 m^2$ base más 20 adicionales), que corresponde al promedio del tamaño estimado con el Sistema Q, para las 20 bodegas de menor tamaño, dado que la de Santiago posee una capacidad bastante mayor. Para Juan Fernández se establece una capacidad $40 m^2$ ($40 m^2$ base más 0 adicionales), debido a que su baja demanda de equipos no justifica mantener espacio adicional para almacenamiento.

Para ejecutar el modelo se modifica la función objetivo, en específico, el costo por variable de almacenamiento, en la etapa 1 se definió como la suma de la demanda de equipos satisfecha por cada bodega multiplicada por $CVT1_i$ (costo por m^2 adicional de cada bodega multiplicado por un factor de m^2 a demanda $0,069 \times CVM2_i$), es decir, se tenía la siguiente función de costos: $CVT1_i \sum_j (de_j y_{ij})$. Mientras que en la nueva ejecución se define para cada bodega los m^2 según la metodología presentada previamente, y se multiplica por el costo por m^2 adicional, por lo que ahora el costo variable de almacenamiento es: $CVM2_i M2_i$.

Al ejecutar el modelo 1.3 con esta modificación, el resultado es el mismo que con la estimación de la etapa 1, es decir, no cambia ni la cantidad ni la ubicación de las bodegas. Esto se debe a que la diferencia de costos de cada bodega entre la etapa 1 y esta nueva ejecución es en promedio de 100 mil CLP, lo que no justifica la apertura de una mayor cantidad de bodegas dada la demanda.

9.3.2. Análisis final de bodegas

Además, para estudiar los resultados del modelo se analizó la demanda de las comunas en cada región, a partir de esto se identificaron comunas que poseen más de un 10 % de la demanda de la región, pero que no fueron incluidas a las 33 bodegas potenciales al no tener un gran porcentaje de la demanda a nivel nacional. Luego se analizó la distancia de cada una de estas comunas a la bodega asignada.

En particular, dentro de las regiones de mayor demanda se identificaron las siguientes bodegas, que poseen más de un 10 % de la demanda de la región y que se encuentran a más de 60 km en línea recta de la bodega asignada:

- Ovalle (IV Región), concentra un 11 % de la demanda de la región y se encuentra ubicada a más de 67 km de Coquimbo/La Serena.
- Pichilemu (VI Región), concentra un 10 % de la demanda de la región y se encuentra a más de 100 km de Rancagua.

- Pucón y Villarrica (IX Región), ambas comunas se encuentran separadas por menos de 30 km, concentra el 19 % y 14 % de la demanda respectivamente, además se encuentran a más de 70 km, en línea recta de la comuna de Temuco.

Si bien, las bodegas definidas en este estudio efectivamente representan las comunas de mayor demanda, por ejemplo, Temuco concentra un 34 % de la demanda de la región, mientras que entre Villarrica y Pucón alcanzan un 32 %, además, se encuentra en una posición de fácil acceso al resto de las comunas de mayor demanda como Lautaro, Nueva Imperial, Curacautín, Freire y Padre las casas. Es necesario analizar la apertura de bodegas adicionales en estas comunas (Pucón o Villarrica), dado que podría ser menos costoso la apertura de estas bodegas que realizar las atenciones desde las bodegas actualmente propuestas.

Por otra parte, en regiones con menor demanda se identificaron algunas bodegas que concentran más de un 10 % de la demanda y que se encuentran a una gran distancia de las bodegas asignadas, pero que dada la baja demanda de la región podría no ser relevante su inclusión: Caldera y Vallenar (III Región), Panguipulli (XIV Región), Aysén y Cisnes (XI Región), además de Natales (XII Región).

Capítulo 10

Conclusiones

Para comenzar, se debe destacar que la empresa se enfrenta a un escenario cambiante. La empresa desea ser competitiva a pesar de no ser un monopolio, para lograr esto debe considerar dos aspectos: lograr costos competitivos del proceso de distribución y mantener la satisfacción de los clientes a través de precios y un nivel de servicio adecuados.

Actualmente, los precios de la empresa son similares a los de su principal competidor Multicaja, sin embargo, la demanda cambiará considerablemente, por lo que es necesario modificar a red de distribución para no afectar el margen de ganancias. Desde el punto de vista de la experiencia del usuario, en particular, la rapidez con que se concreta el servicio, la empresa tiene niveles de servicio estrictos, aproximadamente un 93 % de las instalaciones son realizadas en el día agendado, mientras que un 95 % de las fallas son atendidas dentro de las 8 horas establecidas.

Un punto relevante que debe establecer la empresa al momento de la licitación de los PST es la cantidad y ubicación de las bodegas que se deben habilitar, así como la demanda que deben satisfacer, es por este motivo que se desarrolla este trabajo para definir las bodegas óptimamente considerando los factores que afectarán la demanda, para esto se analizaron dos posibilidades: la primera que se mantengan las bodegas fijas durante la duración de los contratos, y la segunda, que las bodegas varíen mes a mes adecuándose a la demanda (modelos 1 y 2 respectivamente).

De estos dos modelos se obtienen dos conclusiones muy relevantes:

1. **Los modelos, principalmente el modelo 1, poseen una baja sensibilidad a la demanda**, es decir, la cantidad y ubicación de las bodegas no cambia considerablemente al cambiar la demanda, por ejemplo, en el modelo 1 a pesar de que la ejecución 1.1 tiene un 43 % más demanda que la ejecución 1.2, la diferencia es de una sola bodega, y la ubicación de las bodegas que están abiertas en ambos modelos es la misma. Mientras que en el modelo 2 en el cual se adecuan las bodegas mes a mes, para un mismo mes en los tres escenarios pronosticados de demanda la cantidad de bodegas cambia a lo más en 1, y dentro de un año para la demanda actual la máxima diferencia en la cantidad mensual de bodegas es de 4 y para la demanda pronosticada es a lo más 2.
2. **La diferencia de costos entre mantener una cantidad fija de bodegas (modelo 1) y adecuar las bodegas a la demanda mes a mes (modelo 2) es de solo un**

0,63 %. Esta pequeña diferencia se produce debido a que el modelo 2 al tener menor cantidad de bodegas tiene menores costo de transporte de equipos hacia las bodegas y de habilitación de bodegas, pero el principal costo del proceso de distribución es el transporte desde la bodega al cliente y este costo aumenta al tener las bodegas más alejadas de la demanda. Además, no fueron incluidos los costos de apertura y cierre de bodegas, lo que podría producir que el costo final de ir cambiando las bodegas mes a mes, abriendo unas o cerrándolas, sea mayor que manteniendo una mayor cantidad de bodegas abierta pero fija.

Más aún, dado que los costos de ambos modelos son similares, se deben considerar otros factores relacionados con el número de las bodegas, por ejemplo, el nivel de servicio al cliente. Si se establece un mayor número de bodegas, estas estarán más cerca de la demanda y, por tanto, se podrá responder a la demanda en un menor tiempo, lo que permite tener un mayor nivel de servicio. Cabe destacar que la cantidad de comunas en que existen bodegas en la situación actual es bastante superior a las 17 bodegas que podrían haber de acuerdo con el modelo 2, es decir, si se opta por disminuir la cantidad de bodegas el nivel de servicio se verá afectado para algunos clientes.

Dado que la demanda futura fue pronosticada de acuerdo a los antecedentes disponibles, pero esta estimación podría no ser certera, sumado a los resultados presentados previamente de baja sensibilidad de la demanda del modelo 1 y una diferencia de costos despreciable entre ambos modelos, se recomienda a la empresa la definición de una cantidad fija de 21 bodegas durante la duración de los contratos según los resultados del modelo 1.2 y 1.3, con esta definición de las bodegas se podría lograr una reducción de costos de más de 50 millones de pesos (aproximadamente un 14,5 % de los costos utilizados en el modelo, si la demanda se reduce a la del modelo 1.2), en comparación a mantener las bodegas actuales.

Cabe destacar que, aunque se defina una ubicación fija de las bodegas según el modelo 1, se debe permitir el cierre excepcional de bodegas en caso de que se produzca una baja importante de la demanda en una zona en particular y que por tanto los costos de la bodega no justifiquen su mantención. Sin embargo, a partir del modelo 2, no se observa la necesidad de abrir o cerrar bodegas durante la duración de los contratos.

Por consiguiente, para cada una de estas 21 bodegas se estimó la disminución de la demanda necesaria para el cierre de bodegas, a partir de esta estimación se confirma la baja sensibilidad a la demanda de las bodegas, ya que 17 de las 21 bodegas requieren una disminución de la demanda pronosticada superior a un 50 % para su cierre. Las bodegas que requieren una baja disminución de la demanda para su cierre son: Castro (7 %), Osorno (20 %), Valdivia (27 %) y Chillán (47 %), no obstante, Valdivia y Osorno son bodegas alternativas una de la otra, por lo que solo se cerraría una de las dos.

Por otra parte, se destaca que el principal costo identificado para el proceso de distribución corresponde al costo de transporte hacia el cliente, en particular, el costo de los técnicos representa aproximadamente el 64,4 % de los costos de distribución para uno de los prestadores de servicio. En consecuencia, se recomienda a la empresa potenciar el uso del call center existente como un medio para resolver los problemas sin la necesidad de enviar un técnico al comercio, ya que de esta manera se puede lograr una reducción de los costos. Por

otra parte, se observa que las autoinstalaciones son una herramienta importante para reducir estos costos en las instalaciones.

Asimismo, considerando el costo de los técnicos, en concreto, que las entregas vía Courier representan sólo un 10% del costo de utilizar un técnico, sumado a que las atenciones de fallas superan a las instalaciones. Se recomienda analizar la posibilidad de intercambiar los equipos, es decir, cuando los equipos POS presenten fallas, en lugar de enviar un técnico se realiza la entrega de un POS autoinstalable, al menos cuando en el call center se considere que el problema no podrá ser solucionado en terreno.

Como se menciona al inicio del trabajo, actualmente se tienen las bodegas duplicadas a lo largo del país, es decir, se tienen dos PST que operan cada uno en las mismas comunas, con sus propias bodegas y técnicos. Dado que el proceso de distribución realizado por los PST incluye el transporte de equipos desde el CO hacia las bodegas, la habilitación y gestión de las bodegas, así como el transporte e instalación o atención de fallas de equipos en los comercios, se concluye que al tener las bodegas duplicadas se duplican los costos fijos del proceso de distribución. Dicha duplicidad nace de la necesidad de mantener sus servicios incluso si uno de los proveedores no puede hacerlo.

Sin embargo, en un escenario competitivo dicha modalidad podría no ser la mejor, ya que es necesario reducir los costos, además el cierre de una bodega solo ocurriría en situaciones extremas. Por lo que se propone definir protocolos para dicho caso, que permitan la atención de los clientes desde la siguiente bodega más cercana. Más aun, gracias a los proyectos de autoinstalación de equipos POS, la atención de fallas de estos equipos podría solucionarse con el envío vía Courier a los clientes de nuevos equipos para solucionar rápidamente estos problemas en caso del cierre temporal de una bodega.

Por otra parte, un tema importante a discutir respecto a los contratos actuales consiste en la exclusividad de las bodegas, es decir, actualmente las bodegas de los PST son solo utilizadas para el almacenamiento de equipos de la empresa, se propone permitir que las empresas puedan participar de la licitación de los contratos sin restricciones de exclusividad de las bodegas, para poder elegir la opción más económica, y que cumpla con todas las medidas de seguridad necesarias.

Aparte, a pesar del pronóstico de la demanda realizado, la empresa debe considerar lo rápido que avanza la tecnología, ya que actualmente se presenta un crecimiento importante en el uso de billeteras virtuales¹ y tarjetas de prepago² como medios de pago alternativo a las tarjetas convencionales. Si bien algunas de estas billeteras permiten mantener el uso de los dispositivos POS para captar los pagos, existen otros tipos de billeteras que utilizan códigos QR u otros tipos de mecanismos, con lo que podría disminuir considerablemente la demanda de equipos POS y, en consecuencia, de las atenciones de fallas (no así de Autoservicio y Host), con esto la demanda del proceso de distribución podría disminuir considerablemente a mediano plazo. Cabe destacar que la empresa lanzó el sistema de cobro QR para compras presenciales a mediados del 2020, lo que representa un avance significativo para hacer frente a la competencia.

¹ Aplicaciones para *smartphones* que permiten tener dinero de manera electrónica.

² Medios de pago limitados al dinero que le carguen los usuarios.

En cuanto a la capacidad de las bodegas, para las 21 bodegas recomendadas de acuerdo a este trabajo, se estimó la capacidad en m^2 necesaria para satisfacer la demanda, calculando el inventario máximo a partir de un sistema de inventario. A partir de este análisis se concluye que el sistema más adecuado al costo de los equipos y al resguardo en que estos se deben mantener por temas de seguridad, corresponde a un sistema de revisión continua o sistema Q, ya que permite mantener menores niveles de inventario.

Dada la importancia que representa para la empresa responder rápidamente a las fallas y realizar las instalaciones en las fechas establecidas, tanto para lograr la satisfacción del cliente como para mantener los equipos transaccionando, se estudian tres niveles de servicio (95 %, 97 % y 99 %) para evitar los quiebres de stock, a partir de esto se concluye que pasar de un nivel de servicio del 97 % al 99 % requiere el doble de equipos que pasar de un 95 % a un 97 %. Sin embargo, para la mayoría de las bodegas, la capacidad adicional en m^2 es despreciable, por lo que se recomienda mantener niveles de servicio de entre 97 % y 99 %, excepto para la bodega de Santiago, para la cual alcanzar un 99 % de nivel de servicio resulta más costoso, por lo que se recomienda mantenerlo alrededor de un 97 %.

A pesar, de las recomendaciones realizadas, el objetivo principal es comprender el espacio necesario para cumplir con los objetivos de la empresa, que debe situarse aproximadamente entre los valores resultantes para un 95 % y un 99 % de nivel de servicio. Sin embargo, el tamaño final dependerá de las ofertas realizadas por las empresas y la disponibilidad de espacios, además, el inventario máximo fue transformado a metros cuadrados utilizando un promedio del uso actual del espacio, pero una mejor utilización del espacio podría permitir el uso de bodegas de menor tamaño.

Respecto a la capacidad técnica, se observa que, dada la baja en la demanda pronosticada para los PST y los cambios en las bodegas y asignación de comunas, no resulta conveniente mantener la misma capacidad técnica. Sin embargo, al reducir esta capacidad se debe tener en cuenta la productividad que tendrán los proveedores, ya que se observa una diferencia importante en la productividad de los técnicos de los dos proveedores actuales, si la productividad resulta baja esta reducción de técnicos solo alcanzaría un 9 %, mientras que con una productividad mayor se podrían reducir en hasta un 32 %. Más aun, optimizando el proceso realizado por los técnicos se podría lograr una disminución aún mayor.

A partir de la etapa 3 en la cual se ejecutó el modelo 1.3 imponiendo las capacidades estimadas según el Sistema Q, y posteriormente se realizó un análisis final de los resultados. Se desprenden dos conclusiones, primero, que a pesar de que en la etapa 2 se obtienen menores niveles de inventario, en consecuencia, menores costos de apertura de bodegas, no resulta conveniente abrir más bodegas o modificar su ubicación dada la demanda pronosticada.

Por otra parte, analizando los resultados de cada región se observa que se debe estudiar la apertura de otras bodegas, dadas sus demandas y la distancia que enfrentan respecto a las bodegas asignadas, estas bodegas son: Ovalle, Pichilemu y Pucón o Villarrica. Sin embargo, estas bodegas no reemplazarían a las bodegas propuestas en el modelo, dado que estas efectivamente se encuentran en las comunas de mayor demanda.

Además, para la bodega de Juan Fernández, cerrada por los modelos, se podría analizar la apertura de la bodega como una decisión estratégica para posicionarse en la zona. Los

costos estimados de la bodega son 2,5 millones de pesos, mientras que el viaje de un técnico una vez al mes cuesta solo 800 mil pesos. En dicho análisis se debe considerar el crecimiento que podría tener la demanda en el archipiélago, demanda que actualmente es bastante baja.

Dentro del objetivo de este proyecto se buscaba definir el modelo de distribución óptimo para los PST para la nueva licitación de los servicios, considerando la entrada de competencia y los cambios tecnológicos de la empresa, dado esto se propuso la cantidad, ubicación, capacidad en m^2 y capacidad técnica. Sin embargo, quedan pendientes algunos puntos que podrían permitir una mejor definición del proceso de distribución, es por esto que se proponen a la empresa los siguientes estudios como próximos pasos:

- Se propone estudiar a fondo como puede afectar el número de bodegas en los niveles de servicio al cliente.
- Realizar proyecciones de demanda con mejores antecedentes respecto a la competencia, y considerando diferentes resultados de la misma y diferentes acciones que puede tomar la empresa para evitar la pérdida de clientes.
- Si bien el sistema de revisión continua permitió definir la capacidad de las bodegas, se propone un estudio más a fondo de los sistemas de inventario, para definir apropiadamente cuándo y cuántos equipos transportar a hacia las bodegas, considerando además que las fechas de las instalaciones son agendadas.
- Se propone estudiar soluciones alternativas para lograr reducir el *lead time* de entrega y de esta manera disminuir el espacio de almacenamiento requerido por las bodegas, por ejemplo, crear bodegas con stock adicional para abastecer la zona norte y sur del país.
- Al mismo tiempo, este trabajo entrega una estimación de los técnicos, a partir de la productividad actual, sin embargo, se propone estudiar más a fondo la productividad de los técnicos y las diferencias entre ambos PST, para definir el funcionamiento óptimo de estos, por ejemplo, por medio de la definición de rutas resolviendo el problema del vendedor viajero.
- Además, se propone estudiar el proceso de distribución realizado por los *Courier* dado el aumento de la demanda que presentará este proceso.
- Finalmente, se propone estudiar la inclusión de las bodegas planteadas previamente: Pucón o Villarrica, Ovalle, Pichilemu y Juan Fernández.

Bibliografía

- [1] Filip Exnar and Otakar Machac. Localization of warehouses in distribution companies. *Recent Researches in Applied Economics and Management*, II:87–95, 2003. doi: 978-960-474-324-7.
- [2] Jacob Krarup. Warehouse location problem. In C Floudas and P. Pardalos, editors, *Encyclopedia of Optimization*, pages 4050–4055. Springer, New York, second edition, 2009.
- [3] Soffia Marchetti. Gestión de inventario de productos de limpieza y perfumería en una cadena de supermercados. *Memoria de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 2015.
- [4] Diego Martínez. Estudio de las consecuencias del acuerdo de interconexión entre transbank y otras empresas adquirientes en el mercado de medios de pago electrónicos en Chile. *Memoria de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 2014.
- [5] Jaime Ramos. Diseño de una red de centros de distribución para una cadena de supermercados. *Memoria de Ingeniero Civil Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile*, 2003.
- [6] Roger Schroeder and Susan Goldstein. *Operations Management in the Supply Chain: Decisions and Cases*. McGraw-Hill, New York, 2016.

Anexo A

Proceso de distribución actual

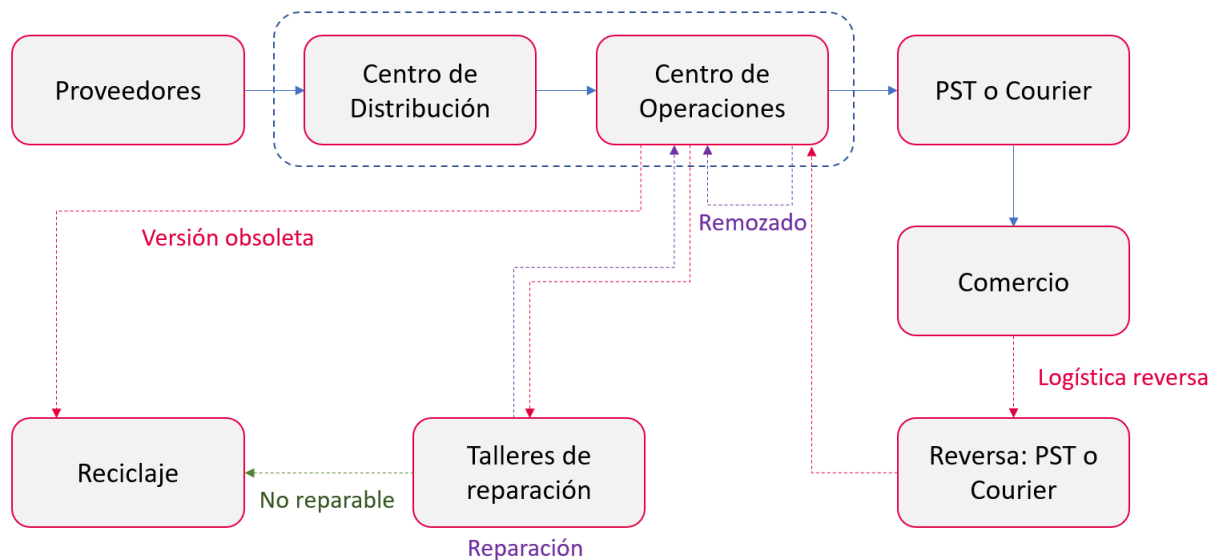


Figura A.1: Proceso general de distribución y reversa de equipos.

El Centro de Distribución recibe los equipos nuevos a partir de los proveedores, este se encuentra en el mismo lugar físico que el Centro de Operaciones (CO). En el CO, los productos nuevos pasan al laboratorio donde se cargan la llave, aplicativo y certificado, para posteriormente pasar al armado del kit y su almacenamiento para fallas e instalaciones, luego viene la etapa de despacho que depende del tipo de asignación, si tiene un cliente fijo asignado se crea la dirección lógica, se reserva el kit en HPAM (sistema para la gestión de activos), para luego realizar el picking y despacharlo.

Los PST o Courier según corresponda, van hasta el CO donde hacen retiro de los equipos a instalar, luego van hasta sus propios centros de distribución para ser enviados a sus bodegas en regiones, según los requerimientos de inventario realizados por la empresa.

Una vez recepcionados en las bodegas regionales son almacenados para reponer inventario, o entregados a los técnicos o Courier, en caso de cliente asignado en el CO para ser entregados. Diariamente los técnicos, salen con una “mochila” con equipos para instalar en los comercios,

así como equipos para atender fallas (estos últimos a diferencia de los equipos para instalar, no están dentro de un kit armado). Por su parte, los Courier realizan entregas según las solicitudes de la empresa.

Una vez que el equipo es entregado o instalado el proceso finaliza, pero en caso de que el equipo presente fallas puede existir un proceso de logística reversa. En caso de falla para los equipos POS existe un call center donde se busca solucionar los problemas del equipo, en caso de que el problema no sea resuelto se envía un técnico al comercio para que solucione el problema, si el técnico no puede solucionar el problema el equipo es cambiado y el equipo antiguo es devuelto al CO por los PST, para el caso de Host, Autoservicio y POS Integrado el proceso es el mismo, pero excluyendo el call center. Por último, para los MPOS el equipo es retirado por el Courier. También se pueden dar reversas por otros motivos, por ejemplo, desafiliación masiva.

Una vez en el CO, se cuadra la cantidad de equipos para verificar que coincidan con los esperados, luego se procede a revisar si la versión del equipo está vigente o no, los no vigentes (versión obsoleta) son enviados a destrucción y reciclaje, a los vigentes se les realiza un control de riesgo y luego se testean para identificar si debe ser reparado o remozado. Equipos que pueden ser remozados pasan por proceso de remozado y son almacenados como materia prima, mientras que los equipos que no pueden ser remozados son enviados a los talleres de los proveedores. En los talleres se reparan los equipos, aquellos que no deban ser reparados por el costo de la reparación, son enviados a reciclaje, los equipos reparados son enviados nuevamente al CO para ser almacenados.

Finalmente, todos los equipos son almacenados hasta que sean requeridos para atención a fallas, instalaciones, ferias y eventos, proyectos, etc., para luego pasar por los procesos de laboratorio, armado de kit, almacenamiento de kit y despacho.

Anexo B

Pronóstico de crecimiento de la competencia

En resumen, se poseen los siguientes antecedentes respecto a la competencia:

- Se espera que durante los próximos años existan 5 competidores en el mercado de los medios de pago: La empresa estudiada, Multicaja, Compraquí, Santander en conjunto a Evertec y BCI con EVO Payments.
- La empresa posee equipos en el 28.6% de los comercios a nivel nacional, por lo que todavía existe un gran espacio de crecimiento para las otras empresas, en comercios que no reciben pagos por medio de tarjetas de crédito y débito.
- Todas las empresas tienen la posibilidad de ofrecer equipos POS que es el producto de mayor demanda, Multicaja ofrece este tipo de equipo y equipos Host, por su parte, Compraquí inició con equipos Mobile POS que no son instalados por técnicos. Se observa que BCI, según la información disponible, es el único potencial competidor para los productos de Autoservicio.
- Si bien compraquí inició su el pilotaje de sus equipos con 2.000 clientes, para su lanzamiento en mayo de 2019 contaba con 27.000 equipos.
- Los competidores actuales han proyectado un crecimiento una tasa de un 113% y un 163% durante su primer año de funcionamiento.
- Multicaja espera alcanzar una participación de mercado de un 15% en 2023, BCI espera superar un 14% de participación de mercado en un plazo desconocido y Compraquí espera alcanzar los 150.000 comercios presenciales a fines de 2023, esto corresponde a un crecimiento anual de un 33% si se considera que no hay crecimiento durante 2020.

Para realizar el pronóstico de la demanda para los competidores se utilizan los siguientes supuestos:

- Como primer supuesto se asume que la demanda de las empresas no crecerá durante 2020 producto de la pandemia del Covid19.

- Como supuesto se considera que la proporción de 28.6 % de comercios afiliados por la empresa respecto a comercios a nivel nacional se mantendría si no existiera competencia, es decir, el crecimiento de comercios sigue la misma proporción de crecimiento de la empresa. Además, se asume que los competidores captarán demanda indistintamente, por lo que de toda la demanda captada por la competencia un 28.6 % corresponderá a demanda potencial de la empresa.
- Por su parte se observa que el crecimiento de instalaciones es similar crecimiento de comercios afiliados, en base a esto, suponiendo que los clientes no solicitan más de una instalación en 3 años, se asume que las instalaciones (como atenciones y no como equipos) y comercios afiliados son equivalentes.
- Se asume que en el caso de Compraquí la cantidad de equipos es equivalente a la de comercios, ya que al ofrecer un equipo Mobile POS, que requiere de un smartphone o Tablet para funcionar, y ofrecerlo con un enfoque en pymes y emprendedores, se espera que los clientes requieran solo un equipo, ya que de otra forma resulta más conveniente otro tipo de productos.
- También se asume que la cantidad de comercios para la fecha de lanzamiento será similar a la de Multicaja y Compraquí, que corresponden a 25.000 y 27.000 respectivamente.
- Se asume que durante el primer año las empresas crecerán según el crecimiento de Multicaja y Compraquí durante su primer año, 113 % y 163 %. Mientras que para los años posteriores se crecerá según las proyecciones de Compraquí de tener 150.000 comercios a fines de 2023, lo que significa una tasa de crecimiento anual de 33 %, considerando que los comercios a finales de 2019 eran 50.000 y que durante 2020 no hay crecimiento en la demanda.

Considerando los antecedentes y supuestos anteriores, se procede a realizar el cálculo del crecimiento de la competencia. Para finales del año 2021 (ver Tabla B.1), se estima que los comercios de Multicaja que demanda equipos POS crecerán a una tasa 138 % durante 2018 para alcanzar una suma de 53.333 comercios a fin de año y luego crecer a una tasa de un 33 % durante 2019 y 2021, para alcanzar los 92.376 comercios afiliados, los equipos host representan un porcentaje de las instalaciones POS siguiendo la misma proporción que para la empresa estudiada. Mientras que Compraquí crecerá a un 33 % durante 2021.

Tanto Santander como BCI iniciarán su participación ofreciendo equipos POS que son los con mayor demanda, se asume que ambos lanzarán sus productos a inicios de 2021, en una cantidad de 26.000 comercios, que corresponde al promedio entre Compraquí y Multicaja en su lanzamiento. Además, al ser su primer año crecerán a una tasa de 138 %.

Para el año 2022 (ver Tabla B.2), se espera que Compraquí incorpore los equipos POS utilizando la misma estimación para productos nuevos de 26.000 equipos que crecerán a un 138 %. Se estima que para este año Santander y BCI incorporarán los equipos Host y se estima que su incorporación corresponderá a la proporción de instalaciones POS y Host donde los 26.000 equipos corresponderían a equipos POS nuevos, además crecerán a la misma tasa de un 138 %. Todos los equipos disponibles durante el año anterior crecerán a una tasa de un 33 %.

Tabla B.1: Estimación de demanda de instalaciones por competidor y producto para el año 2021.

	2021			
	Multicaja	(Santander-Evertec)	(BCI-EVO Payments)	Compraquí
AUTOSERVICIO	-	-	-	-
HOST	4338	-	-	-
POS	92376	61968	61968	-
MOBILE POS	-	-	-	65804

Tabla B.2: Estimación de demanda de instalaciones por competidor y producto para el año 2022.

	2022			
	Multicaja	(Santander-Evertec)	(BCI-EVO Payments)	Compraquí
AUTOSERVICIO	-	-	-	-
HOST	5709	2910	2910	-
POS	121574	81555	81555	61968
MOBILE POS	-	-	-	86603

Por último, se estima que durante 2023 (ver Tabla B.3) todos los productos ofrecidos durante 2022 crecerán a una tasa del 33 %. Además, BCI es el único capaz de ofrecer Autoservicio que es el producto de menor demanda, por lo que, durante este año incorporará este producto a su oferta, la cantidad a ofrecer se obtiene de la proporción entre instalaciones de POS y Autoservicio de la empresa, considerando las 26.000 instalaciones POS estimadas.

Tabla B.3: Estimación de demanda de instalaciones por competidor y producto para el año 2023.

	2023			
	Multicaja	(Santander-Evertec)	(BCI-EVO Payments)	Compraquí
AUTOSERVICIO	-	-	529	-
HOST	7513	3830	3830	-
POS	160000	107332	107332	81555
MOBILE POS	-	-	-	113975

Luego de analizar el crecimiento de cada empresa en cada año se resume el crecimiento por tipo de producto en cada año (ver Tabla B.4). Si bien se incluye los equipos Mobile POS no se analiza el crecimiento que podría alcanzar en la competencia dado que es un equipo nuevo en el mercado, con un foco particular en empresas pequeñas y que actualmente es autoinstalable, es decir distribuido por Courier, por lo que queda fuera del alcance del estudio.

Finalmente, se considera que los competidores toman clientes tanto de la empresa estudiada como del resto del mercado disponible, considerando que la empresa posee un 28.6 % del mercado. Se calcula la reducción de comercios que captará la empresa producto del crecimiento de la competencia como la multiplicación de la participación de mercado de la empresa por la demanda pronosticada (ver Tabla B.5).

Tabla B.4: Demanda anual de instalaciones de la competencia por tipo de producto para tres años.

Crecimiento competencia			
	2021	2022	2023
AUTOSERVICIO	0	0	529
HOST	4338	11528	15172
POS	216312	346651	456218
MOBILE POS	65804	86603	113975

Tabla B.5: Reducción de instalaciones de la empresa por crecimiento de la competencia en un plazo de tres años.

Reducción de comercios por competencia			
	2021	2022	2023
AUTOSERVICIO	0	0	151
HOST	1239	3294	4335
POS	61804	99043	130348
MOBILE POS	18801	24744	32564

Un punto importante que considerar en este análisis es que existirá una reducción de la demanda de equipos POS por autoinstalación, equipos que quedarán fuera del análisis al ser distribuidos por Courier. En particular, se asumirá que las empresas ofrecerán equipos POS autoinstalables y no autoinstalables (POS integrados y equipos para ferias, eventos y proyectos), sin embargo, Compraquí no cumple con dicho criterio, ya que los equipos POS que puede ofrecer son autoinstalables, por lo que se excluirán del cálculo, entonces se considera un nuevo total de equipos POS sin la proyección para Compraquí y se estima la reducción de instalaciones de la empresa producto de la competencia como la multiplicación por el porcentaje de mercado captado por la empresa de 28.6 %.

Tabla B.6: A la izquierda se muestra el crecimiento en la demanda de instalaciones POS de la competencia, y a la derecha, la reducción la demanda de instalaciones de la empresa producto del crecimiento de la competencia.

Crecimiento competencia		Reducción de instalaciones por competencia	
Año	POS sin autoinstalación	Año	POS sin autoinstalación
2021	216312	2021	61804
2022	284683	2022	81338
2023	374664	2023	107047

Como fue mencionado la autoinstalación producirá que gran parte de los equipos POS sean transportados vía Courier y las instalaciones sean realizadas por los mismos clientes, por lo que los efectos de la competencia para estos equipos quedarán fuera de este estudio. Sin embargo, la demanda de equipos POS que no son autoinstalables se verá afectada por la competencia. Para la empresa el porcentaje de instalaciones de equipos POS no autoinstalables del total de equipos POS es de un 9.7 %, utilizando este porcentaje y la reducción de instalaciones POS sin autoinstalación, se calcula la reducción de instalaciones que no son autoinstalables.

Anexo C

Cálculo de tasa de conversión de m^2 a equipos

Para definir la tasa de conversión de m^2 a equipos se utiliza como referencia la información real conocida, en particular se conocen las dimensiones de 15 bodegas del proveedor A. Además, se considera el supuesto de que cada bodega requiere $40 m^2$ como base para su funcionamiento espacio para funciones administrativas.

A partir de la resta de los m^2 reales de una bodega y los $40 m^2$ base se obtienen los m^2 adicionales que son utilizados para el almacenamiento de equipos, y que por tanto dependen de la cantidad de equipos que se busca almacenar. Luego dividiendo los m^2 adicionales en la demanda máxima de equipos (para instalaciones y fallas) se obtiene la tasa de m^2 utilizados por equipo demandado, mientras que dividiendo los m^2 adicionales por el inventario, se obtiene la tasa de m^2 por equipo almacenado.

Tabla C.1: Se muestran la demanda máxima mensual, inventario y m^2 de 15 bodegas actuales del PST A. Los m^2 adicionales corresponden a la resta de los m^2 totales con los m^2 base ($40 m^2$). Se estiman las tasas $m^2/(equipodemandado)$ y $m^2/(equipoalmacenado)$. Puerto Montt no se incluye en el cálculo de las tasas al no superar el tamaño base.

BODEGA	MAX DEMANDA	INVENTARIO REAL	M2 TOTALES	M2 ADICIONALES	M2/DEMANDA	M2/INVENTARIO
ANTOFAGASTA	520	406	90	50	0.10	0.12
ARICA	235	264	58	18	0.08	0.07
CONCEPCIÓN	1527	666	140	100	0.07	0.15
COPIAPO	392	348	90	50	0.13	0.14
COQUIMBO	1077	531	115	75	0.07	0.14
COYHAIQUE	202	350	70	30	0.15	0.09
IQUIQUE	417	750	75	35	0.08	0.05
OSORNO	322	270	44	4	0.01	0.01
PUERTO MONTT	964	988	32	0	-	-
PUNTA ARENAS	435	410	52	12	0.03	0.03
RANCAGUA	1161	456	120	80	0.07	0.18
SANTIAGO	9668	4715	552	512	0.05	0.11
TALCA	1023	530	117	77	0.08	0.15
TEMUCO	1183	547	82	42	0.04	0.08
VIÑA DEL MAR	2639	892	100	60	0.02	0.07

Finalmente se calcula un promedio de la tasa de m^2 por equipo demandado, resultando un valor de $0.069 m^2/(equipodemandado)$, valor que es utilizado para transformar el costo variable por m^2 a un costo por equipo demandado. Si bien esto solo representa una aproximación que utiliza supuestos para el cálculo del espacio necesario para almacenar equipos, permite reflejar el aumento de los costos en bodegas que tienen un gran flujo de demanda, en los modelos de la etapa 1.

Por otra parte, en la etapa 2 para poder estimar la capacidad de las bodegas es necesario conocer los m^2 por equipo almacenado, entonces en este caso se calcula el promedio de estos valores, resultando un valor aproximado de $0.098 m^2/(equipoalmacenado)$, es decir, en cada m^2 se almacenan aproximadamente 10 equipos.

Anexo D

Distancia hasta el Archipiélago Juan Fernández

Si bien el Archipiélago Juan Fernández está compuesto por varias islas, la localidad más importante, es decir, la más poblada, corresponde a San Juan Bautista, ubicada en la Isla Robinson Crusoe.

Existen tres comunas con bodega, que se encuentran a una distancia similar de la isla: Valparaíso, San Antonio y Concepción. A pesar de que la localidad se encuentra más cercana a San Antonio en términos de paralelos, la menor distancia en línea recta se obtiene desde la comuna de Concepción (ver Figura D.1).



Figura D.1: Mapa muestra la distancia entre la localidad de San Juan Bautista, Juan Fernández, y las tres comunas con bodegas activas más cercanas: Concepción (636 Km), San Antonio (672 Km) y Valparaíso (682 Km). Fuente: Google Maps.

Anexo E

Modelo 1 Escenario 1: Apertura de bodega Castro

Un caso particular de lo ocurre al ejecutar el modelo con la demanda máxima mensual es la apertura de la bodega en Castro, actualmente la bodega de Puerto Montt satisface la demanda de Castro, esto tiene como consecuencia que los técnicos deben realizar largos viajes para satisfacer la demanda de la Isla. Sin embargo, el modelo propone la apertura de una bodega en Castro.

Para entender el motivo por el cual el modelo decide abrir la bodega en Castro, se analizan los costos de la situación actual y optimizada, así como la cantidad de comunas que atiende cada bodega. Antes de analizar los costos, se observa que en la situación actual Puerto Montt atiende 24 comunas, pero en la situación optimizada entre Puerto Montt y Castro atienden a 23 bodegas, esto ocurre porque Puerto Montt atiende a la comuna de Puerto Octay, pero esta comuna está más cerca de Osorno, por lo que el modelo lo asigna a esta bodega.

Tabla E.1: Costos fijos y variables del proceso de distribución, por categoría de costos. Se comparan los costos de la situación actual de las bodegas de Puerto Montt con los costos de la situación optimizada que considera una bodega en Puerto Montt y otra en Castro.

		Situación Actual (PST A + PST B)	Modelo Puerto Montt	Modelo Castro	Modelo (Puerto Montt + Castro)
Costos CO-Bodegas	fijo	\$ 196,328	\$ 98,164	\$ 110,226	\$ 208,390
	variable	\$ 463,990	\$ 322,414	\$ 98,445	\$ 420,859
Costos Bodegas	fijo	\$ 2,900,556	\$ 1,450,278	\$ 1,481,929	\$ 2,932,207
	variable	\$ 77,770	\$ 254,594	\$ 81,357	\$ 335,951
Costos Bodegas-Clientes		\$ 21,436,640	\$ 11,725,307	\$ 4,790,673	\$ 16,515,979
Cantidad de comunas		24	13	10	23

En cuanto a los costos, los costos fijos de transporte desde el CO a la bodega aumentan, ya que se deben enviar equipos a la bodega de Castro que se localiza a una mayor distancia del CO y, por tanto, tiene un costo mayor de envío. Por su parte, el costo variable disminuye, pero esto ocurre porque la cantidad de equipos disminuye producto de la disminución de comunas atendidas. En cuanto a los costos de arriendo de las bodegas, tanto el costo fijo como variable aumentan, sin embargo, se observa que el aumento de costos fijos es pequeño y esto se debe a que en la situación actual las bodegas están duplicadas, entonces el costo

fijo con una bodega en Puerto Montt y otra en Castro es superior al costo de dos bodegas en Puerto Montt por las diferencias del costo de vida en estas dos localidades.

A pesar de que la mayoría de los costos aumenten, el modelo decide abrir la bodega en Castro porque el principal costo del proceso de distribución es el costo de transporte desde las bodegas a los clientes y dicho costo se reduce en casi 5 millones de pesos al abrir esta bodega, esto se debe a que al disminuir la distancia desde la bodega al cliente disminuye el costo de transporte y al mismo tiempo aumenta la productividad del técnico, ya que al tener que recorrer distancias menores puede realizar más atenciones en un día. Con esta disminución del costo de transporte hacia el cliente, el costo total entre la situación actual y la situación optimizada se reduce en un 19 %.

Anexo F

Porcentaje de equipos autoinstalables por comuna

Para calcular los equipos que serán autoinstalados en cada comuna se utilizó la demanda de atenciones y equipos entre septiembre 2018 y agosto 2019. Se identificaron las atenciones y equipos que corresponden a instalaciones normales (no corresponden a ferias, eventos o proyectos, ya que estos servicios aún requieren técnicos) de equipos POS móvil y POS fijo y se calculó el porcentaje de atenciones y equipos que cumplen estos requisitos sobre el total de atenciones y equipos, según corresponde, para cada comuna.

Tabla F.1: Se muestra el porcentaje de atenciones y equipos por comuna que serán autoinstalaciones, por simplicidad se muestran los 10 primeros datos, ya que la lista completa incluye las 340 comunas.

Comuna	% Autoinstalación Atenciones	% Autoinstalación Equipos
PUTRE	36%	44%
ARICA	33%	42%
CAMARONES	40%	50%
COLCHANE	0%	0%
HUARA	40%	40%
IQUIQUE	30%	41%
POZOALMONTE	33%	41%
ALTOHOSPICIO	37%	52%
PICA	44%	62%
OLLAGÜE	0%	0%

Una vez calculados estos porcentajes se procede a calcular la demanda máxima mensual de nuevo escenario, descontando las autoinstalaciones a la demanda máxima mensual actual, aproximando las siguientes ecuaciones, donde i corresponde a cada comuna:

- $AtencionesEscenario2_i = AtencionesEscenario1_i(1 - \%AtencionesAutoinstalación_i)$
- $EquiposEscenario2_i = EquiposEscenario1_i(1 - \%EquiposAutoinstalación_i)$

Anexo G

Demanda límite para el cierre de bodegas

Para cada una de las 21 bodegas propuestas por el modelo 1 se estimó la demanda límite para mantener una bodega abierta, es decir, cuando la demanda se encuentra por debajo de la demanda límite, resulta mejor cerrar la bodega y atender la demanda asignada desde una bodega alternativa:

Tabla G.1: Se muestran las 21 bodegas propuestas y la bodega alternativa a partir de la cual se calcula la demanda límite para mantener una bodega abierta y el porcentaje de reducción de la demanda respecto a la demanda pronosticada.

BODEGA	BODEGA ALTERNATIVA	DEMANDA LÍMITE	% REDUCCIÓN DEMANDA
CASTRO	PUERTO MONTT	110	7%
OSORNO	VALDIVIA	160	20%
VALDIVIA	OSORNO	188	27%
CHILLÁN	CONCEPCIÓN	170	47%
ARICA	IQUIQUE	58	54%
PUERTO MONTT	OSORNO	154	57%
CALAMA	ANTOFAGASTA	63	60%
LOS ÁNGELES	CHILLÁN	82	69%
COYHAIQUE	PUERTO MONTT	25	77%
TEMUCO	VALDIVIA	135	77%
COPIAPÓ	LA SERENA	58	77%
ANTOFAGASTA	CALAMA	51	81%
RANCAGUA	SANTIAGO	132	83%
IQUIQUE	ARICA	31	85%
TALCA	CHILLÁN	63	85%
CONCEPCIÓN	CHILLÁN	113	86%
VIÑA DEL MAR	SANTIAGO	149	89%
ISLA DE PASCUA	SANTIAGO	3	90%
PUNTA ARENAS	COYHAIQUE	15	92%
LA SERENA	COPIAPÓ	38	94%
SANTIAGO	RANCAGUA	109	98%

Para el cálculo de la demanda límite se definió como bodega alternativa la bodega más cercana, además, se asume que la demanda se reduce proporcionalmente en todas las comunas asignadas a la bodega. Entonces se estima la proporción de la demanda tal que el costo de tener la bodega abierta (costo fijo y variable dada la demanda) se iguala al costo variable de atender la demanda desde la bodega alternativa. Obteniéndose la siguiente proporción de la demanda α para la equivalencia de costos:

- Costo fijo de la bodega i : $CF_i = CFT1_i + CFB_i$
- Costo variable de la bodega i : $CV_i = \sum_j (CVT1_i \times DE_j \times y_{ij} + CVB_i \times DE_j \times y_{ij} + CT2_{ij} \times DA_j \times y_{ij})$
- Costo variable de atender la demanda de la bodega i desde la bodega alternativa i' : $CVA_{ii'} = \sum_j (CVT1_{i'} \times DE_j \times y_{ij} + CVB_{i'} \times DE_j \times y_{ij} + CT2_{i'j} \times DA_j \times y_{ij})$

$$\alpha_{ii'} = \frac{CF_i}{CVA_{ii'} - CV_i} \quad (G.1)$$

A partir de esta proporción se estima la demanda límite como $\alpha \times \text{demanda pronosticada}$ y la reducción de la demanda necesaria para el cierre de bodegas como $1 - \alpha$.

Anexo H

Bodegas adicionales Modelo 2.1

Tabla H.1: Bodegas adicionales a las 16 bodegas fijas (ver Tabla 9.6) del modelo 2.1, para los 12 meses de la demanda actual y 36 meses de la demanda pronosticada en el escenario esperado.

Mes	Bodegas Adicionales					
01-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	CASTRO	SAN ANTONIO	ISLADEPASCUA
02-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	CASTRO	ISLADEPASCUA	
03-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	CASTRO	ISLADEPASCUA	
04-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	ISLADEPASCUA		
05-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	CASTRO	ISLADEPASCUA	
06-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	ISLADEPASCUA		
07-2020	VALDIVIA	CHILLAN	CASTRO	ISLADEPASCUA		
08-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO	ISLADEPASCUA		
09-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO			
10-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO			
11-2020	VALDIVIA	OSORNO				
12-2020	VALDIVIA	CHILLAN	OSORNO			
01-2021	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
02-2021	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
03-2021	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
04-2021	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
05-2021	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
06-2021	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
07-2021	VALDIVIA	CHILLAN	ISLADEPASCUA			
08-2021	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
09-2021	VALDIVIA					
10-2021	OSORNO					
11-2021	VALDIVIA					
12-2021	VALDIVIA					
01-2022	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
02-2022	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
03-2022	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
04-2022	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
05-2022	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
06-2022	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
07-2022	VALDIVIA	CHILLAN	ISLADEPASCUA			
08-2022	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
09-2022	VALDIVIA					
10-2022	OSORNO					
11-2022	VALDIVIA					
12-2022	VALDIVIA					
01-2023	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
02-2023	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
03-2023	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
04-2023	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
05-2023	VALDIVIA	OSORNO	ISLADEPASCUA			
06-2023	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
07-2023	VALDIVIA	CHILLAN	ISLADEPASCUA			
08-2023	VALDIVIA	ISLADEPASCUA				
09-2023	VALDIVIA					
10-2023	OSORNO					
11-2023	VALDIVIA					
12-2023	VALDIVIA					

Anexo I

Comparación modelos 1 y 2 con demanda actual

Para la demanda actual se comparan los resultados del modelo 1.1, que considera una cantidad fija de bodegas durante todo el año analizado, y el modelo 2.1, en el cual las bodegas varían mensualmente dependiendo de la demanda de cada mes.

En cuanto a las bodegas mensuales (ver Figura I.1), a partir del modelo 1 se obtiene que para satisfacer la máxima demanda por comuna se deben tener 22 bodegas abiertas. Mientras que del modelo 2, se obtiene que para satisfacer la demanda mensual debe haber entre 18 y 22 bodegas abiertas, cantidad que varía mes a mes.

Por otra parte, al analizar los costos mensuales de ambos modelos (ver Figura I.1), se observa que los costos son bastante similares, por ejemplo, para el mes de noviembre en el modelo 1 se tienen 22 bodegas mientras que en el modelo 2 solo se tienen 18, a pesar de una diferencia de 4 bodegas, el modelo 2 en dicho mes solo tiene un costo un 0.50% inferior al modelo 1. En general, la diferencia de costos de ambos modelos para la demanda actual es de solo un 0.34%.

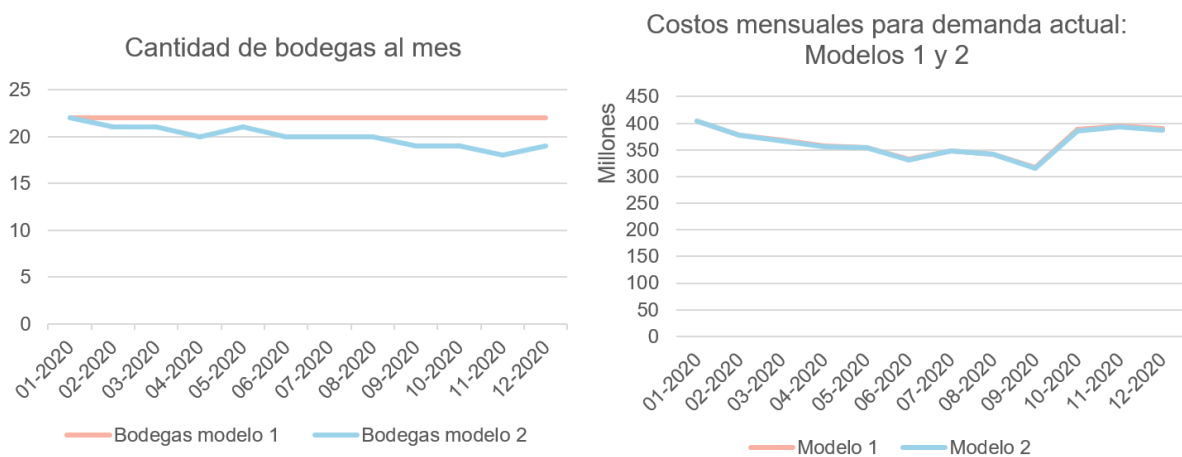


Figura I.1: A la derecha, se observa la cantidad de bodegas con la demanda actual en los modelos 1.1 y 2.1. A la izquierda, se muestran los costos mensuales con esta configuración de bodegas.

Anexo J

Resultados de punto de reorden R y cantidad a ordenar Q

Para cada una de las 21 bodegas habilitadas, así como para cada tipo de servicio: atención de fallas o instalación, y cada tipo de producto se calculan los puntos de reorden R y la cantidad a ordenar Q , con nivel de servicio de 99%:

Tabla J.1: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de instalaciones en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 99%.

INSTALACIONES 99%											
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS NO AUTOINSTALABLE			MAX TOTAL	
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO		
SANTIAGO	32	10	42	901	58	959	165	28	193	1194	
VINADELMAR	4	2	6	156	29	185	74	9	83	274	
CONCEPCION	2	2	4	216	16	232	20	9	29	265	
ANTOFAGASTA	3	2	5	75	12	87	8	4	12	104	
TEMUCO	2	1	3	101	13	114	9	5	14	131	
LASERENA	3	2	5	106	21	127	8	5	13	145	
PUERTOMONTT	2	1	3	85	12	97	12	4	16	116	
IQUIQUE	4	2	6	57	10	67	6	4	10	83	
TALCA	2	1	3	61	10	71	10	6	16	90	
VALDIVIA	2	1	3	66	9	75	9	4	13	91	
CHILLAN	2	1	3	92	9	101	22	4	26	130	
PUNTAARENAS	2	1	3	101	10	111	12	4	16	130	
LOSANGELES	2	1	3	62	10	72	7	3	10	85	
CALAMA	2	1	3	55	12	67	7	3	10	80	
ARICA	4	2	6	40	11	51	4	3	7	64	
OSORNO	2	1	3	61	9	70	3	3	6	79	
COPIAPO	2	1	3	72	10	82	12	3	15	100	
COYHAIQUE	2	1	3	39	6	45	8	3	11	59	
RANCAGUA	2	1	3	117	18	135	18	6	24	162	
CASTRO	2	1	3	29	6	35	3	2	5	43	
ISLADEPASCUA	2	1	3	5	2	7	2	1	3	13	

Tabla J.2: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de atención de fallas en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 99%.

ATENCIÓN DE FALLAS 99%													
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS			MPOS			MAX TOTAL
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	
SANTIAGO	13	8	21	66	28	94	498	207	705	14	13	27	847
VINADELMAR	3	2	5	17	12	29	108	34	142	4	6	10	186
CONCEPCION	3	2	5	19	12	31	95	31	126	3	5	8	170
ANTOFAGASTA	2	1	3	11	10	21	40	25	65	3	5	8	97
TEMUCO	3	1	4	15	10	25	79	28	107	3	4	7	143
LASERENA	2	2	4	14	10	24	40	23	63	3	5	8	99
PUERTOMONTT	2	1	3	16	11	27	58	26	84	3	4	7	121
IQUIQUE	2	1	3	9	7	16	42	22	64	2	4	6	89
TALCA	4	2	6	12	9	21	34	19	53	2	4	6	86
VALDIVIA	2	1	3	8	6	14	30	18	48	2	2	4	69
CHILLAN	2	1	3	13	8	21	38	17	55	3	3	6	85
PUNTAARENAS	2	1	3	10	7	17	50	23	73	3	3	6	99
LOSANGELES	2	1	3	10	8	18	35	18	53	3	3	6	80
CALAMA	2	1	3	7	7	14	26	18	44	2	3	5	66
ARICA	2	1	3	7	7	14	18	17	35	3	3	6	58
OSORNO	2	1	3	7	7	14	25	17	42	2	2	4	63
COPIAPO	3	2	5	12	8	20	26	16	42	2	3	5	72
COYHAIQUE	2	1	3	9	6	15	38	16	54	3	3	6	78
RANCAGUA	3	2	5	13	10	23	60	24	84	3	4	7	119
CASTRO	2	1	3	6	4	10	17	14	31	2	2	4	48
ISLADEPASCUA	2	1	3	3	1	4	25	11	36	2	1	3	46

Se realiza el mismo procedimiento para un nivel de servicio de 97%:

Tabla J.3: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de instalaciones en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 97%.

INSTALACIONES 97%										
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS NO AUTOINSTALABLE			MAX TOTAL
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	
SANTIAGO	28	10	38	774	58	832	146	28	174	1044
VINADELMAR	3	2	5	134	29	163	63	9	72	240
CONCEPCION	2	2	4	183	16	199	17	9	26	229
ANTOFAGASTA	3	2	5	64	12	76	7	4	11	92
TEMUCO	2	1	3	86	13	99	8	5	13	115
LASERENA	2	2	4	91	21	112	7	5	12	128
PUERTOMONTT	2	1	3	73	12	85	10	4	14	102
IQUIQUE	3	2	5	48	10	58	5	4	9	72
TALCA	2	1	3	52	10	62	9	6	15	80
VALDIVIA	2	1	3	56	9	65	8	4	12	80
CHILLAN	2	1	3	78	9	87	18	4	22	112
PUNTAARENAS	2	1	3	87	10	97	10	4	14	114
LOSANGELES	2	1	3	53	10	63	6	3	9	75
CALAMA	2	1	3	47	12	59	6	3	9	71
ARICA	4	2	6	34	11	45	4	3	7	58
OSORNO	2	1	3	52	9	61	3	3	6	70
COPIAPO	2	1	3	61	10	71	10	3	13	87
COYHAIQUE	2	1	3	34	6	40	7	3	10	53
RANCAGUA	2	1	3	100	18	118	16	6	22	143
CASTRO	2	1	3	25	6	31	2	2	4	38
ISLADEPASCUA	2	1	3	4	2	6	2	1	3	12

Tabla J.4: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de atención de fallas en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 97%.

ATENCIÓN DE FALLAS 97%													
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS			MPOS			MAX TOTAL
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	
SANTIAGO	12	8	20	61	28	89	458	207	665	13	13	26	800
VINADELMAR	2	2	4	15	12	27	100	34	134	3	6	9	174
CONCEPCION	2	2	4	17	12	29	86	31	117	3	5	8	158
ANTOFAGASTA	2	1	3	10	10	20	37	25	62	3	5	8	93
TEMUCO	3	1	4	14	10	24	72	28	100	3	4	7	135
LASERENA	2	2	4	12	10	22	37	23	60	3	5	8	94
PUERTOMONTT	2	1	3	14	11	25	53	26	79	2	4	6	113
IQUIQUE	2	1	3	8	7	15	38	22	60	2	4	6	84
TALCA	3	2	5	11	9	20	31	19	50	2	4	6	81
VALDIVIA	2	1	3	7	6	13	27	18	45	2	2	4	65
CHILLAN	2	1	3	12	8	20	35	17	52	2	3	5	80
PUNTAARENAS	2	1	3	9	7	16	46	23	69	2	3	5	93
LOSANGELES	2	1	3	9	8	17	32	18	50	2	3	5	75
CALAMA	2	1	3	6	7	13	23	18	41	2	3	5	62
ARICA	2	1	3	6	7	13	16	17	33	3	3	6	55
OSORNO	2	1	3	7	7	14	23	17	40	2	2	4	61
COPIAPO	2	2	4	10	8	18	24	16	40	2	3	5	67
COYHAIQUE	2	1	3	8	6	14	34	16	50	3	3	6	73
RANCAGUA	3	2	5	11	10	21	54	24	78	3	4	7	111
CASTRO	2	1	3	5	4	9	16	14	30	2	2	4	46
ISLADEPASCUA	2	1	3	3	1	4	23	11	34	2	1	3	44

Luego, se calculan los parámetros para las instalaciones para un nivel de servicio de 95%:

Tabla J.5: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de instalaciones en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 95%.

INSTALACIONES 95%										
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS NO AUTOINSTALABLE			MAX TOTAL
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	
SANTIAGO	26	10	36	707	58	765	136	28	164	965
VINADELMAR	3	2	5	123	29	152	58	9	67	224
CONCEPCION	2	2	4	166	16	182	16	9	25	211
ANTOFAGASTA	3	2	5	58	12	70	6	4	10	85
TEMUCO	2	1	3	78	13	91	7	5	12	106
LASERENA	2	2	4	83	21	104	7	5	12	120
PUERTOMONTT	2	1	3	66	12	78	9	4	13	94
IQUIQUE	3	2	5	44	10	54	4	4	8	67
TALCA	2	1	3	47	10	57	8	6	14	74
VALDIVIA	2	1	3	51	9	60	7	4	11	74
CHILLAN	2	1	3	71	9	80	16	4	20	103
PUNTAARENAS	2	1	3	80	10	90	10	4	14	107
LOSANGELES	2	1	3	48	10	58	5	3	8	69
CALAMA	2	1	3	42	12	54	6	3	9	66
ARICA	3	2	5	31	11	42	3	3	6	53
OSORNO	2	1	3	47	9	56	3	3	6	65
COPIAPO	2	1	3	56	10	66	9	3	12	81
COYHAIQUE	2	1	3	31	6	37	6	3	9	49
RANCAGUA	2	1	3	92	18	110	14	6	20	133
CASTRO	2	1	3	22	6	28	2	2	4	35
ISLADEPASCUA	2	1	3	4	2	6	2	1	3	12

Y finalmente, para las atenciones de fallas para un nivel de servicio de 95 %:

Tabla J.6: Se muestra el punto de reorden R y la cantidad a ordenar Q para el inventario de atención de fallas en cada bodega y para cada producto, además se muestra el inventario máximo, representado por la cota $R + Q$, para un nivel de servicio de 95 %.

ATENCIÓN DE FALLAS 95%													
BODEGA	AUTOSERVICIO			HOST			POS			MPOS			MAX TOTAL
	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	R	Q	MAX INVENTARIO	
SANTIAGO	11	8	19	58	28	86	438	207	645	12	13	25	775
VINADELMAR	2	2	4	14	12	26	95	34	129	3	6	9	168
CONCEPCION	2	2	4	16	12	28	82	31	113	3	5	8	153
ANTOFAGASTA	2	1	3	9	10	19	35	25	60	2	5	7	89
TEMUCO	2	1	3	13	10	23	68	28	96	2	4	6	128
LASERENA	2	2	4	11	10	21	35	23	58	3	5	8	91
PUERTOMONTT	2	1	3	13	11	24	50	26	76	2	4	6	109
IQUIQUE	2	1	3	7	7	14	36	22	58	2	4	6	81
TALCA	3	2	5	10	9	19	29	19	48	2	4	6	78
VALDIVIA	2	1	3	6	6	12	26	18	44	2	2	4	63
CHILLAN	2	1	3	11	8	19	33	17	50	2	3	5	77
PUNTAARENAS	2	1	3	8	7	15	44	23	67	2	3	5	90
LOSANGELES	2	1	3	9	8	17	30	18	48	2	3	5	73
CALAMA	2	1	3	6	7	13	22	18	40	2	3	5	61
ARICA	2	1	3	5	7	12	15	17	32	2	3	5	52
OSORNO	2	1	3	6	7	13	21	17	38	2	2	4	58
COPIAPO	2	2	4	9	8	17	23	16	39	2	3	5	65
COYHAIQUE	2	1	3	8	6	14	33	16	49	2	3	5	71
RANCAGUA	2	2	4	10	10	20	50	24	74	2	4	6	104
CASTRO	2	1	3	5	4	9	15	14	29	2	2	4	45
ISLADEPASCUA	2	1	3	3	1	4	22	11	33	2	1	3	43

Anexo K

Cantidad a ordenar Q deriva del modelo EOQ

Para la estimación de la capacidad de las bodegas se propuso utilizar el sistema de revisión continua o sistema Q , dicho sistema considera dos parámetros R , que corresponde al punto de reorden, y Q , que indica la cantidad a ordenar. En particular, para calcular el valor de Q suele utilizarse el valor derivado del modelo EOQ.

El modelo EOQ considera que el costo total está representado por la suma del costo de almacenamiento y el costo de ordenar, donde el costo de almacenamiento aumenta si Q es mayor, ya que se mantiene una mayor cantidad de inventario, pero al mismo tiempo el costo de ordenar disminuye, ya que se deben realizar una menor cantidad de órdenes. Dicho costo total se plantea de la siguiente manera:

Donde:

$$TC = \frac{SD}{Q} + \frac{iCQ}{2} \quad (\text{K.1})$$

- S : Corresponde al costo por orden
- D : Corresponde a la demanda anual
- C : Corresponde al costo del producto
- i : Corresponde al % del costo del producto que representa el costo de mantenimiento

Derivando la función de costo total TC respecto a Q , se obtiene que el siguiente valor óptimo para Q :

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}} \quad (\text{K.2})$$

Sin embargo, para el caso particular presentado en este trabajo, el costo por orden S tiene dos componentes, el costo fijo de ordenar y el costo variable por unidades ordenadas, es decir, $S = CVT1 \times Q + CFT1$, por lo que el valor de Q corresponde al siguiente:

$$\begin{aligned}
 TC &= \frac{(CVT1 \times Q + CFT1) \times D}{Q} + \frac{iCQ}{2} \\
 \Leftrightarrow TC &= CVT1 \times D + \frac{CFT1 \times D}{Q} + \frac{iCQ}{2}
 \end{aligned}
 \tag{K.3}$$

Derivando respecto a Q :

$$\begin{aligned}
 \frac{dTC}{dQ} &= -\frac{CFT1 \times D}{Q^2} + \frac{iC}{2} = 0 \\
 \Leftrightarrow \frac{CFT1 \times D}{Q^2} &= \frac{iC}{2} \\
 \Leftrightarrow Q^2 &= \frac{2 \times CFT1 \times D}{iC} \\
 \Leftrightarrow Q &= \sqrt{\frac{2 \times CFT1 \times D}{iC}}
 \end{aligned}
 \tag{K.4}$$

Anexo L

Ordenes al año

Adicionalmente al nivel de servicio obtenido a partir de las simulaciones, se calculó el número de ordenes de quipo anuales realizadas en cada bodega y tipo de producto, para reabastecer las bodegas:

Tabla L.1: Se muestra las ordenes anuales, como resultado de simulaciones. Para cada bodega y producto se simula el comportamiento del inventario dados los parámetros R y Q estimados con un 99% de nivel de servicio, aplicados a la demanda pronosticada, cada vez que el nivel de inventario baja del punto de reorden R se realiza una orden.

ORDENES AL AÑO - SIMULACIONES							
BODEGAS	INSTALACIONES			ATENCIÓN DE FALLAS			
	POS	HOST	AUTOSERVICIO	POS	HOST	AUTOSERVICIO	MPOS
SANTIAGO	183	150	99	220	283	53	28
VINADELMAR	59	64	17	91	123	6	1
CONCEPCION	29	92	3	57	98	0	1
ANTOFAGASTA	10	44	2	21	35	2	0
TEMUCO	19	64	5	5	52	3	0
LASERENA	19	47	4	50	87	0	2
PUERTOMONTT	16	44	4	24	77	1	0
IQUIQUE	7	33	3	4	21	0	0
TALCA	22	59	3	35	58	3	1
VALDIVIA	12	41	3	18	25	0	0
CHILLAN	19	52	1	9	45	3	0
PUNTAARENAS	5	23	1	1	14	0	0
LOSANGELES	14	49	3	12	39	1	1
CALAMA	8	26	0	17	22	0	0
ARICA	4	29	2	17	20	0	1
OSORNO	7	37	4	6	12	0	0
COPIAPO	13	43	2	21	86	4	0
COYHAIQUE	5	15	1	0	18	0	0
RANCAGUA	35	63	2	39	102	1	3
CASTRO	3	21	3	3	14	0	0
ISLADEPASCUA	0	2	0	0	1	0	0

En la tabla se observa que en las bodegas más cercanas: Santiago, Viña del Mar y Rancagua, deben realizar un mayor número de órdenes. Mientras que las más lejanas: Isla de Pascua, Coyhaique, Castro, Punta Arenas, Calama y Arica, el número de ordenes es menor.