



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

**MEJORA DE LOS NIVELES DE SERVICIO A PARTIR DE UNA CORRECTA
COMPENSACIÓN DE INVENTARIOS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE
EMPRESAS**

RICARDO JAVIER MANRIQUEZ WEIL

PROFESOR GUÍA:

LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

IVÁN BRAGA CALDERÓN

JUAN PABLO ZANLUNGO MATSUHIRO

SANTIAGO DE CHILE

JULIO 2015

Resumen

El presente trabajo se enmarca en la empresa LDP distribuidora de estructuras provisionarias (plataformas de trabajo y andamios), aplicadas a diversas industrias. La empresa maneja una red de 4 bodegas a lo largo de Chile, abarcando los diferentes mercados propios de cada zona geográfica. En el contexto del negocio, las actividades de planificación y almacenamiento de inventarios son claves en la cadena de valor. En el análisis previo del funcionamiento logístico y la gestión de inventarios, se observaron situaciones de colapso tanto en la capacidad de almacenaje como en el suministro de equipos. En este sentido el trabajo de tesis buscó lograr mejoras en la gestión de inventarios mediante un sistema de apoyo que permite integrar las variables necesarias al momento de hacer una planificación de abastecimiento. El análisis previo, mostró que las causas del problema eran: la incorrecta planificación del abastecimiento (soportada en la deficiente información utilizada en los planes) y un sistema de información que no apoyaba la planificación (existía, pero no tenía un enfoque de integración al proceso completo de la compañía).

Las estructuras provisionarias que se comercializan se componen de distintos elementos, que por lo general se repiten de una estructura a otra, de una industria a otra y de una zona geográfica a otra. Si bien es cierto, la compañía dispone de un amplio rango de piezas, las que le permiten a los clientes abordar soluciones complejas y fuera de lo normal, y que hace la diferencia frente a los competidores, solo un número reducido de estos elementos representan el 80% del movimiento (Pareto). Estos elementos de mayor rotación se agrupan en 4 familias (A, B, U y O). De estas familias solo 25 elementos representan el 80% de las solicitudes.

Estos elementos se catalogan a su vez según frecuencia e importancia en 4 categorías (frecuente-importante, frecuente-no importante, infrecuente-importante, infrecuente-no importante). A partir de estas categorías, y asumiendo una distribución normal de la demanda, se establecen rangos de confianza distintos para cada grupo.

Para la solución del problema, se plantea un sistema de apoyo que incluye un modelo de política de abastecimiento (en base a la demanda histórica y a la capacidad de las bodegas) contrarrestado con un pronóstico de ventas. El sistema entrega una sugerencia de política de stock para los periodos próximos y permite detectar riesgos de colapso o de quiebres de stock.

Cabe destacar que el actual proyecto contribuyó a cambiar la cultura de la empresa desde el punto de vista de la planificación, además de reconocer que el comportamiento del mercado es aleatorio imposible de predecir, pero sí de proyectar con un determinado nivel de confianza.

Agradecimientos

A mi amada esposa, por apoyarme cuando el ánimo no estaba, por comprender, por ser, por estar...

Gracias Dani.

Tabla de contenido

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	3
I. CAPITULO 1. Introducción y Objetivos.	6
1.1. Introducción.	6
1.2. Objetivos y resultados esperados.	9
II. CAPITULO 2. Antecedentes.	10
2.1. Descripción de la organización.....	10
2.2. Descripción del mercado.....	13
2.3. Definición de Inventario.	15
2.4. Propósitos del Inventario.	16
2.5. Costos del Inventario.....	16
2.6. Demanda independiente y dependiente.	16
2.7. Sistemas de inventarios.....	18
2.8. Control de inventarios y control de la cadena de suministro.	22
2.9. Modelos de precio descontado.....	22
III. CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.	23
IV. CAPÍTULO 4. DESARROLLO Planeación de inventario tipo J-K.....	27
V. CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES VI. CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	38
Bibliografía.....	40
FIG. 1: PRINCIPALES ELEMENTOS QUE CONFORMAN UNA ESTRUCTURA PROVISORIA.	7
FIG. 2: PROYECTO PLATAFORMA DE TRABAJO PROVISTA POR LDP PARA MANTENIMIENTO MINERO.	8
FIG. 3: PLATAFORMA ANTERIOR MATERIALIZADA EN TERRENO.....	8
FIG. 4: ORGANIGRAMA.....	12
FIG. 5: ANDAMIO DE FACHADA TÍPICO.....	15
FIG. 6: LÓGICA DEL CONTROL DE INVENTARIOS.	17
FIG. 7: MODELO BÁSICO DE CANTIDAD DE PEDIDO FIJA.....	19
FIG. 8: COSTOS ANUALES DEL PRODUCTO CON BASE EN EL TAMAÑO DEL PEDIDO.	20

FIG. 9: MODELO DE INVENTARIO DE PERIODO FIJO CON INVENTARIO DE SEGURIDAD.	21
FIG. 10: MATRIZ DE FRECUENCIA E IMPORTANCIA.	32
TABLA 1: ORGANIZACIÓN MATRICIAL DE LA COMPAÑÍA.	11
TABLA 2: PRINCIPALES ÁREAS DE DESEMPEÑO POR SUCURSAL E IMPORTANCIA GLOBAL.	13
TABLA 3: DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DEL SISTEMA.	27
TABLA 4: FRECUENCIA DE ÓRDENES DE ELEMENTOS.	29
TABLA 5: DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE DEMANDA POR CADA ELEMENTO.	30
TABLA 6: ELEMENTOS FUNDAMENTALES PARA LA CONFECCIÓN DE CADA SOLUCIÓN TIPO.	31
TABLA 7: RESUMEN DE IMPORTANCIA DE ELEMENTOS POR CUADRANTE.	32
TABLA 8: CONSUMO PROMEDIO DIARIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS.	34
TABLA 9: CONSUMO PROMEDIO DIARIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS ELEMENTOS CRÍTICOS EN AMBOS PERIODOS.	37
GRÁFICO 1: FRECUENCIA DE ORDENES DE ELEMENTOS.	28
GRÁFICO 2: DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA POR ELEMENTO.	30
GRÁFICO 3: COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ELEMENTO A08.	35
GRÁFICO 4: COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ELEMENTO B01.	36
GRÁFICO 5: COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DEL ELEMENTO U06.	36

I. CAPITULO 1. Introducción y Objetivos.

1.1. Introducción.

La gestión de activos es un proceso fundamental en las empresas para lograr estados de resultados sobresalientes. En el proceso de desarrollo y crecimiento de las organizaciones se puede ver cómo la dirección orienta sus esfuerzos en una permanente búsqueda por una mejora en la eficiencia de las distintas áreas que la componen. Una de las áreas más importantes y que concentran el principal foco de preocupación de las compañías incipientes y en vías de consolidación, es el área comercial. Una adecuada estrategia de ventas entrega la seguridad mínima que se requiere para lograr los niveles de facturación esperados y definidos para entrar en el régimen de la producción.

El segundo foco de la dirección y no menos importante para el adecuado funcionamiento de las compañías, se concentra en las áreas de servicio como administración, técnica y operaciones. Esta última, encargada de gestionar bodegas y responsable de disponer de los equipos necesarios en el momento oportuno.

Sistemas avanzados y eficientes de gestión de inventarios se encuentran más habitualmente en compañías que se ubican fuera del rango de las pequeñas y medianas empresas, sin embargo existen excepciones, las que se encuentran principalmente en empresas líderes, que son las que definen la ruta por la cual transitarán las compañías que la siguen.

Tal es el caso de la compañía LDP, líder en el rubro de la comercialización de estructuras provisionarias. LDP es una compañía con presencia en todo Chile a través de 4 sucursales, por medio de las cuales llega a sus clientes entregando la ingeniería y el suministro de forma oportuna de todos los equipos necesarios para solucionar los más variados requerimientos. Dentro de las soluciones más habituales se encuentran, entre otras, plataformas de trabajo para fachadas (andamios de fachada) tanto para faenas de construcción como mantenimiento, cajas de escala, pasarelas etc.

En el ámbito de la comercialización (venta y arriendo) de estructuras provisionarias, la empresa LDP es la compañía líder en el mundo y también en el mercado chileno. Como tal, LDP S.A., filial de la compañía alemana del mismo nombre, está presente en Chile desde hace más de 15 años. En su permanente búsqueda por la eficacia operacional, se preocupa intensamente de revisar y mejorar sus procesos, implementando mejoras en cualquier ámbito que lo requiera, buscando siempre diferenciarse de sus competidores. De esta forma, responde rápidamente a los cambios competitivos y del mercado, ya que los rivales pueden copiar rápidamente cualquier posición, buscando disminuir la brecha de la ventaja competitiva desarrollada.

La principal ventaja competitiva de LDP (y parte de su misión) es el suministro oportuno de partes y piezas para diferentes soluciones, mercados y clientes. La definición de “estructuras provisionarias” representa la evolución del tradicional concepto de andamio, que es más bien acotada y se limita a plataformas de trabajo para la construcción o mantención en general. Los elementos que componen las estructuras LDP son tan versátiles que permiten

cubrir y solucionar una gran cantidad de estructuras para los más diversos fines. LDP es capaz de proveer los más variados tipos de soluciones, plataformas de trabajo y estructuras en general, como andamios de fachada para edificios, torres para trabajo en altura, escalas de acceso para faenas en general o espacios públicos, pasarelas, escenarios, graderías, torres carga para grandes masas, torres móviles o carros, etc.

Todas las estructuras provisionarias que provee LDP, se componen básicamente de elementos tubulares y plataformas, en su mayoría de acero (también se utiliza el aluminio y la madera). Los elementos tubulares son principalmente elementos horizontales, diagonales y verticales.

Fig. 1: Principales elementos que conforman una estructura provisionaria.





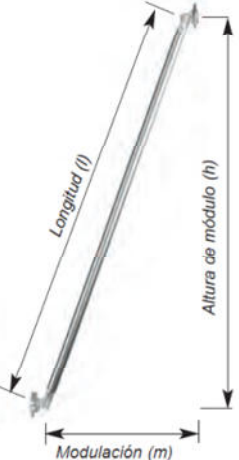
	Base de apoyo
	Vertical o pie derecho
	Plataforma
	Horizontal tubular
	Diagonal tubular

Fig. 2: Proyecto plataforma de trabajo provista por LDP para mantenimiento minero.

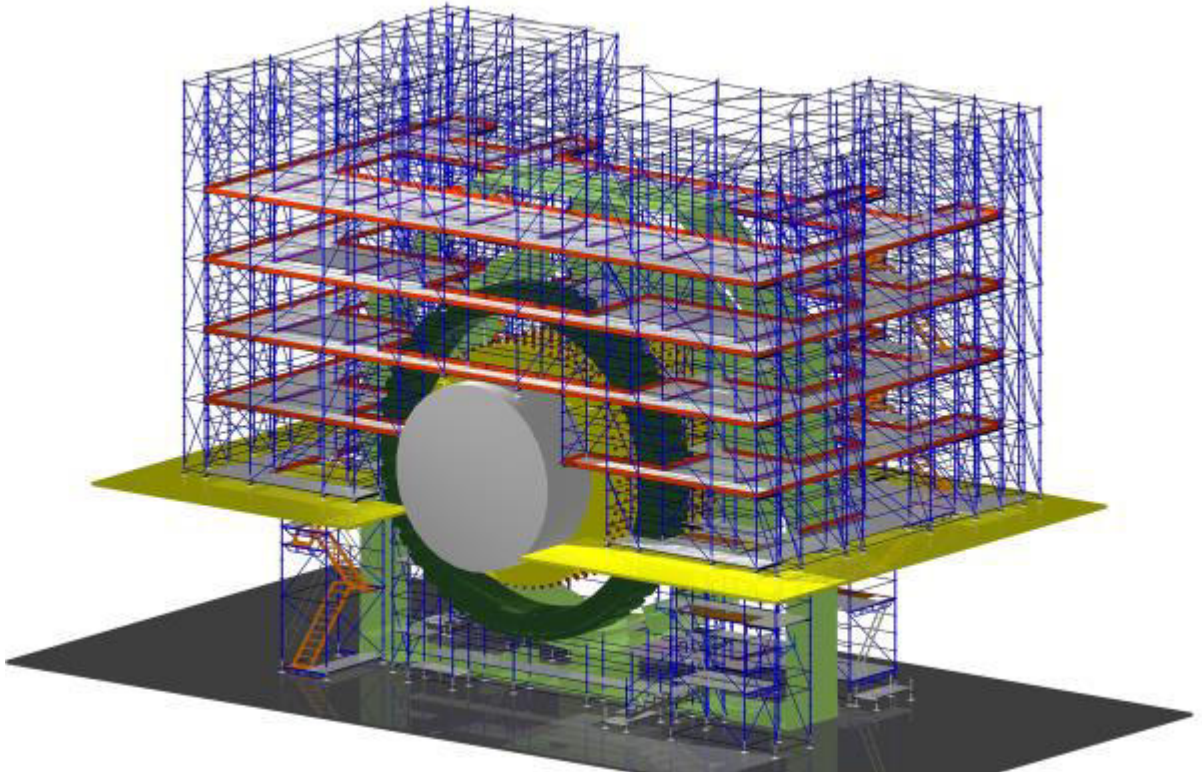


Fig. 3: Plataforma anterior materializada en terreno.



En este trabajo se aborda la implementación y mejora del proceso de control de inventarios para lograr un mejor posicionamiento estratégico, ya que esta actividad diferencia a LDP de las empresas rivales cuya gestión de inventario es muy básica, o simplemente no existe. *El posicionamiento estratégico implica realizar actividades diferentes de aquellas de los rivales, o bien realizar actividades similares de manera diferente.*¹

El desarrollo de este trabajo ha permitido implementar mejoras de manera inmediata a medida que se avanzaba con el estudio, ya que su autor participa activamente en el diseño y aplicación de las medidas de mejora continua dentro de la organización y cuenta con los recursos físicos y financieros que son necesarios para llevarlas a cabo.

Uno de los principales focos de preocupación de la dirección, y que con este trabajo se ha ayudado a resolver, es el costo de oportunidad que se genera cuando los inventarios disponibles no se encuentran compensados para realizar despachos. El efecto directo de este tipo de inconveniente es un malestar de parte del cliente, un desgaste innecesario del área comercial e importantes pérdidas de tiempo de todas las áreas de la organización que se movilizan para buscar la mejor forma de resolver el problema.

Para la correcta realización de este trabajo se han revisado fuentes acerca de la optimización de flujos de carga, definición de estrategia, administración y gestión de bodegas, además de los registros existentes en la empresa LDP. Por último, un importante aporte se refiere a la experiencia adquirida durante varios años en la operación y de la interacción con todos los profesionales involucrados.

1.2. Objetivos y resultados esperados.

Como objetivo principal se propuso definir y mejorar el nivel de servicio asociado a los tiempos de respuesta de nuevas solicitudes de venta de equipos, considerando el tamaño físico de la bodega así como el capital financiero inmovilizado. Con este modelo implementado a nivel de sucursal zona centro (Santiago), se evaluará su aplicación en las demás sucursales considerando un modelo de arriendo.

Con este análisis se podrá estimar y proyectar la evolución de las existencias en bodega a lo largo del año, lo que complementado con la información del departamento comercial y marketing, permitirá anticipar escenarios de sobre o baja demanda.

¹ ¿Qué es la Estrategia? | Harvard Business Review | Diciembre 2011

II. CAPITULO 2. Antecedentes.

2.1. Descripción de la organización.

LDP es filial en Chile de LDP Alemania, con casa matriz en el sur del país. LDP es el principal fabricante, distribuidor y comercializador de andamios en el mundo. Se ha posicionado en el mercado entregando su servicio principalmente a través de las industrias de la construcción, la mantención industrial y los eventos y espectáculos. LDP, como se conoce en el mercado, entrega un producto de la mejor calidad, exigido por ejecutivos y trabajadores, que desempeñan labores muchas veces sobre plataformas a varios metros del suelo, y que encuentran en las estructuras LDP el apoyo y la seguridad necesarios para desarrollar el trabajo con el menor riesgo posible.

De la misma forma, LDP está presente en Chile desde hace 15 años, liderando la comercialización de estructuras provisionales de primera categoría en el mercado nacional, abordando básicamente las mismas industrias que su casa matriz, fuertemente apalancados por la potente industria minera y energética nacional. El alcance geográfico es para todo el país. Si bien es cierto no posee representantes en todas las regiones, se posiciona estratégicamente con bodegas cerca de los polos de desarrollo, de tal forma que la fuerza comercial se despliega por todo el país de una forma muy eficiente. La compañía está compuesta por cuatro sucursales. La primera sucursal, y casa matriz se encuentra en Santiago y abarca toda la zona centro, desde Constitución por el sur hasta la ciudad de La Serena en el lado norte. La segunda sucursal se ubica en la ciudad de Concepción, y abarca desde Constitución en el norte hasta el extremo sur del país en Punta Arenas. Si bien es cierto, esta zona, la gerencia zona sur, es la más extensa, el desarrollo principal se concentra en el lado norte, mientras que en las regiones más australes los focos de desarrollo son muy localizados y por lo tanto pueden ser atendidos de manera eficiente con una buena estrategia comercial. La tercera sucursal se ubica en la ciudad de Antofagasta y abarca toda la zona del norte grande desde Tal Tal hasta Arica. Hace dos años se inauguró la cuarta sucursal que se ubica en la ciudad de Copiapó y que abarca desde La Serena hasta Tal Tal. Este importante paso fue motivado por el gran desarrollo de la zona del norte chico, y por el gran desgaste comercial que significaba atender la zona desde Antofagasta y Santiago.

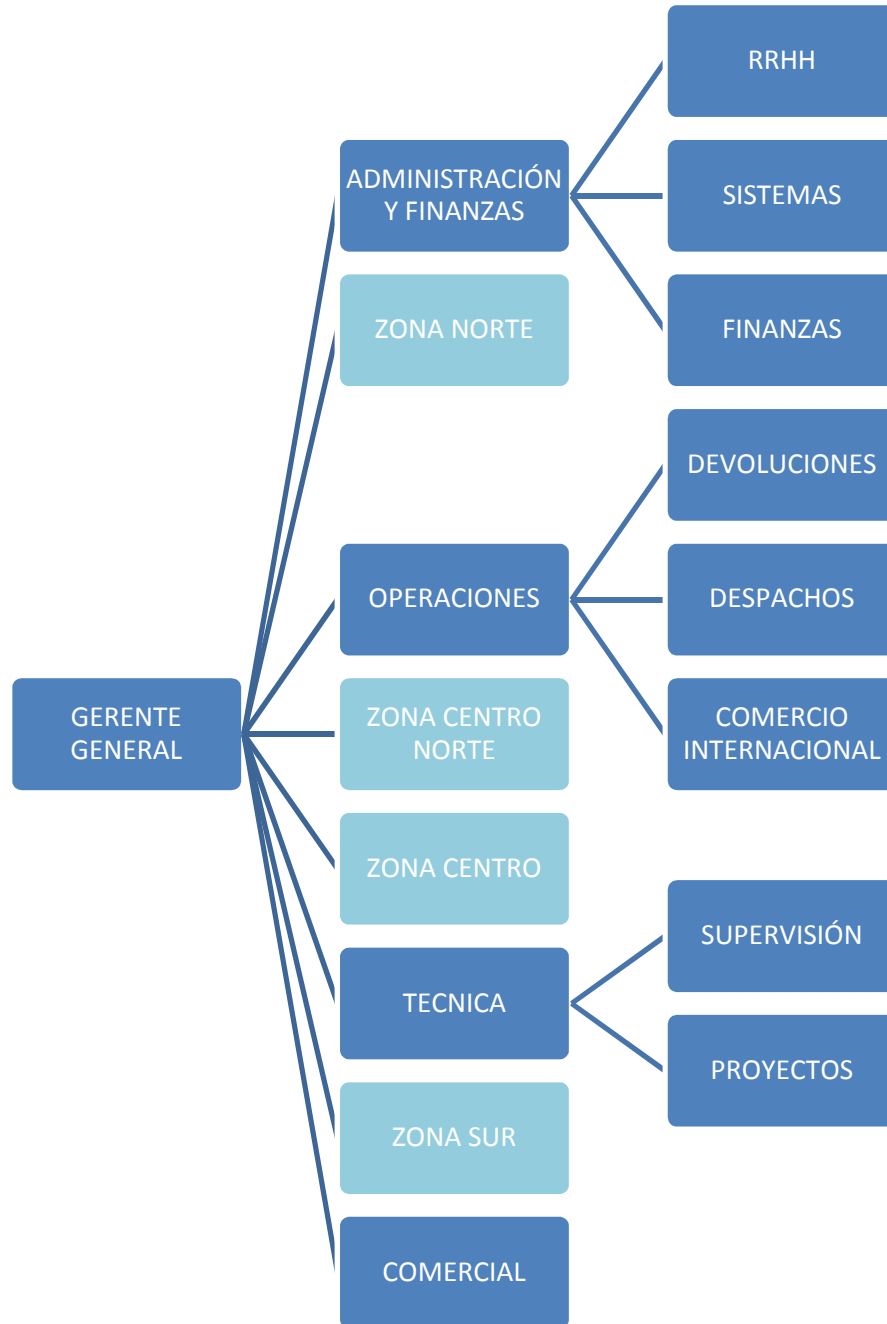
Administrativamente la organización se representa matricialmente. La primera fila de la matriz está compuesta por las cuatro zonas geográficas, encabezadas por un gerente zonal y la primera columna representa las cuatro gerencias de servicios: Gerencia de Administración y Finanzas, Gerencia de Operaciones, Gerencia Comercial y Gerencia Técnica. Cada una de las gerencias de servicio se preocupa de generar las condiciones para que cada zona pueda desarrollar principalmente la gestión de ventas sin inconvenientes. Todas las zonas, así como las gerencias de servicios, son supervisadas por el Gerente General, quien define los lineamientos y objetivos para las áreas y luego las apoya para llevarlos a cabo.

Tabla 1: Organización matricial de la compañía.

		GERENTE GENERAL			
GERENTE GENERAL		GERENTE ZONA SUR	GERENTE ZONA CENTRO	GERENTE ZONA CENTRO NORTE	GERENTE ZONA NORTE
	GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN Y FINANZAS		X		
	GERENCIA DE OPERACIONES	X	X	X	X
	GERENCIA COMERCIAL	X	X	X	X
	GERENCIA TECNICA	X	X	X	X

Solo las gerencias comercial y de operaciones están presentes en todas las zonas geográficas. La gerencia de administración y finanzas, que también gestiona la dirección de recursos humanos y la dirección de sistemas, solo está presente en la zona centro. Así mismo, la gerencia técnica, que dirige las áreas de estudio de proyectos y de supervisión, solo está presente directamente en cada sucursal con esta última área. Los proyectos son evaluados en la oficina central, y son enviados digitalmente a cada solicitante.

Fig. 4: Organigrama.



2.2. Descripción del mercado.

En cada una de las zonas se abordan varios tipos de mercados, con distinta relevancia en cada una de ellas.

Tabla 2: Principales áreas de desempeño por sucursal e importancia global.

Tipo de Industrias	Zona Sur	Zona Centro	Zona Centro-Norte	Zona Norte	Total
Forestal	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%
Eventos y Espectáculos	0,5%	1,9%	0,0%	0,2%	2,6%
Restauración, torre móvil, distribuidores	0,3%	0,9%	0,2%	3,5%	4,8%
Construcción Minería	0,0%	1,8%	1,5%	9,0%	12,3%
Construcción Energía	3,5%	2,2%	1,5%	7,5%	14,7%
Mantenimiento Industrial	7,3%	11,0%	2,2%	12,5%	33,0%
Construcción de Infraestructura	2,0%	3,0%	2,0%	0,7%	7,7%
Edificación Comercial	2,9%	2,4%	1,6%	0,8%	7,7%
Edificación Habitacional	2,5%	6,4%	0,6%	1,1%	10,6%
Agricultura	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Pesquera/Naval	2,0%	0,0%	0,0%	0,2%	2,2%
Total	25,5%	29,6%	9,5%	35,5%	100,0%

Cada uno de los mercados mencionados anteriormente posee particularidades, con distintos tipos de requerimientos, desde el punto de vista del volumen de equipo solicitado, hasta el tipo de soluciones que se necesitan.

Al revisar la tabla número 2 resulta evidente que algunos mercados concentran la mayor demanda, o cantidad de despachos. Dichos mercados se pueden agrupar en 2 grandes grupos y son los siguientes:

- Mantenimiento Industrial (33,0%):
 - Celulosa.
 - Minería.
 - Energía.
- Construcción (52,9%):
 - Plantas de energía.

Plantas mineras.

Habitacional.

Comercial.

Infraestructura.

El mercado de la construcción está más segregado que el del mantenimiento industrial, debido a que representa el rubro original en el cual la compañía se desenvolvía originalmente. En un futuro no se descarta desagregar también el mercado de la mantención, sin embargo, esto no será tema de este trabajo, y al igual que en puntos anteriores, se propone como un estudio para el futuro.

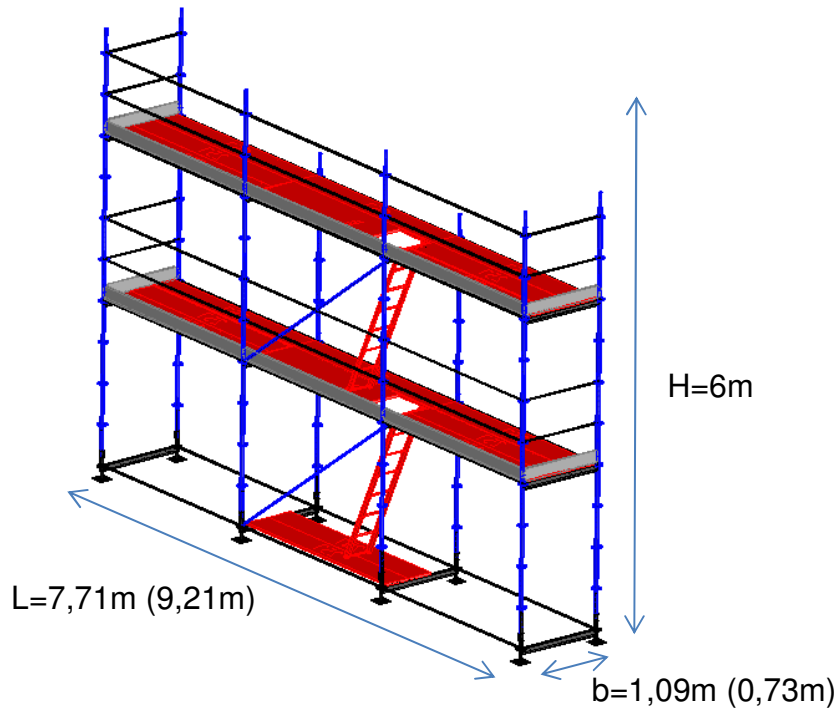
Para efectos del presente estudio se considerarán los 2 grandes grupos mencionados anteriormente.

Si bien es cierto, se identifican 2 grandes grupos como los principales receptores de los equipos, las soluciones o tipos de estructuras utilizadas en ellos no difieren mayormente en cuanto al tipo de elementos. La principal diferencia está en el tamaño de las soluciones, y en la cantidad de requerimientos. Si por un lado, la industria de la construcción requiere grandes soluciones, estas son en menor número comparado con la industria del mantenimiento, que requiere muchas soluciones pero más pequeñas.

Las estructuras más utilizadas corresponden a plataformas tipo fachadas, módulos continuos tanto en sentido longitudinal como vertical. Este tipo de estructuras presentan una configuración conocida, que utiliza un tipo de piezas acotado que representan los elementos de mayor rotación dentro del activo y que por lo tanto son críticos a la hora de cumplir con el objetivo del "Suministro Oportuno" definido en la misión de la compañía.

En las figuras 1 y 2 se muestra una solución específica, poco habitual, con el afán de mostrar al lector la gran versatilidad y variedad de estructuras posibles de materializar con estos equipos. En la figura número 3, mostrada a continuación, se detalla por el contrario la plataforma de trabajo típica (fachada), mencionada en el párrafo anterior, y utilizada tanto en la construcción como en la mantención. En ella se distinguen plataformas de trabajo de 3 niveles de altura (6m), compuesta por 3 módulos longitudinales de 2,57m, 3,07m o una combinación de ellos en el avance. El ancho típico de estas estructuras es 0,73m o 1,09m.

Fig. 5: Andamio de fachada típico.



La solución mostrada en la figura anterior define en buena medida la generalidad de los requerimientos más habituales, donde las modificaciones de un proyecto a otro (faena o mercado) dicen relación con la cantidad de módulos a considerar tanto en altura como en avance, así como el ancho necesario. La proporción de elementos constitutivos es prácticamente constante, y para efectos prácticos, no depende de la dimensión completa de la estructura.

Las medidas de 0,73m, 1,09m, 2,57m y 3,07m mencionadas en este punto son fundamentales para este trabajo ya que definen las piezas de mayor rotación de la bodega.

La definición de elementos críticos no es antojadiza. Las soluciones típicas, o las más solicitadas, definen en gran medida cuales son los elementos más importantes, que no deberían faltar en la bodega, o al menos estar bien compensados. Esta definición se abordará más en detalle en la capítulo III “Metodología y Desarrollo”.

2.3. Definición de Inventario.

Inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. En las compañías de servicios, a diferencia de algún rubro manufacturero, el término inventario se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio. Un sistema de inventario es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y que tan grandes deben ser los pedidos. En el caso de LDP, el inventario se refiere a las existencias disponibles en bodega, tanto para los negocios de venta como arriendo y no se considerarán los suministros necesarios para mantener el servicio. El propósito básico del análisis del

inventario tanto para la manufactura o los servicios, es especificar primero, cuándo es necesario pedir más piezas, y segundo, qué tan grandes deben ser los pedidos.

2.4. Propósitos del Inventario.

Para este trabajo, se rescatan tres propósitos principales que distingue la literatura para gestionar un inventario, los que se detallan a continuación:

- Para cubrir la variación de la demanda, la que es muy difícil de predecir y que en el caso de este trabajo depende de las necesidades de cada industria en particular. Se estiman cantidades para cada proyecto, sin embargo, la versatilidad y utilidad de los equipos es tan alta que las proyecciones sufren cambios ya sea para aumentar las solicitudes o disminuirlas.
- Protección contra la variación en el tiempo de la entrega de los equipos de parte del fabricante, considerando que el proveedor es uno solo, y que sus tiempos de entrega son superiores a 45 días producto de la distancia geográfica. Esta es la principal variable a tener en consideración a la hora de gestionar las existencias en bodega y de definir los niveles de confiabilidad.
- Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido. Mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

Se descartan los propósitos de flexibilidad en la programación de la producción ya que no es asimilable al modelo de una empresa de servicio, sino más bien a la manufactura, y el de mantener la independencia de las operaciones ya que las 4 sucursales manejan su propio inventario.

En virtud de los antecedentes y al elevado costo de mantención el inventario, es que se justifica realizar un análisis acabado del sistema. Es un hecho que una correcta gestión de los activos no pasa necesariamente por tener grandes cantidades de equipos almacenadas.

2.5. Costos del Inventario.

En la literatura se definen cuatro tipos de costos fundamentales para determinar el costo total mínimo que resulta de los efectos combinados de cuatro costos individuales, estos son: costo de mantenimiento (o transporte), costo de configuración (o cambio de producción), costos de pedidos y costos faltantes. En el caso de este trabajo se excluye el costo de configuración, ya que aplica a la industria de manufacturas, y no es asimilable a la industria de servicios.

2.6. Demanda independiente y dependiente.

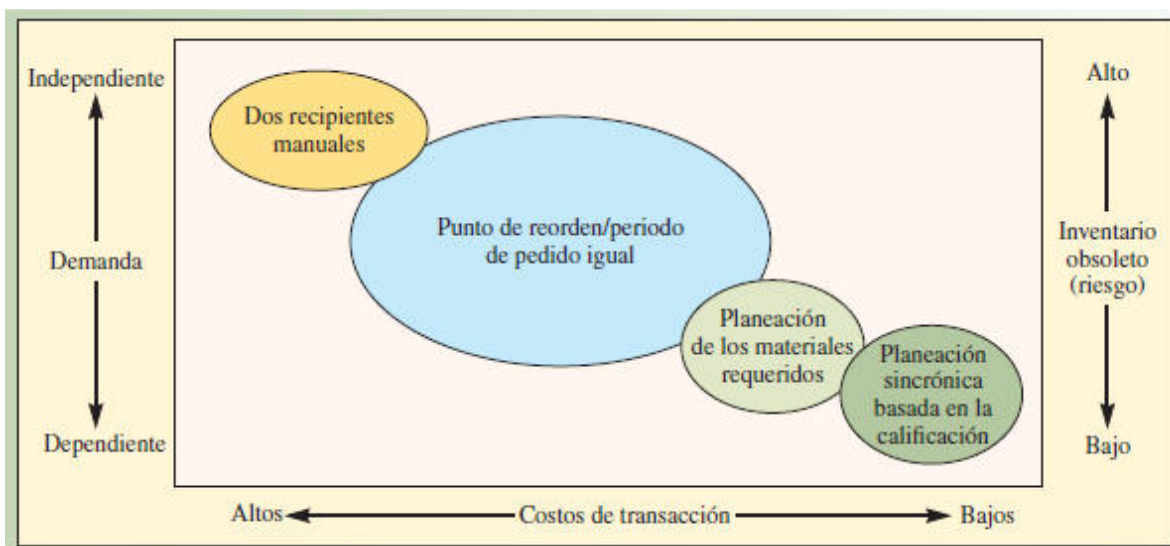
Se utiliza este término para definir si la demanda deriva de una pieza final o si se relaciona con la pieza misma. En la demanda independiente, las demandas de varias piezas no están relacionadas entre sí. En la demanda dependiente, la necesidad de cualquier pieza es un resultado directo de la necesidad de otra.

En teoría, la demanda dependiente es un problema de cálculo relativamente sencillo. Simplemente se calculan las cantidades necesarias de

una pieza de demanda dependiente, con base en el número necesario en cada pieza de nivel superior del que forma parte. Por ejemplo, una estructura provisoria, como el comúnmente utilizado andamio de fachada, requiere entre otros elementos, 4 bases y 2 marcos. El número de bases depende de la estructura en particular y no se deducen por separado. Por otra parte, la demanda de estructuras provisorias como unidades es independiente; proviene de varias fuentes externas al proveedor y no forma parte de otros productos.

Para determinar las cantidades de soluciones independientes a despachar, el área comercial realiza pronósticos y proyecciones a partir de diversos métodos como encuestas a clientes, tendencias económicas o sociológicas, etc. Como la demanda independiente es incierta, es necesario manejar unidades adicionales en el inventario, y que representa la razón de este trabajo.

Fig. 6: Lógica del control de inventarios.



La lógica del control de inventarios implica realizar sacrificios que es necesario entender. En el caso de este trabajo, el costo de las transacciones es medianamente alto, debido a que por un lado existe un bajo nivel de automatización, ya que la necesidad de pedir los determinados elementos depende básicamente de la participación de los trabajadores involucrados. Por otro lado, la integración es más avanzada, ya que los pedidos se transfieren automáticamente al proveedor de manera electrónica, para posteriormente ser ingresados previa recepción y revisión de los especialistas para su posterior despacho.

El riesgo de la obsolescencia prácticamente no existe, ya que se trata de elementos metálicos que no se degradan ni desgastan debido a su naturaleza (acero galvanizado mayoritariamente). Además, presentan una alta rotación.

El tipo de demanda asociada a las piezas que se utilizan en este trabajo se define como independiente, ya que la cantidad de plataformas de trabajo que se requieren, así como su tipo y configuración, dependerá del tipo de faena, restricciones de seguridad, etc. Esta demanda sin embargo, se proyectará de acuerdo a las estimaciones del departamento de ventas y principalmente al comportamiento histórico del mercado. De esta forma, se tratará de transformar una demanda independiente en una dependiente que es más simple de predecir.

2.7. Sistemas de inventarios.

Es difícil, y a veces imposible, obtener los costos reales de pedido, preparación, manejo y faltantes. Incluso las suposiciones en ocasiones son irreales. Por ejemplo, la los costos de pedido que se suponen lineales, en la realidad son discretos, con el caso real en el que cada adición al personal provoca un incremento significativo en el costo.

Todos los sistemas de inventarios presentan dos problemas importantes: mantener un control adecuado sobre cada pieza del inventario y garantizar que se lleven los registros exactos de existencias disponibles.

La literatura distingue los sistemas de inventarios de periodo único y los de múltiples períodos.

Para los sistemas de periodo único es fundamental disponer de información suficiente que permita estimar la probabilidad de que un elemento determinado no se venda, es decir, considerar las ganancias y pérdidas potenciales asociadas a almacenar demasiados o muy pocos elementos. En el caso de LDP el valor de venta de cada elemento es en promedio 2UM (unidades monetarias). En el caso de no disponer de algún elemento en particular se debe sub arrendar a un costo de 5UM. En este caso, el costo marginal de sobre estoquear la bodega es de 2UM, mientras que el costo de subestimar la demanda es de 5UM. El nivel de inventario óptimo, utilizando el análisis marginal, ocurre en el punto en que los beneficios esperados derivados de manejar la siguiente unidad son menores que los costos esperados para esa unidad.

Co = Costo de la unidad sobrestimada.

Cu = Costo de la unidad subestimada.

Si P es la probabilidad de que la unidad no se venda, entonces la ecuación de costo marginal se escribe de la siguiente forma:

$$P \times Co \leq (1 - P) \times Cu$$
$$P = \frac{Cu}{Cu + Co}$$

Donde despejando P se obtiene que la probabilidad de que no se venda, debe ser menor o igual que 71,4%.

Este trabajo se referirá principalmente a los sistemas de períodos múltiples, ya que los elementos utilizados por LDP se utilizan de manera periódica por lo tanto la decisión de compra comprende piezas que se va a adquirir en forma reiterativa y es necesario mantener un inventario para utilizarla según la demanda.

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario de varios periodos: los modelos de cantidad de pedido fija (modelo Q) y modelos de periodo fijo (modelo P). Los sistemas de inventario de varios periodos están diseñados para garantizar que una pieza estará disponible todo el año. Por lo general, la pieza se pide varias veces en el año; la lógica del sistema indica la cantidad real pedida y el momento del pedido.

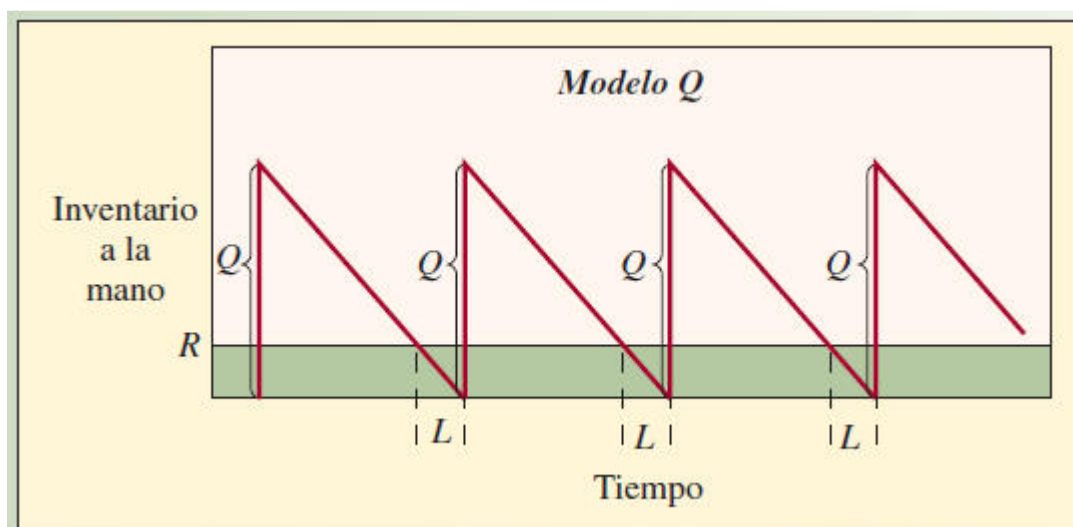
La distinción fundamental es que los modelos de cantidad de pedido fija se basan en los eventos y los modelos de periodo fijo se basan en el tiempo. Es decir, un modelo de cantidad de pedido fija inicia un pedido cuando ocurre el evento de llegar a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido. Este evento puede presentarse en cualquier momento, dependiendo de la demanda de las piezas

consideradas. En contraste, el modelo de periodo fijo se limita a hacer pedidos al final de un periodo determinado; el modelo se basa sólo en el paso del tiempo.

Para utilizar el modelo de cantidad de pedido fija (que hace un pedido cuando el inventario restante baja a un punto predeterminado, R), es necesario vigilar continuamente el inventario restante. Por lo tanto, el modelo de cantidad de pedido fija es un sistema perpetuo, que requiere de que, cada vez que se haga un retiro o una adición al inventario, se actualicen los registros para que reflejen si se ha llegado al punto en que es necesario volver a pedir.

Bajo los siguientes supuestos, un modelo de cantidad fija se puede graficar así:

Fig. 7: Modelo básico de cantidad de pedido fija.



Donde se asume que la demanda es constante y uniforme, el tiempo para recibir el pedido y el precio por unidad del producto también es constante.

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso consiste en desarrollar una relación funcional entre las variables de interés y la medida de efectividad. En este caso, como preocupa el costo, la ecuación siguiente es la más apropiada:

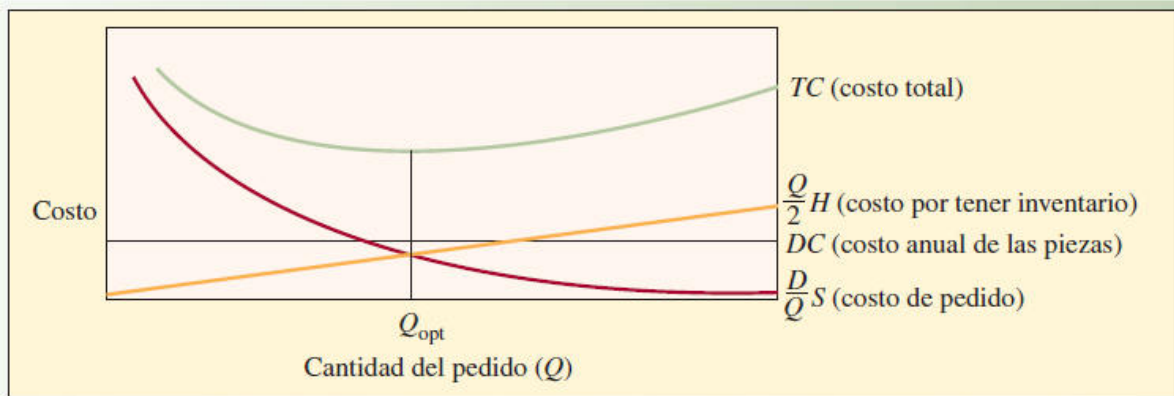
$$TC = DC + \frac{D}{Q} \cdot S + \frac{Q}{2} \cdot H$$

donde

TC	Costo total anual.
D	Demanda anual.
C	Costo por unidad.
Q	Cantidad a pedir.
S	Costo de hacer un pedido.
R	Punto de volver a pedir.
L	Tiempo de entrega.
H	Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio. Por lo general $H = i \times C$, donde i es un porcentaje de costo de manejo.

El segundo paso en el desarrollo de modelos consiste en encontrar la cantidad de pedidos Q_{opt} en la que el costo total es el mínimo.

Fig. 8: Costos anuales del producto con base en el tamaño del pedido.



$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$$

Como la demanda es constante, no es necesario tener inventario de seguridad, y el punto de volver a pedir, R, es simplemente:

$$R = \bar{d} \cdot L$$

donde

\bar{d} = demanda diaria promedio.

El inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada. En una distribución normal, ésta sería la media. Por ejemplo, si la demanda mensual promedio es de 100 unidades y se espera que el próximo mes sea igual, si se manejan 120 unidades, se tienen 20 unidades de inventario de seguridad. El inventario de seguridad se puede determinar con base en varios criterios diferentes. Un enfoque común es que una compañía establezca que cierto número de semanas o meses de suministros se van a almacenar en el inventario. Sin embargo, es mejor utilizar un enfoque que capte la variabilidad en la demanda.

Por ejemplo, el objetivo puede ser “establecer el nivel de inventario de seguridad de modo que sólo haya 5% de probabilidad de que las existencias se agoten en caso de que la demanda exceda las 300 unidades”. A este enfoque de establecer los inventarios de seguridad se le conoce como enfoque de probabilidad.

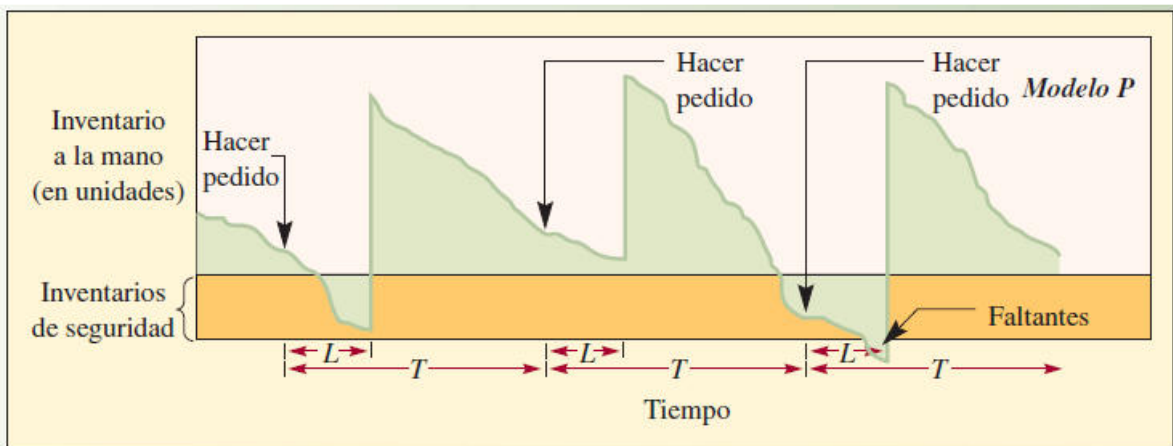
Para utilizar el criterio de la probabilidad para determinar los inventarios de seguridad, se supone que la demanda en un periodo tiene una distribución normal con una media y una desviación estándar conocida (supuesta en función de la demanda histórica y antecedentes del área comercial, marketing, etc.). Para determinar la probabilidad de un faltante durante el periodo, simplemente se traza una distribución normal para la demanda esperada y se observa el lugar de la curva en que cae la cantidad disponible.

Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. El sistema de cantidad de pedido fija supone el rastreo continuo del inventario disponible y que se hará un pedido al llegar al punto correspondiente. En

contraste, los modelos de periodo fijo estándar suponen que el inventario sólo se cuenta en el momento específico de la revisión. Es posible que una demanda alta haga que el inventario llegue a cero justo después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Por lo tanto, es probable que el inventario se agote durante todo el periodo de revisión, T , y el tiempo de entrega, L . Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra las existencias agotadas en el periodo de revisión mismo, así como durante el tiempo de entrega desde el momento en que se hace el pedido hasta que se recibe.

Si bien es cierto, los modelos de pedido fijo son más económicos ya que se quieren menores niveles de inventario y por lo tanto un menor costo financiero, LDP establece para su política de inventario un modelo de periodo fijo. Esto se debe que existe la restricción por parte de la casa matriz en Alemania de que los pedidos se pueden realizar cada 2 semanas y no cada vez que LDP estime conveniente. Por lo tanto, la revisión de los niveles de inventario se controlan periódicamente cada 2 semanas. En un modelo de periodo fijo, el conteo se lleva a cabo sólo en el periodo de revisión.

Fig. 9: Modelo de inventario de periodo fijo con inventario de seguridad.



En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T), donde el tiempo de entrega (L) es conocido y el inventario de seguridad (I_s) que es necesario volver a pedir es:

$$I_s = z \cdot \sigma_{T+L}$$

En la figura 9 muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de T y un tiempo de entrega constante de L . En este caso, la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media d . La cantidad a pedir, q , es:

$$q = \bar{d} \cdot (T + L) + z \cdot \sigma_{T+L} - I$$

donde I es el inventario al momento de realizar el pedido y que incluye las unidades pedidas que vienen en viaje.

2.8. Control de inventarios y control de la cadena de suministro.

La forma de manejar las piezas utilizando la lógica de control de inventarios se relaciona directamente con el desempeño financiero de la compañía. Una medida clave que se relaciona con el desempeño de la compañía es la rotación de inventarios. La que se calcula como sigue:

$$\text{Rotación de inventarios} = \frac{\text{Costo de los bienes vendidos}}{\text{Valor promedio del inventario}}$$

o

$$\text{Rotación de inventarios} = \frac{D}{\frac{Q}{2} + I_s}$$

donde D es la demanda anual y Q la cantidad pedida.

2.9. Modelos de precio descontado.

El modelo de precio descontado maneja el hecho de que, en general, el precio de venta de una pieza varía según el tamaño del pedido. Se trata de un cambio discreto en lugar de unitario. Para determinar la cantidad óptima a pedir de cualquier pieza, sólo se tiene que calcular la cantidad económica de pedido para cada precio y en el punto de cambio de precio. Pero no todas las cantidades económicas de pedido que la fórmula determina son factibles. la fórmula Q_{opt} podría indicar que la decisión óptima en un precio determinado es una cantidad tal, que se encuentra fuera del rango donde el precio es aplicable.

En general, para encontrar la cantidad a pedir al menor costo, se necesita calcular la cantidad económica de pedidos para cada precio posible y revisar si la cantidad es factible. Es posible que la cantidad económica de pedido calculada sea más alta o más baja que el rango al que corresponde el precio. Cualquier cantidad factible es una posible candidata. También se necesita calcular el costo para cada una de las cantidades con precio descontado, ya que se sabe que ese precio es factible en estos puntos y el costo total podría ser el más bajo de estos valores.

Para simplificar los cálculos, el costo de mantenimiento se basa en un porcentaje del precio unitario. En este caso, sólo se necesita revisar un subconjunto de las cantidades con precio descontado.

III. CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.

Para realizar este trabajo, se consideró como la principal fuente de información, los datos levantados por la compañía entre el 01 de abril de 2011 y el 31 de octubre de 2014. A esta información se le llamará demanda histórica. Estos datos consideran entre otros parámetros, el tipo de elemento despachado, la cantidad, la fecha del despacho, cliente/obra, etc. El concepto cliente/obra representa simplemente un cliente de un mercado particular. Es importante hacer la distinción, porque un mismo cliente en la práctica (un RUT) puede tener varias obras o proyectos en diferentes mercados. Por esta razón, el cliente se identifica con el par cliente/obra.

La evolución de los despachos redundando en la evolución de las existencias en bodega. Esta fluctuación representa finalmente la variable crítica que controla todo el desarrollo del trabajo. Es precisamente esta variable la que se busca controlar o predecir para hacer más eficiente la gestión de los activos.

Si bien es cierto, lo ideal sería poder estimar el costo financiero del almacén no solo considerando el volumen del activo en bodega, sino también, el costo de oportunidad de tener equipos que no están compensados y que por lo tanto no pueden ser utilizados, sin embargo, este punto se deja propuesto para un proyecto futuro, que podrá utilizar la información levantada en este trabajo como un complemento para las herramientas necesarias para conocer y estimar dicho costo de oportunidad.

Un modelo de flujo de caja puede ser una buena herramienta para evaluar el impacto de los excedentes de inventario así como de los inventarios descompensados que no pueden ser suministrados, por lo tanto se deja propuesto como tarea para un trabajo futuro.

Se definieron como variables principales el tamaño de la bodega (1000 toneladas) y capital financiero inmovilizado (3 millones de euros). Estas variables pueden ser modificadas o corregidas según el escenario del periodo de evaluación o por ajuste al modelo de negocio. Una variable adicional que no es estrictamente necesaria para el análisis es el volumen de ventas mensual (2 millones de euros), ya que en un principio no se puede garantizar la rentabilidad del negocio. Visto de otra manera, esta variable puede definir a partir de que volumen de ventas el negocio es rentable.

En este punto es importante mencionar que tal como se explicó anteriormente, el negocio de la compañía es la venta y arriendo de estructuras, por lo que en rigor existen 2 bodegas distintas, una que suministra elementos en venta, y otra que se preocupa de entregar los equipos en arriendo. En teoría la bodega de arriendo es infinita, ya que si los niveles de stock bajan demasiado, lo que se hace es traspasar o “vender” más equipos desde la bodega de ventas a la bodega de arriendos. Este aspecto ha sido un punto crítico de la operación, lo que había generado, hasta antes de comenzar con este estudio, la mayor cantidad de problemas (quiebres de stock), ya que para no dejar sin suministro a clientes de arriendo, se sacrificaban suministros en venta que representan un mayor ingreso por volumen de facturación, pero un menor trauma para el usuario. Esto, ya que clientes en arriendo representan habitualmente proyectos que por lo general ya están en marcha, y por lo tanto si se congela el suministro, el efecto puede ser desastroso tanto para el cliente por incumplimientos con el mandante, como para LDP por el prestigio y seriedad que lo caracteriza.

Así como anteriormente se planteó la evaluación del costo de oportunidad como un tema a estudiar en el futuro, de este último punto se puede desprender otro potencial foco de atención, que dice relación con el tamaño óptimo de las bodegas de arriendo y venta. En primera instancia se podría pensar que no es relevante, sin embargo, activos en arriendo y activos sin utilizar que se encuentran detenidos en el stock de venta, tienen un tratamiento financiero diferente. Estas características podrían traducirse en que para determinados escenarios puede ser más conveniente tener que variar las proporciones entre arriendo y venta, considerando que el tamaño físico de almacenaje es limitado.

Lo que respecta al cumplimiento de los requerimientos de los clientes, o simplemente al servicio, es lo que motiva que el foco principal del análisis se centre en la correcta compensación de la bodega de ventas, es decir, considerando solamente la demanda de elementos para venta mes a mes, ya que con esto funcionando de manera correcta, el arriendo no debería presentar inconvenientes.

Distinto es el caso de las bodegas de arriendo ubicadas en las sucursales, donde el proveedor (LDP zona centro) no se encuentra en el mismo lugar físico, sino que a cientos de kilómetros de distancia. Para estos casos se podrá utilizar el mismo modelo con las variables ajustadas en el futuro, sin embargo, esto no formará parte de este trabajo y se propone como tema de estudio y revisión para análisis posteriores.

Se investigó la demanda y se desagregó por tipo de mercado, es decir, para las áreas de construcción, industrial, eventos y espectáculos, etc., ya que como se explicará más adelante, cada mercado tiene patrones de comportamiento diferentes, que condicionan los tipos de elementos y volumen existentes en bodega. De esta forma, se puede lograr una estimación de cantidad y tipo de equipos más certera según sea la estimación de comportamiento del mercado futuro.

Desde el punto de vista práctico, esta tesis se realizó a partir de la aplicación del modelo al mercado 2014. Ha permitido hasta el momento sortear sin contratiempos importantes la actual coyuntura económica. El riesgo de no prever un escenario como el actual podría haberse traducido en bodegas colmadas de equipos (como le sucede actualmente a varios competidores), con el consiguiente costo financiero. Sin embargo, a comienzos de año, a partir de este modelo, y asumiendo una baja en la demanda de equipos para faenas de construcción, se planificó y enfocó el negocio en la industria del mantenimiento, reordenando los equipos a importar para tener una bodega compensada y preparada para el escenario planteado.

Finalmente, y como herramienta de gestión para la operación permanente de la compañía, se entregó la aplicación en Microsoft Excel al departamento de operaciones, de manera tal que ellos puedan realizar los ajustes que sean necesarios al modelo ante eventuales cambios en los niveles de servicio deseados y cada vez que estimen conveniente.

Como se ha dicho anteriormente, el inventario de activos puede presentar algunas imprecisiones en la composición de la bodega y los quiebres de stock sucedían de manera más habitual de lo deseable. Las mejoras implementadas a

la fecha en la gestión de los activos se han hecho en base a los antecedentes entregados por los registros de la misma demanda histórica que se utilizará para este trabajo. Básicamente, lo que se realiza a la fecha, es verificar el promedio de la demanda mensual o semanal de cada artículo, se establece el grado de importancia del artículo, y a partir de esto, se busca siempre mantener un stock disponible por un determinado número de meses, según la importancia de cada elemento. El valor de las existencias se determina actualmente por 2 factores. El primero, es el promedio de los consumos mensuales históricos, y el segundo, según sea la definición de la criticidad del elemento. Se cataloga como de alta, media o baja rotación y se le asocia el número 1, 0 o -1 respectivamente.

Bajo la lógica del sistema de gestión de calidad, la empresa opera bajo el principio de la mejora continua. Este principio implica directamente operar bajo estándares de calidad mínimos. Al hablar de calidad, se habla de procesos claros y eficientes, de personal educado y capacitado en las distintas funciones que desempeñen, de revisión periódica por parte de la gerencia y de la permanente búsqueda de paradigmas dentro de la organización. Estas acciones guían a la compañía hacia una reducción de costos, de desperdicios, de contaminación, de tiempos de espera, así como un aumento en la satisfacción de los clientes y una motivación permanente de la fuerza laboral.

Bajo esta premisa, es que se define la siguiente metodología para solucionar el problema:

- Definición del problema. Dar a conocer el hecho de la forma en que se manifiesta
- Una vez conocidas las aristas que definen el problema en toda su dimensión se consideran los efectos más incidentes para evitar invertir esfuerzos que no serán tan fructíferos como pudiesen.

Para la mejora del sistema de inventarios se utilizarán las metodologías definidas en el libro de administración de operaciones, que se menciona en las referencias bibliográficas.

- i. Modelos de cantidad de pedido fija con inventarios de seguridad.
- ii. Modelos de periodos fijos con inventarios de seguridad.

Todo el análisis se basó en el registro de antecedentes históricos existente en la compañía, desagregado por elemento. Claramente esta información posee sesgo, ya que la historia de la compañía se remonta 15 años atrás, y debido a la ausencia de datos no es posible conocer como varió exactamente la demanda en años anteriores.

La variable tasa de crecimiento de la demanda tiene efectos importantes sobre el tamaño de la bodega, sin embargo no se estudió en este trabajo, pero se deja propuesto como tema de estudio para el futuro. Esto se debe hacer evaluando cómo afectará en un mediano plazo el nivel de servicio si se asume que el tamaño físico disponible de almacenaje se mantiene constante a lo menos por 3 años.

Para definir la evolución de los activos se parametrizó una fórmula, a partir de criterios establecidos explícitamente, y así se pudo definir cuando un elemento se cataloga como de alta, media o baja rotación.

Se consideró también que la capacidad de importación es limitada, y no puede superar los 16 contenedores al mes, y los pedidos deben ir con períodos de desfase mínimo de 2 semanas, y con plazos de entrega de 45 días.

IV. CAPÍTULO 4. DESARROLLO

Planeación de inventario tipo J-K.

Mantener el inventario mediante el conteo, la elaboración de pedidos, la recepción de existencias, etc., requiere de tiempo del personal y cuesta dinero. Cuando existen límites para estos recursos, el movimiento lógico consiste en tratar de utilizar los recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. En otras palabras, enfocarse en las piezas más importantes en el inventario.

Para esto, se aplicó el principio de Pareto, enfocándose en las piezas que representan el 80% del movimiento, las que a su vez representan la minoría de las piezas y concentran la mayor parte de la inversión.

Cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir una pieza y cuántas unidades ordenar. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una. Para evitar este problema, el esquema de clasificación J-K (J-K-L simplificado) divide las piezas de un inventario en dos grupos: volumen de movimiento alto (J) y volumen movimiento bajo (K). El volumen del movimiento tiene implícito la significancia o la importancia de cada elemento, por lo tanto, una pieza de bajo movimiento es una pieza poco importante.

Los distintos elementos se denominan a partir de un número correlativo y según la familia a la que pertenecen. Se definen 4 familias, la A, B, U y O. La familia U se refiere a las piezas “universales” que son compatibles directamente con las familias A y B. La familia O, son “otros”, y se refiere principalmente a elementos de poca relevancia. El universo de elementos está compuesto por más de 500 elementos diferentes, sin embargo, solo unos pocos son relevantes. A continuación se detalla una tabla con los principales elementos, así como su peso y precio.

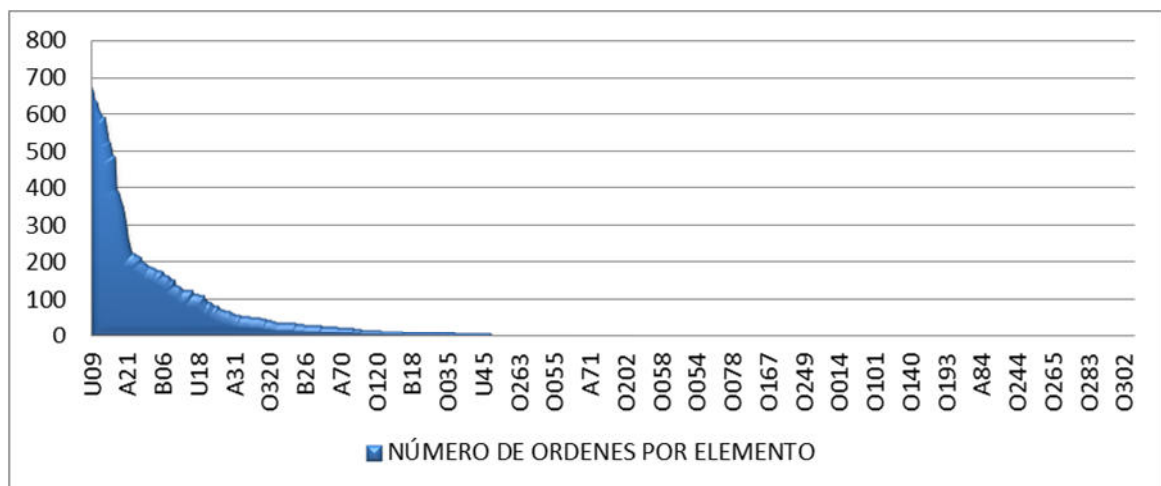
Tabla 3: Descripción de los principales elementos del sistema.

CÓDIGO	PESO	PRECIO
A01	1,41	12,12
A02	5,52	25,8
A03	10,17	42,36
A04	3,1	19,8
A05	4,3	23,64
A06	5,9	28,92
A07	7,8	33,84
A08	9,38	38,64
A09	11,4	43,56
A10	3,06	23,04
A11	4,4	34,2
A12	7,7	41,76
B01	18,8	74,28
B02	6,5	40,56
B03	13,3	73,08
B04	4,7	18,36
B05	5,6	19,68
B06	4,4	31,92

B07	7,8	32,52
B08	8,3	33,72
B09	6,4	42,96
B10	2,8	14,16
B11	1,8	11,52
B12	5,6	17,76
B13	6,8	18,6
B14	3,8	17,16
B15	8	53,4
B16	10	60,72
U01	9,4	135,36
U02	6	51,36
U03	8,4	52,44
U04	11,9	54
U05	15	60,48
U06	18,2	69,72
U07	21,5	79,2
U08	24	283,32

A continuación se muestra un gráfico de frecuencia de órdenes (o pedidos) de todos los elementos movilizados durante el periodo que se dispone de la información. El número de pedidos no representa la cantidad de unidades solicitadas, sino que la cantidad de veces que distintos clientes solicitaron una determinada cantidad de esas piezas. Por ejemplo, un pedido X puede estar compuesto por 100 bases y 500 plataformas, mientras que un pedido Y por 30 plataformas y 10 diagonales (la diferencia en la magnitud de las cantidades no es casual). Con esta configuración se tienen 2 pedidos de bases, un pedido de plataformas y un pedido de diagonales. En esta tabla de frecuencia no es relevante la cantidad de elementos solicitados.

Gráfico 1: Frecuencia de órdenes de elementos.



El rápido decaimiento es evidente. De un total de 21.585 órdenes, el 80% se alcanza solamente con 70 elementos, de un total de 550 elementos movilizados.

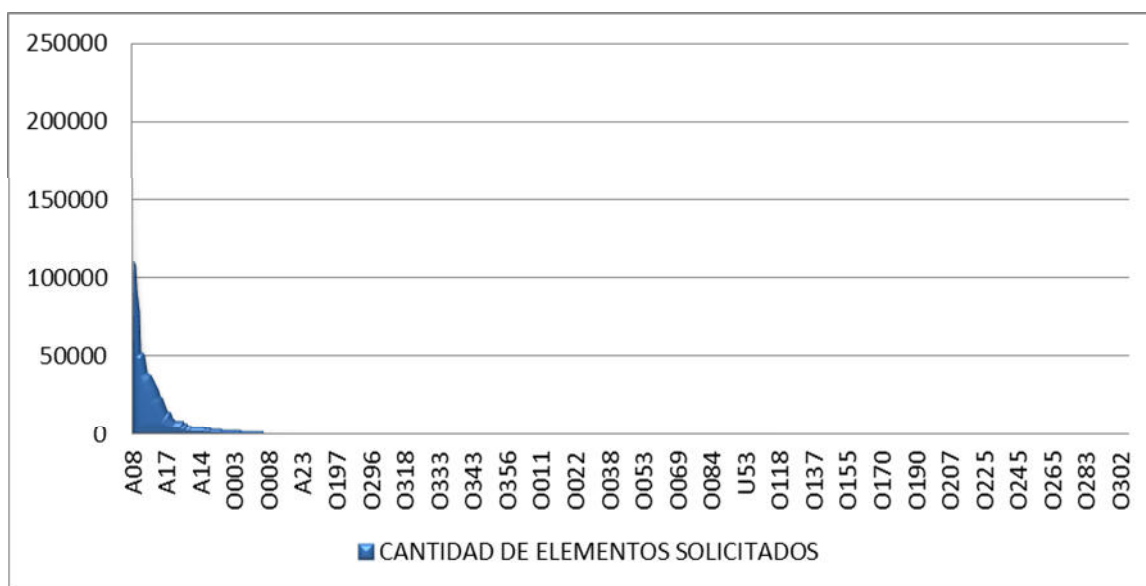
Tabla 4: Frecuencia de órdenes de elementos.

CÓDIGO	N° ORDENES	ACUMU- LADO
U09	681	3%
U06	659	6%
A03	638	9%
A08	633	12%
A13	615	15%
A02	600	18%
U08	595	20%
A01	594	23%
A18	571	26%
A05	529	28%
A11	526	31%
A17	489	33%
U10	487	35%
A04	398	37%
A10	386	39%
U01	374	41%
U11	352	42%
A16	334	44%
A21	293	45%
U07	264	46%
A26	237	48%
B10	225	49%
B11	225	50%
A20	219	51%
A14	216	52%
U03	212	53%
U05	202	54%
B04	199	54%
B01	196	55%
A07	190	56%
B12	190	57%
A06	186	58%
B07	186	59%
A15	183	60%

U04	180	61%
A43	178	61%
B06	174	62%
B03	170	63%
B13	166	64%
B05	164	64%
B02	158	65%
U02	155	66%
A09	153	67%
A25	140	67%
B08	139	68%
A12	138	69%
A32	131	69%
A29	128	70%
U21	127	70%
A27	127	71%
A34	127	72%
A49	127	72%
A28	117	73%
A19	117	73%
U18	116	74%
U12	114	74%
A22	113	75%
A35	113	75%
A33	102	76%
B09	96	76%
B21	95	77%
A45	91	77%
A50	86	77%
O219	86	78%
A30	85	78%
O153	80	79%
B23	74	79%
A58	74	79%
B14	73	80%

Si bien es cierto, tanto la tabla y gráfico anterior son muy claras respecto a la importancia de unos elementos sobre otros, tiene una cierta distorsión, ya que habitualmente los clientes realizan las ordenes de manera parcializada, a medida que crecen las distintas plataformas. Por ejemplo, los elementos basales, se solicitan por lo general solo una vez, ya que van en la base, a diferencia de las plataformas, que se requieren en todos los niveles, y a medida que se avanza. Por esta razón, una mejor representación de la importancia de cada elemento, sería conocer la cantidad total de elementos demandados, y revisar cuales son los que se requieren en mayor cantidad y cuales en menor cantidad.

Gráfico 2: Distribución de la demanda por elemento.



En el gráfico anterior la rapidez del decaimiento en la cantidad de distintos elementos demandados es aún mayor que en el gráfico 1, ya que el 80% se alcanza en los primeros 25 elementos (de un total de 500).

Tabla 5: Distribución de la cantidad de demanda por cada elemento.

CODIGO	UNIDADES PEDIDAS	ACUMULADO
A08	190508	13%
U10	111931	21%
A03	108239	28%
U06	92390	35%
U09	78804	40%
A01	52853	44%
A05	52767	48%
A04	50288	51%
A13	40016	54%
A02	39031	57%
A10	38656	59%
A18	37312	62%
U11	33720	64%
A11	32063	67%
B01	28796	69%
U07	25257	70%
B04	23684	72%
B05	21578	73%
A17	17176	75%
U08	15666	76%
A16	15637	77%
B10	13130	78%
A07	11271	78%

B12	10206	79%
B11	9619	80%

La tabla anterior muestra cuales elementos representan el 80% del movimiento de piezas en la bodega, por lo tanto, en buena medida, identifica los elementos importantes a considerar en el parque.

La definición de importancia se relaciona con los elementos necesarios para confeccionar las estructuras más utilizadas. Este tipo de estructuras define el perfil de los elementos a utilizar. Para este trabajo se consideran 4 configuraciones distintas, que según el mercado representan en gran medida la necesidad de los principales rubros industriales del país. Estas estructuras son:

- Fachada tipo B, con módulos de avance 2,57m.
- Fachada tipo B, con módulos de avance 3,07m.
- Fachada tipo A, de ancho 0,73m, con módulos de avance 2,57m.
- Fachada tipo A, de ancho 1,09m, con módulos de avance 2,57m.

Los elementos que componen estas estructuras se pueden ponderar según el precio del total de los elementos iguales, respecto al precio de la estructura completa. Este criterio es una forma de definir cuanta importancia tendría la no existencia del elemento en cuestión. En rigor, todos los elementos de la tabla son importantes, ya que con la sola falta de uno de ellos, la estructura no se puede materializar.

Tabla 6: Elementos fundamentales para la confección de cada solución tipo.

	Fach. B 257	Fach. B 307	Fach. A 73x257	Fach. A 109x257
B01	1	1		
B04	1			
B05		1		
B07	1			
B08		1		
B12	1			
B13		1		
A01			1	1
A03			1	1
A08			1	1
A10			1	
A11				1
A13			1	1
A18			1	1
U06	1		1	1
U07		1		
U08	1		1	1
U09	1	1	1	1
U18		1		

Todos los elementos presentes en la tabla 5 son de alta rotación, ya que están dentro del 80% de mayor movimiento. De la misma forma, todos los elementos presentes en la tabla 6 son importantes, ya que son fundamentales para la confección de las estructuras tipo.

Si se combina la tabla 6 con la cantidad de elementos solicitados se obtiene una matriz de frecuencia. Es a partir de esta matriz que se definen los criterios de compensación de las existencias para cada elemento.

No se hace referencia a los elementos poco importantes y de baja rotación ya que corresponde a todos los demás.

Fig. 10: Matriz de frecuencia e importancia.

Frecuencia	+	U10 A05 A04 A02 U11	A17 A16 B10 A07 B11	B01 B04 B05 B12 A01 A03 A08	A10 A11 A13 A18 U06 U07 U08 U09
	-	TODOS LOS DEMÁS		B07 B08	B13 U18
		Importancia		Importancia	
		-		+	

Después de realizar el cruce, la principal conclusión es que se incluyen 4 elementos con carácter de importantes que no estaban considerados en los elementos de alta rotación, pero que si corresponde estudiar.

Los elementos ubicados en el cuadrante número 3 no serán considerados en este estudio (importancia -1). Los que se encuentran en los cuadrantes 1 y 4 son considerados elementos relevantes (importancia 0), mientras que los ubicados en el cuadrante 2, corresponden a los elementos críticos (importancia 1).

Tabla 7: Resumen de importancia de elementos por cuadrante.

CÓDIGO	CUADRANTE
A01	1
A03	1
A08	1

A10	1
A11	1
A13	1
A18	1

B01	1
B04	1
B05	1
B12	1
U06	1
U07	1
U08	1
U09	1
A02	0
A04	0
A05	0

A07	0
A16	0
A17	0
B07	0
B08	0
B10	0
B11	0
B13	0
U10	0
U11	0
U18	0

Una vez identificados los elementos críticos, es posible establecer distintos rangos de confianza para las existencias. En otras palabras, los elementos más críticos deben tener un mayor índice de confianza que uno menos crítico. En el caso de este estudio se establece que para los elementos tipo 1, se requiere un 98% de confianza, para los tipo 0 un 95% de confianza, mientras que para los tipo -1 (que no fueron analizados en este estudio) se recomienda una confianza de un 90%.

Un supuesto fundamental para el correcto análisis es que la demanda de los elementos distribuye normal.

V. CAPÍTULO 5. RESULTADOS.

Una vez identificados y catalogados los elementos críticos, se determinó el consumo promedio mensual de cada ítem así como su desviación estándar. Estas variables son la base para la estimación y definición de los consumos esperados y del inventario de seguridad.

Tabla 8: Consumo promedio diario y desviación estándar de los elementos críticos.

Código	Cuadrante	μ	σ
A01	1	62	135
A03	1	128	282
A08	1	225	524
A10	1	46	143
A11	1	38	76
A13	1	47	103
A18	1	44	109
B01	1	34	107
B04	1	28	96
B05	1	26	89
B12	1	12	44
U06	1	109	266
U07	1	30	85
U08	1	19	56
U09	1	93	168
A02	0	46	99
A04	0	59	187
A05	0	62	176
A07	0	13	63
A16	0	18	63
A17	0	20	47
B07	0	7	21
B08	0	4	16
B10	0	16	51
B11	0	11	33
B13	0	11	40
U10	0	132	312
U11	0	40	140
U18	0	1	6

Para estudiar el comportamiento de la demanda y poder establecer una predicción más precisa se requiere tener el comportamiento de los estadísticos en periodos determinados, que generalmente se definen por la coyuntura que vive la economía en la cual el mercado en cuestión está inmerso.

Para esto se evaluaron 3 casos representativos. El primero utilizando el elemento más representativo (mayor consumo) de la familia A, luego el más

consumido de la familia B, y por último el más consumido de la familia U. Los 3 casos no solo son elementos de alto consumo, sino que forman parte de las soluciones tipo definidas para este trabajo, es decir, entran en el cuadrante número 1.

Gráfico 3: Comportamiento de la demanda del elemento A08.

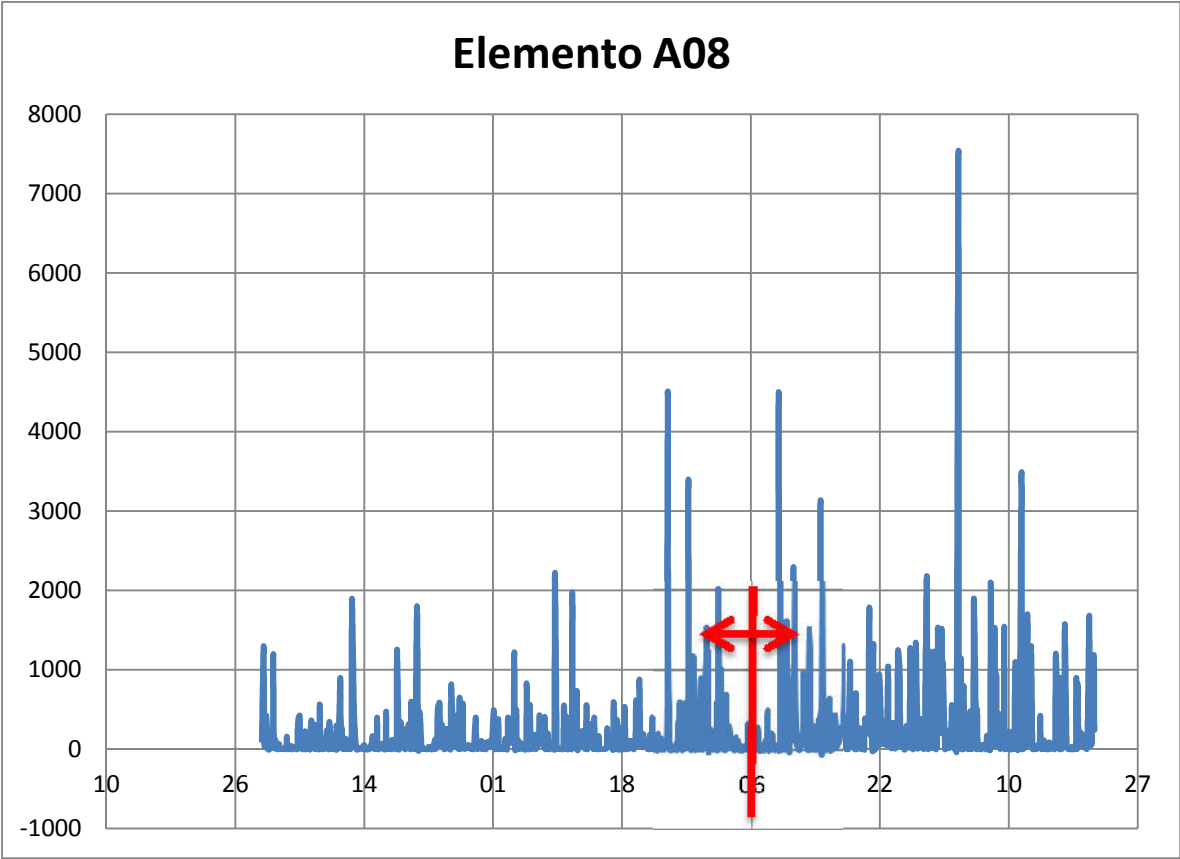


Gráfico 4: Comportamiento de la demanda del elemento B01.

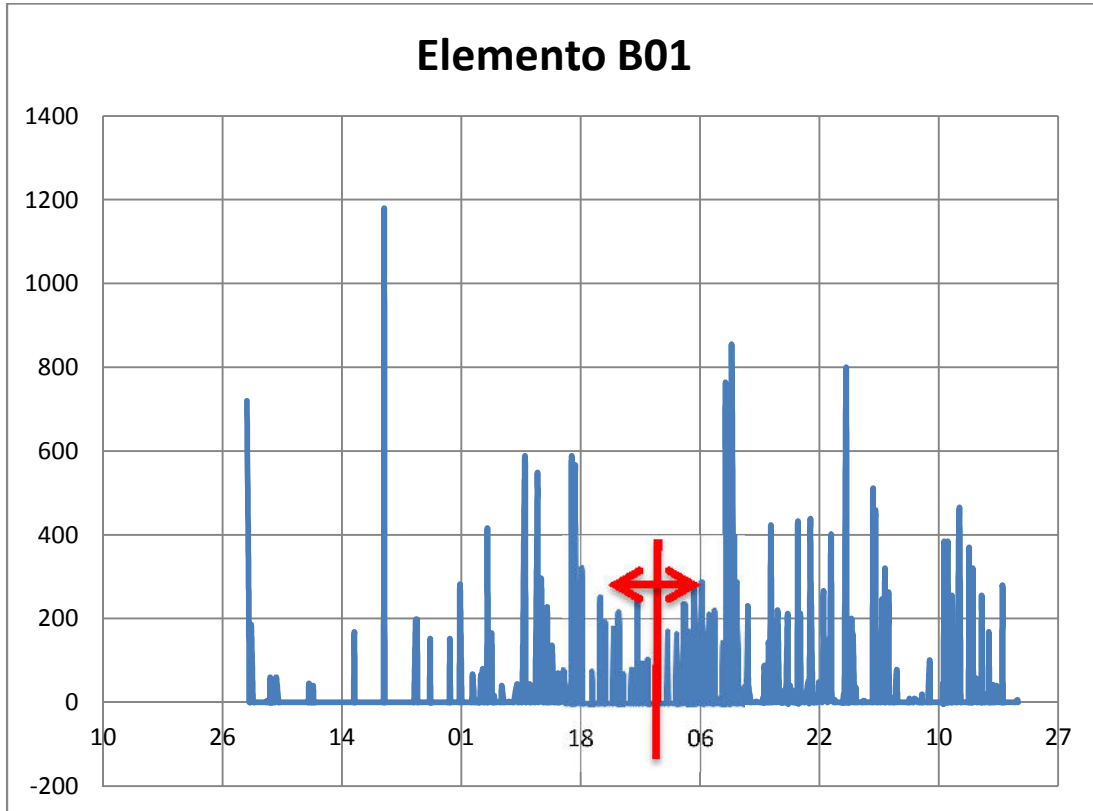
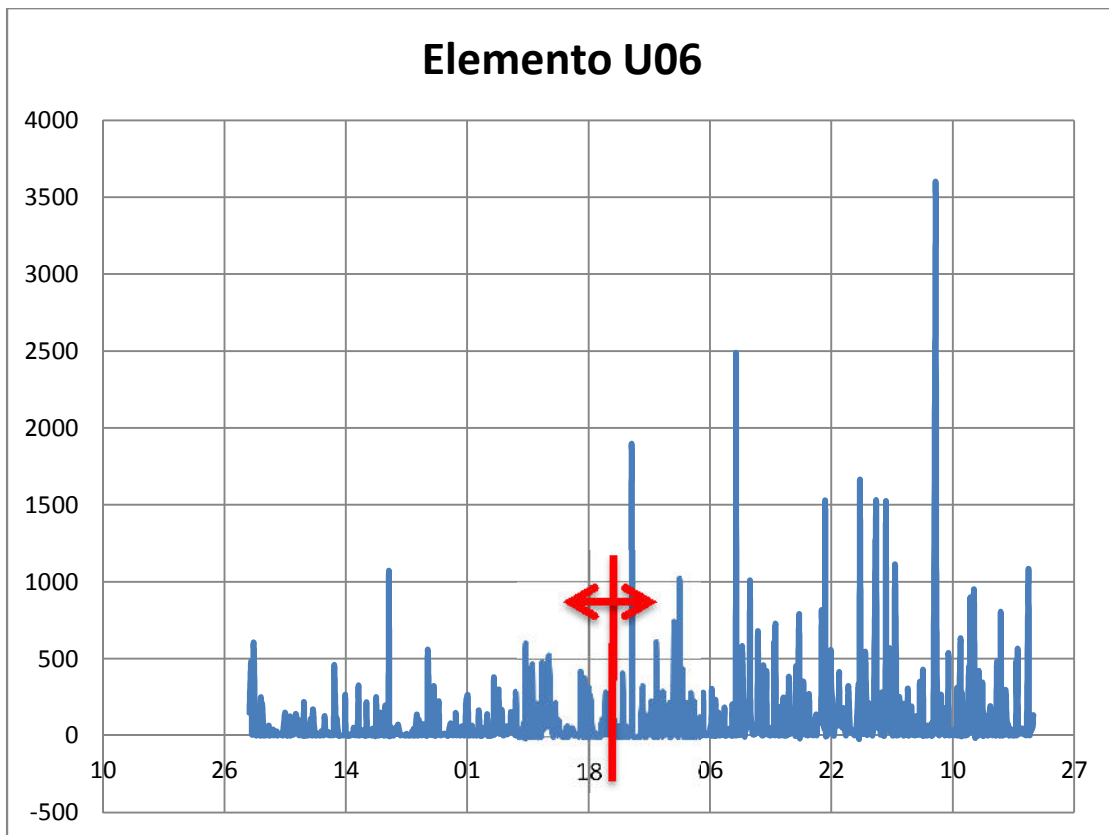


Gráfico 5: Comportamiento de la demanda del elemento U06.



Analizando los tres gráficos se puede apreciar que existen cambios en la intensidad de la demanda en épocas coincidentes, esto es cercano al mes de junio de 2013.

A partir de esta observación, es que se definieron dos escenarios de demanda limitados por el día 01 de junio de 2013.

Tabla 9: Consumo promedio diario y desviación estándar de los elementos críticos en ambos periodos.

Código	Cuadrante	μ	σ	μ_1	σ_1	μ_2	σ_2
A01	1	62	135	41	87	95	182
A03	1	128	282	88	199	189	367
A08	1	225	524	156	374	330	678
A10	1	46	143	30	86	70	198
A11	1	38	76	29	61	51	93
A13	1	47	103	33	68	69	137
A18	1	44	109	29	83	68	136
B01	1	34	107	27	97	45	120
B04	1	28	96	25	92	33	103
B05	1	26	89	20	81	34	99
B12	1	12	44	11	41	14	48
U06	1	109	266	68	147	172	372
U07	1	30	85	24	76	39	95
U08	1	19	56	13	22	28	84
U09	1	93	168	71	132	127	207
A02	0	46	99	32	58	68	138
A04	0	59	187	34	106	98	262
A05	0	62	176	42	135	93	221
A07	0	13	63	10	57	19	71
A16	0	18	63	11	38	30	87
A17	0	20	47	16	41	27	53
B07	0	7	21	6	19	9	24
B08	0	4	16	3	12	6	21
B10	0	16	51	12	45	20	59
B11	0	11	33	8	25	16	41
B13	0	11	40	8	36	15	46
U10	0	132	312	82	222	208	401
U11	0	40	140	25	90	63	190
U18	0	1	6	1	4	2	7

VI. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

En términos generales, desde el punto de vista de la empresa, una mejora en el ámbito de los inventarios ha representado un gran avance, ya que con una inversión relativamente baja de tiempo y recursos se lograron ahorros financieros considerables. Por otro lado se disminuyen los costos de oportunidad que son importantes para la operación de la organización y que son muy difíciles de cuantificar.

A partir de la tabla 9, y comparando tanto las medias como las desviaciones estándar de ambos periodos se ve que efectivamente el promedio de los consumos es mucho mayor (como es lógico) en el período de alta demanda, sin embargo, las desviaciones estándar también son mayores, lo que nos indica una mucho mayor dispersión histórica en momentos de alta demanda, configurando esto último un escenario para el cual la compañía no estaba preparada.

Se definió un nivel de servicio que incluye un porcentaje de incertidumbre y/o meses de inventario, que permite obtener un mejor desempeño comercial y mejorar el servicio a los clientes. Esta acción junto con la aplicación del modelo, representaron el conjunto de acciones implementadas de manera inmediata tal como se propuso en un principio.

Tamaño de bodega con criterio original: 1.300ton

Tamaño de bodega con criterio de baja demanda: 100ton

Tamaño de bodega con criterio de alta demanda: 1.400ton

Al mismo tiempo, se pudo contrastar el nivel de confianza original contrastado con el nivel de confianza definido estadísticamente.

	% Confianza original	% Confianza corregida
Elemento crítico	61%	98%
Elemento menos crítico	52%	95%

La demanda independiente, en la que se centra este estudio, se basa en la estadística. En los modelos de pedidos de tiempo fijo, la influencia del nivel de servicios es evidente y fundamental para determinar el inventario de seguridad y el punto para volver a pedir.

Para distinguir entre las categorías de piezas para su análisis y control, se utiliza el método J-K-L.

Se puede concluir también, que la reducción del inventario requiere del conocimiento del sistema operativo. No se trata sólo de seleccionar un modelo de inventario previamente establecido y de incluir algunos números. En primer lugar, es probable que el modelo seleccionado no sea el apropiado, y en segundo lugar, los números pueden tener errores o basarse en datos erróneos. Por lo tanto, determinar la cantidad y frecuencia de los pedidos considera un problema de trade-off; es decir, cambiar los costos de espera por costos de

preparación, y que por lo general, las compañías buscarán siempre reducir ambos.

La justificación de esta aparente contradicción es que las empresas realizan grandes inversiones en inventario, con un costo de manejo que varía generalmente entre el 25 y 35% del valor anual del inventario. Por lo tanto, es evidente que este desafío representa siempre una meta importante en casi todas las compañías.

Es preciso recordar que el fin de una compañía es maximizar utilidades, y en este estudio, toda la formulación utilizó como premisa reducir los costos del inventario, sin embargo, en este punto es necesario asegurarse de que el hecho de reducir el costo del inventario apoye la misión primitiva de la compañía.

En el caso de LDP, la reducción del inventario bajó los costos generales, mejoró la calidad y el desempeño de la compañía, y aumentó sus utilidades.

La principal recomendación que se deriva de este trabajo se refiere a la importancia de determinar de manera precisa el volumen de la demanda. Como se ve en el modelo, un periodo de alta demanda requiere una bodega más de 10 veces mayor que en un periodo de baja demanda lo que repercute directamente en el riesgo financiero de tener el equipo disponible y no poder venderlo.

VII. CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Bibliografía

1. *¿Qué es estrategia?* **Porter, Michael E.** 2011, Harvard Business Review.
2. **Epstein, Rafael y Weintraub, Andrés.** *A Strategic Empty Container Logistics Optimization in a Major Shipping Company.* Santiago : Universidad de Chile, 2011.
3. **Chase, Richard B., Jacobs, F. Robert y Aquilano, Nicholas J.** *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros.* México D.F. : Mc. Graw Hill, 2009.
4. **Manríquez, Ricardo J.** *Registro histórico de demanda de productos.* Santiago : LDP, 2014.

Profesor Guía

Alumno