



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

GESTIÓN DE OPERACIONES: ADAPTANDO EL ALMACENAMIENTO Y LA PRODUCCIÓN ANTE CAMBIOS EN EL MODELO DE NEGOCIO

ALBERTO LETELIER FINOT – CRISTIAN GAMONAL CASTRO

PROFESORES GUÍA: **MAURICIO VARAS – MERCEDES HAGA**

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

SANTIAGO – CHILE
2020



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

GESTIÓN DE OPERACIONES: ADAPTANDO EL ALMACENAMIENTO Y LA PRODUCCIÓN ANTE CAMBIOS EN EL MODELO DE NEGOCIO

**POR: ALBERTO LETELIER FINOT
CRISTIAN GAMONAL CASTRO**

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: MAURICIO VARAS – MERCEDES HAGA

PROFESOR INTEGRANTE 1: FELIPE MORGAN

PROFESOR INTEGRANTE 2: GUSTAVO CONTESSE

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Diciembre, 2020
Santiago, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado: **PROPUESTA DE TITULO PARA TESIS DE MAGISTER**, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría (o co-autoría) y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmo, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.

Alberto Letelier Finot

Firma

Cristian Gamonal Castro

Firma

*Con mucho cariño a mi familia,
amigos y compañeros,
a quienes han estado siempre a mi lado,
y en especial a quienes se nos fueron este año,
a mis abuelas (QEPD) y a todos quienes han apoyado,
mantenido su fe y paciencia. CGC*

*A mi familia, amigos y compañeros,
quienes me han apoyado siempre en las
buenas y en las malas. ALF*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseamos expresar nuestros más sinceros agradecimientos al director del Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, el Dr. Héctor Valdés G. por su apoyo y guía fundamental para el desarrollo de esta tesis.

Asimismo, agradecemos a los profesores guía del proyecto, ya que fueron una pieza clave para abordar de mejor manera la problemática en cuestión.

Dentro de un magíster, no sólo se obtienen conocimientos por medio de los docentes, sino también de nuestros pares, de los que estaremos profundamente agradecidos por su apoyo y su amistad, que deseamos dure por muchos años, ya que se generaron lazos de amistad muy fuertes dentro del curso, en especial el equipo de trabajo de la tesis.

Agradecemos también a las empresas en que trabajamos, que nos dieron flexibilidad en los momentos necesarios, brindando siempre apoyo en todo sin poner ningún pero al respecto.

Agradecemos a nuestras familias, en primera instancia a nuestros padres que siempre nos han guiado y apoyado, en un cambio tan radical en nuestras vidas como fue emprender estudios de postgrado, a nuestros hermanos que siempre han estado presentes cuando los hemos necesitado.

Un agradecimiento especial a Makarena, señora de Alberto, y María Eugenia, señora de Cristian, quienes nos apoyaron en todo momento y nos aguantaron en este largo proceso de aprendizaje.

Finalmente, a mis amigos, por las risas y alegrías que siempre me dan, siendo un apoyo muy grande en estos años.

A todos, ¡muchas gracias!

ALF-CGC

Gestión de Operaciones: Adaptando el almacenamiento y la producción ante cambios en el modelo de negocio

Cristian Gamonal C., Alberto Letelier F.

Bajo la supervisión de los Profesores Mauricio Varas y Mercedes Haga en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Este proyecto presenta una gama de soluciones de gestión de la producción y de inventarios para una empresa de venta de lubricantes reciclados que decidió cambiar su modelo de negocio a uno de bases importadas, en atención a cambios en el mercado y el poco incentivo al reciclaje. El objetivo de este trabajo es plantear una gestión de almacenaje eficaz, incluyendo mejoras en el proceso productivo, con el fin de atender el incremento en la demanda debido al cambio de foco a productos importados. Para lograrlo se propone determinar los requerimientos en las capacidades de almacenamiento y de producción, desde la estimación de la demanda futura, y mejorando los niveles de servicio definidos por la empresa. Los resultados muestran que una nueva estructura productiva aumentaría en 5 veces la capacidad de producción adecuándose a los requerimientos proyectados de la demanda, a la vez permitiría una mejor utilización de la capacidad de la planta, aumentando el almacenamiento en un 333%, y reduciendo los ciclos productivos de 7 a 2 días. Se concluye que la nueva estructura propuesta podría atender las brechas que se generaron tras el aumento en la demanda que se ha gatillado con el cambio en el modelo de negocio, mejorando los niveles de utilización de capacidades y de servicio, con lo cual se confirma que es esencial alinear las operaciones con la estrategia de negocio.

Palabras claves: Gestión de inventarios, Alineamiento de operaciones

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	GESTIÓN DE OPERACIONES: CÓMO ABORDAR LA GESTIÓN DE ALMACENAJE Y UN AUMENTO DE DEMANDA DEBIDO UN CAMBIO EN EL MODELO DE NEGOCIOS.....	10
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	13
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	18
1.4	OBJETIVO GENERAL.....	19
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	19
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	20
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO.....	22
2	PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍAS SELECCIONADAS	24
2.1	PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO	24
2.2	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA	25
2.3	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ACTUAL.....	26
2.4	EVALUACIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS	27
2.5	EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	27
2.6	CONCLUSIÓN Y ANÁLISIS DEL CAPÍTULO	28
3	RESULTADOS.....	30
3.1	CONCLUSIÓN Y ANÁLISIS DEL CAPÍTULO.....	44
4	CONCLUSIONES GENERALES	46
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	49
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
6	ANEXOS.....	53
6.1	ANEXO N° 1 – DATOS LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ ACTUAL	53
6.2	ANEXO N° 2 – DATOS LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ A 1 AÑO.....	55
6.3	ANEXO N° 3 – DATOS LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ A 5 AÑOS	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: DATOS ANALOGÍA PROBLEMA DE AGUA.	12
TABLA 2: ANALOGÍA ESCASEZ DE AGUA PROYECTADA CON INCREMENTO DE DEMANDA.....	13
TABLA 3: PROYECCIÓN DE DEMANDA DE LUBRICANTES A 5 AÑOS	33
TABLA 4: PROYECCIÓN DE NECESIDADES PRIMER AÑO VERSUS RESTRICCIÓN DE CAPACIDADES INSTALADAS.	36
TABLA 5: FLUJO DE CAJA EN MILES DE PESOS A 5 AÑOS, OPCIÓN ENVASES IBC.....	43
TABLA 6: FLUJO DE CAJA EN MILES DE PESOS A 5 AÑOS, OPCIÓN ESTANQUES.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: VENTAS 2018-2020 LUBRICANTES BASES NACIONALES E IMPORTADAS.....	30
FIGURA 2: VENTAS DE CAJAS PERÍODO 2018-2020.....	31
FIGURA 3: AJUSTE DEL MÉTODO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE SOBRE NECESIDADES DE PRODUCCIÓN CAJAS DE ¼ GALÓN	32
FIGURA 4: AJUSTE DEL MÉTODO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE SOBRE NECESIDADES DE PRODUCCIÓN CAJAS DE 1 GALÓN	32
FIGURA 5: AJUSTE DEL MÉTODO SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL DOBLE SOBRE NECESIDADES DE PRODUCCIÓN TAMBORES.....	33
FIGURA 6: DIAGRAMA DEL PROCESO ACTUAL	34
FIGURA 7: MODELO GRÁFICO LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ ACTUAL	37
FIGURA 8: MODELO GRÁFICO LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ A 1 AÑO	38
FIGURA 9: MODELO GRÁFICO LOTE ECONÓMICO DE PRODUCCIÓN EPQ A 5 AÑOS.....	40

1 INTRODUCCIÓN

El contexto de este trabajo es en una empresa de aceites lubricantes que desde hace 30 años se ha dedicado principalmente al reciclaje de aceite lubricante usado y en los últimos años ha decidido reinventarse importando diferentes bases desde el extranjero, principalmente de Estados Unidos, con el fin de profesionalizar y mejorar su calidad de aceites, además de ofrecer una nueva gama de productos.

El producto en el que basó la estrategia de negocios fue, hasta hace poco tiempo, el aceite reciclado como base para realizar aceite de cadena para motosierra, el cual era de una calidad media, económico y con muy buena llegada al consumidor final.

Durante los últimos años la empresa se vio inmersa en numerosos cambios regulatorios por los residuos que producía la planta de reciclaje, ya que procesaba alrededor de 10.000 litros al día y su producción de desechos era alrededor de un 17%. Mayoritariamente dentro de ese porcentaje se encuentra un residuo llamado borra asfáltica ácida, que se obtiene al realizar el tratamiento del aceite con ácido sulfúrico y separar los hidrocarburos pesados de los livianos, dicho desecho sólo podía disponerse y enterrar en lugares autorizados, donde cada año el precio de su tratamiento subía enormemente y el país no tenía una medida compensatoria ni de subvención al reciclaje, por lo que fue siendo insostenible procesar por su alto costo.

Esta razón llevó a la empresa a cambiar su norte y enfocarse principalmente en la importación de aceite lubricante virgen y realizar una campaña de renovación de marca, con el fin de potenciar esa área productiva, generando la misma gama de productos enfocados en calidad y buena presentación a un costo menor que muchas marcas del mercado y abriendo nuevas líneas de productos de mayor especificación, entrando fácilmente a competir con grandes rivales como Vistony S.A., Lubrax, Mobil, etc.

Este cambio tan grande de visión trae cambios en logística, ya que el aceite no se obtiene de una vía nacional sino internacional, debiendo afrontar desafíos en

almacenaje y líneas productivas, ya que el producto estrella sólo se almacena en tambores de 208 litros y ahora se comercializa una amplia gama de productos en formatos de galón y $\frac{1}{4}$ galón que antes no se potenciaban tanto como en este nuevo modelo.

Otra variable importante es el aumento de las ventas debido a la diversificación de productos, teniendo que importar una gran cantidad de aceite que no se tenía presupuestada para solventar dicho volumen de ventas nuevo, lo que ha traído muchos problemas en la gestión de inventario, esto debido a que sólo se cuenta con tres estanques de 30.000 litros cada uno, debiendo almacenar en muchas ocasiones en estanques IBC de 1.000 litros apilados, muy inseguros para los trabajadores por el riesgo de caída.

1.1 Gestión de operaciones: Cómo abordar la gestión de almacenaje y un aumento de demanda debido un cambio en el modelo de negocios.

Tras el cambio en el modelo de negocios se ha visualizado un incremento constante de las ventas de productos con bases de importación, por lo que el primer aspecto que se considera es ¿cómo se comportará la demanda en los próximos periodos?, además de ¿tenemos las suficientes bases lubricantes para soportar dicha demanda?, esto es determinante para los otros aspectos de la operación: desde la capacidad productiva hasta la gestión de los inventarios, considerando una visión retrospectiva de la cadena de valor.

Dado lo anterior es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto:

¿Cuáles son las variables que permiten abordar los problemas de demanda desde la mirada de gestión de almacenaje y la capacidad de producción?

La gestión de almacenaje corresponde a uno de los puntos críticos de toda empresa productiva, dado los altos costos de capital de trabajo que representa y que

condiciona en gran medida la capacidad productiva, así como de atender los requerimientos de los clientes, esto es que al no contar con los insumos en el momento requerido se podría materializar el riesgo de interrupción en la cadena productiva y finalmente no cumplir con los compromisos (Castrejón & Raymundo, 2019).

El almacenamiento comprende desde la compra y almacenamiento de insumos, de productos en proceso y de productos terminados, los cuales a su vez están condicionados, entre otros, por la naturaleza de los recursos y de los bienes finales, lo que determinará las diferentes variables que deben ser abordadas a la hora de decidir en ¿cómo, dónde, cuándo y cuánto se almacenará?, y ¿por cuánto tiempo? dependiendo de la obsolescencia, a esto debemos agregar las variables asociadas a los tiempos de la cadena de entrada de suministros, los tiempos y capacidad de producción existente y la logística de salida.

De esta forma, podemos ver que se genera un problema entre mantener exceso de inventario lo que puede generar un aumento de los costes impactando negativamente el flujo de efectivo, mientras que en el otro extremo se podrán generar pérdidas de oportunidades de venta por incapacidad productiva al no contar con los insumos, de aquí que la gestión de inventarios se debe abordar en un modelo de optimización, condicionado adicionalmente a los diferentes comportamientos de la demanda (Zhuo, Faisal, & Kuo, 2017).

Ahora bien, la cantidad de inventario a mantener es afectada, además, por la fluctuación del precio de las materias primas, ya que generalmente se optará por adquirir una mayor cantidad en el momento que los precios sean más convenientes.

Sin embargo, no basta sólo con abordar los insumos que requiero para producir, dado que se podría llegar a la conclusión absurda de expandir el almacenaje hasta el máximo de la capacidad de la planta, invirtiendo todos los recursos en un solo aspecto de la operación, comprometiendo los recursos financieros y generando un

detrimento en la eficiencia operacional general de la planta por la posible capacidad ociosa que quedará instalada.

Por otra parte, la determinación de la capacidad de procesar los insumos para generar productos finales corresponde a otra variable condicionante para el sistema productivo que, sumada a las expectativas de ventas mencionado previamente, comprenderán el alcance con que se resuelve la configuración del modelo productivo.

Se puede hacer una analogía con la necesidad de agua en una zona con escasez hídrica que es abastecida diariamente por camiones aljibe y que existe un estanque que almacena el recurso vital, y se existe un incremento sostenido en el último tiempo de los habitantes del lugar.

En números supongamos que viven 100 personas con una tasa de crecimiento del 5% cada 10 días, cada habitante consume un bidón de 5 litros de agua al día que es llenado en 2 minutos desde el estanque con una llave de salida, éste tiene una capacidad máxima de 1.000 litros y suponemos que es entregado inicialmente con 200 litros de agua y se reponen 500 litros por día, además hay una ventana de tiempo en que se puede retirar agua que dura 4 horas (240 minutos), la tabla 1 presentaría los datos base:

Tabla 1: Datos analogía problema de agua.

Concepto	Cantidad	Unidad
Consumo diario / persona	5	Lts.
Capacidad estanque	1000	Lts.
Tiempo llenado bidón	2	Minutos
Espacio tiempo	240	Minutos
Tasa de crecimiento población	5	%
Personas iniciales	100	Hab.
Agua inicial	200	Lts.

Luego, asumiendo que no estamos considerando el período más apropiado para obtener agua y el resto de otras variables asumidas como *ceteris paribus*, se podría

estimar que para el día 40 la capacidad agua y el tiempo que se dispone para el retiro de agua serán insuficientes, lo que se representa en la tabla 2:

Tabla 2: Analogía escasez de agua proyectada con incremento de demanda.

Día	N° Personas	Agua Inicial	Reposición	Consumo	Agua Final	Tiempo estanque utilizado	Tiempo estanque libre
0	100	200	500	500	200	200	40
10	105	200	500	525	175	210	30
20	110	175	500	550	125	220	20
30	116	125	500	580	45	232	8
40	122	45	500	610	-65	244	-4
50	128	-65	500	640	-205	256	-16
60	134	-205	500	670	-375	268	-28
70	141	-375	500	705	-580	282	-42
80	148	-580	500	740	-820	296	-56
90	155	-820	500	775	-1095	310	-70

En consecuencia, sabiendo que se requerirá entregar más agua se debe proponer y decidir cómo gestionar el problema de la capacidad actual de entrega a los habitantes, que está condicionada por el tiempo de llenado de los bidones con la restricción de tiempo de habilitación del estanque para retirar agua, luego debo nivelar la capacidad de almacenamiento y la reposición del agua en el estanque, también con la restricción de su capacidad.

Es, por tanto, factible abordar el problema de aumento de la demanda considerando los impactos en las etapas de entrega, producción y almacenamiento de los insumos, considerando las relaciones entre las diferentes etapas de la cadena de suministros, las fluctuaciones de precios de los insumos y los aspectos económicos de la alternativa que brinde una mejor rentabilidad.

1.2 Breve discusión de la literatura

Debido al poco desarrollo de políticas públicas de reciclaje en Chile (Suazo Páez, 2017) en comparación a otras mucho más desarrolladas, como la política de reciclaje

en España debido a su ley de responsabilidad ampliada al productor (RAP) (Güerre, 2003) y el incremento de tratados de libre comercio (TLC) en Chile en los últimos años que ha generado un gran crecimiento económico, tanto para la importación como la exportación de nuestro país (Dingemans, 2016) se toma la decisión de volcarse netamente a importaciones de bases lubricantes.

Esto implica un aumento en la importación dentro de la empresa, teniendo problemas en la gestión de almacenaje, ya que dichas bases llegan en contenedores de 24.000 litros, que deben ser almacenadas de la mejor forma posible para conservar sus propiedades y ser posteriormente mezcladas con el fin de obtener un producto final óptimo.

Debido a esto se plantea buscar una mejora en el modelo productivo en base a dos grandes temas de la ingeniería:

Gestión de almacenaje:

La gestión de almacenaje y control de inventarios es una parte importantísima en los aspectos logísticos de las empresas pertenecientes a los sectores productivos (Gutierrez & Vidal, 2008). El inventario como tal representa una inversión considerable para el gran número de organizaciones, y debe ser controlado de una forma muy estrecha, ya que si los niveles de existencia de materia prima son demasiado altos se pueden representar pérdidas monetarias debido a los costos asociados al almacenaje (Vidal, 2010).

El control de insumos es un tema complejo, y es una de las principales actividades de gestión dentro de una empresa industrial (Gamberini Gamberini, Grassi, Mora, & B., 2008), pero, a pesar de los esfuerzos, no siempre es exitosa ni eficaz, debido que en muchas ocasiones no se considera la variabilidad de la demanda, el tiempo de llegada del suministro o variables económicas externas que afecten al producto que se requiere.

La empresa al volcarse a un modelo de importaciones ha debido incrementar sus importaciones de manera drástica, con el fin de sustentar sus nuevos productos basados en nuevos tipos de aceite, buscando nuevos proveedores críticos fuera del país y teniendo clara la nueva estructura de la cadena de abastecimiento, por lo que la gestión de inventarios se ha vuelto un tema clave en la gestión de empresa.

Capacidad de producción:

La capacidad de producción está definida como el potencial del trabajador, máquina, centro de trabajo, proceso, planta o una organización para fabricar productos por unidad de tiempo (Radford., 1997). La capacidad productiva va de la mano con el análisis de la planificación y control de ella, estas constituyen actividades críticas que se desarrollan en conjunto con la gestión de almacenamiento de insumos con el fin de satisfacer las necesidades del cliente (D. Kalenatick, 2006).

Dicha capacidad puede también diferenciarse en función de la disponibilidad de insumos, de su requerimiento y utilización a través del tiempo, es decir de su capacidad instalada. La magnitud de esta capacidad sólo se ve disminuida por razones de mantenimiento de los medios de producción, requeridos para garantizar su propia disponibilidad y utilización en la producción (Larry., 2001).

Modelo de estimación de demanda:

Dentro de los modelos de estimación de demanda se puede encontrar un abanico de posibilidades. La empresa en sí tiene una demanda semi estacionaria, siendo el verano un fuerte de ventas debido a la venta del producto estrella de aceite cadena de motosierra. A su vez ha sufrido cambios muy fuertes debido al cambio de modelo, volcado a importaciones, que se ha visto reflejado de manera abrupta en las ventas en los últimos tres meses.

Esto lleva a buscar alternativas de estimación de demanda no lineales, más bien estacionarios con importancia en los últimos períodos, por lo que se elige una serie temporal de media móvil dado por un modelo de suavización exponencial doble "Holt", que usa variaciones y regresiones de datos estadísticos, encontrando patrones para una predicción futura y tomando como mayor peso las actividades recientes. En este modelo se agrega una constante de suavización que reduce el error que ocurre en la demanda real y el pronóstico, obteniéndose datos más acordes a la realidad de la empresa (Acosta-Cervantes M.C., 2013)

Realizando un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas, para identificar el contexto en el que se encuentra la compañía se puede observar que:

1. Fortalezas: Se tiene el conocimiento concreto acerca de la fabricación de aceites, con una logística apropiada y el espacio dentro de la compañía para construir una mayor capacidad de almacenaje y producción, sin tener que adentrarse en costos adicionales de construcción debido a capacidad inutilizada. Esto implica una gran posibilidad, ya que los terrenos para materias peligrosas son carísimos, alrededor de 1.000 millones la hectárea, lo que brinda una ventaja de expansión respecto a la competencia.
2. Debilidades: Toda construcción para almacenaje de productos peligrosos debe ser aprobada por el ministerio de salud y la municipalidad donde se encuentra, por lo que el trámite en tiempos de pandemia se está demorando más de lo habitual, implica un reordenamiento de personal y una fuerza de ventas mayor, habilitando nuevas zonas de venta para los productos que se están vendiendo, costos en capacitación, etc.
3. Amenazas: Los competidores actuales son empresas pequeñas que comercializan aceites de baja especificación, en su mayoría reciclados que cumplen una función de mucha menor calidad, pero que el cliente lo considera por su bajo costo. Al aumentar la calidad de los productos con las bases importadas, los competidores directos serán empresas de gran

prestigio donde la marca de la empresa no es tan conocida. Además, está la amenaza de los competidores de bajo costo, que siempre será una alternativa latente al cliente.

4. Oportunidades: La empresa al contar con aceites de muy buena especificación, puede abrirse un abanico de nuevos productos, lo que impulsaría a vender una mayor variedad de productos y tener ganancias por cada uno de ellos, no como antes que sólo tenía un par de baja especificación a bajo costo. Esto implica que, si se vende quizás hasta menor cantidad de productos, el margen de ganancia al ser los productos de mayor costo sea mayor, ahorrando costo de traslado. Queda en evidencia además que el enfoque desde tambores de 200 lts. hacia cajas ha ido en aumento, por lo que la estrategia de venta ha sido favorable en el último período, dejando una utilidad mucho mayor y una sobre explotación de la capacidad productiva.

¿Cómo se abordan en Chile?:

En Chile los proyectos revisados orientan las soluciones en aspectos más acotados, en algunos casos abordando los cambios en la demanda desde la perspectiva de procesos, es el caso de propuestas en el rediseño de procesos para aumentar la capacidad productiva de una fábrica evaluando económicamente las alternativas de solución (Santis, 2017), lo que permite aumentar la capacidad productiva pero no profundiza en la proyección de la demanda ni en la gestión de inventarios.

Mientras que otras perspectivas, en la industria minera, por ejemplo, incorporan herramientas de simulación y optimización sobre el proceso productivo con foco en atender la planificación de la producción y reducción de costos (Orellana, 2018), en éste caso hay un mayor alcance considerando la demanda productiva pero igualmente no considera aspectos de inventarios.

Resultados o casos de éxito en Chile y el mundo.

Existen investigaciones aplicadas al campo de la gestión de incrementos de demanda en Chile, orientados desde la gestión de inventarios y con proyecciones iterativas sobre la demanda, dada la incertidumbre que presenta, en cuyo caso mediante la aplicación de modelos orientados a la cantidad económica de pedido (Economic Order Quantity, EOQ) y revisión continua de las proyecciones se ha evidenciado la posibilidad de atender en una mejor medida los requerimientos de los clientes (Contreras, Atziry, Martínez, & Sánchez, 2017).

Asimismo, podemos encontrar evidencia empírica y teórica sobre la aplicación del modelo Holt para desarrollar pronósticos de la demanda y la importancia de relacionarlos con la gestión de la cadena de suministros, gestión de inventarios y de producción, logrando beneficios importantes en la integración de estos parámetros (Acosta-Cervantes M.C., 2013).

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no se observa, para el caso de la industria de lubricantes en Chile, información suficiente o certeza, respecto de la integración de una eficaz gestión de almacenaje, forzada por un cambio en el modelo de negocios en base a modelos de proyección de demanda con las líneas productivas y la gestión de inventarios. Lo que nos permite abordar la siguiente contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, y con la principal motivación en la imperante necesidad de aumentar la capacidad de producción y de almacenaje, tras al aumento de demanda por el cambio de modelo productivo volcado a importación, se logra proponer una efectiva gestión de inventarios en base a una mejor planificación de demanda, cimentada en un modelo

de estimación de demanda no lineal y un aumento de espacio acorde a las nuevas necesidades, brindando información sustentada para decidir si continuar con el almacenaje en IBC de 1.000 litros o invertir en una construcción mayor.

En este sentido se contribuye a la comprensión de cómo abordar un cambio en el modelo de negocios de tal magnitud, generando cambios estructurales desde la gestión de almacenaje y una buena planificación de demanda.

1.4 Objetivo general

El objetivo de este trabajo es plantear una efectiva gestión de almacenaje, incluyendo mejoras en el proceso productivo con el fin de atender el incremento en la demanda debido al cambio de foco a productos importados, definiendo una mejor estimación de la demanda futura y decidiendo si continuar con la gestión de almacenaje en IBC o construyendo una apropiada infraestructura acorde al incremento de necesidad de materias primas desde el extranjero.

1.4.1 Objetivos específicos

- Estudiar la situación actual de la compañía, con el fin de obtener los datos suficientes para elaborar un plan de mejoras eficaz para sostener el aumento de demanda futura.
- Analizar los datos obtenidos, definiendo un plan de estimación de demandas futuras basados en un modelo de demanda no lineal, con importancia en los últimos meses, donde hubo un aumento explosivo de demanda de productos.
- Proponer mejoras sustanciales en la gestión de almacenaje y el modelo productivo, atendiendo el incremento en la demanda y tomando la decisión de si continuar el almacenaje en IBC o construir una infraestructura acorde al incremento de necesidad de materias primas.

1.5 Propuesta metodológica

- 1) **Paradigma y diseño:** Con el fin de proponer las más eficaces alternativas de mejora dentro del proceso productivo y de almacenamiento se realizó en primera instancia un análisis de proyección de demanda no lineal (Fattah, 2018) y un análisis de capacidad de producción actual (Pyzdek, 2003) para justificar una inversión en dicha área. Luego se realizó una evaluación del modelo de gestión de almacenaje, llegando a dos grandes alternativas de aumento de espacio para acopio, corroborándose la mejor por medio de una evaluación financiera a través del valor actual neto (VAN), quien decide cual proyecto es más rentable según la necesidad de la empresa.
- 2) **Población sobre la que se efectuará el estudio.** Para la investigación se obtuvo un levantamiento de las ventas desde el año 2018 hasta la actualidad, tanto en pesos como en cantidades de productos nacionales e internacionales, segregados en dos subgrupos de envasado, cajas y tambores producidos con bases nacionales e importadas. Ya que el cambio de foco se realizó desde bases nacionales, en su mayoría recicladas, a bases importadas, se puede hablar de un sustituto perfecto, ya que el foco de la empresa de un producto de baja calidad cambia a uno de mucho mejor, pero sigue siendo el mismo, por lo que su mercado objetivo se mantiene en la base y se amplía con los productos nuevos de mejor especificación. A su vez se obtuvieron los valores asociados a los dos proyectos de inversión, estimando cual proyecto era más rentable a través del tiempo. Finalmente se contó con la cantidad de importación desde el año 2018, dando cuenta el vuelco enorme hacia la importación que ha tenido la empresa en el último año.
- 3) **Entorno:** El estudio se efectuará en una mediana empresa del rubro de lubricantes ubicada en Santiago de Chile, dedicada hace 30 años al reciclaje de lubricantes, llegando a ser la mayor planta de reciclaje en Chile, y la líder en el mercado de producción de aceite cadena de motosierra y que hace 3

años empezó a realizar aceites de primera línea con bases importadas, volcándose a mercados de lubricantes para vehículos, tanto livianos como pesados y un nuevo producto en el último tiempo que se ha transformado en uno de los productos claves dentro de la empresa, el aceite de cadena premium para motosierras, elaborado con bases lubricantes importadas, rompiendo el mercado y llegando a posicionarse debido al core business como el más importante en participación de mercado en el último año, siendo pioneros en la producción de dicho aceite en Chile con bases importadas. Esto ha permitido llegar a los mayores proveedores de bases lubricantes, tanto de Europa como Estados Unidos.

- 4) **Intervenciones:** En primera instancia se realizó un levantamiento de información para obtener datos que fueran confiables y necesarios para los análisis que se requería realizar y se justificó dicho estudio por medio de un análisis de proyección de demanda no lineal y un análisis de producción actual por medio de la capacidad instalada de producción, obteniendo un estándar de capacidad de producción sobre las cajas de 1 y $\frac{1}{4}$ galón producidas en los últimos años. Posteriormente se finalizó con una evaluación económica por medio del VAN, seleccionado por políticas de empresa, para un nuevo proyecto de inversión en temas de gestión de inventarios de materias primas, debido al alza de importaciones en los últimos períodos, estimando cuál es el proyecto óptimo que asegurará la factibilidad de funcionamiento de la empresa durante al menos 5 años.
- 5) **Plan de análisis de los datos:** Los datos para la proyección y análisis de demanda fueron obtenidos de la base de datos del sistema de gestión de la empresa y posteriormente procesados Excel, y posteriormente en Minitab (State College, 2010), un software para obtener el análisis de demanda no lineal a través del método Holt (Acosta-Cervantes M.C., 2013). A su vez los datos para la evaluación económica de la gestión de inventarios se obtienen

por medio de datos internos de empresa y cotizaciones de las nuevas instalaciones.

- 6) **Ética:** Dentro de esta investigación se trabajó con datos reales proporcionados por la empresa escogida para el estudio. La data no fue modificada ni alterada para demostrar lo realizado de la mejor manera posible. Además, se tomaron todos los resguardos para garantizar la confidencialidad de los datos, como resguardar el nombre de la empresa, cargos y personas en cuestión. No se influyó ni presionó implícita o explícitamente en tomas de decisiones a los involucrados en este trabajo, sólo se les sugirió la mejor alternativa según el análisis establecido.

1.6 Organización y presentación de este trabajo

La organización de esta tesis consta de 4 capítulos que abordan la problemática desde distintos aspectos, estructurados de una manera óptima y práctica, con el fin de obtener una total comprensión.

Capítulo 1: Presenta e marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Se explica la problemática de la empresa y se abordan las metodologías empleadas para su estudio.

Capítulo 3: Se muestran los resultados de los análisis, desde las proyecciones de la demanda, las brechas en la capacidad productiva y de almacenamiento, y la evaluación económica de las propuestas de solución.

Capítulo 4: Finalmente, se presentan en este capítulo las conclusiones derivadas de este trabajo y aspectos relevantes a considerar en investigaciones

futuras, señalando aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de esta tesis.

Referencias generales: Se citan las fuentes consultadas para realizar el trabajo, tanto desde la perspectiva nacional y en el mundo, como de las metodologías empleadas.

Anexos: Se presentan elementos complementarios para la comprensión del trabajo y sus resultados.

2 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍAS SELECCIONADAS

En este capítulo se explicará la problemática que presenta una empresa de la plaza dedicada a la producción, venta y distribución de lubricantes, cuya de capacidad productiva se está viendo sobrepasada por el crecimiento explosivo de la demanda en los meses recientes, dado que se optó por un nuevo modelo de negocio que derivó en una nueva oferta de productos de mejor calidad.

Asimismo, se explicarán las metodologías con que se abordará el problema de gestión de almacenaje y capacidad productiva, dando una solución efectiva para compañía.

2.1 Presentación de la problemática del proyecto

La empresa durante los últimos 3 años ha cambiado gradualmente su foco de negocio, desde una empresa recicladora de lubricantes hacia una empresa que obtiene sus productos a través de importación, debido principalmente a temas medio ambientales a causa de un residuo muy contaminante llamado borra asfáltica ácida que se generaba en el proceso de reciclaje, el cual debía ser dispuesto en lugares autorizados a un muy alto costo.

En Chile no se cuenta con una subvención al tratamiento de residuo sólidos como en países de la unión europea (Arner, 2018), por lo que todo ese gasto debe ser asumido por cada organización y hace poco sostenible el manejo de residuos en pequeñas y medianas empresas.

Lo anterior motivó una transición de un modelo de negocios basado en producción local con aceites reciclados, a uno empleando bases lubricantes importadas permitiendo obtener productos de mejor calidad y con una gama más amplia de oferta aumentando las ventas totales en el periodo acumulado enero a septiembre

2020 en un 18,3% con respecto al año anterior y las proyecciones indican que se mantendrá la tendencia.

En esta misma línea, la estructura de ventas cambió desde la mayoría de producción en tambores de 208 lts. y en menor medida cajas de $\frac{1}{4}$ de galón de aceite reciclado hacia aceites importados envasados en tambores de 208 lts. y potencialmente cajas de galón y $\frac{1}{4}$ galón, debido a que estos últimos son los principales responsables en el aumento de utilidades debido a su mayor margen de ganancia.

Actualmente la empresa cuenta con una estructura de producción compuesta por una llenadora de tambores con capacidad de producir 150 tambores al día, y una máquina de llenado de $\frac{1}{4}$ galón con 2 salidas que brindan una producción diaria de 300 cajas de $\frac{1}{4}$ galón o 50 cajas galón, y mensual de alrededor de 3.600 cajas de $\frac{1}{4}$ de galón y 400 cajas de galón, asumiendo que se producen 3 días $\frac{1}{4}$ galón y 2 días galón.

Dado el cambio en el modelo de negocio y el aumento de las ventas, resulta imperioso realizar una buena gestión de almacenaje y producción, con el fin de aumentar la capacidad de producción para evitar quiebres de stock y rentabilizar las oportunidades que se están presentando, para ello se plantean los siguientes temas a abordar y sus respectivas metodologías seleccionadas.

2.2 Proyección de la demanda

Uno de los estudios más importantes y que constituye el punto de partida para desarrollar las propuestas de cambio en el modelo de producción, es el análisis y proyección de demanda, ya que éste sustentará los niveles de operación y de inventarios requeridos para satisfacer las potenciales alzas en las ventas y una sustentabilidad en el tiempo, ya que lógicamente si no existe un aumento de demanda no se justificaría la inversión (Villareal, 2016).

Para ello se debe realizar una modelación de la curva de ventas y según su forma adaptarla para realizar una proyección estimada de demanda, por medio de un modelo de proyección de demanda no lineal, por medio de un método de suavización exponencial doble (Acosta-Cervantes M.C., 2013), elegido por su capacidad de ajuste a datos estacionarios, dados por la mayor venta en rubro forestal en verano y su mayor influencia en los datos de los últimos períodos, que fueron donde se refleja el cambio explosivo en ventas por la nueva estructura de negocios de la compañía.

2.3 Análisis de capacidad de producción actual

La capacidad de proceso es el grado de aptitud que tiene un proceso productivo para cumplir con las especificaciones técnicas deseadas (Pyzdek T, 2003). Si la capacidad del proceso es alta, se dice que es un proceso capaz, si se mantiene estable a lo largo del tiempo, se dice que está bajo control y cuando ninguno de los dos casos anteriores ocurre, se dice que el proceso no es adecuado y requiere de inmediatas modificaciones.

Los procesos se evalúan aplicando el modelo de lote económico de producción, EPQ por su sigla en inglés, que es un modelo de control que busca minimizar los costos totales de inventario equilibrando el costo de mantenimiento del inventario y el costo económico del pedido. Es una extensión del modelo de cantidad económica de pedidos, EOQ por su sigla en inglés, pero con la diferencia de que en el utilizado se asume que los productos se venden a medida que se van produciendo. Supone también que la demanda es constante, que la producción se realiza en intervalos regulares, que la producción es continua y constante, tiene costo fijo, su plazo de entrega esta dado por la compañía, el precio de compra es constante y la reposición se realiza de forma incremental (Blumenfeld, 2001) (Cepeda Valero & Jiménez Sánchez, 2006).

Para el caso de empresa, se ha visto en el último año un aumento de venta de un 18,3%, lo que indica un aumento de demanda de productos, por lo que se requerirá

de un estudio de índice de capacidad urgente para dar cuenta si es necesario realizar un mejoramiento de líneas productivas.

2.4 Evaluación del modelo de gestión de inventarios

Los inventarios corresponden a los bienes con que cuentan las empresas para producir productos, los cuales deben ser ordenados a un proveedor, almacenados y luego dispuestos en una línea de producción, debiendo cumplir con los niveles de calidad aptos para garantizar un producto bajo los estándares que se hayan definido (Cruz, 2017).

Uno de los mayores costos en que incurren las empresas está constituido por el inventario, por lo que su gestión es uno de los focos principales ya que es el resultado de la suma de los costos de producir bienes respecto a los costos de mantener inventario, ambos aspectos que entran en un trade-off ya que por una parte hay interés en no generar interrupciones en la producción por falta de suministros y por otra la opción de reducir costos manteniendo la menor cantidad necesario de bienes en grandes inventario, en consecuencia la decisión resulta estratégica para la operación y para la salud financiera de la empresa su adecuada gestión (García-Sabater, 2020).

2.5 Evaluación financiera de las alternativas de solución

Para toda empresa es sumamente relevante la toma de decisiones de inversión, considerando diferentes variables tales como la inversión inicial, los impuestos, los gastos financieros, la depreciación de los activos, el tiempo de recuperación de la inversión, entre otros, en este contexto se estructuran flujos de caja proyectados los cuales son sometidos principalmente al Valor Actual Neto (VAN).

El VAN es el indicador financiero más utilizado para determinar la viabilidad de un proyecto. Esta herramienta mide los flujos de los futuros ingresos y egresos,

descontando la inversión inicial. Si la ganancia es positiva, entonces el proyecto es viable.

“En resumen, un proyecto de inversión de capital debería aceptarse si tiene un valor presente neto positivo, cuando los flujos de efectivo esperados se descuentan al costo de oportunidad” (Mena, López, Maldonado, Llerena, & Campos, 2018).

2.6 Conclusión y análisis del capítulo

Dentro de este capítulo se describieron las herramientas y metodologías que ha definido la empresa como requisitos para la evaluación de problemas y diseño de mejoras, con el fin de sustentar las decisiones abordando aspectos cuantitativos de gestión de operaciones y costos.

Para asegurar la sostenibilidad y evitar los quiebres de stock dentro de la empresa se asume la gestión de almacenaje como pilar para la guía de las demás herramientas a aplicar, elaborándose una estrategia para llegar a la solución más eficaz.

En primera instancia se elaborará una proyección de la demanda, con el fin de identificar la cantidad de bases importadas requeridas para un funcionamiento óptimo, asegurando la sostenibilidad de la compañía por medio de estimaciones no lineales aplicando el método de suavización exponencial doble.

En segunda instancia se elaborará un análisis de capacidad de producción actual, para lograr determinar si es suficiente para soportar el incremento de demanda futura, este análisis se realizará por medio del modelo de lote económico de producción EPQ.

En tercera instancia, se estimarán las capacidades de almacenaje y producción requeridos para atender la demanda esperada, manteniendo o mejorando los niveles de servicio actuales.

Finalmente, se evaluarán financieramente las alternativas de solución que permitan ajustar las capacidades de la empresa, brindando información que sustente la toma de decisiones para la dirección de la empresa.

3 RESULTADOS

Recordamos que la empresa en análisis, dedicada al reciclaje y venta de lubricantes, se replanteó su modelo de negocios pasando a una estructura de importar bases livianas y pesadas para fabricar por cuenta propia y ofrecer productos de mejor calidad, lo cual generó un aumento significativo en las ventas de los últimos meses.

En este tenor, se definió como primer aspecto que aborda la problemática la estimación de la demanda futura, con el fin de alinear las capacidades productivas y de almacenamiento acorde a los requerimientos del mediano plazo.

El modelo aplicado corresponde al método de suavización exponencial doble, cuya aplicación fue realizada con la herramienta computacional Minitab, para las ventas de tambores y cajas de lubricantes producidos con bases importadas, en este respecto cabe señalar que las ventas de lubricantes con bases nacionales llegaron a 0 cajas en septiembre 2019 y 6 tambores, por lo cual esa línea productiva se considera prácticamente extinta, como se presenta en la figura 1:

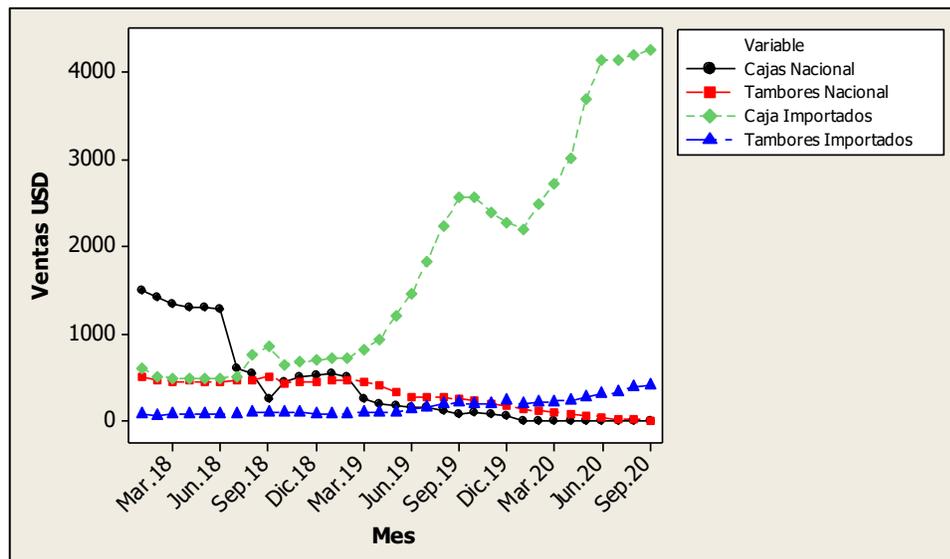


Figura 1: Ventas 2018-2020 lubricantes bases nacionales e importadas.
Fuente: Elaboración propia

Luego se analizaron los datos de las ventas, confirmando por una parte que en los meses de invierno hay una tendencia a reducir las ventas mientras que en verano se incrementan, esto se debe a que los principales clientes son de la industria forestal quienes emplean aceite de cadena para motosierras en la época de explotación de bosques, asimismo la figura 2 refleja el incremento intenso del último período dada la incorporación de lubricantes fabricados con bases importadas, con esto se definió que el comportamiento de la demanda es no lineal:

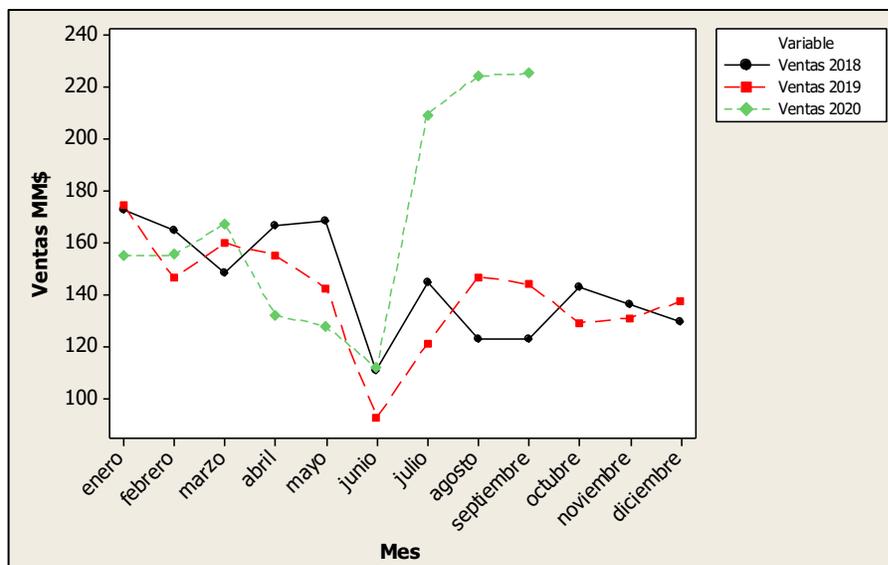


Figura 2: Ventas de cajas período 2018-2020
Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que 1 galón equivale a 3,7854 lts., por lo que $\frac{1}{4}$ de galón a 0,9464 lts., y un tambor contiene 200 lts., con esto se evaluó el ajuste de las proyecciones de lubricantes en los 3 formatos principales: cajas de 1 galón, de $\frac{1}{4}$ de galón y tambores, sobre el periodo enero 2018 a septiembre 2020, empleando el método de suavización exponencial doble para determinar su confiabilidad para aplicarlo en una proyección a 5 años.

Los resultados muestran que en los 3 casos el error porcentual absoluto medio, MAPE por su sigla en inglés, estuvo entre el 8% y 9%, conforme se presenta en las figuras 3, 4 y 5:

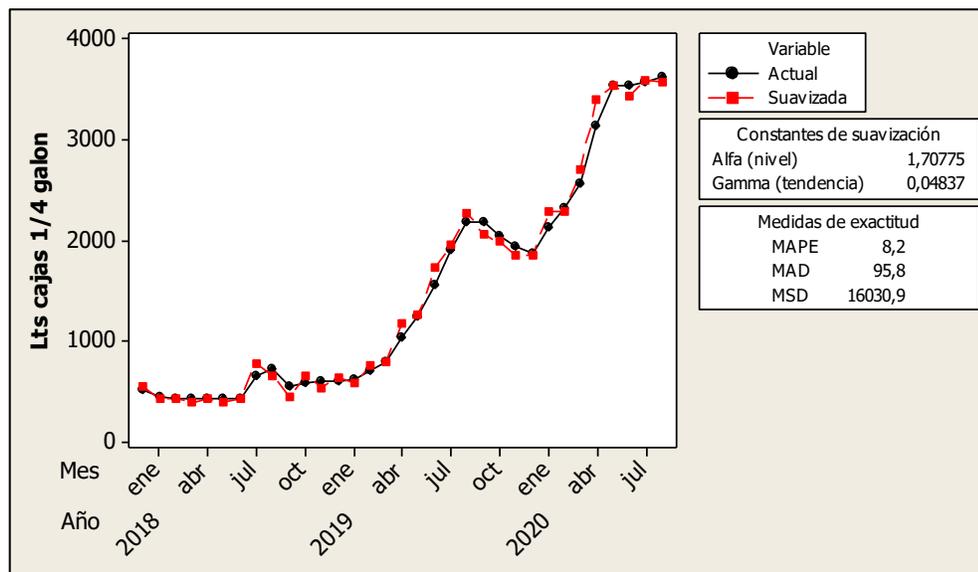


Figura 3: Ajuste del método suavización exponencial doble sobre necesidades de producción cajas de ¼ galón
Fuente: Elaboración propia

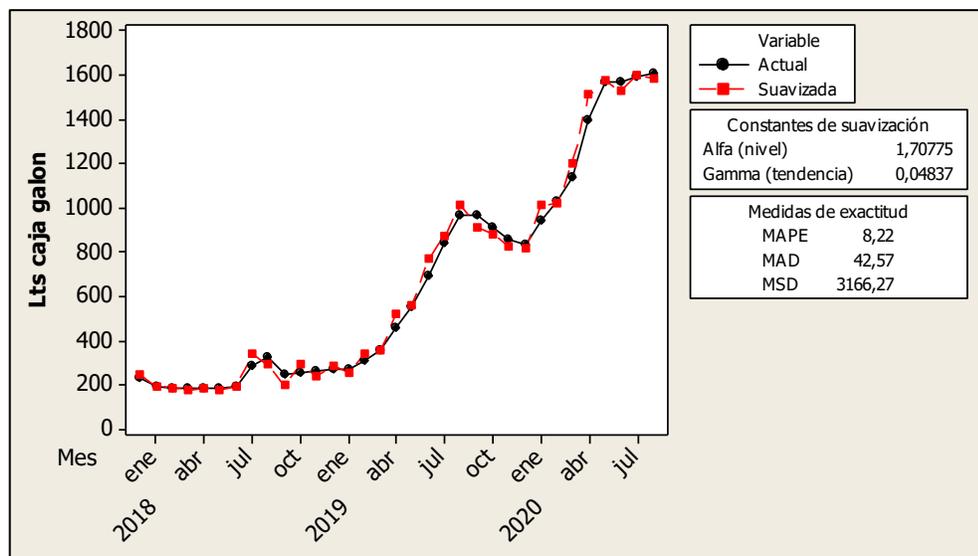


Figura 4: Ajuste del método suavización exponencial doble sobre necesidades de producción cajas de 1 galón
Fuente: Elaboración propia

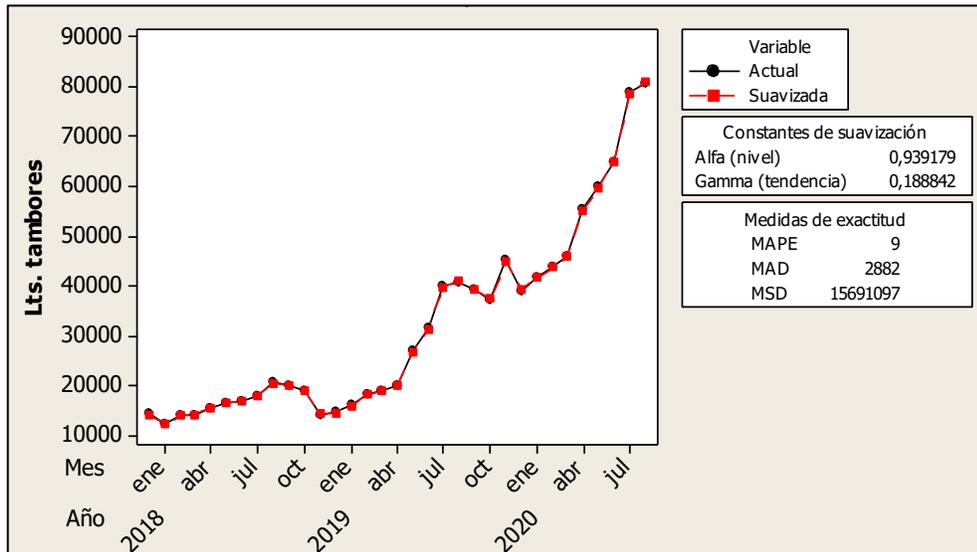


Figura 5: Ajuste del método suavización exponencial doble sobre necesidades de producción tambores
Fuente: Elaboración propia

Estos análisis permitieron confirmar que los datos presentan una tendencia no lineal y que los pronósticos presentan un error cercano al 9%, con lo que se procedió a realizar la proyección de los requerimientos de cajas y tambores a 5 años mediante suavización exponencial doble, permitiendo sustentar con información cuantitativa la reevaluación de las capacidades futuras, estimándose los requerimientos de producción para los siguientes 5 años según se presenta en la tabla 3:

Tabla 3: Proyección de demanda de lubricantes a 5 años
Fuente: Elaboración propia

Año	Cajas 1/4 galón	Cajas galón	Tambores
1	53.817	5.979	6.816
2	69.624	7.737	10.407
3	85.429	9.493	13.998
4	101.236	11.247	17.586
5	117.043	13.005	21.177
Total	427.149	47.461	69.984

Al momento del estudio, la empresa contaba con 3 estanques de almacenamiento de insumos, destinados a contener bases lubricantes livianas y pesadas, cada uno con una capacidad de 30.000 lts., totalizando 90.000 litros de disponibilidad de almacenaje.

Adicionalmente, las líneas de trabajo poseen una capacidad instalada para producir mensualmente 4.000 cajas, de las cuales 3.600 son de ¼ de galón y 400 de galón, representando una distribución del 90% y 10% respectivamente. Por su parte, la producción de tambores alcanza la suma de 3.000 unidades mensuales.

La producción se genera en base a los pedidos recibidos, considerando 7 días corridos para la entrega a los clientes tras la recepción, estos son atendidos bajo una política de primero entra primero sale – FIFO por su sigla en inglés (First In First Out)-, y con producción modelada según la figura 6:

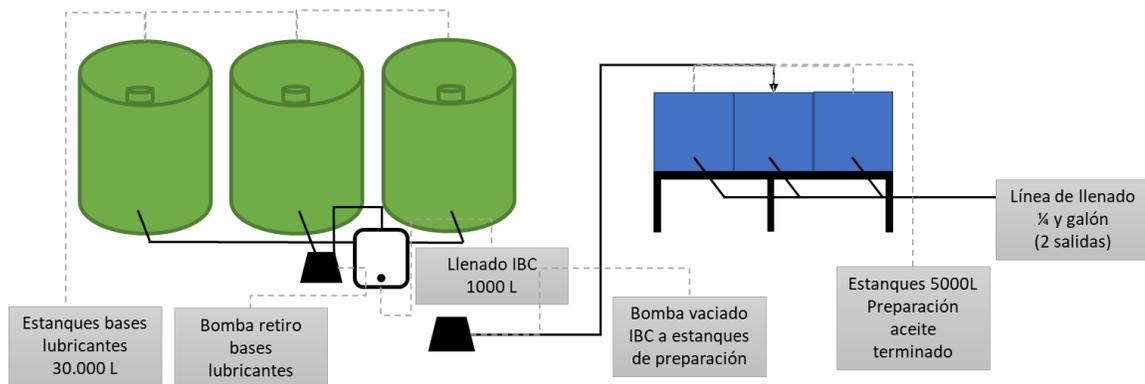


Figura 6: Diagrama del proceso actual
Fuente: Elaboración propia

La capacidad indicada se logra con las maquinarias existentes, una de cajas y otra de tambores, más 5 operarios trabajando en turnos semanales de 5 días, de lunes a viernes, con 8 horas diarias, los cuales se van distribuyendo en una línea de producción u otra según los requerimientos que se hayan recibido.

En cuanto a los productos terminados, la capacidad de almacenaje instalada permite contener 7.500 cajas y 500 tambores, lo que permite cumplir con las entregas

semanales y con la demanda promedio semanal de 945 cajas de $\frac{1}{4}$ galón, 105 cajas de galón y 150 tambores, esto en términos diarios equivale a 189, 21 y 30 respectivamente.

El último mes con que se cuenta información de producción y ventas, septiembre 2020, se vendieron 3.832 cajas de $\frac{1}{4}$ de galón, 426 cajas de galón y 405 tambores, lo que se traduce en una necesidad de insumos por 86.238 litros, estando al límite de comprometer la capacidad de instalada y los stocks de seguridad definidos en 14.000 litros para bases pesadas y 24.000 litros para bases livianas.

Este nivel de demanda se resolvió con la incorporación de turnos adicionales en días no laborales, y con almacenamiento de insumos en envases IBC de 1.000 litros para prevenir el riesgo de quiebre de stock.

La situación presentada logró confirmar que la empresa no está presentando inconvenientes en la línea de producción tambores, como se mencionó previamente posee una capacidad de producción diaria de 150 unidades, pero sí en la línea de producción de cajas de 1 galón y de $\frac{1}{4}$ de galón, así como en el almacenaje.

En consecuencia, con la finalidad de cuantificar el problema se integró la información de requerimientos proyectados del primer año junto con la capacidad actual, permitiendo determinar las restricciones de tiempo para incorporar soluciones y la magnitud de estas.

De este modo, para el primer año podemos señalar que la línea de producción de cajas permanecerá con una sobredemanda importante, alcanzando en 12 meses una necesidad adicional de 33% extra y el almacenamiento de insumos un 64%, cerca de 58.000 litros equivalentes a 2 estanques similares a los existentes, lo que se presenta en las dos columnas “Diferencia” de la tabla 4, resaltando en rojo los valores negativos aquellos casos en que la capacidad es sobrepasada por la proyección:

Tabla 4: Proyección de necesidades primer año versus restricción de capacidades instaladas.

Fuente: Elaboración propia

Mes	1/4 galón cap: 3.600		Galón cap:400		Tambores cap: 3.000		Insumos cap: 90.000 lts.	
	Proyección	Diferencia	Proyección	Diferencia	Proyección	Diferencia	Proyección	Diferencia
1	3.881	-281	431	-31	431	2.569	91.505	-1.505
2	3.991	-391	443	-43	456	2.544	96.655	-6.655
3	4.100	-500	456	-56	481	2.519	101.807	-11.807
4	4.210	-610	468	-68	506	2.494	106.956	-16.956
5	4.320	-720	480	-80	531	2.469	112.106	-22.106
6	4.430	-830	492	-92	556	2.444	117.255	-27.255
7	4.540	-940	504	-104	580	2.420	122.205	-32.205
8	4.649	-1.049	517	-117	605	2.395	127.357	-37.357
9	4.759	-1.159	529	-129	630	2.370	132.507	-42.507
10	4.869	-1.269	541	-141	655	2.345	137.656	-47.656
11	4.979	-1.379	553	-153	680	2.320	142.806	-52.806
12	5.089	-1.489	565	-165	705	2.295	147.955	-57.955

Se conoce que la producción diaria máxima de cajas es alrededor de 189 de ¼ de galón, 21 de galón y 150 tambores, para lo cual se requieren 6.258 lts. de insumo (bases lubricantes), lo cual se logra abastecer con pedidos semanales de un flexibag cuya capacidad es de 24.000 lts, cuyo tiempo de entrega, lead time, es en promedio de 45 días corridos.

Además, la empresa ha definido como stocks de seguridad 38.000 lts. 14.000 para bases pesadas y 24.000 para bases livianas, lo que ha llevado al arriendo de estanques IBC con capacidad de 1.000 lts. con motivo de prevenir algún quiebre de stock.

Esto le ha permitido lograr procesar hasta 86.238 litros mensuales equivalentes a \$225.552.748 en ventas, por lo que la relación de litro procesado por retorno económico es de \$2.615 por litro.

Con el fin de homologar y simplificar la equivalencia de los diferentes ámbitos de insumos, producción y demanda, se plantearon las unidades su equivalente en litros, con esto se procedió a evaluar la gestión de producción y costos de inventarios actuales aplicando el modelo del lote económico de producción, EPQ por su sigla en inglés Economic Production Quantity, el cual determinó que el lote óptimo es de 23.368 lts. y que gráficamente se aprecia en la figura 7 representado por la intersección de los costos de mantener inventario con los costos de producir, detalle en Anexo N° 1 – Datos lote económico de producción EPQ actual:

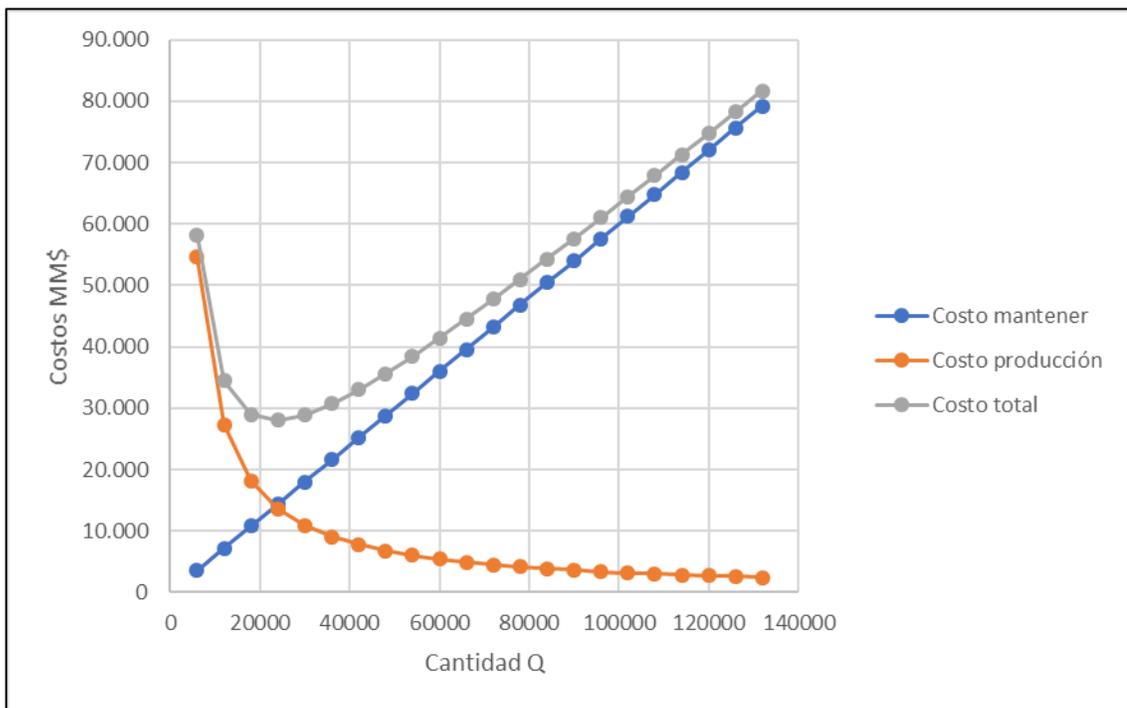


Figura 7: Modelo gráfico lote económico de producción EPQ actual
Fuente: Elaboración propia

Bajo los parámetros actuales la empresa se encuentra en un óptimo de producción e inventario, con un costo total anual MM\$28.053 y con un ciclo productivo de lote

generado en 3,84 días, lo cual le permite cumplir con la tasa de entrega definida en 7 días, atendiendo la demanda diaria de 3.792 lts. permite y que se consuma la producción en 6,33 días.

Al aplicar el modelo EPQ sobre los valores proyectados de demanda se determinó un lote económico de producción de 88.566 lts., el cual debe aproximarse al siguiente múltiplo de producción definido en 24.000 lts., esto es a 96.000 lts., lo que se traduce en un costo total de inventario de MM\$11.718 conforme se presenta en la figura 8, datos en Anexo N° 2 - Datos lote económico de producción EPQ a 1 año, lo que permitirá ahorrar MM\$16.335 en costos de inventario:

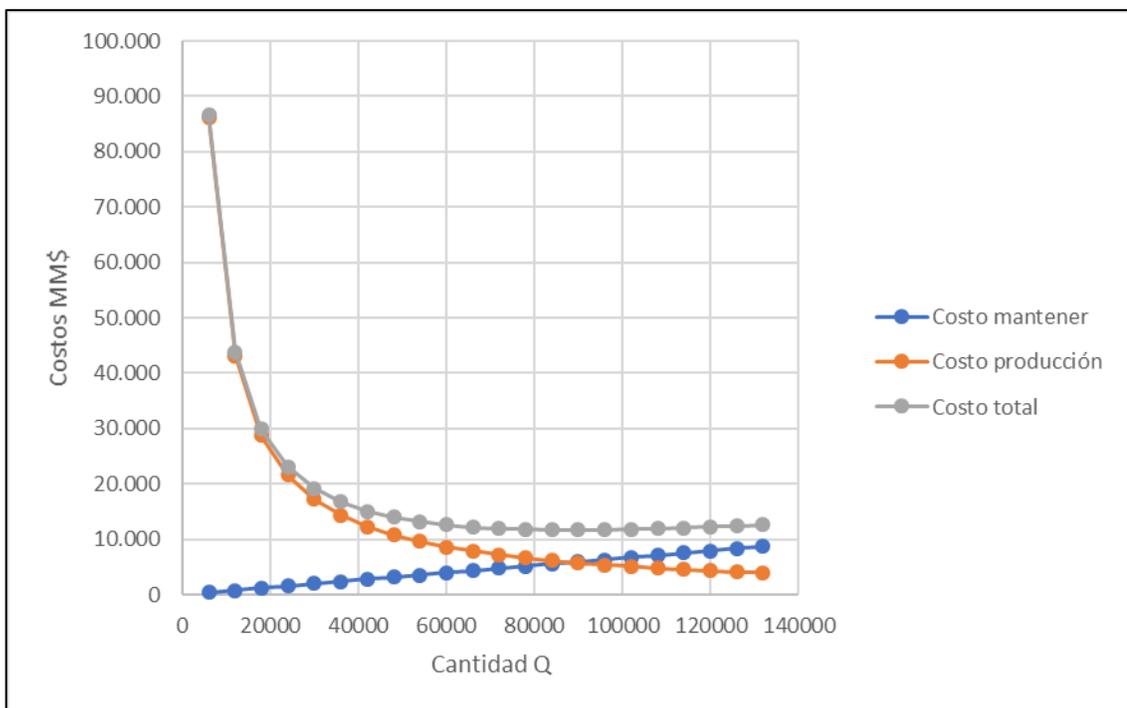


Figura 8: Modelo gráfico lote económico de producción EPQ a 1 año
Fuente: Elaboración propia

Manteniendo la misma tasa de producción actual bastaría para atender los requerimientos, sin embargo, el ciclo productivo de lote aumenta hasta 14,15 días y los bienes se consumirían en 14,79 días. En consecuencia, no se cumpliría con niveles de entrega acordados, debiendo aumentar la capacidad productiva desde los 6.258

litros diarios actuales hasta 12.653, es decir más del doble de la capacidad productiva actual sólo para el próximo período de 12 meses.

En este mismo tenor, para lograr atender los requerimientos de producción acordes con la demanda proyectada, los lotes de compra que actualmente están definidos en 24.000 litros semanales deberán al menos duplicarse del mismo modo que la capacidad de almacenamiento de insumos.

En el horizonte a 5 años la empresa espera que las ventas mantengan su crecimiento, llegando a comercializar en el quinto año un promedio de 4.395.399 lts. de aceites en sus diferentes productos, lo que implicará una tasa de demanda diaria de 18.314 litros, por lo cual, en base al modelo EPQ, será un requisito brindar una capacidad productiva mayor a la demanda, esto se traduce en al menos triplicar la capacidad actual instalada, por lo que la determinación del lote de producción se realizó considerando mandatoria una mejora de las capacidades.

Se sabe que en el mercado existen maquinas llenadoras de cajas de $\frac{1}{4}$ de galón y de galón que podrían incorporarse, la primera que se consideró tiene 4 salidas independientes que le permiten llenar 600 cajas diarias, mientras que la segunda posee 2 salidas con la capacidad de procesar 80 cajas diarias de galón, con la potencialidad de alcanzar una capacidad de procesamiento diario, sumado a lo existentes, de 31.117 lts.

Bajo la nueva configuración potencial productiva, el modelo EPQ nos indica que un lote de producción óptimo está en 33.278 lts., el cual debe aproximarse al siguiente múltiplo de producción definido cada 24.000 lts, esto es a 48.000 lts., lo que se traduce en un costo total de inventario de MM\$40.848 conforme se presenta en la figura 9, datos en Anexo N° 3 – Datos lote económico de producción EPQ a 5 años, que se traduce en un incremento de MM\$12.795 en costos de inventario anuales, los cuales estarán compensados con el potencial incremento de las ventas mensuales

desde los 86.238 hasta alcanzar 480.000 litros al quinto año y en el beneficio de reducir el ciclo de consumo de la producción desde 7 a 2 días:

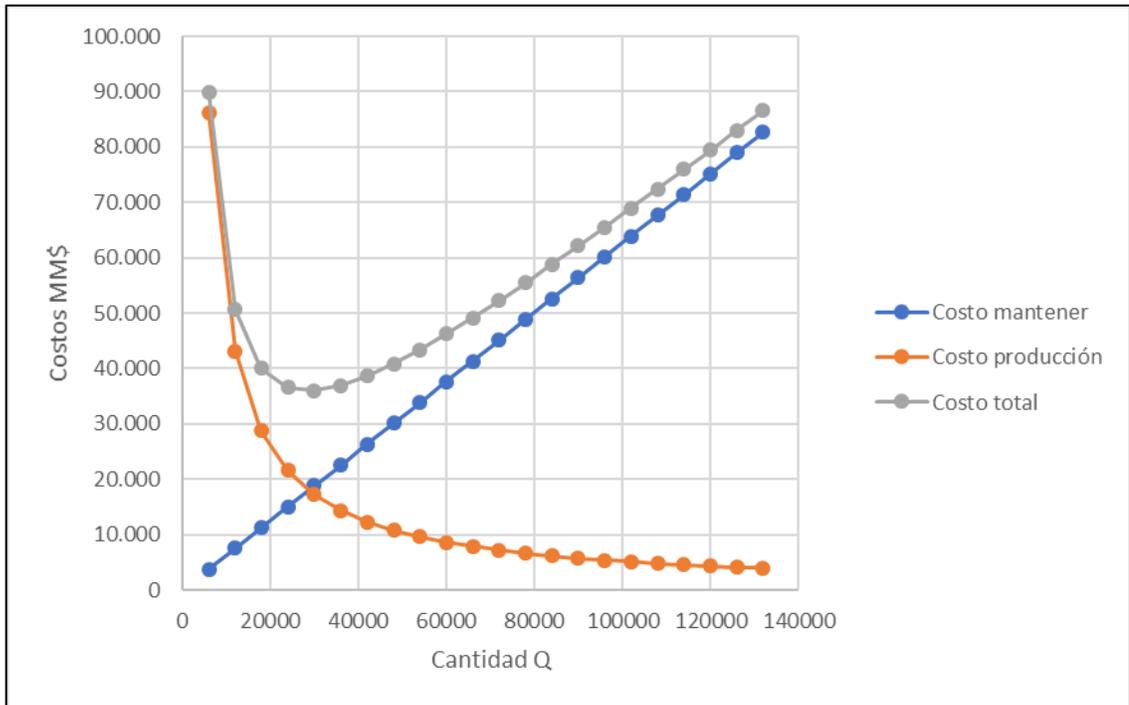


Figura 9: Modelo gráfico lote económico de producción EPQ a 5 años
Fuente: Elaboración propia

Hoy en día la planta presenta una restricción en la producción debido principalmente a las maquinarias existentes, ya que aun cuando se decidiera incorporar mayor cantidad de mano de obra la maquinaria procesaría la misma cantidad de litros de lubricantes, por esto y en sintonía con los requerimientos estimados es que corresponderá ampliar la capacidad de otros elementos productivos.

Cabe señalar que el almacenamiento de productos finales no es inconveniente debido las dimensiones de los galpones existentes, los cuales se encuentran subutilizados, lo mismo ocurre con la capacidad de producción de tambores actualmente en 3.000 al mes. Por su parte, el incremento en el almacenaje de

insumos requiere ser atendido aumentando la cantidad de estanques de 30.000 lts. o incorporando envases IBC de 1.000 lts.

Considerando las proyecciones de ventas para los próximos 5 años se podría llegar a procesar alrededor de 395.000 lts de bases lubricantes mensuales, para lo cual el Banco ha ofrecido financiar hasta el 100% de los costos de inversión que se requieran a una tasa de interés del 13,98% anual a 4 años en caso que la inversión sea mayor a MM\$50, o una tasa del 13,8% en caso que el monto esté entre MM\$15 y MM\$50.

Con los requerimientos proyectados de la capacidad productiva para atender la demanda esperada, se procedió a realizar una evaluación económica bajo 2 escenarios ambos con financiamiento del 100%:

- a) Incorporar nueva maquinaria y comprar envases IBC de 1.000 lts. de forma incremental.
- b) Incorporar nueva maquinaria y construir estanques de 30.000 lts. según la capacidad requerida a 5 años.

En ningún caso se opta por mantener las capacidades actuales dado que la decisión de la empresa ha sido orientar sus operaciones al incremento de la demanda y no perder la oportunidad de responder ante las ventas que está captando, en consecuencia, la decisión depende principalmente de los costos totales que implica la inversión total con el financiamiento externo.

En ambos casos el almacenamiento pasará de 90.000 a 300.000 litros de bases, y la capacidad de producción anual desde 1.502.007 a 7.468.080 litros.

Para los cálculos de la tasa de descuento se empleó el costo promedio ponderado de capital, WACC por su sigla en inglés, con una estructura de capital de la empresa de un 92,51% de endeudamiento y 7,49% de fondos propios, tasa libre de riesgos de 1,64% correspondiente a un Bono del Banco Central en Pesos (BCP) a 5 años al 30 de septiembre, tasa de impuestos del 30%, beta apalancado calculado de 10,4171 y

rentabilidad esperada del mercado en 2,49%, según valores del Índice de Precios Selectivo de Acciones para los últimos 5 años.

En la determinación de los WACC para cada evaluación de inversión se aplicaron diferentes tasas de interés bancaria según el monto de deuda necesario, aplicando la siguiente fórmula:

$$WACC = Ke \frac{E}{(E + D)} + Kd \frac{(1 - T)D}{(E + D)}$$

Donde,

Ke = Se utiliza el modelo valoración de activos financieros, CAPM por su sigla en inglés.

E = Patrimonio.

D = Deuda.

Kd = Tasa financiera.

Para la determinación del Ke, se emplearon los valores de la tasa libre de riesgos, la rentabilidad esperada del mercado y el beta apalancado de la industria, aplicando la fórmula:

$$Ke = Rf + \beta[E(Rm) - Rf]$$

Donde,

Rf = tasa libre de riesgo, BCP a 10 años.

β = Beta apalancado del activo.

E(Rm) = rentabilidad esperada del mercado.

Para determinar el beta apalancado se aplicó la fórmula:

$$\beta = \beta_u \left(1 + \frac{D(1 - T)}{E} \right)$$

Donde,

β_u = Beta desapalancado.

D = Porcentaje de recursos ajenos sobre el total de recursos.

T = Tasa de impuesto aplicable a la empresa.

E = Porcentaje de recursos propios sobre el total de recursos.

Bajo el primer escenario propuesto, se necesitaría adquirir 289 IBC para el año 1 a un costo unitario de \$196.000, estos se deprecian en 2 años (Servicio de impuestos internos, 2002), más la incorporación de maquinaria que aumenta la capacidad productiva por un monto de \$8.390.000, más \$500.000 de costos por mano de obra. Lo anterior implicaría financiar \$66.074.000 a una tasa de interés del 13,98%, generando una tasa de descuento WACC aplicada del 9,84% y VAN negativo, asimilable al valor actual de los costos, en \$137.601.000 conforme se presenta en la tabla 5:

Tabla 5: Flujo de caja en miles de pesos a 5 años, opción envases IBC
Fuente: Elaboración propia

Año	0	1	2	3	4	5
Préstamo	66.074	0	0	0	0	0
Envases IBC	-56.644	-196	-196	0	0	0
Mano obra	-500	0	0	0	0	0
Maquinaria	-8.930	0	0	0	0	0
Mantenimiento		-2.400	-2.400	-2.400	-2.400	-2.400
Depreciación		-30.108	-30.206	-1.982	-1.884	-1.786
Intereses		-9.237	-6.928	-4.619	-2.309	0
Amortización		-16.519	-16.519	-16.519	-16.519	0
Flujo Operacional	0	-58.460	-56.249	-25.520	-23.112	-4.186
VAN		-137.601				

Para el segundo escenario, se instalarían 7 estanques de almacenamiento de 30.000 litros cada uno con un costo unitario de \$2.666.667, depreciables a 10 años (Servicio de impuestos internos, 2002), más la incorporación de maquinaria que aumenta la capacidad productiva en la misma medida que en el escenario anterior, más \$3.500.000 por costos de mano de obra y \$1.500.000 en estudio de ingeniería. Lo anterior implicaría financiar \$33.146.000 a una tasa de interés del 13,8%, generando una tasa de descuento aplicada WACC del 9,72% y VAN negativo, asimilable al valor actual de los costos, en \$67.574.000 conforme se presenta en la tabla 6:

Tabla 6: Flujo de caja en miles de pesos a 5 años, opción estanques
Fuente: Elaboración propia

Año	0	1	2	3	4	5
Préstamo	33.146	0	0	0	0	0
Estanques	-18.667	0	0	0	0	0
Mano obra	-3.500	0	0	0	0	0
Estudio ingeniería	-1.500	0	0	0	0	0
Maquinaria	-8.930	0	0	0	0	0
Materiales	-2.049	0	0	0	0	0
Mantenimiento		-4.200	-4.200	-4.200	-4.200	-4.200
Depreciación		-3.653	-3.653	-3.653	-3.653	-3.653
Intereses		-4.574	-3.431	-2.287	-1.144	0
Amortización		-8.287	-8.287	-8.287	-8.287	0
Flujo Operacional	0	-20.714	-19.571	-18.427	-17.284	-7.853
VAN	-67.574					

3.1 Conclusión y análisis del capítulo

Se estableció que la empresa de venta de lubricantes refleja una demanda proyectada creciente que determina un requerimiento de aumentar su capacidad productiva y en consecuencia el almacenamiento de insumos, bases lubricantes, pasando de generar 1.502.007 a 7.468.080 lts. anuales, y de almacenar 90.000 a 300.000 lts., lo que implica ampliar sus lotes de producción de 24.000 a 48.000 lts.,

lo que se traduce en incrementar sus costos de inventario anual desde 28.053 a 40.848 millones.

Este incremento de capacidad productiva, le permitirá atender los requerimientos de los clientes bajo el nivel de servicio actual establecido en 7 días, mejorándolo hasta llegar a 2 días de tiempo de ciclo de consumo de la producción, con un costo de inversión de 35 millones mediante la construcción de 7 estanques adicionales a los existentes, de 30.000 litros cada uno, e incorporando 2 máquinas de llenado, una con 4 salidas independientes de $\frac{1}{4}$ de galón y la segunda con 2 salidas independientes de 1 galón.

A la vez, dado que muchas de las variables consideradas presentan un alto nivel de incertidumbre, es recomendable analizar constantemente el comportamiento de la demanda de manera de atender oportunamente sus efectos en los lotes de producción y en el plan de inversión para determinar si es conveniente abordarlo en etapas, así como complementar con estrategias de venta y posicionamiento de mercado que permitan garantizar el crecimiento que está obteniendo en el período reciente, así como las variaciones en los precios de los insumos los cuales son considerados constantes en el modelo aplicado.

4 CONCLUSIONES GENERALES

Este trabajo establece algunas de las variables que permiten abordar los problemas de demanda de bienes desde la gestión de inventarios y la capacidad de producción. Estos son el cómo, dónde, cuándo y cuánto se almacenará, asumiendo las variables asociadas a los tiempos de la cadena de entrada y la logística de salida de los suministros, además de los tiempos y la capacidad de producción existente. Otras variables que abordar dentro de la gestión de inventarios son el comportamiento de la demanda, ya que en el presente trabajo se determinó que la empresa en estudio tiene una demanda estacionaria debido a una mayor activación en la época de verano, esto dado que sus principales clientes se encuentran en la industria forestal, por lo que debió realizarse estimaciones a través de un modelo de suavización exponencial doble.

Considerando las variables desde una mirada de la capacidad de producción, es imperante evaluar el proceso productivo con el porcentaje de utilización y la capacidad de almacenaje de insumos, y cómo se relacionan en las diferentes etapas de la cadena de suministro, asegurando materias primas y producción a tiempo, para cumplir con los pedidos de los clientes.

En este sentido, se propusieron mejoras en el proceso productivo con el fin de atender el incremento en la demanda debido al cambio de foco, pasando desde lubricantes reciclados a lubricantes producidos con bases importadas, definiendo una estimación de la demanda futura, por medio de un modelo de suavización exponencial doble, y decidiendo construir una apropiada infraestructura acorde al incremento de necesidad de materias primas desde el extranjero.

En efecto, los resultados muestran que:

- Los tipos de producto con mayor demanda en el último período y a futuro son los tambores y cajas de lubricantes fabricados con bases importadas,

determinándose un incremento en alrededor de 4,6 veces en un período de 5 años.

- El análisis de ventas pudo determinar un incremento muy fuerte en el último período y encontrar una cierta estacionalidad en los meses de verano, lo que permitió realizar una proyección de demanda a 5 años, pasando desde: 34.314 cajas de $\frac{1}{4}$ galón, 3.813 cajas de 1 galón y 3.165 tambores anuales a 117.043, 13.005 y 21.177 respectivamente.
- Posteriormente se procedió a analizar la capacidad productiva, identificando que se requiere a un plazo de 1 año aumentarla en un 33%, el que, aun incorporando turnos extras, no se cumpliría el ciclo productivo adecuado con los tiempos de entrega acordados con los clientes, ya que aumentaría de 7 a 15 días. Además, se requeriría un incremento del almacenamiento de un 64%, por lo que el lote óptimo actual de 23.368 lts. no será suficiente en el mediano plazo.
- Mediante el EPQ ajustado a las proyecciones a 5 años, se obtienen resultados de un lote de producción óptimo de 48.000 litros, que se traduce en un incremento de coste de inventario de MM\$12.795, compensados con el potencial incremento de ventas mensuales desde 86.238 litros a 480.000 al quinto año, con un beneficio en reducción del ciclo productivo desde 7 a 2 días, mejorando el nivel de servicio de cara a los clientes.
- Finalmente, en la evaluación económica se encontró que la alternativa más idónea para la empresa es la construcción de 7 estanques de 30.000 litros de capacidad, pasando de 90.000 litros de capacidad actual a 300.000. Además, la construcción de dos líneas independientes de llenado de 4 salidas para $\frac{1}{4}$ galón y 2 salidas para 1 galón, pasando de una capacidad de producción anual de 1.502.007 litros a 7.468.080. Este proyecto se elige por sobre la compra de gradual de IBC por una diferencia en el VAN de costos en alrededor de 70 millones.

Con estos resultados fue posible abordar los objetivos planteados en este trabajo, tras estudiar la situación actual de la compañía se obtuvieron datos suficientes para elaborar un plan de mejoras eficaz en el proceso productivo, tomando los datos desde el año 2018 de las ventas, cantidades de cajas y tambores vendidos y la utilización de maquinarias. Además de los costos de los proyectos de inversión a evaluar.

El análisis de los datos obtenidos, permitió definir un plan de estimación de demandas futuras basados en un modelo de demanda no lineal, con importancia en los últimos meses, y además una evaluación económica eficaz para tomar una decisión acertada en la inversión a realizar.

Con lo anterior se propusieron mejoras sustanciales en el modelo productivo, atendiendo el incremento en la demanda y tomando la decisión de construir una infraestructura acorde al incremento de necesidad de materias primas y de procesamiento de insumos.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, y con la principal motivación en la imperante necesidad de aumentar la capacidad de producción y de almacenaje, tras al aumento de demanda por el cambio de modelo productivo volcado a importación, se logra proponer una efectiva gestión de inventario en base a una mejor planificación de demanda, cimentada en un modelo de estimación de demanda no lineal y un aumento de espacio acorde a las nuevas necesidades, brindando información sustentada para decidir sí continuar con el almacenaje en IBC de 1.000 litros o invertir en una construcción mayor.

En este sentido se contribuye a la comprensión de cómo abordar un cambio en el modelo de negocios de tal magnitud, generando cambios estructurales desde la gestión de almacenaje y una buena planificación de demanda.

Dicho esto, este estudio contribuye a abordar de mejor manera la toma de decisiones para enfrentar las consecuencias operacionales en el almacenamiento, producción y

planificación de demanda, cuando la dirección estratégica de las empresas asume un cambio importante en el modelo de negocios, como la fabricación de bienes sustitutos de mejor la calidad, asegurando la sostenibilidad de la compañía por medio de herramientas claves para lograrlo.

4.1 Propuesta para trabajos Futuros

- Considerar y evaluar una revisión constante del plan de crecimiento para futuras inversiones en el corto plazo debido a la proyección venta futura, necesiéndose invertir en más capacidad de entrega y entrenamiento de nuevos vendedores.
- Realizar un plan de mejoramiento continuo a las nuevas líneas productivas, para optimizar sus capacidades.
- Generar una nueva alternativa de reciclaje para aceite lubricante usado, ajustándose a la ley de responsabilidad extendida al productor (20.920) que fijará metas de reciclaje en unos años, con el fin de obtener un plus de empresa responsable con los residuos generados por nuestros clientes.
- Incorporar otros modelos dinámicos al realizar estudios de inventarios, tomando en cuenta la variabilidad de precios de las bases lubricantes importadas, con el fin de mejorar la oportunidad de las compras.
- Considerar el comportamiento del entorno de la empresa, abordando riesgos y oportunidades asociados a la competencia, los clientes, nuevas tecnologías y entes reguladores, entre otros.
- Incorporar variables de la calidad de los insumos y su impacto en las cantidades de las fórmulas de producción.
- Integrar el impacto que genera el clima en los tiempos de traspaso de lubricantes debido a cambios en su viscosidad.
- Incorporar políticas de inspección del inventario y evaluar las variaciones de las variables exógenas sobre el lote de producción.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Cervantes M.C., V.-M. M.-R. (2013). Estudio de validación de un método para seleccionar técnicas de pronóstico de series de tiempo mediante redes neuronales artificiales. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, volumen XIV (número1), enero-marzo 2013: págs. 53-63.
- Arner, A. G. (2018). *La eficiencia de la responsabilidad ampliada del productor en la gestión de aceites usados con diferenciación del producto*.
- Babai, M. Z., Ali, M. M., Boylan, J. E., & Syntetos, A. A. (2013). Forecasting and inventory performance in a two-stage supply chain with ARIMA(0,1,1) demand: Theory and empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, Volume 143, 463-371.
- Blumenfeld, D. (2001). *OPERATIONS RESEARCH CALCULATIONS HANDBOOK*. CRC PRESS.
- Castrejón, J., & Raymundo, M. (2019). *Gestión de los inventarios y sus beneficios en las empresas productoras*. Lima: Universidad Peruana Unión.
- Cepeda Valero, Ó. M., & Jiménez Sánchez, L. F. (2006). Modelo de control óptimo para el sistema Producción-Inventarios. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, vol. V, núm. 16, pp. 35.
- Contreras, A. J., Atziry, C. Z., Martínez, J. L., & Sánchez, D. P. (2017). *Gestión de políticas de inventario en el almacenamiento de materiales de acero para la construcción*. Revista Ingeniería Industrial, Universidad del Bío-Bío.
- Cruz, A. F. (2017). *Gestión de Inventarios*.
- D. Kalenatick, C. L. (2006). "Modelo Integral de Pro-. *Kimpres*, ISBN: 9589784011 vol: 1.
- Dingemans, A. (2016). El fin de una etapa exitosa. Los TLC en la estrategia comercial de Chile. *Revista de Economía Institucional*, 18(34), 151-172.
- Fattah, J. E. (2018). Forecasting of demand using ARIMA model. *International Journal of Engineering Business Management*, 10, 1847979018808673.
- Flores, X. F., Fray, P. X., & Moran, E. E. (2017). *Tratamiento de residuos sólidos en la Unión Europea*.
- Gamberini Gamberini, R., Grassi, A., Mora, C., & B., R. (2008). An innovative approach for optimizing warehouse capacity utilization. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 11, pp. 137-165.

- García-Sabater, J. (2020). Gestión de Stocks de Demanda Independiente. *RIUNET Repositorio UPV*, 10-13.
- Garrido, I. Y., & Cejas, M. M. (2017). *La Gestión de Inventario como factor estratégico en la administración de empresa*. Revista Científica Electrónica de Ciencias Gerenciales.
- Güerre, A. A. (2003). Las políticas públicas de fomento del reciclaje: La regeneración de aceites usados. *Hacienda Pública Española*, 167(4), 33-55.
- Gutierrez, V., & Vidal, C. (2008). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, Vol. 43, pp. 134-149.
- Larry., K. L. (2001). *Administración de Operaciones*. 5.
- Mena, F. J., López, O. P., Maldonado, D. F., Llerena, S. L., & Campos, L. P. (2018). *Finanzas corporativas de la empresa Inpapel Patria Compañía Limitada*.
- Orellana, F. I. (2018). *Modelo integrado de simulación y optimización para planes mineros de mediano plazo en minería a cielo abierto*. Santiago de Chile: Departamento Ingeniería de Minas, Universidad de Chile.
- Pyzdek, T. (2003). *The six sigma project planner*. McGraw-Hill.
- Radford., H. N. (1997). *Administración de Operaciones y Producción*. McGraw Hill.
- Rath, A. S. (2017). Flow forecasting of hirakud reservoir with ARIMA model. *n 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, (pp. 2952-2960). IEEE.
- Ross, W. J. (2010). *Finanzas Corporativas*. McGraw Hill.
- Santis, A. D. (2017). *Rediseño de procesos para aumentar la capacidad productiva en cantidad en una empresa fabricante de cortinas*. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.
- Servicio de impuestos internos. (16 de 12 de 2002). *www.sii.cl*. Obtenido de Servicio de impuestos internos: <http://www.sii.cl/documentos/resoluciones/2002/reso43.htm>
- State College, P. M. (2010). Minitab 17 Statistical Software . [Computer software] (www.minitab.com). Obtenido de www.minitab.com.
- Suazo Páez, B. (2017). *Economía circular en Chile: alcances, problemas y desafíos en la gestión de la ley REP*.
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Comité Editorial – Universidad del Valle, 12.
- Zhuo, D., Faisal, A., & Kuo, G. (2017). *Optimizing multi-echelon inventory with three types of demand insupply chain*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.

6 ANEXOS

6.1 Anexo N° 1 – Datos lote económico de producción EPQ actual

Q	Costo mantener MM\$	Costo producción MM\$	Costo total MM\$
6.000	3.600	54.610	58.210
12.000	7.200	27.305	34.505
18.000	10.801	18.203	29.004
24.000	14.401	13.652	28.053
30.000	18.001	10.922	28.923
36.000	21.601	9.102	30.703
42.000	25.202	7.801	33.003
48.000	28.802	6.826	35.628
54.000	32.402	6.068	38.470
60.000	36.002	5.461	41.463
66.000	39.602	4.965	44.567
72.000	43.203	4.551	47.753
78.000	46.803	4.201	51.004
84.000	50.403	3.901	54.304
90.000	54.003	3.641	57.644
96.000	57.603	3.413	61.017
102.000	61.204	3.212	64.416

108.000	64.804	3.034	67.838
114.000	68.404	2.874	71.278
120.000	72.004	2.730	74.735
126.000	75.605	2.600	78.205
132.000	79.205	2.482	81.687

6.2 Anexo N° 2 – Datos lote económico de producción EPQ a 1 año

Q	Costo mantener MM\$	Costo producción MM\$	Costo total MM\$
6.000	396	86.206	86.602
12.000	791	43.103	43.894
18.000	1.187	28.735	29.922
24.000	1.583	21.551	23.134
30.000	1.978	17.241	19.219
36.000	2.374	14.368	16.742
42.000	2.770	12.315	15.085
48.000	3.165	10.776	13.941
54.000	3.561	9.578	13.139
60.000	3.956	8.621	12.577
66.000	4.352	7.837	12.189
72.000	4.748	7.184	11.932
78.000	5.143	6.631	11.775
84.000	5.539	6.158	11.697
90.000	5.935	5.747	11.682
96.000	6.330	5.388	11.718
102.000	6.726	5.071	11.797
108.000	7.122	4.789	11.911
114.000	7.517	4.537	12.054
120.000	7.913	4.310	12.223

126.000	8.309	4.105	12.414
132.000	8.704	3.918	12.623

6.3 Anexo N° 3 – Datos lote económico de producción EPQ a 5 años

Q	Costo mantener MM\$	Costo producción MM\$	Costo total MM\$
6.000	3.759	86.206	89.965
12.000	7.518	43.103	50.621
18.000	11.277	28.735	40.012
24.000	15.036	21.551	36.588
30.000	18.795	17.241	36.036
36.000	22.554	14.368	36.922
42.000	26.313	12.315	38.629
48.000	30.073	10.776	40.848
54.000	33.832	9.578	43.410
60.000	37.591	8.621	46.211
66.000	41.350	7.837	49.187
72.000	45.109	7.184	52.293
78.000	48.868	6.631	55.499
84.000	52.627	6.158	58.784
90.000	56.386	5.747	62.133
96.000	60.145	5.388	65.533
102.000	63.904	5.071	68.975
108.000	67.663	4.789	72.452
114.000	71.422	4.537	75.959
120.000	75.181	4.310	79.492

126.000	78.940	4.105	83.045
132.000	82.699	3.918	86.618