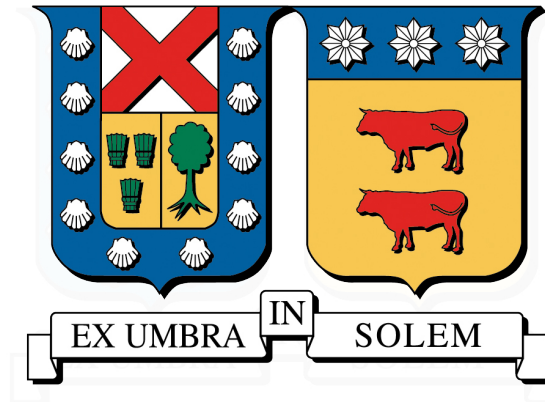


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS  
SANTIAGO- CHILE



**SISTEMA DE GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO  
DE PRODUCTOS Y MATERIAS PRIMAS  
PARA LA EMPRESA SOUDAL S.A.**

**SEBASTIÁN ANDRÉS OJEDA ÁLVAREZ**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SR. LUIS ACOSTA E.  
PROFESOR CORREFERENTE : SR. EDWARD JOHNS N.

OCTUBRE 2016

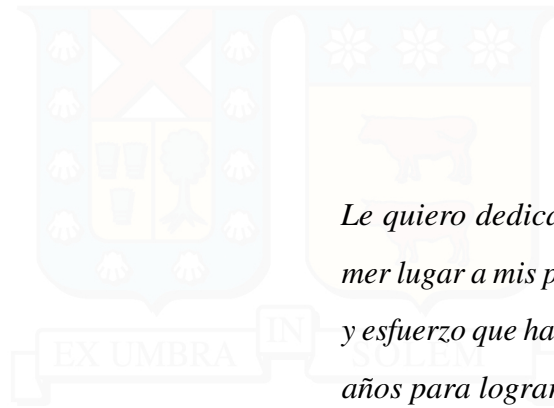
## **Agradecimientos**

Agradecer a mis papás, hermanos, polola y amigos por permitirme ser quien soy hoy en día y sentir que siempre he tenido y tendré personas invaluableles que estén conmigo en los mejores y peores momentos de mi vida. Especialmente darle las gracias a mi papá, Germán Ojeda, por guiarme y acompañarme en este difícil camino, ayudándome en todos los problemas que me iban surgiendo en el camino; y a mi mamá, Rosa Álvarez, por estar constantemente junto a mí dándome el cariño y el apoyo necesario para enfrentar los obstáculos con la frente en alto.

Estaré siempre muy agradecido de Don Sebastián Concha Rogazy, Gerente de Soudal Chile, por no dudar en abrirme las puertas de la empresa desde el primer día, siendo para mi una oportunidad muy valiosa por todo lo que he aprendido y he ganado como experiencia, como también por depositar toda su confianza para poder aportar con todo lo que estuviera a mi alcance y tomar importantes responsabilidades dentro de ésta. Como no agradecer también a Michel, Jaime, Camila, Francisco, Juan y al resto del equipo, por recibirme tan afectuosamente, por enseñarme y por compartir tan buenos momentos.

Agradecer sinceramente a mi Profesor Guía, Dr. Luis Acosta Espejo, por aceptar ser mi tutor en este gran desafío y por dedicar su tiempo y esfuerzo en entregarme todas las herramientas fundamentales para desarrollar este trabajo de memoria del cual estoy profundamente orgulloso.

Finalmente, estoy muy agradecido también de la Universidad Técnica Federico Santa María y de cada profesor que ha sido parte de este largo proceso de formación, destacando personalmente la motivación y enseñanzas entregadas por mi profesor de Gestión de Operaciones II, Don Edward Johns. Todos permitieron convertirme en un profesional con la sólida convicción de ser capaz de aceptar los desafíos más exigentes y poder seguir desarrollándome para representar en un futuro a mi universidad como un destacado Ingeniero Civil Industrial.



*Le quiero dedicar esta memoria en primer lugar a mis papás, por todo el cariño y esfuerzo que han hecho durante muchos años para lograr estar en este momento escribiendo estas breves pero valiosas líneas. De igual forma a mis hermanos, quienes han sido un gran ejemplo para mi y me han apoyado en todo momento. Y de forma especial, quiero dedicarle este trabajo a mi polola Valentina Infante, que me dio todas las fuerzas para enfrentar los momentos más difíciles, haciéndome vivir los momentos más lindos de mi vida.*

---

## RESUMEN EJECUTIVO

Con el actual entorno posmoderno caracterizado por el aumento de la oferta, clientes más informados y exigentes, productos diversificados y con cortos ciclos de vida, mayor incertidumbre en los pronósticos y un fuerte desarrollo en las TICs, como también las mejores prácticas de Empresas de Clase Mundial, como Just-in-Time, Rapid Response, Mass Customization, WMS, VMI y CPFR, opaca el panorama a empresas en plena etapa de crecimiento que vienen recién empezando a implementar estas prácticas, las que pueden en muchos casos representar una gran inversión en software, hardware y “humanware”, ya que ninguna inversión en programas potentes y en equipos sofisticados tendrá impacto positivo alguno en una empresa si los miembros de ésta no son capacitados debidamente.

Soudal es una empresa de origen belga, líder en Chile y en el Mundo por ser una de las empresas más destacadas en la fabricación de sellantes, adhesivos y espumas de poliuretano. En Chile cuenta con una planta envasadora de silicona, importando gran parte de sus productos y materias primas principalmente de Bélgica, Estados Unidos y China, y abasteciendo a las principales empresas de la construcción y del retail del país.

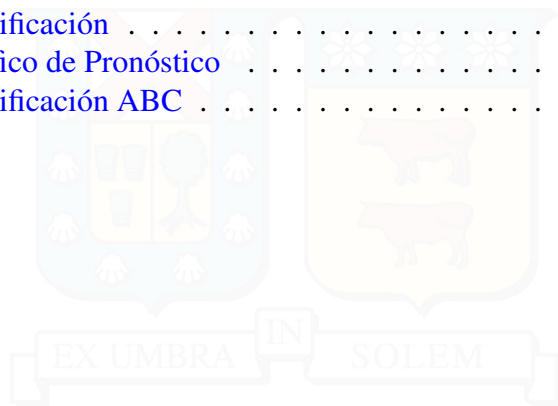
Por el rápido crecimiento de la competencia en este rubro y la exigencia de los clientes, es que las prácticas tradicionales en Soudal provocan que las ineficiencias y desperdicios se acentúen, impactando directamente en el nivel de servicio. Es por esto que se propuso un sistema logístico desarrollado en Excel capaz de gestionar el abastecimiento y el inventario dentro de la empresa. Este sistema clasifica los productos en cinco categorías a partir de dos criterios: ventas y variabilidad, para así asignarles a cada grupo políticas de inventario específicas y definir la cantidad a reabastecerse de cada producto en base a proyecciones de la demanda y de los inventarios con un horizonte de planificación de tres meses.

Rápidamente salieron a la vista los beneficios de la puesta en marcha del sistema, que en colaboración al trabajo de todo el equipo, se reportó un aumento en un año de las ventas de un 16 %, una reducción de un 33 % en la valorización del inventario y un aumento en el porcentaje de los productos de mayor rotación. Pero como se mencionó en un comienzo, se debe invertir tiempo y dinero en capacitar a los trabajadores si se espera que en algún momento esto surta efecto.

# Índice de Contenidos

<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>4. ALCANCES Y LIMITACIONES</b>	<b>8</b>
<b>5. MARCO TEÓRICO</b>	<b>10</b>
5.1. Antecedentes	10
5.1.1. Productos, clientes, proveedores, competidores y canales de distribución	11
5.1.2. Sistemas de Producción y Operación	13
5.1.3. Diagrama de Flujo del Proceso Productivo	14
5.1.4. Descripción del Proceso Productivo	14
5.1.5. Análisis de Posición Competitiva	15
5.1.6. Estrategia de Operaciones Actual	15
5.2. Procedimiento de Desarrollo del Sistema Logístico	16
5.2.1. Inducción y Diagnóstico	17
5.2.2. Estrategias de Cadena de Suministro	17
5.2.3. Clasificación ABC	21
5.2.4. Códigos Alternativos	26
5.2.5. Conversión de Unidades	27
5.2.6. Pronósticos de Demanda Independiente	28
5.2.7. Modelo de Reabastecimiento	34
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>44</b>
6.1. Estrategia de Cadena de Suministro	44
6.1.1. Escatergrama y Clasificación ABC	46
6.2. Pruebas de Normalidad	47
6.2.1. Instock e Inventario de Seguridad	50
6.3. Estadísticas de Inventario y Ventas	52

<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>55</b>
7.1. Recomendaciones . . . . .	57
<b>Bibliografía</b>	<b>59</b>
<b>A. ANEXO</b>	<b>61</b>
A.1. Hoja de Planificación . . . . .	62
A.2. Hoja de Gráfico de Pronóstico . . . . .	65
A.3. Hoja de Clasificación ABC . . . . .	67



# Índice de Tablas

5.1. Características de diseño de cadenas de suministro eficientes y con capacidad de respuesta. [Fuente: Krajewski et al., 2008.] . . . . .	19
5.2. Matriz para calzar la cadena de suministro con los productos según la naturaleza de sus demandas, para poder definir una estrategia de cadena de suministro. [Fuente: Fisher, 1997.] . . . . .	19
5.3. Tabla para identificar la clasificación de un producto según su volumen de ventas y variabilidad. [Fuente: LRM Consultoría Logística, 2015.] . . . . .	24
5.4. Extracto de hoja de códigos alternativos para consolidar datos de ventas, inventario y stock de productos en tránsito. Los SKU que comienzan con 71 corresponden a materia prima, en este caso los tambores que servirán para envasar tales productos. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	27
5.5. Extracto de tabla de conversión de tambores a tubos. [Fuente: Elaboración Propia.] .	28
5.6. Ejemplo de proyección de inventario para cierto SKU para un periodo tres meses. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	36
6.1. Matriz para determinar si la estrategia de cadena de suministro es la correcta, identificando la naturaleza de la demanda de los productos. [Fuente: Fisher, 1997.] . . . . .	45
6.2. Límites para los criterios de porcentaje de ventas acumulado y coeficiente de variación. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	47
6.3. Porcentaje de productos Estratégicos y Principales que obtuvieron un p-valor mayor a 0,05 en las pruebas de normalidad de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk) y de Anderson-Darling. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	49

# Índice de Figuras

5.1. Canales de Distribución, que comprende: Proveedores, Sede en Chile, Sucursales y Detallistas. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	13
5.2. (a) Diagrama de Línea Automatizada. (b) Diagrama de Línea Semiautomatizada. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	14
6.1. Escatergrama que refleja la dispersión de cada clasificación en base al porcentaje acumulado de ventas y al coeficiente de variación. Permite definir los límites entre cada clasificación por cada criterio. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	46
6.2. Resultados de las pruebas de normalidad de A-D, R-J y del Gráfico de Probabilidad a un intervalo de confianza del 95 % para un único producto obtenidos de Minitab. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	48
6.3. Prueba de normalidad basada en bandas de confianza al 95 % obtenida a partir del programa estadístico Minitab. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	50
6.4. Valorización del inventario y ventas mensuales. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	53
6.5. Composición porcentual por mes del inventario en base a la Clasificación ABC Bivariada. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	54
A.1. Primer extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla el nombre de cada SKU, la descripción, clasificación ABC, minigráfico de las ventas mensuales, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	62
A.2. Continuación del primer extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla el stock actual, indicador de meses de stock e instock, y el pronóstico para tres meses, acompañado de la medida de error MAD. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	63
A.3. Continuación del segundo extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla la proyección de inventarios para tres meses a contar de la fecha en curso, el stock de seguridad, la cantidad a pedir (si es necesario) y su costo respectivo. También se indica el costo de adquirir todo lo que se sugiere para los productos Estratégicos y Principales. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . .	64

A.4. Gráfico de Pronóstico del SKU 3 generado al ejecutar macro desde la hoja de Planificación en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”. Entrega tres pronóstico en base a la fecha objetivo, estacionalidad en meses, y nivel de confianza definido previamente, y también muestra las constantes de suavizamiento y los errores respectivos. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . . 65

A.5. Macro activada desde la hoja de Pronósticos en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”, que genera el informe mostrado anteriormente. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . . 66

A.6. Gráfico de Pronóstico del SKU 3 generado al ejecutar macro desde la hoja de Planificación en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”. Entrega tres pronóstico en base a la fecha objetivo, estacionalidad en meses, y nivel de confianza definido previamente, y también muestra las constantes de suavizamiento y los errores respectivos. [Fuente: Elaboración Propia.] . . . . . 67



# 1 | PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Tan remotamente como lo registra la historia, los bienes que las personas querían no se producían en el lugar donde querían que se consumieran, o no eran accesibles cuando la gente los quería consumir. Los antiguos podían consumir los bienes en su ubicación inmediata o moverlos a un lugar preferido, almacenándolos para usarlos más tarde. Sin embargo, como todavía no existían transportes ni sistemas de almacenamiento bien desarrollados, el movimiento de los bienes estaba limitado a lo que un individuo pudiera mover personalmente, y el almacenamiento de las mercancías perecederas era posible sólo por un breve espacio de tiempo. Esta situación obligaba a las personas a vivir cerca de las fuentes de producción y a consumir más bien un rango estrecho de bienes (Ballou, 2004).

Por lo visto, la logística y la gestión de la cadena de suministros no son ideas nuevas. Se aprecian desde la construcción de las pirámides hasta en las guerras, las cuales se han ganado y perdido a través de la fuerza y la capacidad logística, o la falta de ellos (Christopher, 2005).

En la década de 1990, el tiempo promedio requerido para que una empresa procesara y entregara mercancía de su almacén a un cliente era de 15 a 30 días, e incluso más. El proceso implicaba levantar y transferir un pedido, el cual solía hacerse por teléfono, fax, intercambio electrónico de datos o correo; a esta actividad seguía el procesamiento del pedido, posteriormente ocurría el envío al cliente. Estos procesos solían ser muy lentos, más aún cuando ocurrían imprevistos, lo cual era frecuente, como una escasez en el inventario, un pedido extraviado o un embarque mal dirigido. Por esto mismo, es que se puso en práctica la acumulación de inventario.

Lo que inició en los noventa, y continúa desarrollándose en el siglo XXI, es lo que los

analistas denominaron como la era de la información o era digital. Los productos pueden ser fabricados según especificaciones exactas y ser entregados con rapidez a los clientes en cualquier lugar del mundo. Las fallas que en épocas anteriores hubieran podido existir en el servicio, son reemplazadas por un compromiso empresarial de cero defectos o lo que se suele denominar desempeño seis sigma. Cumplir con las órdenes de entrega a la perfección ahora es una norma. Se debe entregar la cantidad exacta de productos solicitados en el lugar correcto, a tiempo, sin daños y con un adecuado manejo de facturación, consiguiéndose a un costo total bajo. Todo este cambio, fundamentalmente en la estructura y en la estrategia de negocios empresariales, ha sido impulsado principalmente por la tecnología de la información (Bowersox et al., 2007). Aunque como menciona Larry Ellison, el fundador de Oracle Corporation, “La verdadera era de la información no llegará a las empresas hasta que éstas no estén en disposición de conocer en tiempo real la verdadera situación de sus cuentas”.

El acelerado aumento del comercio internacional, a raíz de la globalización, ha desarrollado mercados cada vez más competitivos. Se volvió obsoleta la visión de que en los grandes mercados una empresa alcance y mantenga el liderazgo en el mercado por sí misma. Es por esto que las empresas deben asociarse, pudiéndose así centrar en donde son más competitivas, teniendo la posibilidad además de acceder a diferentes recursos y procesos, lo cual se dificultaría en el otro caso. Esta situación conlleva a una característica clave de los negocios de hoy en día, siendo la idea de que son las cadenas de suministro las que compiten entre sí, no las empresas (Christopher y Towill, 2001).

Dentro del sector económico, la gestión de un sistema de inventarios representa uno de los aspectos más complejos, considerando que el nivel de inversión en inventarios es enorme, y el control de capital relacionado a las materias primas, los inventarios en proceso y los productos finales, ofrecen un gran potencial de mejoramiento (Axsäter, 2007). A esta complejidad se le suma la diversificación, producción y distribución de productos de excelente calidad, como también el acceso a una gran cantidad de información. Es por esto que la gestión de inventarios es uno de los mayores desafíos, ocurriendo generalmente que exista un exceso o una falta de éstos, especialmente como hace mención Holguín (2010): “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o se consume y muchos agotados de lo

que sí se vende o se consume”.

Soudal representa una de las mayores empresas manufactureras de sellantes, adhesivos, espuma de poliuretano entre muchos otros químicos para la industria de la construcción. De origen belga, esta compañía cuenta con más de 1800 empleados en 130 países y 12 centros de producción en 4 continentes.

A causa de esto, Soudal Chile se ve enfrentada tanto a factores exógenos —al tener una dependencia directa con los resultados de sus pares en el resto del mundo, como también con la situación macroeconómica a nivel mundial; y a nivel nacional, al verse afectado por la situación que se encuentre la industria de la construcción y por la ardua competencia en torno a este rubro— como a factores internos de la empresa, especialmente en el área de la logística, donde presentan las mayores debilidades al no poseer un adecuado sistema de gestión de la cadena de suministros. Es por esto que se encuentran limitados para cumplir con el objetivo de toda cadena de suministros, la cual debe ser maximizar el valor total generado, o en otras palabras, maximizar la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste ([Chopra y Meindl, 2008](#)).

Es por esto, que ante este contexto competitivo y vertiginoso desarrollo tecnológico, es imperante que en Soudal se implante un sistema logístico que permita obtener un diagnóstico automático, simple, rápido y permanente de la situación de la empresa para enfrentar adecuadamente la incertidumbre en la demanda, evitar excesos y quiebres de stock, reducir costos y, lo más importante, entregar un mayor nivel de servicio a los clientes.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

Diseñar un sistema logístico de gestión de abastecimiento e inventario de productos y materias primas por medio de hojas de cálculo Excel, que permita cumplir íntegramente con el nivel de servicio ofrecido a los clientes, por medio de la disminución de inversión de capital en inventario y un consistente aumento en las ventas para la empresa Soudal S.A.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar la cadena de suministros de Soudal S.A., generando un diagnóstico de la situación actual de la compañía en base a la recopilación de datos in situ, para definir los procesos que estén o no agregando valor.
- Optimizar la composición de artículos almacenados en bodega por medio de una clasificación ABC de doble criterio (ventas y variabilidad) para aprovechar de mejor forma el espacio en la bodega y contar con los inventarios apropiados para cada clasificación y así cumplir satisfactoriamente con los pedidos de los clientes.
- Seleccionar el método de pronóstico y política de inventario más adecuada para cada clasificación, basándose en el comportamiento de venta de éstos, el tiempo de entrega y los costos relativos al inventario, para así poder decidir acerca de qué adquirir o fabricar, cuándo efectuar pedidos de reabastecimiento y en qué cantidad, logrando reducir el costo total de inventario y mejorar el nivel de servicio al cliente.

## 3 | JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo va dirigido a quienes estén incursionando en el ámbito de la logística y puedan llevar a la práctica una serie de conceptos de fácil comprensión que son necesarios, útiles y aplicables en básicamente cualquier empresa manufacturera o local comercial, que en su conjunto ofrecen una solución de rápida implementación, escalable, de bajo costo y de alto impacto.

La importancia de emprender este trabajo es por la razón de que en cualquier empresa manufacturera o local comercial que gestione inventarios tiene que planificar el abastecimiento de sus productos y materias primas de forma óptima para no incurrir en costos innecesarios con miras a aumentar el nivel de servicio ofrecido a los clientes, especialmente en el actual entorno posmoderno en que producto de la globalización la oferta aumenta, los ciclos de vida de los productos son más cortos y los clientes están cada vez más informados y exigentes, siendo necesario contar con capacidad ociosa, producir lotes pequeños y aplicar estrategias como Mass Customization y el Just-in-Time para combatir la mayor incertidumbre en los pronósticos de la diversidad de productos que ahora se ofrecen. No obstante, existen empresas que se han quedado atrás porque han sido reacias a no adaptarse a los tiempos modernos, reduciendo de esta forma su competitividad y cuota de mercado. Es fundamental complementar estas estrategias con un programa que gestione automáticamente esta inmensidad de datos y transformarlos en información útil, con el fin de que quien lo utilice ahorre tiempo y tenga una base más sólida para tomar mejores decisiones.

Las empresas grandes y consolidadas tienen el capital para invertir en softwares que les permiten manejar grandes volúmenes de datos que se van generando minuto a minuto para tener información de calidad y poder tomar mejores decisiones. Existen por otro lado empresas de menor proporción que, ya sea por no contar con suficiente capital, no tener un

área especializada, por temor al cambio o por menospreciar los beneficios que los softwares pueden brindarles, no invierten en éstos, careciendo algo que antiguamente era una ventaja competitiva, pero que ahora es algo indispensable para ser competitivos. Es así como el sistema propuesto apunta a este tipo de empresas que, aunque se piense que en pleno siglo XXI todas las empresas poseen soluciones tecnológicas potentes y que la logística es un área ya madura dentro de éstas, siguen existiendo una cantidad importante de empresas que no cuentan con un sistema de este tipo al estar limitados por el alto impacto económico y humano que significa, siendo la externalización de la logística su mejor alternativa.

Porque la gran mayoría de los sistemas que se ofrecen en el mercado tienen un costo bastante alto y requieren de bastantes días o meses de implementación y capacitación previo a la puesta en marcha. A diferencia de estos, este sistema se enfoca en las empresas que no cuentan con un área especializada y quieren empezar a analizar los datos de inventario y ventas que se generan constantemente a través de un sistema intuitivo y de fácil uso diseñado en una plataforma ampliamente utilizada como Excel. La ventaja es que es fácilmente adaptable a las necesidades de cada empresa y requiere de inputs básicos para obtener los resultados que ofrece (informe de ventas, inventario en bodega y en tránsito). Requiere además poco tiempo de capacitación en torno a cómo actualizar los datos y tomar las decisiones adecuadas en base a los resultados que entrega, obteniéndose un sistema flexible al cual se le pueden ir agregando funcionalidades con el tiempo, adaptándose así a las necesidades que vayan surgiendo en el camino.

La motivación para desarrollar este trabajo nace de la oportunidad de asumir la importante responsabilidad de planificar y rediseñar las nuevas políticas de gestión de inventarios y de abastecimiento de Soudal, surgiendo el desafío de investigar en un sinnúmero de fuentes escritas y orales los conceptos que más se ajusten a las necesidades y objetivos de Soudal. En una empresa las áreas funcionales no trabajan de forma aislada, lo que conlleva a que las decisiones no se pueden tomar pensando únicamente en el beneficio del área de logística, sino que se deben involucrar y alinear los intereses del resto de las áreas de la empresa, como el área comercial, de producción, entre otras. Esto implica que los conceptos adquiridos y aplicados deben ser transversales a todas estas áreas, teniendo que establecer un puente de comunicación claro, eficiente y permanente entre todas éstas.

El principal beneficio personal consiste en poder contar con una importante experiencia laboral previo a la finalización de los estudios universitarios ya que, al contar con el apoyo de profesores expertos en estas materias, se desarrolla una base sólida de conocimiento sobre un área específica, teniendo un sustento sólido para ofrecer soluciones de calidad y de alto impacto a una empresa, lo que es muy valioso en comparación a ingresar al mundo laboral sin esta oportunidad.

En primer lugar, haber adquirido previo a ingresar al mundo laboral una considerable experiencia dentro de una empresa presente a nivel mundial y en un ámbito fundamental requerido en prácticamente cualquier empresa, pudiendo participar en tomas de decisiones que exigen una gran responsabilidad.

## 4 | ALCANCES Y LIMITACIONES

El sistema logístico desarrollado en Excel está pensando para implementarse en sus primeras versiones en pequeñas y medianas empresas, ya que así es posible ajustarlo y moderarlo a los distintos requerimientos que vayan surgiendo dentro de estas empresas, hasta tal punto que sea justificable desarrollarlo bajo una plataforma más potente, que sea capaz de manejar mayores volúmenes de datos y de conectarse directamente a las bases de datos alojados en los servidores de los ERP, como también que sea modular y escalable, para poder agregar o quitarle funcionalidades según las características de cada empresa. Un ejemplo de esto, que no está considerado dentro del presente trabajo, es un módulo en el que se calcule los requerimientos de materias primas (demanda dependiente), a excepción de los tambores de silicona –que sí están considerados–, como los tubos vacíos, etiquetas y punteras, obteniéndose a partir de la demanda del producto elaborado (demanda independiente).

Otras funcionalidades posibles de incorporar son dos indicadores de desempeño relevantes estrechamente relacionados con el nivel de servicio, que son el Fill Rate y el OTIF (“On-Time” (pedidos a tiempo) e “In-Full” (pedidos completos)). El primero indica el porcentaje de la cantidad que se le entrega al cliente con respecto de lo que fue solicitado; y el segundo, conocido también como DIFOT (Delivered In Full On Time), que mide si se fue capaz de entregar el producto correcto y en buen estado en la cantidad, tiempo y lugar solicitado. Para medir correctamente ambos indicadores se requiere que se maneje un registro de todos los pedidos realizados por los clientes, lo que no es realizado actualmente en Soudal, donde se indique qué se pidió, cuánto se pidió, dónde debe ser entregado y el plazo de entrega. Gracias a esto se puede calcular cuánto del pedido fue entregado en el tiempo solicitado y cuánto se entregó con atrasos; y de los que no se entregaron, cuánto

no se entregó a causa de un quiebre de stock y cuánto no se entregó debido a un desajuste entre el stock físico y el stock lógico, pudiendo en consecuencia llevar a cabo acciones preventivas, correctivas y de mejora continua.

Contar con el conocimiento y la experiencia de haber desarrollado un sistema logístico tal como el que será presentado en las próximas secciones, representa un pilar fundamental para dar el siguiente paso para implementar buenas prácticas de Empresas de Clase Mundial (ECM), como el uso de RFID (Radio Frequency Identification) para contabilizar y rastrear inventarios a lo largo de la cadena de suministros de forma automática y de CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) para establecer relaciones de colaboración entre los agentes de la cadena que permitan elaborar de forma conjunta las previsiones de ventas y los planes de reabastecimiento, con el fin de sincronizar las acciones dentro de la cadena, reducir las existencias, disminuir el efecto bullwhip y mejorar el nivel de servicio frente al cliente final.

En términos de la planificación misma, los informes de ventas e inventarios obtenidos del ERP son a nivel mensual, limitando la posibilidad de hacer previsiones en un periodo menor de tiempo. Como se explicará más adelante, tampoco se tienen registradas en el ERP las dimensiones de los distintos productos almacenados, para poder calcular el costo de mantener inventarios y, por ende, la cantidad económica de pedido, llevándose a cabo un método alternativo para esto.

Finalmente, este sistema es compatible con la actualización realizada en Septiembre de 2015 en adelante, exclusivamente para Excel 2016. En esta actualización se incorpora la función de Previsión, con la cual se puede fijar una fecha objetivo, la estacionalidad y nivel de confianza, determinándose automáticamente los valores óptimos de los coeficientes de suavizamiento alpha, beta y gamma (ver [Figura A.2](#) y [Figura A.4](#)).

## 5 | MARCO TEÓRICO

### 5.1. Antecedentes

Soudal, es una empresa de origen belga productora de adhesivos y selladores. Algunas de sus plantas productivas se localizan en Bélgica, Francia, Polonia y Estados Unidos. Por más de 40 años ha provisto segmentos de construcción, manufactura, automotriz y retail con productos de alta calidad. Soudal está presente en más de 100 países a nivel mundial y posee 35 filiales.

Soudal Chile, ubicado en el Parque Industrial de Quilicura, cuenta con una planta envasadora de silicona en donde se fabrican y distribuyen productos con los más altos estándares de calidad, entre los que destacan los selladores acrílicos, selladores de silicona acéticos y neutros, sellador-adhesivo de poliuretano, adhesivos de montaje, adhesivos de contacto, colafría, espumas de poliuretano y sprays de lubricación y protección, entre otros. Todos sus productos están dirigidos a cumplir con las necesidades del mercado profesional y del retail.

Soudal cuenta con certificaciones internacionales tales como:

- Certificación LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design).
- ISO 9001.

No obstante, las proyecciones para el sector de la construcción no son auspiciosas, ya que en base al informe realizado por [Hurtado \(2014\)](#), la inversión en construcción para el 2015 se espera que registre un alza marginal del 0,6 %, muy por debajo del crecimiento del promedio histórico del sector (5,8 % anual). Esto provoca mayor competencia dentro de las

empresas del rubro, viéndose obligadas a reducir sus costos con el fin de que su operación sea competitiva y acorde a las demandas del mercado.

En este sentido, se debe comenzar el análisis diagnosticando la situación actual de la empresa para detectar debilidades y fortalezas, y así definir estrategias que apoyen las decisiones respecto de qué manera y hacia dónde avanzar para cumplir con la misión y visión de la empresa.

### 5.1.1. Productos, clientes, proveedores, competidores y canales de distribución

#### ■ Productos:

1. **Selladores:** son materiales sintéticos con características de elasticidad y adhesión que deben cumplir dos funciones: estanqueidad (barrera que impida la penetración de polvo, agua, aire y otros elementos) y unión (adaptarse ante dilataciones y contracciones de los materiales).

- a) **Silicona:** utilizados para el sellado de estructuras, fachadas o vidrio, oara unir dos materiales como vidrio y metal, vidrio y concreto, etc. Algunos vienen con fungicida para evitar la formación de hongos, especial para baños y cocinas. Hay en varios colores. Se distinguen las siliconas acéticas (no aplicable en superficies porosas, metales, espejos y policarbonato), neutras y de alta temperatura (industria automotriz).
- b) **Acrílicos:** muy utilizados para sellar e impregnar muros y paredes de concreto previo a la aplicación de pinturas o para impermeabilizaciones. Evita la absorción de humedad en este tipo de muros, especialmente cuando son nuevos, evitando desperdiciar mucha pintura.
- c) **Butílicos:** sirven para el sellado de techos con el fin de evitar la filtración de agua. Posee una excelente adherencia, resistencia a los rayos UV y se mantiene flexible. Ideal para sellar techos, canaletas, ductos de ventilación y cobertizos.

**2. Adhesivos:** son materiales que unen dos cuerpos entre sí por contacto superficial, evitando que éstos se muevan. Están hechos de diferentes materiales diseñados específicamente para cada necesidad, dependiendo de una serie de factores como el tipo de superficie, cómo serán preparados los materiales, el entorno de exposición de los adhesivos y la resistencia de la unión.

**3. Espumas de Poliuretano:** espumas altamente expansivas que ofrecen impermeabilización y aislamiento térmico, acústico y eléctrico. Se forma por la reacción química de dos compuestos, la cual libera un gas que va formando burbujas.

- **Clientes:** se muestran a continuación los clientes más relevantes de un total de 258 clientes registrados en el sistema ERP, ordenados por porcentaje de participación en las ventas:

Sodimac S.A., Materiales y Soluciones S.A. (MTS), Imperial S.A., Chilemat S.P.A., Imperial S.A., Siena Constructora S.A., Chilemat S.A., Sherwin Williams Chile S.A., Tecno Fast S.A., Axion Ing. y Construcción S.A., Constructora Carran S.A., Comercial Alexander Ltda., ImporBrax Ltda., El Arrayán Ferretería Ltda., Construmart S.A.

- **Proveedores:** se muestran a continuación los proveedores más relevantes de un total de 30 proveedores registrados en el sistema ERP, ordenados por porcentaje de participación en las compras:

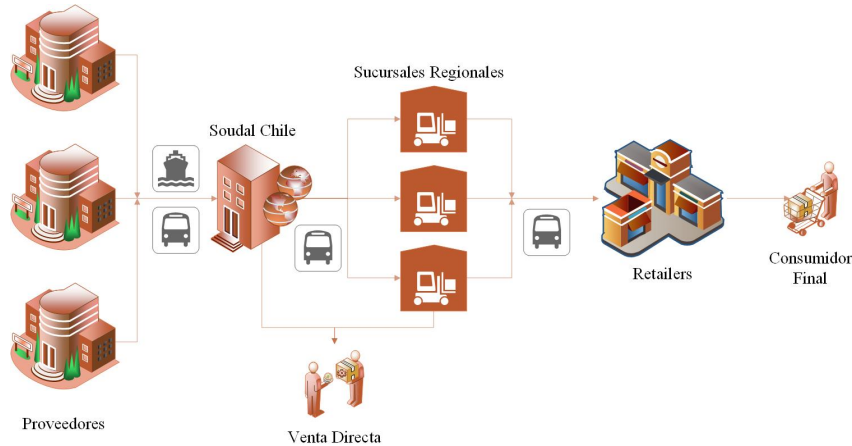
Soudal NV (Bélgica), Imperial S.A., China National Building Material Company Limited, Imprenta La Montaña Ltda., M.V.E. Seguridad Privada S.P.A., Artecola Chile S.A., Sociedad Grafica Donoso Insunza Y Cia. Ltda., Chilemat S.P.A.

- **Competidores:**

- Principales: Ceys, 3M, Henkel (Agorex), Sika, Afix-Articoll.
- Secundarios: Full-Sello, Lanco.

- **Canales de Distribución:** se distinguen dos tipos de canales de distribución; por un lado un canal de distribución directo, o sea, que el productor vende directamente al

consumidor final sin intermediarios, y por otro lado, un canal de distribución indirecto y corto, que quiere decir que existe un único intermediario entre el productor y el consumidor final, quienes son los retailers o detallistas.



**Figura 5.1:** Canales de Distribución, que comprende: Proveedores, Sede en Chile, Sucursales y Detallistas.

[Fuente: Elaboración Propia.]

El transporte de materias primas de origen nacional se realiza por medio de camiones y, el de las provenientes del extranjero, se realiza mediante los siguientes buques portacontenedores: Bella Schulte, Cap Domingo, CMA CGM Sambhar, Cisnes, Corcovado, Loa y Mol Prestige.

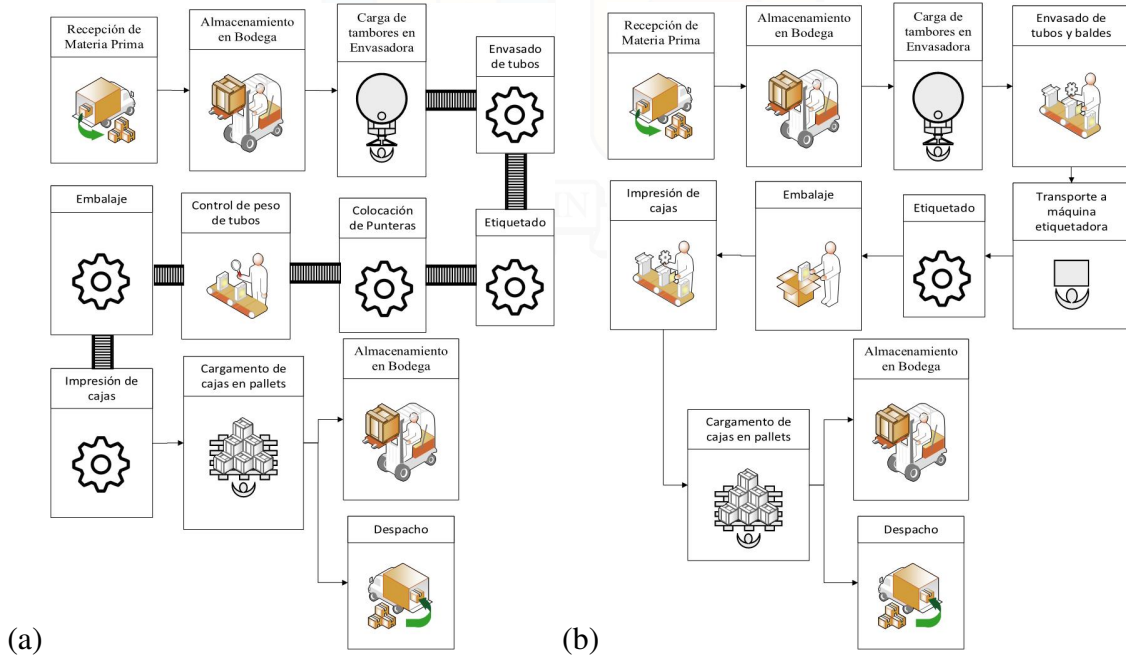
### 5.1.2. Sistemas de Producción y Operación

Se caracteriza por que todos los productos siguen una misma secuencia de operaciones, mejor conocido como sistema de producción por producto o Flow-Shop. Se producen grandes lotes de un mismo producto con una tasa máxima de utilización de las máquinas (sistema Push), ganando eficiencia pero perdiendo flexibilidad por otro lado. Llega a producirse de un mismo producto durante 3 o 4 días consecutivos, debido a que el Setup Time es muy alto, alcanzando generalmente las 4 o 6 horas si se deben limpiar las máquinas al pasar de un color rojo o negro a uno más claro como el blanco o transparente, por ejemplo.

A esto se le suma que prácticamente la totalidad de la materia prima proviene del extranjero, principalmente de Bélgica (Casa Matriz), Estados Unidos y China, demorándose

en promedio un tiempo de tres meses en llegar desde el momento en que se hace el pedido de reabastecimiento, siendo reducidas las posibilidades de contar con proveedores más cercanos de los productos que no abastece la misma Casa Matriz.

### 5.1.3. Diagrama de Flujo del Proceso Productivo



**Figura 5.2:** (a) Diagrama de Línea Automatizada. (b) Diagrama de Línea Semiautomatizada. [Fuente: Elaboración Propia.]

### 5.1.4. Descripción del Proceso Productivo

Un operario coloca un tambor debajo de una prensa, comienza el proceso automatizado por el envasado de tubos, colocación del émbolo, control del peso e impresión de fecha de vencimiento, para seguir con el proceso de etiquetado e instalación de punteras al costado de cada uno de los tubos, continuando con el embalaje de los tubos en cajas de 12 unidades, siendo éstas colocadas por un operario en pallets europeos y siendo despachadas o almacenadas en bodega. Para esto, se cuentan con una línea automatizada y otra que tiene distribuida las máquinas por proceso.

La segunda requiere que el operario traslade los tubos y baldes de una envasadora independiente a otra máquina etiquetadora, para luego armar las cajas de 12 unidades

manualmente y cargarlas en los pallets.

### **5.1.5. Análisis de Posición Competitiva**

3M y Henkel (Agorex) son empresas conocidas mundialmente por la gran variedad de productos que ofrecen para múltiples industrias y por ser vanguardistas en investigación y desarrollo. La ventaja de ambas por sobre Soudal, es que en el retail venden los productos bajo su propia y reconocida marca, logrando un mejor posicionamiento en este rubro; a diferencia de Soudal, que sus principales retailers, venden sus productos bajo las marcas de éstas, por lo que los consumidores generalmente no reconocen a Soudal como el fabricante detrás de éstas. Esto se agrava especialmente si su foco se encuentra en la diferenciación por producto y no por precio. Por esta razón no es posible vender sus productos a un mayor precio como las marcas antes mencionadas, a pesar de que sean de la misma calidad. Por otro lado, al vender productos de calidad a menor precio, entra a competir con marcas como Sika, Ceys, Afix (Articoll) y Den Braven.

### **5.1.6. Estrategia de Operaciones Actual**

El principal problema al cual Soudal se ve enfrentado constantemente es de no contar con los inventarios justos de cada producto, provocando reiterados quiebres y excesos de stock, lo que se traduce en mayores costos y en un insatisfactorio nivel de servicio a los clientes. Este problema se origina básicamente de la realización de pedidos de reabastecimiento basado únicamente en la experiencia y no en un sistema que trabaje todos los datos generados diariamente, sumado a otros factores que generan errores, como la toma de inventario de forma visual (sin lector de código de barras) y mensual, demanda basada en los clientes directos y no en el cliente final (efecto bullwhip), altos tiempos de preparación de máquina, altos tiempos de reabastecimiento (3 meses) y falta de una estrategia de inventarios y producción óptima para cada tipo de producto, entre otros.

Los primeros síntomas de lo anterior se observan en la composición de inventarios, en la cual se está en presencia de un número importante de productos de bajo volumen de ventas y demanda errática, los cuales ocupan parte importante del espacio en bodega,

limitando el stock para productos de mayor demanda.

Estas situaciones suelen verse opacadas por el alto nivel de inventarios y de ventas dentro de la empresa (ver [Sección 6.3](#)), evitándose tomar medidas de impacto por la costumbre de trabajar de la manera que se ha estado acostumbrado y a la preferencia a realizar bajas inversiones en soluciones con resultados pobres a corto plazo (colapsar las bodegas de materias primas y productos elaborados), en vez de realizar una mayor inversión en soluciones con efectos beneficiosos y sostenibles en el largo plazo, entre otros.

## 5.2. Procedimiento de Desarrollo del Sistema Logístico

La logística y la cadena de suministros son definidos por [Ballou \(2004\)](#) como un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor para el consumidor.

En base a la definición que hace [Chase et al. \(2009\)](#), el inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización. 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 qué tan grandes deben ser los pedidos.

Existen varias razones de porqué una empresa querría tener inventarios y porqué esta misma empresa, a la vez, desea mantenerlos al mínimo.

Las razones a favor son: cubrir la variación en la demanda, permitir flexibilidad en la programación de la producción, protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima y aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido, principalmente ([Chase et al., 2009](#)). Lo anterior conlleva a mejorar el servicio al cliente, manteniendo e incluso aumentando las ventas, a la vez que se reducen costos de operación de otras actividades de la cadena de suministros que podrían más que compensar el costo de manejo de inventarios ([Ballou, 2004](#)).

Los argumentos que [Ballou \(2004\)](#) postula en contra son: los inventarios son considerados como pérdidas, absorbiendo capital que podría estar disponible para mejor uso de otra

manera, como mejorar la productividad o la competitividad. No contribuyen con ningún valor directo a los productos de la empresa, aunque almacenan valor. Ocultan problemas de calidad cuando se reducen los inventarios existentes para proteger la inversión de capital, y esto puede ser lento.

A continuación se detallarán en orden todos los pasos realizados para desarrollar el sistema, acompañándose de la teoría que sustentan, con el fin de ser comprendido y/o replicado por quienes así lo deseen.

### **5.2.1. Inducción y Diagnóstico**

El primer paso consiste idealmente en recibir una inducción para interiorizarse sobre la compañía en general, tal como sus objetivos, misión y valores, los productos y servicios que ofrece, las áreas funcionales que la componen, el sistema de producción, los hardware y softwares que poseen, como también saber quiénes son sus proveedores y clientes y cómo operan entre sí actualmente, entre otros.

Con esta información ya se podría eventualmente levantar un primer diagnóstico particularmente sobre las políticas de gestión de abastecimiento e inventarios presentes en la empresa, comenzando por identificar: los criterios que se están utilizando para realizar los pedidos, la frecuencia con la que se están haciendo, los canales de comunicación y los tiempos de espera. Específicamente se analizan las tendencias de ventas, la variabilidad, quiebres de stock, valorización periódica de los inventarios y su rotación.

Listo el diagnóstico interno preliminar es posible estimar, en base a los procesos que agregan y no agregan valor, las primeras funcionalidades del sistema que permitan aprovechar sus fortalezas para combatir sus debilidades y carencias, lo que lleva primeramente identificar la naturaleza de la demanda y establecer qué diseño de cadena de suministro se adapta más a ésta.

### **5.2.2. Estrategias de Cadena de Suministro**

A pesar de aplicar las últimas tecnologías y mejores prácticas dentro de la cadena de suministro como el intercambio electrónico de datos (EDI), la manufactura flexible

o el almacenamiento automatizado, no asegura que el desempeño de la empresa sea el óptimo, de hecho (Krajewski et al., 2008) alerta que las consecuencias pueden llegar a ser catastróficas si no se tienen ciertos factores en cuenta. Una de las razones principales de estos fracasos tiene que ver con la no comprensión de la naturaleza de la demanda de los productos que se ofrecen, provocando en consecuencia que no se acierte en formular estrategias de cadena de suministro que satisfagan las demandas de tales productos. Este autor hace mención de dos diseños diferentes para lograr una ventaja competitiva: las cadenas de suministro eficientes y las cadenas de suministro con capacidad de respuesta, explicándose a continuación los ambientes más adecuados para cada uno de estos diseños:

### **Cadenas de suministro eficientes**

Funcionan mejor en ambientes donde la demanda es sumamente previsible, como aquellos productos de primera necesidad ofrecidos en los supermercados. Se busca lograr flujos eficientes de materiales y servicios y mantener los inventarios en un nivel mínimo. Es baja la frecuencia de introducción de productos variados y nuevos, los que se caracterizan por tener largos ciclos de vida y bajos márgenes de contribución. La competencia en este mercado se centra en el precio, siendo las prioridades competitivas de estas empresas las operaciones de bajo costo, la calidad consistente y la entrega a tiempo.

### **Cadenas de suministro con capacidad de respuesta**

Éstas son diseñadas para reaccionar rápidamente ante la incertidumbre de la demanda. Son adecuadas para empresas que ofrecen una amplia variedad de productos, y la demanda es poco previsible. Para mantenerse en competencia, estas empresas deben introducir frecuentemente productos nuevos e innovadores, los que les reportan altos márgenes de contribución. En estas situaciones es primordial la velocidad del desarrollo, tiempos de entrega rápidos, personalización, variedad, flexibilidad en el volumen y calidad superior. Puede suceder que las empresas sepan que productos producir una vez hayan llegado los pedidos de los clientes, por lo que el tiempo de reacción es vital para no mantener inventarios costosos que se tuvieran que vender con grandes descuentos ante ciertas eventualidades.

<b>Factor</b>	<b>Cadenas de suministro eficientes</b>	<b>Cadenas de suministro con capacidad de respuesta</b>
Estrategia de operación	Fabricación para mantener en inventario o servicios y productos estandarizados; énfasis en volúmenes altos (Make-to-Stock).	Ensamblaje por pedido; fabricación para mantener en inventario, o servicios y productos personalizados; énfasis en la variedad (Make-to-Order).
Colchón de capacidad	Bajo.	Alto.
Inversión en inventario	Baja; permite alta rotación de inventario.	Según sea necesario para permitir tiempos de entrega rápidos.
Tiempo de entrega	Abreviar, pero sin incrementar los costos.	Abreviar drásticamente.
Selección de proveedores	Énfasis en precios bajos, calidad consistente y entrega a tiempo.	Énfasis en tiempo de entrega rápido, personalización, variedad, flexibilidad en volumen, calidad superior.

**Tabla 5.1:** Características de diseño de cadenas de suministro eficientes y con capacidad de respuesta.

[Fuente: [Krajewski et al., 2008.](#)]

El autor señala que también es factible combinar ambos diseños de cadena de suministro, especialmente cuando enfoca sus operaciones en segmentos específicos del mercado o puede segmentar la cadena de suministro para satisfacer dos necesidades distintas. Pero lo importante para no tener un desempeño deficiente es saber cuál de estos diseños es el más adecuado para los productos que se ofrecen, ya que suele ocurrir que se emplee una cadena de suministro eficiente en un ambiente en el cual se requiere una cadena de suministro con capacidad de respuesta.

Una forma de saber si la estrategia de cadena de suministro empleada por la empresa es la más apropiada, es basándose en la metodología propuesta por [Fisher \(1997\)](#). Este autor plantea de forma similar a los conceptos anteriores, que se deben analizar los patrones de demanda de los productos para clasificarlos en: productos funcionales y en productos innovadores. Como siguiente paso, se debe decidir si la cadena de suministro es eficiente o con capacidad de respuesta. Hecho este análisis, se deben cruzar ambos resultados en la matriz diseñada por este autor, mostrada en la [Tabla 5.2](#).

	<b>Productos Funcionales</b>	<b>Productos Innovadores</b>
<b>Cadena de suministro eficiente</b>	✓	X
<b>Cadena de suministro con capacidad de respuesta</b>	X	✓

**Tabla 5.2:** Matriz para calzar la cadena de suministro con los productos según la naturaleza de sus demandas, para poder definir una estrategia de cadena de suministro.

[Fuente: [Fisher, 1997.](#)]

Tal como se observa en esta tabla, los productos funcionales requieren de procesos eficientes; y los productos innovadores, de procesos con capacidad de respuesta. Por la intensa competencia y las ansias de aumentar los márgenes de contribución, varias empresas intentan convertir productos funcionales en productos innovadores, manteniendo una cadena de suministro eficiente (celda superior derecha), provocando serios problemas al intentar abastecer productos innovadores con cadenas de suministro sin capacidad de respuesta.

Otra alternativa surge por la exigencia de los clientes de querer productos personalizados en el mismo momento que lo solicitan. Las empresas no pueden mantener en inventario una infinidad de productos terminados por las razones que se han explicado, por lo que se debe aplicar una estrategia de Mass Customization, conocida también como Personalización Masiva o Sistema Push-Pull.

### **Mass Customization**

Lo define [Gómez \(2007\)](#) como el desarrollo, la producción y la comercialización de productos a costes lo suficientemente bajos como para facilitar su consumo de la forma más amplia y masiva posible. La clave que señala [Krajewski y Ritzman \(2000\)](#) para tener éxito gracias a esta estrategia es aplazar, hasta el último momento posible, la tarea de diferenciar el producto para un cliente específico, lo que se conoce bajo el término “postponement”. De esta forma se puede aplicar en el mayor grado la estrategia Push, que es más eficiente, con los módulos estándar del producto, antes de verse en la necesidad de personalizarlos. Sin embargo, esto no es una tarea fácil ni rápida, ya que puede implicar rediseñar los productos para que estén formado por módulos independientes fáciles de ensamblar a un bajo costo, como también los procesos, que deben estar diseñados para satisfacer una amplia variedad de necesidades.

Posterior a la identificación del diseño de la cadena de suministro actual, se deben clasificar los productos que se poseen, dándoles un tratamiento específico según corresponda, lo que se realiza mediante la clasificación o análisis ABC.

### 5.2.3. Clasificación ABC

Para [Chase et al. \(2009\)](#), cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir un artículo y cuántas unidades ordenar. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar tratamiento uniforme a cada una. Resultaría demasiado costoso y poco práctico monitorearlas y controlarlas de manera individual. Es por esto que [Zuluaga et al. \(2011\)](#) recomienda referenciar por grupos de familias y aplicar políticas de control iguales a cada uno de estos grupos.

La clasificación ABC es el proceso que consiste en dividir los artículos en tres clases, de acuerdo a cierto factor, de modo tal que los gerentes puedan concentrar su atención en los más preponderantes. Se basa en el Principio de Pareto o Regla del 80/20, que [Amos \(2001\)](#) lo define como que el 80 % de los resultados se deben a un 20 % de los esfuerzos.

No existe una regla estricta que indique cómo dividir los artículos A, B y C, si no que variará según la composición de productos de cada empresa, pero se puede realizar un análisis preliminar en base a los rangos que sugiere [Krajewski et al. \(2008\)](#) a continuación:

- **Artículos A:** generalmente representan cerca del 20 % del total de artículos, correspondiéndoles el 80 % del valor de consumo.
- **Artículos B:** representan otro 30 % del total, correspondiéndoles el 15 % del valor de consumo.
- **Artículos C:** son el 50 % del total de artículos, representando sólo el 5 % del valor de consumo.

A partir de los rangos anteriores es recomendable llevar a cabo simulaciones para cada criterio a analizar, en las que se haga variar el tamaño de los rangos hasta que los productos que sean asignados a cada clasificación se ajusten lo más posible a la apreciación de miembros experimentados dentro de la empresa.

Bajo la perspectiva de [Ballou \(2004\)](#), puede ser útil determinar en base a este análisis la penetración de mercado que podrían tener estos artículos. Por ejemplo, los artículos A podrían recibir una amplia distribución geográfica a través de muchos almacenes con altos

niveles de disponibilidad de existencias, en tanto que los artículos *C* podrían distribuirse desde un punto de venta único y central (por ejemplo, una planta). Los artículos *B* tendrían una estrategia de distribución intermedia.

En ciertos casos, un artículo puede ser crítico para una empresa si su ausencia provoca una pérdida significativa. En este caso, sin importar su clasificación, es posible mantener existencias suficientemente altas para evitar que se agote. Una forma de asegurar su constante control es asignar a este artículo una *A* o una *B*, a pesar de que su valor no garantice su inclusión (Chase et al., 2009).

### Procedimiento

Los pasos que Gutiérrez (2009) propone seguir son:

1. Seleccionar la variable o parámetro base en función del objetivo que se persiga.
2. Establecer el rango de clasificación por zonas.
3. Ordenar de forma decreciente los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor.
4. Determinar la participación de cada elemento en el valor total y sobre el total de productos (porcentaje relativo).
5. Calcular porcentajes acumulados.
6. Determinar las diferentes clasificaciones.

### Matriz ABC Cruzada Ventas-Variabilidad de la Demanda

Anteriormente se clasificaron los productos en *A*, *B* y *C* únicamente bajo un criterio, el que por lo general consiste en el volumen de ventas. No obstante, Chávez (2011) postula que este criterio tratado de manera aislada puede provocar ciertas ineficiencias. Por ejemplo, suponer que se venden sólo dos productos: *A1* y *A2*, cuyo comportamiento de ventas en los últimos 360 días ha sido el siguiente:

$$A1 : 100, 100, 100, 100, \dots, 100 = 36.000 \text{ unidades}$$

$$A2 : 36.000, 0, 0, 0, \dots, 0 = 36.000 \text{ unidades}$$

A final de año, ambos se vendieron en igual cantidad, siendo clasificados por el criterio visto anteriormente dentro de la misma categoría. Sin embargo, el producto A1 fue vendido a lo largo del año de manera regular en la misma cantidad (100 unidades). Por otro lado, del producto A2 se vendieron las 36.000 unidades sólo un día y nada el resto del año. Lógicamente, estos productos no deberían ser tratados bajo las mismas políticas porque no se comportan de igual forma, ya que el volumen no basta para caracterizar la demanda. Se debe considerar además la variabilidad, ya que es un factor esencial para entender el comportamiento de cada SKU.

Es por esto que [LRM Consultoría Logística \(2015\)](#) plantea la realización de una matriz ABC en la que se cruzan dos criterios: rotación y variabilidad de la demanda, definiéndose segmentos a los que se les puede asignar a cada uno una política de gestión de inventarios.

Basándose en este planteamiento, es que se realiza una adaptación a este modelo con el fin de ajustarse a las necesidades particulares de Soudal y a los datos con los que se cuenta. Por consiguiente, el modelo resultante es el que se explica a continuación:

El primer criterio considera el volumen de ventas basado en el Principio de Pareto o regla del 80-20, el que puede realizarse con el margen de contribución si se posee esa información, y el segundo criterio considera la variabilidad de la demanda, reflejado por el coeficiente de variación.

El modelo original planteado por [LRM Consultoría Logística \(2015\)](#) considera como medida de variabilidad de la demanda a la desviación estándar. De esta forma, y tal como lo menciona [Sokal y Rohlf \(1986\)](#), la única aplicación que se puede tener para ésta es como una estimación del grado de variación de una población. En consecuencia, puede resultar necesario comparar las magnitudes de la desviación estándar de poblaciones similares y determinar si una población X es más o menos variable que otra población Y. No obstante, cuando ambas poblaciones difieren apreciablemente en cuanto a sus medias, comparar sus varianzas o desviaciones estándar es un tanto arriesgado. Es por esto que es recomendable

utilizar el coeficiente de variación. Éste es simplemente la desviación estándar expresada como un porcentaje de la media, y su fórmula es:

$$CV = \frac{s}{\bar{Y}} \cdot 100 \% \quad (5.1)$$

La clasificación ABC para ambos criterios se puede establecer de diferentes maneras; para el caso del criterio de ventas, lo más común es seguir la Regla del 80-20 explicado en la [Subsección 5.2.3](#), pudiéndose variar los límites según la experiencia de algún miembro de la empresa. De modo similar ocurre con los límites para el coeficiente de variación, que se pueden fijar de cierta forma para que los productos que por experiencia se sepan que han tenido un comportamiento estable pertenezcan a la clasificación A y así sucesivamente para los productos más variables para asignarlos a la clasificaciones B y C, respectivamente.

Preferentemente, para tener una mejor base para modificar los límites de ambos criterios, se puede utilizar una útil y sencilla técnica conocida como Escatergrama. Esta herramienta permite elaborar una nube de puntos dentro de un gráfico comprendido por los ejes de volumen de ventas y coeficiente de variación, con la cual se puede también analizar cualitativamente las zonas para fijar los límites de cada clasificación.

Al momento de tener definidos los límites de ambos criterios, se está en condiciones de construir la matriz ABC detallada a continuación:

		<b>Variabilidad</b>			
		←			
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	
<b>Ventas</b>	^	<b>A</b>	Estratégicos	Principales	Volátiles
		<b>B</b>	Principales	Principales	Volátiles
		<b>C</b>	Secundarios	Secundarios	Cuestionables

**Tabla 5.3:** Tabla para identificar la clasificación de un producto según su volumen de ventas y variabilidad.

[Fuente: LRM Consultoría Logística, 2015.]

Apoyándose en [LRM Consultoría Logística \(2015\)](#), la estrategia de operación para cada segmento son las siguientes:

- **AA - Estratégicos:** alto volumen de ventas y baja variabilidad. Corresponden a los productos funcionales, en otras palabras, que tienen un patrón de demanda estable y predecible. Son los que de forma estable poseen una mayor participación en las ventas, pero no así en el margen de utilidad, ya que, al ser productos maduros, la gran competencia obliga a reducir sus precios de venta. Es recomendable aprovisionarse de forma frecuente y en pequeñas cantidades para tener bajos niveles de stock.
- **AB, BA, BB - Principales:** ventas y variabilidad media. Se recomiendan reaprovisionamientos frecuentes y en cantidades pequeñas como en el segmento anterior, pero hay que establecer el compromiso entre nivel de servicio y stock de seguridad. Un alto nivel de servicio podría costar caro, por lo que el stock de seguridad debe ser menor al de los Estratégicos, y se debe seguir una estrategia de Mass Customization, contando con las materias primas suficientes y posponiendo la elaboración del producto lo más posible, para poder reaccionar ágilmente ante el pedido de un cliente.
- **AC y BC – Volátiles:** alto volumen de ventas y alta variabilidad. Puede corresponder a productos estacionales, a pedidos especiales de parte de un cliente o a una incorrecta gestión de los inventarios. Se recomienda el suministro bajo pedido (Make-to-Order). De otra forma, el coste de un nivel de servicio razonable sería muy alto, generando altos niveles de obsolescencia.
- **CA y CB - Secundarios:** bajo volumen de ventas y baja o media variabilidad. Bajo impacto en el coste del stock, se recomienda minimizar los costes operativos tratando de minimizar el número de pedidos y de transacciones.
- **CC - Cuestionables:** bajo volumen de ventas y alta variabilidad. Corre el riesgo de quedar obsoleto. Se recomienda reaprovisionar bajo pedido y, en ciertos casos, liquidarlos o desecharlos.

### 5.2.4. Códigos Alternativos

Gran parte de los productos que se fabrican o importan en Soudal se venden etiquetados con la marca de sus retailers, debiéndose asignar un SKU distinto a cada uno de éstos a pesar de que el contenido del producto sea el mismo. Por ejemplo, una silicona neutra blanca puede ser etiquetada con la marca propia de Sodimac o de Construmart.

La filial en Santiago cuenta con una planta de silicona que se encarga únicamente de envasar los tubos, pomos y baldes que posteriormente serán etiquetados y embalados, como se explicó anteriormente. Pero la materia prima, como la silicona, no es fabricada en Chile, sino que es importada en tambores desde el extranjero, al igual que otros productos terminados etiquetados y no etiquetados.

Para efectos de planificar los requerimientos de materia prima, se debe considerar la demanda, inventario y productos en tránsito de cada grupo de productos que, indistintamente de qué etiqueta tengan, el contenido neto sea el mismo.

Para esto se debe ingresar al sistema ERP y obtener el Maestro de Productos en donde se detalle la descripción de cada uno de éstos, para luego agruparlos en una hoja Excel por filas eligiendo cualquiera de los SKU como SKU principal, tal como se observa en el [Tabla 5.4](#).

Luego, en los informes de ventas, inventario y productos en tránsito, se debe agregar una columna llamada “Código Alternativo”, que busque cada uno de los productos que aparezcan en estos tres informes en la hoja creada anteriormente y devuelva a cuál SKU está asociado (SKU principal). De esta forma se puede elaborar una tabla dinámica con los datos consolidados para cada uno de estos informes, lo que mejora la precisión a la hora de pronosticar en comparación a realizar pronósticos individuales.

SKU	Description	Alter. SKU 1	Alter. SKU 2	Alter. SKU 3	Alter. SKU 4	Alter. SKU 5
14SOUD0107	ACETICA ALMENDRA SOUDAL	14NHBK0107	7ISO250307	7ISOUD0307	71XMSL0307	
14SOUD0408	ACETICA ALUMINIO SOUDAL	14NSCS0408	14NHBK0408	71XMSL0408	71SOUD0408	
14SOUD1486	ACETICA AUTOMOTRIZ SOUDAL	14NHBK1486	14MART1486	71XMSL1486	71SOUD1486	71NBHK1486
14SOUD0197	ACETICA BRONCE SOUDAL	14NHBK0197	14CHMT0197	14NRT00197	71CRTV0497	71SOUD0497
14SOUDS107	ACRILICA ALMENDRA	14NHBKL107	71SOUDL107			
14SOUD5708	NEUTRA TITANIO	14NHBK5708	14NSCS5708	14SOUD5708	710SCS5708	71XMSL5708

**Tabla 5.4:** Extracto de hoja de códigos alternativos para consolidar datos de ventas, inventario y stock de productos en tránsito. Los SKU que comienzan con 71 corresponden a materia prima, en este caso los tambores que servirán para envasar tales productos.

[Fuente: Elaboración Propia.]

A continuación se explicará cómo convertir unidades de tambores en tubos, para contabilizarlo dentro del stock de productos en bodega y en tránsito de su SKU asociado.

### 5.2.5. Conversión de Unidades

Retomando el punto anterior, los productos envasados en Chile tienen su origen a partir de tambores importados del extranjero. Es importante considerar al momento de calcular los requerimientos de materia prima a la hora de hacer un pedido a los proveedores extranjeros la cantidad de tubos (producto terminado) de cada grupo en las bodegas, pero también es fundamental sumar a cada uno de estos grupos el stock de tambores correspondientes. Para eso se debe contar con una tasa de conversión tambor a tubos para que coincidan las unidades al momento de sumarlas, dado que los tambores difieren en su tamaño según el producto que se vaya a envasar. Es así como se debe crear una tabla con el código y descripción de cada tambor y a cuántos tubos equivale, como se observa en la [Tabla 5.5](#).

SKU	Drum SKU	Family	Subfamily	Tubes/Drums
71XMSL0401	71XMSL0401	ACÉTICA	TRANSPARENTE C/FUNG.	650
71XMSL0402	71XMSL0402	ACÉTICA	BLANCA	650
71XMSL0309	71XMSL0309	ACÉTICA	ALUMINIO	650
71XMSL0301	71XMSL0301	ACÉTICA	TRANSPARENTE S/FUNG.	650
71XMSL1486	71XMSL1486	ACÉTICA	AUTOMOTRIZ	650
710SSG4000	710SSG4000	ESPECIALIDADES	ESTRUCTURAL	540
71XMSL1801	71XMSL1801	NEUTRA	TRANSPARENTE	650
71XMSL1802	71XMSL1802	NEUTRA	BLANCA	650
71XMSL1803	71XMSL1803	NEUTRA	NEGRA	650
71XMSL1805	71XMSL1805	NEUTRA	GRIS	650

**Tabla 5.5:** Extracto de tabla de conversión de tambores a tubos.  
[Fuente: Elaboración Propia.]

Ahora, para que se sume el stock de tambores convertidos a tubos al stock del grupo de tubos que les corresponden, se debe agregar el SKU de cada tambor en la hoja de códigos alternativos (ver [Tabla 5.4](#)) en la fila de códigos que le corresponda. En esa misma tabla, el código de los tambores corresponden a aquellos en cursiva que comienzan por 71, que es el código asociado a las materias primas.

### 5.2.6. Pronósticos de Demanda Independiente

Para determinar la demanda de componentes de un producto y anticiparse a los pedidos de los clientes (sistema Push) o determinar la capacidad de las plantas (sistema Pull) es fundamental, según [Chopra y Meindl \(2008\)](#), el uso de pronósticos. Pero se debe tener en cuenta que nunca son exactos, por lo que se debe incluir una medida del error, más aún si son a largo plazo. Si se da este último caso, más que dedicar mucho esfuerzo en determinar el mejor método de pronóstico, es mejor invertir tiempo y dinero en buscar la forma de reducir el Lead Time Logístico (como aplicar SMED o contar con proveedores más cercanos, aunque implique mayores costos) para así flexibilizar las operaciones y combatir la variabilidad de éstos. Otras dos recomendaciones de este autor son que se lleven a cabo pronósticos agregados en vez de los desagregados por su tendencia a tener una desviación estándar menor del error con relación a la media, y que si la compañía

se encuentra más alejada del cliente final dentro de la cadena de suministros, realizar pronósticos colaborativos entre los miembros de la cadena (CPFR) para así disminuir los errores de los pronósticos que aumentan corriente arriba causados por el llamado efecto látigo.

Clasificados ya todos los productos, se debe crear una tabla dinámica del informe de ventas, recordando que se creó una columna nueva con el código al cual se le asoció en la hoja de códigos alternativos, por lo que se debe seleccionar esta columna, más la columna con las unidades vendidas de cada uno de éstos y la fecha de la venta. Para el caso de Soudal, el informe de ventas reporta ventas mensuales, pero mientras menor sea este intervalo de tiempo, se pueden realizar pronósticos con mayor frecuencia y precisión.

A partir de los datos de esta tabla se puede hacer uso de una función compatible desde Excel 2016 llamada “PRONOSTICO.ETS” o Suavizamiento Exponencial. Esta función contiene los siguientes argumentos ([Microsoft, 2015](#)):

- **Fecha\_destino:** fecha hasta la cual se desea predecir. Puede ser fecha/hora o numérica. En Soudal se tiene un horizonte de tiempo de 3 meses a contar del día de la planificación.
- **Valores:** corresponden a los valores históricos para los que se desean pronosticar los valores siguientes.
- **Línea de tiempo:** es la matriz o el rango de datos numéricos. Deben tener un paso coherente entre éstas y no pueden ser cero.
- **Estacionalidad:** opcional. Es un valor numérico, que si es 1 significa que Excel detecta la estacionalidad automáticamente y si es 0 significa que no hay estacionalidad. Cualquier otro número entero positivo representa la longitud del patrón estacional.
- **Llenado de datos:** opcional. Aunque la línea de tiempo requiere un paso constante entre los puntos de datos, esta función admite hasta un 30 % de datos faltantes, y se ajustará automáticamente para aquello. Si es 0 indicará al algoritmo que corrija los puntos faltantes como ceros. El valor predeterminado de 1 corregirá los puntos faltantes convirtiéndolos en el promedio de los puntos adyacentes.

- **Agregación:** opcional. Aunque la línea de tiempo requiere un paso constante entre los puntos de datos, esta función agregará varios puntos con la misma marca de tiempo. El parámetro de agregación es un valor numérico que indica el método que se usará para agregar varios valores con la misma marca de tiempo. El valor predeterminado de 0 usará PROMEDIO, mientras que las demás opciones son SUMA, CONTAR, CONTARA, MIN, MAX y MEDIANA.

Excel discierne automáticamente el tipo de suavizamiento exponencial a utilizar en base al que se ajuste mejor al patrón de demanda de cada producto, o sea el con menor error.

La ventaja que postula [Chase et al. \(2009\)](#) del método de suavizamiento exponencial por sobre el promedio móvil y el promedio móvil ponderado, es que en la mayoría de las aplicaciones las ocurrencias más recientes son más indicativas del futuro que aquellas en el pasado más distante. Ambos métodos de promedio móvil requieren manejar en forma continua gran cantidad de datos históricos. Por otro lado, si en el método de suavizamiento exponencial, al agregar cada nueva pieza de datos se elimina la observación anterior y se calcula el nuevo pronóstico, es más probable que sea el método más lógico y fácil.

Existen tres tipos de suavizamiento exponencial que [Chase et al. \(2009\)](#) los conceptualiza de la siguiente forma:

- **Suavizamiento Exponencial Simple:** serie de tiempo que no tiene tendencia, pero sí un comportamiento irregular. Consiste en la atenuación de los valores de la serie de tiempo, obteniendo un promedio de éstos de forma exponencial; es decir, los datos son ponderados dándoles un mayor peso a las ocurrencias más recientes que a las más antiguas. Cada incremento en el pasado se reduce  $(1 - \alpha)$ , como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$F_t = \alpha A_t + \alpha(1 - \alpha)A_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 A_{t-2} + \dots + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} A_{t-(n-1)} \quad (5.2)$$

La constante  $\alpha$  se llama constante de suavizamiento, la que va de 0 a 1 y determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción a las diferencias entre los pronósticos

y las ocurrencias reales (Chase et al., 2009). Se elige generalmente bajo algún criterio de optimalidad, como por ejemplo el  $\alpha$  que minimice la desviación media absoluta o MAD (Ecuación 5.11).

El pronóstico para cierto periodo  $t$  se calcula de la siguiente forma:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1}) \quad (5.3)$$

Donde,

$F_t$  = pronóstico (forecast) suavizado exponencialmente para el periodo  $t$ .

$D_{t-1}$  = demanda (demand) real para el periodo  $t-1$ .

- **Suavizamiento Exponencial Doble o Método Holt:** corresponde a un método de suavizamiento exponencial con corrección por tendencia, adecuado precisamente cuando se supone que la demanda tiene un nivel y una tendencia en el componente sistemático, pero no estacionalidad (Chopra y Meindl, 2008). Esto se corrige agregando un ajuste a esta tendencia, requiriéndose una constante adicional de suavizamiento exponencial denotada por  $\beta$ .

El pronóstico para cierto periodo  $t$  se calcula como se muestra en las siguientes relaciones:

$$L_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5.4)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (5.5)$$

$$F_{t+n} = L_t + nT_t \quad (5.6)$$

Donde,

$L_t$  = estimación del nivel (level) en el periodo  $t$ .

$T_t$  = estimación de la tendencia (trend) en el periodo  $t$ .

- **Suavizamiento Exponencial Triple:** este método es adecuado cuando el componente sistemático de la demanda tiene un nivel, una tendencia y un factor estacional

(Chopra y Meindl, 2008), el que consiste en movimientos ascendentes y descendentes que se repiten regularmente y se mide en periodos menores de un año (horas, días, semanas, meses o trimestres). A continuación se describirá el método estacional multiplicativo descrito por Sipper et al. (1998), en el que los factores estacionales se multiplican por una estimación de la demanda promedio, aumentando la amplitud de las estaciones a lo largo del tiempo; a diferencia del aditivo, que la amplitud de las estaciones se mantiene constante (Krajewski et al., 2008):

$$L_t = \alpha \cdot \frac{D_t}{S_{t-p}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (5.7)$$

$$T_t = \beta \cdot (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot T_{t-1} \quad (5.8)$$

$$S_t = \gamma \cdot \frac{D_t}{L_t} + (1 - \gamma) \cdot S_{t-p} \quad (5.9)$$

$$F_{t+n} = (L_t + n \cdot T_t) \cdot P_{t+n-p} \quad (5.10)$$

Donde,

$S_t$  = estimado del factor estacional (seasonality) para el periodo t.

$p$  = periodicidad de la demanda.

### Medidas del Error del Pronóstico

Chapman (2006) indica que todo pronóstico debe contener dos números: el pronóstico en sí mismo y el estimado de error, ya que interesa saber qué tan errado es aquel pronóstico. Existen varias técnicas útiles para medir estos errores, dentro de las que se encuentran:

- Mean Absolut Deviation (MAD o MAE):** siendo reemplazada en el pasado por la desviación estándar, esta medida retorna gracias a su simplicidad y utilidad al obtener señales de rastreo, la que indica el error de pronóstico promedio (siempre positivo) sobre el periodo analizado. Se calcula restando la demanda real y la demanda pronosticada, todo en valor absoluto, y dividiendo esta diferencia en el número de datos, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |A_t - F_t|}{n} \quad (5.11)$$

Donde,

$t$  = número del periodo.

$A$  = demanda real para el periodo.

$F$  = demanda pronosticada para el periodo.

$n$  = número total de periodos.

Si los errores tienen una distribución normal, la desviación absoluta media se relaciona con la desviación estándar de la siguiente forma:

$$1 \text{ desviación estándar} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times MAD \approx 1,25 MAD \quad (5.12)$$

Lo que indica que la desviación estándar es la medida más grande.

- Root Mean Squared Error (RMSE):** corresponde a otra medida de error que, a diferencia de la desviación media absoluta, penaliza fuertemente los errores de mayor magnitud. Se calcula como la raíz del error cuadrático medio (MSE) como se muestra a continuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_t - F_t)^2} \quad (5.13)$$

Un ejemplo en el que se señalan los tres coeficientes de suavizamiento óptimos y los errores MAE (MAD) y RMSE para un cierto SKU se encuentran en la [Figura A.4](#). Este informe se obtiene automáticamente a partir de la sección en esta misma hoja de Planificación “Generar Gráfico de Pronóstico”, indicando el SKU a pronosticar, la fecha objetivo, el nivel de confianza y la estacionalidad medida en meses para este caso. Hecho esto se aprieta el ícono de color negro con forma de gráfico que llama a la macro detallada en la [Figura A.5](#).

## 5.2.7. Modelo de Reabastecimiento

### Costos Relativos al Inventario

Para establecer una política de inventarios adecuada para cada clasificación y poder determinar la cantidad de tamaño de pedido, se deben tener en cuenta diversos costos asociados, que [Chase et al. \(2009\)](#) los divide en cuatro: costo de mantenimiento, costo de ordenar, costo de compra y costo de faltantes. No es de extrañarse que en varias empresas, a pesar de que cuenten en sus ERP's con una opción de cubicación para registrar las medidas de los productos, su peso, etc. para así determinar el costo de mantener inventario, ésta jamás se haya realizado, esté incompleta o no se realice cada vez que se ingresa un artículo nuevo; esto provocaría que si el sistema de planificación se basa en esta información, se lleguen a realizar pedidos que lo más probable es que difieran considerablemente con las demandas reales.

Para casos que presentan esta situación, que no son pocos, no cabe otra posibilidad que recurrir a métodos alternativos o menos convencionales para dar con una solución satisfactoria. Una primera alternativa es realizar benchmarking, obteniendo los costos de ordenar y mantener inventario de empresas del mismo rubro y luego aplicar el sistema de inventario más adecuado para cada empresa; la segunda alternativa, que es en la que se profundizará a continuación, corresponde a proyectar el nivel de inventario de cada producto durante el tiempo de espera o lead time para determinar con cuánto stock se contará a esa fecha y determinar, según los resultados obtenidos de los pronósticos de demanda, la cantidad a reponer.

### Proyección de Inventarios

El inventario corresponde a los bienes tangibles que se tienen durante el transcurso del negocio para ser posteriormente vendido o como materia prima para la fabricación de bienes. Administrar los inventarios correctamente implica que se encuentren disponibles al momento de ser necesarios para ser usados o vendidos, definiéndose cuándo hacer los pedidos y qué tan grandes deben ser.

Administrar los inventarios requiere de una continua planificación y control de éstos

para cumplir así con el nivel de servicio definido. Así es como es imprescindible contar con la cantidad adecuada de inventarios y poder saber la cantidad exacta en cualquier momento. Tener en consideración que tampoco se debe tender a llenar las bodegas, ya que aquello tiene costos de por medio, como: el deterioro de la calidad al ser productos perecibles, pérdida de control, costos de mantener inventario, baja rotación, costos de oportunidad y reducción de la capacidad de almacenaje, entre otros.

Lo usual para determinar el momento preciso para realizar un pedido de reabastecimiento es calcular un stock mínimo o punto de reorden en base a la demanda anual media, al lead time y sus variabilidades si corresponde, que alerte cuando el nivel de inventario de un producto disminuya a un nivel inferior a éste, indicando que es momento de reabastecerse de ese producto. Esto puede ser útil cuando la empresa es madura, la demanda y el tiempo de espera son uniformes y su horizonte de planificación es corto; mejor aún si es una empresa que ofrece una gran cantidad de productos y cuenta con un ERP que le permita la opción de reposición automática. Para casos de empresas que se encuentran en fase de desarrollo y que, además, se abastecen prácticamente en su totalidad con materias primas provenientes de países lejanos, en que el lead time es de tres meses, se hace necesario ocupar otro tipo de técnicas que mezclen lo analítico en conjunto con la experiencia y la intuición.

En estos casos es conveniente realizar lo previamente explicado, denominado proyección de inventarios.

El procedimiento para proyectar inventarios en un horizonte de planificación de 3 meses comienza proyectándose el inventario del primer mes, como se muestra en la [Ecuación 5.14](#), sumando lo que se tiene de stock de cierto producto en el periodo en curso (Mes Actual), más el stock en tránsito que se estime que llegue para el mes siguiente (Mes 1), menos el pronóstico de demanda para aquel mes (Mes 1).

$$ProyInventarios_{Mes\ 1} = MesActual + EnTránsito_{Mes\ 1} - Pronóstico_{Mes\ 1} \quad (5.14)$$

Para el segundo mes el procedimiento es similar, trasladando en un mes hacia adelante

toda la relación, pasando de  $MesActual$  a  $ProyInventarios_{Mes 1}$ , y así sucesivamente:

$$ProyInventarios_{Mes 2} = ProyInventario_{Mes 1} + EnTránsito_{Mes 2} - Pronóstico_{Mes 2} \quad (5.15)$$

Se repite lo anterior para la proyección de inventarios para el Mes 3:

$$ProyInventarios_{Mes 3} = ProyInventario_{Mes 2} + EnTránsito_{Mes 3} - Pronóstico_{Mes 3} \quad (5.16)$$

En la [Tabla 5.6](#) se muestra un ejemplo de lo anterior:

SKU	Inventario		Pronósticos			Proyección de Inventario			
	Stock	Meses de Stock	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes Actual	Mes 1	Mes 2	Mes 3
XXYYYYZZZZ	6,759	1.2	3,945	3,735	3,526	6,759	8,574	4,839	1,314

**Tabla 5.6:** Ejemplo de proyección de inventario para cierto SKU para un periodo tres meses.  
[Fuente: Elaboración Propia.]

### Cantidad de Pedido

El modelo básico conocido como Cantidad Económica de Pedido o EOQ por sus siglas en inglés, tiene como objetivo equilibrar los costos fundamentales del inventario: el costo de pedido y el costo de mantenimiento de inventario. El primero se presenta como un costo de procesamiento de material en caso de ser fabricado, pero puede tener relación también con el costo de realizar una orden de compra si se adquiere de un proveedor externo. El costo de mantener inventario generalmente se expresa como un porcentaje anual sobre el costo real del producto. La desventaja señalada por [Chapman \(2006\)](#) es que supone condiciones prácticamente perfectas, lo que en la práctica casi nunca se cumple, como: demanda constante y uniforme, tiempo de espera constante, precio por unidad constante, el costo de mantener inventario se basa en el inventario promedio, los costos del pedido y de inicio del procedimiento son constantes y que no se permiten pedidos en espera. Sin embargo, este modelo es utilizado como base de otros modelos que se acercan más a la realidad.

Los modelos básicos de reabastecimiento de inventarios independientes de la demanda los divide (Chapman, 2006) en dos categorías: modelos basados en cantidad y modelos basados en tiempo.

Los modelos basados en cantidad o bajo revisión continua supervisan permanentemente los niveles de inventario, asumiendo que la demanda es relativamente uniforme a lo largo del tiempo, generándose un patrón semejante a “dientes de sierra”. Antes de que el inventario llegue a cero, se debe realizar un pedido de reabastecimiento. Éste se realiza al momento que el nivel de inventario llega al punto de reorden mencionado anteriormente, determinado por el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda durante el tiempo de espera.

Por otro lado, los modelos basados en el tiempo no exigen supervisión permanente, sino que se puede volver a actualizar los niveles de inventario en un plazo fijo determinado a priori. En ese momento existirá o no inventario remanente, determinándose a partir de esto el monto a reabastecer.

Este último modelo presenta ciertas desventajas, por lo que su uso ha disminuido con el tiempo. La primera razón es que es más riesgoso, dado que en el tiempo entre dos revisiones de inventario, es posible que la demanda por cierto producto crezca más de lo normal, agotando su inventario antes de la siguiente revisión, surgiendo costos por faltantes y/o que el cliente cambie de proveedor.

El modelo propuesto consiste en un mix de ambos modelos, en el que se fija una fecha en la cual se hace el pedido y en ese instante se determina qué productos requieren reabastecerse. Aquellos que no se reabastecerán corresponderán a los que cuenten con suficiente inventario para no agotarse antes del siguiente reabastecimiento. Para determinar si se contará con inventario suficiente durante el tiempo de espera, se hace uso de dos indicadores, los meses de inventario y el instock, que se explicarán a continuación:

- **Instock:** en los modelos básicos de gestión de inventarios se asume que la demanda que enfrenta la empresa es conocida, o sea que no hay incertidumbre, pero la realidad es que la mayoría de las veces la demanda no es constante ni conocida. Por esta razón es que no se puede asegurar cierto nivel de inventario pueda satisfacer íntegramente la demanda de un producto. Por suerte en ciertos casos es posible perfilar la demanda aleatoria para poder estimar qué tan probable es satisfacerla dado un cierto nivel de

inventario. Para esto se utiliza un indicador llamado Instock que, bajo un escenario de demanda con incertidumbre distribuida normalmente, indica la probabilidad de satisfacer íntegramente la demanda para un determinado nivel de inventario, tal como lo muestra [Gestión de Operaciones \(2011\)](#) por medio de la siguiente relación:

$$Prob(D \leq I) = Prob\left(Z \leq \frac{I - \bar{D}}{\sigma_d}\right) \quad (5.17)$$

Donde,

$D$  = demanda.

$I$  = nivel de inventario.

$Z$  = número de desviaciones estándar desde la media de la distribución hasta  $I$ .

Tener en consideración que para el caso de Soudal, que tiene un tiempo de espera de tres meses, más interesa saber la probabilidad de satisfacer íntegramente la demanda con el nivel de inventario proyectado para el tercer mes que para el nivel del mes en curso.

- Meses de Inventario:** equivale al número de meses que en promedio cada producto permanece en inventario. Si este número es alto, implicará mayores costos de almacenamiento en bodega, pero por otro lado asegura contar con inventario suficiente para satisfacer la demanda de forma íntegra. Este indicador se calcula dividiendo el inventario actual por el promedio de demanda mensual, y se considerará que si los meses de inventario para cierto producto es igual o mayor a tres meses, no se realizará un pedido de reabastecimiento. Para convertirlo en un indicador más exigente, al stock actual se le resta el stock de seguridad para aquellos productos que corresponda, así si por ejemplo un producto Estratégico tiene stock justo para tres meses, originalmente no habría que hacer un pedido, pero al restarle el stock de seguridad, indicará que sí se debe hacer.

Entonces, si los meses de inventario para cierto producto es menor a tres meses, se debe ordenar la cantidad que se pronostica para el tercer mes, menos la proyección

de su inventario al tercer mes, más un stock de seguridad si corresponde, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

Si *Meses de Inventario* < 3, ordenar  $Pronóstico_{Mes\ 3} - ProyInventario_{Mes\ 3} + SS$   
Sino, no ordenar.

Donde,

*SS* = stock de seguridad (safety stock).

El inventario de seguridad lo explica [Chopra y Meindl \(2008\)](#) como aquel que se mantiene para satisfacer la demanda que excede la cantidad pronosticada para un periodo dado, partiendo de la base de que ésta es incierta y es posible que el producto pueda escasear si la demanda real sobrepasa a la pronosticada. Las consecuencias de enfrentar un quiebre de stock pueden ser graves, más aún en la actualidad, donde los clientes están mucho más informados de quiénes ofrecen cada producto, y en muchos casos sólo están a un clic de optar por la competencia.

El inventario de seguridad adecuado queda determinado según [Chapman \(2006\)](#) por dos factores:

- La desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera.
- El nivel de servicio que se desea lograr.

El nivel de servicio es determinado por la dirección de la empresa, basándose generalmente en la probabilidad de atender la demanda del cliente durante el ciclo de pedidos, o como lo establece [Chopra y Meindl \(2008\)](#), buscando un equilibrio entre el costo de mantener inventario con el costo del desabasto, o en otros casos, que se encuentra establecido explícitamente en los contratos.

El inventario de seguridad se puede calcular en base a diferentes criterios; lo más simple y común es establecer un cierto número de días, semanas o meses de suministros que se almacenarán. Pero es más recomendable hacer uso de algún criterio que considere la variabilidad en la demanda.

Suponer que la demanda y el tiempo de entrega en un periodo tienen para cada uno una distribución normal con una media y una desviación estándar, el inventario de seguridad en términos de la incertidumbre de ambos, se calcula de la siguiente manera:

- Demanda variable y tiempo de entrega constante:

$$SS = z \cdot \sigma_d \cdot \sqrt{L} \quad (5.18)$$

- Demanda constante y tiempo de entrega variable:

$$SS = z \cdot d \cdot \sigma_L \quad (5.19)$$

- Demanda y tiempo de entrega variable:

$$SS = z \cdot \sqrt{\sigma_d^2 \cdot \bar{L} + \sigma_L^2 \cdot \bar{d}^2} \quad (5.20)$$

Donde,

$z$  = número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica, que se calcula por medio del inverso de la distribución normal en función del nivel de servicio deseado.

$D$  = demanda diaria promedio.

$L$  = tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre que se hace y se recibe el pedido).

$\sigma_d$  = desviación estándar de la demanda en días.

$\sigma_L$  = desviación estándar del tiempo de entrega en días.

Una meta importante es lograr disminuir el inventario de seguridad, de tal forma que no afecte negativamente la disponibilidad del producto. Se puede lograr según [Chopra y Meindl \(2008\)](#): reduciendo el tiempo de espera  $L$  del proveedor y reduciendo la incertidumbre subyacente de la demanda (representada por  $\sigma_d$ ).

### Pruebas de Normalidad

El supuesto de que cierta variable aleatoria tiene una distribución normal simplifica el cálculo de probabilidades, permitiendo poder hacer inferencias, a pesar de que la población sunyacente no sea necesariamente normal ([Wooldridge, 2009](#)).

Para el caso del indicador Instock y para el cálculo del stock de seguridad, se requiere de una cierta media y desviación estándar provenientes de una distribución de probabilidad de la demanda que se asume como una normal. Sin embargo, no es correcto asumirlo a simple vista, dado que podría provocar imprecisiones en los resultados, para lo cual existen pruebas para comprobar la normalidad de cierta muestra extraída de una población.

Con el uso de programas computacionales esta tarea se vuelve bastante sencilla, debido a que ofrecen distintas alternativas para realizar estas pruebas, siendo importante diferenciarlas y saber cuál ocupar en cada caso. El programa estadístico Minitab ofrece tres pruebas para evaluar la normalidad: Anderson-Darling (A-D), Ryan Joiner (R-J) y Kolmogorov-Smirnov (K-S), que en base al resultado de cada una, indica si se debe rechazar o no la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente. Estas pruebas también se deben acompañar de gráficas de normalidad, especialmente cuando se está en presencia de muestras pequeñas.

Cuando se cuenta con un número suficiente de datos, cualquiera de estas tres pruebas serán capaces de detectar diferencias aunque éstas no sean relevantes. De esta forma, la prueba K-S otorga un peso menor a los datos extremos, por ende, es menos sensible a las desviaciones que usualmente se producen en los extremos de la distribución, y los valores críticos no dependen del tipo de distribución continua que se desee contrastar (normal, exponencial, etc.). Es válido para variables aleatorias continuas y es bastante potente con muestras grandes. La prueba A-D da mayores pesos a los valores extremos en relación a la prueba anterior y utiliza la distribución teórica especificada en la hipótesis para calcular los valores críticos; siendo ambas razones que la prueba A-D es más sensible que la K-S. Y la prueba R-J, basada en la técnica de Shapiro-Wilk, es extremadamente útil para muestras de tamaño pequeño ( $n < 30$ ), mostrando una potencia elevada de contraste (Cosials, 2005).

Se plantea la hipótesis nula y la hipótesis alternativa:

$H_0$  : los datos provienen de una población normalmente distribuida

$H_1$  : los datos no provienen de una población normalmente distribuida

Si el p-value de la prueba es mayor a 0.05 o 0.10, se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y afirmar que los datos no provengan de una distribución normal.

## Efecto Látigo

[Krajewski et al. \(2008\)](#) explica que cada empresa que participa en una cadena de suministros depende de la anterior para obtener los materiales, servicios e información necesaria para atender a su cliente más próximo dentro de ésta. Existe una tendencia a que estas empresas trabajen de manera prácticamente independiente entre sí, sin darse cuenta de que los miembros más cercanos al cliente final pueden afectar drásticamente las operaciones de los miembros más alejados, ya que estos últimos deben reaccionar ante las políticas de reabastecimiento, los niveles reales de los inventarios, la demanda de sus clientes y la precisión de la información con la que cuentan para trabajar proveniente de sus socios “corriente abajo”. Ante estas situaciones, se observa en los patrones de pedido de los socios de la cadena que su variabilidad aumenta a medida que se avanza corriente arriba, lo que se conoce como efecto látigo o efecto bullwhip, ya que el comienzo del látigo inicia la acción y la punta del látigo es la que experimenta la acción más turbulenta. Existen ciertos factores según [Rosique \(1997\)](#) que pueden generar estas desviaciones y, en consecuencia, un bajo nivel de servicio, que se explican brevemente a continuación:

- **Previsión de la demanda esperada:** los miembros de la cadena pronostican la demanda según las tendencias que percibe del agente más próximo.
- **Pedidos por lotes:** cada miembro de la cadena lanza órdenes al momento de que el inventario llega al punto de reorden y no de forma continua.
- **Fluctuación de precios:** una de las causas más importantes, que se enfrentan los intereses entre la logística y el marketing. Las promociones de ventas y descuentos en la cadena provocan distorsiones en los patrones de compra de los socios, en la que éstos aprovechan estas oportunidades aunque no tengan necesidades de inventario.
- **Acumulación y racionamiento:** cuando se prevé un desabastecimiento de producto en el punto de venta, se lanzan órdenes de pedido en cantidades superiores a las necesitadas. Ocurre de igual forma cuando se espera una subida de precios en la cadena.

- **Plazo de entrega inestable:** cuando los retrasos en las entregas se vuelven frecuentes, los clientes tienen a pedir una mayor cantidad a la necesaria o adelantan sus pedidos a la fecha real para asegurarse el reabastecimiento.

No obstante, existen formas de minimizar estas distorsiones:

- **Reducir la incertidumbre:** centralizando la información de la demanda.
- **Reducir la variabilidad de precios:** evitar lanzar grandes promociones al canal. Optar por la estrategia EDLP (Everyday Low Price), que consiste en dar un precio uniforme y lo más bajo posible.
- **Reducir el plazo de entrega:** se divide en: plazo de entrega del pedido y plazo de entrega de la información. Soluciones a esto son las plataformas EDI (Electronic Data Interchange) o trabajar en cross-docking.
- **Alianzas estratégicas:** creando alianzas entre los socios de la cadena de suministro con el fin de compartir información de calidad, por ejemplo, usando la técnica VMI (Vendor Managed Inventory), en la que el fabricante mantiene el inventario en el punto de venta, y el CRP (Continuous Replenishment Program), en la cual el proveedor decide cuándo y en cuánto se repone el stock del cliente.
- **Avances en las Tecnologías de la Información:** el e-commerce permite reducir intermediarios, acercando al cliente a la fábrica. Con internet se puede crear intranets para compartir información en tiempo real, reduciéndose los plazos de entrega gracias a la integración de los socios de la cadena de suministro.

## 6 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Estrategia de Cadena de Suministro

Retomando del comienzo el sistema de producción y operación de la empresa ([Subsección 5.1.2](#)), se describió el sistema productivo Flow-Shop de Soudal que produce grandes lotes durante días por su alto tiempo de setup y la lejanía de sus proveedores, quienes son en el mediano plazo prácticamente insustituibles. No olvidar que bajo este sistema de producción producen una amplia variedad de productos vistos en la [Subsección 5.1.1](#), y que varios de esos productos pueden llegar a fabricarse incluso en hasta unos seis colores.

En este sentido, por un lado los clientes demandan una gran variedad de productos con diferentes funcionalidades y colores que les ofrezcan soluciones a problemas específicos, y que estén disponibles en el momento y lugar que lo solicitan en buen estado y a un precio justo. Pero por otro lado, Soudal debe hacer esto posible de tal forma que siga siendo un negocio rentable, lo que implica definir en primer lugar una estrategia de cadena de suministro.

La ventaja competitiva de Soudal frente a sus principales competidores es que posee una planta envasadora de silicona, a diferencia del resto, que importa sus productos totalmente elaborados. Aproximadamente el 80 % de las ventas son principalmente gracias a los productos envasados en Chile; estos corresponden a productos principalmente de carácter funcional, o sea que tienen demandas predecibles y de largo ciclo de vida, siendo justamente en su mayoría los productos designados como Estratégicos dentro de la clasificación ABC. Sin embargo, el otro 20 % de las ventas corresponde básicamente a productos elaborados importados directamente de la Casa Matriz en Bélgica que, por su grado de complejidad e

innovación, requieren de un mayor proceso de investigación y de un proceso productivo más complejo; esto tiene como consecuencia que sean productos en fase de crecimiento, que no son masivos dentro del mercado nacional, por lo que su demanda no es predecible, pero lo que sí, reportan un mayor margen de contribución. Estos últimos se reparten en el resto de las clasificaciones ABC.

En la [Tabla 6.1](#) se muestra que Soudal se ubica en las dos celdas superiores de la matriz propuesta por [Fisher \(1997\)](#). Lo que se debe hacer con los productos innovadores bajo una cadena de suministro eficiente es establecer si se moverán a la izquierda –convirtiéndolos en productos funcionales– o moverse hacia abajo –convirtiendo parte de la cadena de suministro en una con capacidad de respuesta–. La primera opción se descarta al no existir mayores posibilidades para aquello. Tomando en cuenta la segunda alternativa, al no tener la capacidad en el corto plazo para hacer inversiones en maquinarias para reducir el tiempo de setup, la solución que se lleva a cabo es envasar los productos sin etiqueta y estar a la espera del momento de que se realice una orden para etiquetarlos según quien haga el pedido (postponement), ya que varios de estos productos se etiquetan bajo las marcas propias de sus clientes, como Sodimac o Construmart.

	<b>Productos Funcionales</b>	<b>Productos Innovadores</b>
<b>Cadena de suministro eficiente</b>	✓ Soudal (80 % de ventas)	X Soudal (20 % de ventas)
<b>Cadena de suministro con capacidad de respuesta</b>	X	✓

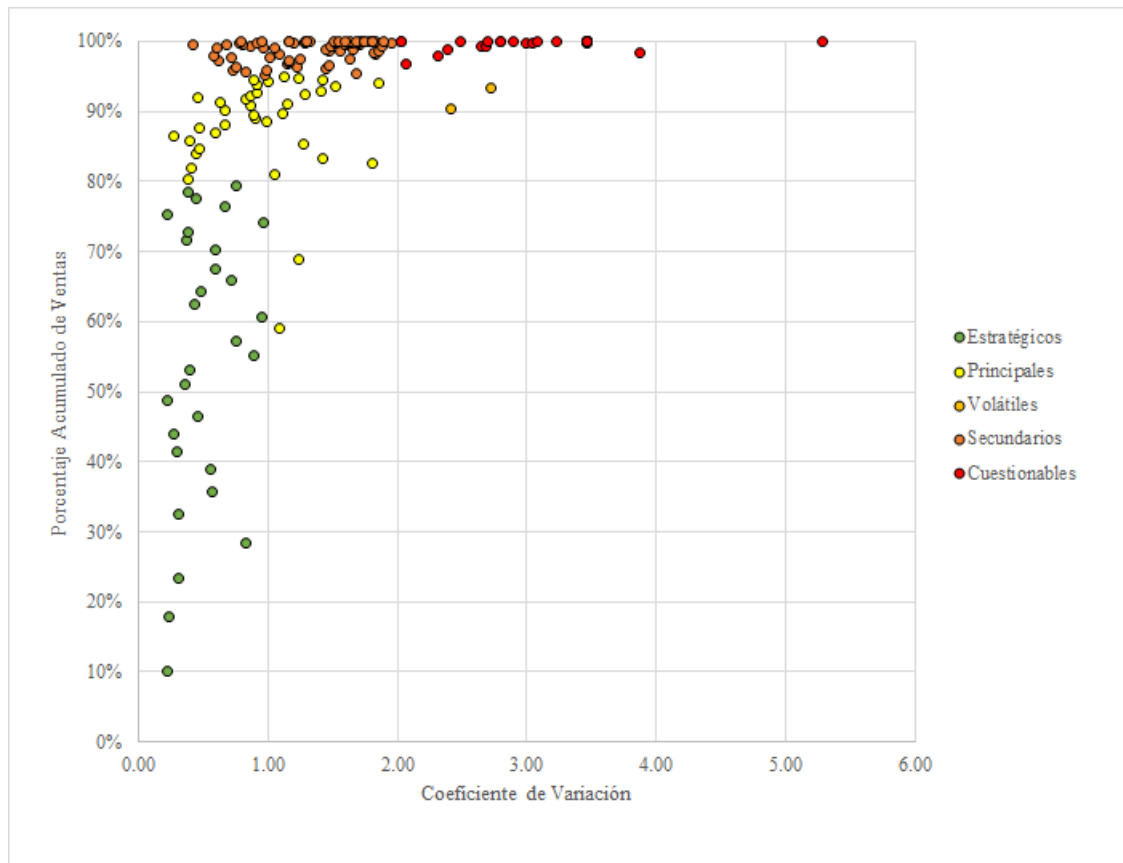
**Tabla 6.1:** Matriz para determinar si la estrategia de cadena de suministro es la correcta, identificando la naturaleza de la demanda de los productos.

[Fuente: [Fisher, 1997.](#)]

Dado que la competencia no tiene la misma capacidad de reacción que Soudal al no contar con una planta envasadora, más importa centrarse en los productos que reportan el 80 % de las ventas, y en segundo lugar, en los productos de la siguiente clasificación (Principales), que aspiran a convertirse en Estratégicos o descender a una clasificación inferior.

### 6.1.1. Escatergrama y Clasificación ABC

Definir una estrategia de cadena de suministro va de la mano con saber la naturaleza de la demanda. Para eso se deben clasificar según la [Tabla 5.3](#) en base a su volumen de ventas y variabilidad. Como se explicó, no existe un método óptimo para definir los límites de cada criterio, pudiéndose realizar en base a la experiencia y bajo la técnica llamada Escatergrama. El procedimiento consta de ordenar de mayor a menor los porcentajes relativos de venta de cada producto y calcular el porcentaje acumulado de éstos, junto al coeficiente de variación. Se grafica el porcentaje acumulado de ventas con el coeficiente de variación correspondiente a cada producto, obteniéndose una nube de puntos de la cual basarse para definir los límites de cada criterio, dando como resultado lo que se muestra en la [Figura 6.1](#).



**Figura 6.1:** Escatergrama que refleja la dispersión de cada clasificación en base al porcentaje acumulado de ventas y al coeficiente de variación. Permite definir los límites entre cada clasificación por cada criterio.

[Fuente: Elaboración Propia.]

Para definir las zonas de cada clasificación, se complementó el gráfico obtenido con

la experiencia del gerente, quien ayudó a definir: qué productos eran demandados constantemente y cuáles eran menos predecibles, cuáles poseen un mayor y menor margen de contribución; como también los que son envasados en Chile o son importados como producto terminado desde Bélgica. Es así como se establecieron los límites especificados a continuación:

	<b>Porcentaje Acumulado de Ventas</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
<b>Artículos A</b>	[0 %, 80 %]	[0, 1]
<b>Artículos B</b>	]80 %, 95 %]	[1, 2[
<b>Artículos C</b>	]95 %, 100 %]	]2, ∞[

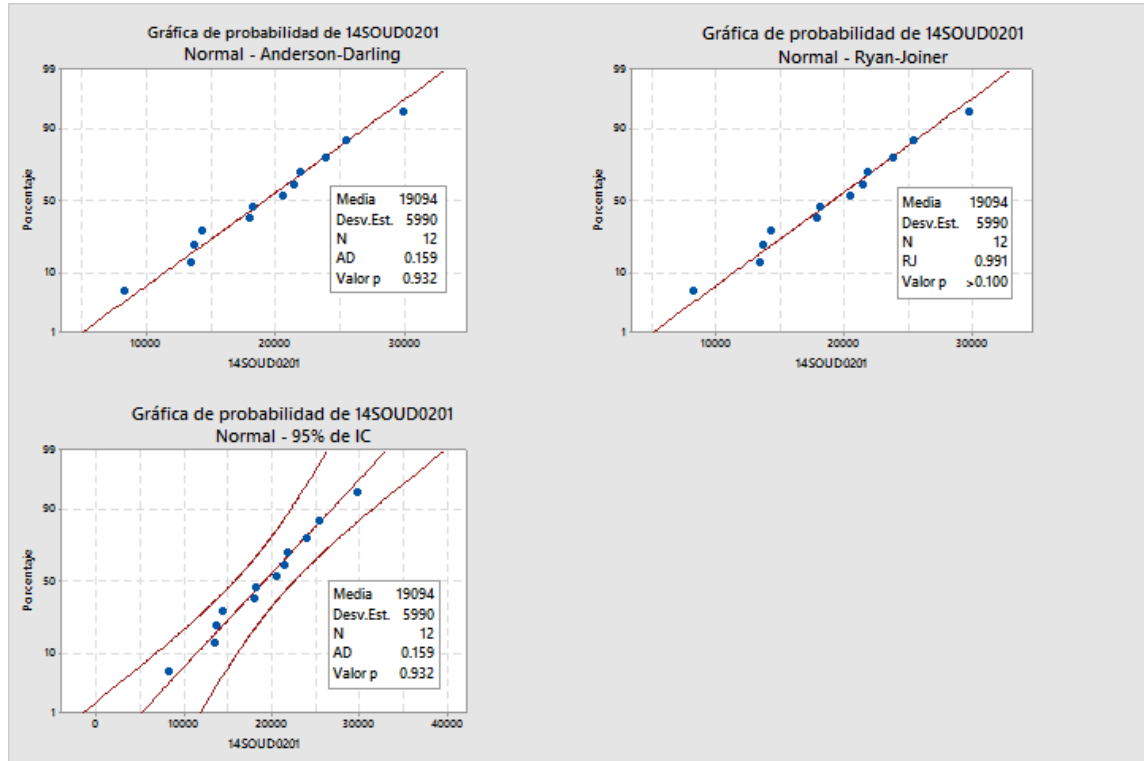
**Tabla 6.2:** Límites para los criterios de porcentaje de ventas acumulado y coeficiente de variación.  
[Fuente: Elaboración Propia.]

Un extracto de la tabla realizada en Excel que muestra los cálculos realizados y los resultados obtenidos se encuentra en la [Sección A.3](#). Para poder ejecutar este análisis y todos los cálculos posteriores del sistema que serán explicados en las siguientes secciones, se deben cargar previamente al sistema de forma manual los informes de ventas mensuales y los informes de niveles de inventario por cada SKU en las bodegas y en tránsito. Luego, se oprime el botón que tiene forma de círculo con dos flechas negra y roja de la hoja de Planificación que se muestra en la [Figura A.1](#), que ejecuta una macro que recolecta de forma automática los códigos de todos los productos presentes en los tres informes y los pega en la tabla de esa misma hoja, realizándose todos los cálculos de las siguientes columnas de forma automática a partir de las fórmulas que se tengan establecidas.

## 6.2. Pruebas de Normalidad

No es posible determinar de forma precisa el instock y el inventario de seguridad para cada producto si las pruebas de normalidad dan resultado negativo, debiéndose optar por métodos alternativos. Se procede a realizar las distintas pruebas, descartando de comienzo la prueba de Kolmogorov-Smirnov por las razones vistas en las pruebas de normalidad de la [Subsección 5.2.7](#). En la [Figura 6.2](#) se muestran los resultados de las pruebas de A-D,

de R-J y una gráfica de probabilidad a un intervalo de confianza del 95 % para un mismo producto con el fin único de ilustrar los resultados obtenidos de las tres pruebas; prestar especial atención en cada gráfica en el valor p y en la cercanía de los datos a la recta.



**Figura 6.2:** Resultados de las pruebas de normalidad de A-D, R-J y del Gráfico de Probabilidad a un intervalo de confianza del 95 % para un único producto obtenidos de Minitab.

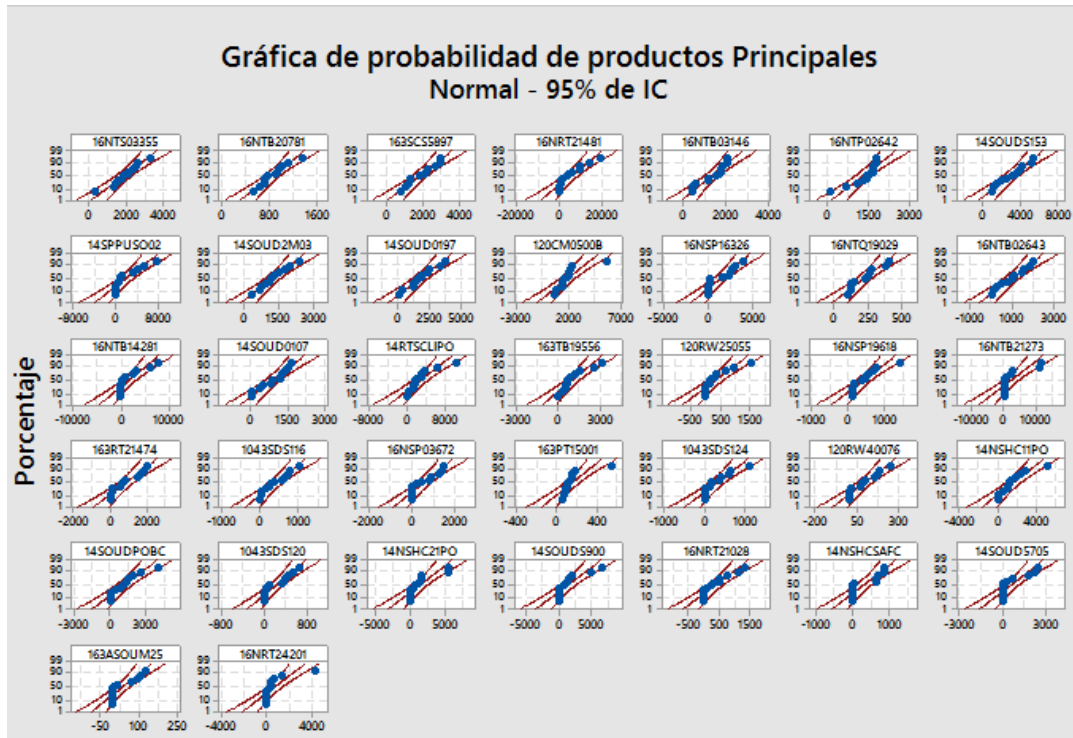
[Fuente: Elaboración Propia.]

En este caso particular, la prueba más exigente fue la de Ryan-Joiner por ser la que menor valor p obtuvo. Sin embargo, para poder hacer uso del instock y del inventario de seguridad correctamente, se debe repetir este análisis preferentemente para todos los productos pertenecientes a las dos clasificaciones de mayor interés: Estratégicos y Principales. Es así como se calculó el valor p de ambas pruebas para todos estos productos, elaborándose la [Tabla 6.3](#) con el porcentaje de productos por cada clasificación que obtuvo un valor p por sobre el 0,05.

<i>Valor-p &gt;0,05</i>	<b>Anderson-Darling</b>	<b>Ryan-Joiner</b>
<b>Estratégicos</b>	89,7 %	96,6 %
<b>Principales</b>	51,4 %	78,4 %

**Tabla 6.3:** Porcentaje de productos Estratégicos y Principales que obtuvieron un p-valor mayor a 0,05 en las pruebas de normalidad de Ryan-Joiner (similar a Shapiro-Wilk) y de Anderson-Darling. [Fuente: Elaboración Propia.]

De esta tabla se concluye que para el caso de los productos Estratégicos no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y afirmar que los datos no provengan de una distribución normal. Evidentemente, los productos Principales presentan un menor porcentaje de productos con un valor p mayor a 0,05, especialmente en la prueba de Anderson-Darling. Esto se debe a la sensibilidad de esta prueba ante los valores extremos. Pero se debe recordar que la prueba de Ryan-Joiner es más adecuada para muestras pequeñas y además, a partir de la [Figura 6.3](#), se observa que los datos de demanda de gran parte de los productos Principales quedan encerrados por las bandas a un intervalo de confianza del 95 %; no existiendo evidencia suficiente para afirmar que los datos no provengan de una distribución normal.



**Figura 6.3:** Prueba de normalidad basada en bandas de confianza al 95 % obtenida a partir del programa estadístico Minitab.

[Fuente: Elaboración Propia.]

## 6.2.1. Instock e Inventario de Seguridad

### Instock

Realizadas ya las pruebas correspondientes de normalidad, se puede dar paso al cálculo del instock y del inventario de seguridad para los productos Estratégicos y Principales; para el resto de las clasificaciones no se realizan estos cálculos, ya que se les asignó una política Make-to-Order y presentan mayor variabilidad en sus datos, descartándose a priori la normalidad en sus distribuciones y la necesidad de calcular este indicador.

Dada la estrategia Make-to-Stock de los productos Estratégicos, es que es de relevancia saber la probabilidad de contar con suficiente stock para satisfacer íntegramente la demanda en tres meses después del día de la planificación; no así para los productos Principales ya que, al llevar a cabo una estrategia de Mass Customization, interesa más contar con disponibilidad de sus partes y componentes para reaccionar ágilmente ante un pedido más que estoquearse del producto elaborado.

No se deben tomar decisiones de reabastecimiento con este indicador de forma aislada, sino que se tiene que acompañar también con el indicador de meses de inventario, ya que puede que los meses de inventario para cierto producto esté por debajo del límite predefinido, indicado que se debe hacer un pedido, no obstante el instock puede informar lo contrario, o viceversa. En estos casos, quien realice esté a cargo de realizar la planificación, debe analizar en base a su experiencia si es necesario reabastecerse de ese producto o no, pero también se debe sumar a este análisis cuánto se está pidiendo del resto de los productos, ya que puede ocurrir que el presupuesto esté ajustado o el espacio disponible en bodega esté limitado, debiendo priorizar el reabastecimiento de otros productos o materias primas.

### **Inventario de Seguridad**

Ya se está en condiciones también de calcular el inventario de seguridad para estas mismas clasificaciones. Basado en las estrategias de inventario definidas para ambas clasificaciones, se busca asegurar el producto elaborado de aquellos clasificados como Estratégicos, por sus características estables de demanda a lo largo del tiempo. En cambio, a los productos Principales, se les asegurará un menor nivel de disponibilidad de productos elaborados, pero no cero, dado que no se cuenta con el exceso de capacidad suficiente como para no contar con un cierto nivel de stock de producto terminado, y además se desea potenciar a aquellos productos que sean potenciales a alcanzar la fase de madurez dentro del mercado, convirtiéndose en un producto Estratégico y no en uno Volátil o Secundario.

Para su cálculo se considera que la demanda es variable y, por fines prácticos y por el bajo impacto, se considera que el tiempo de entrega es constante con un valor de 3 meses, por lo que se hará uso de la [Ecuación 5.18](#). Como es lógico, el nivel de servicio debe ser distinto para los productos Estratégicos y Principales, reiterando que se desea asegurar la disponibilidad de los productos elaborados clasificados como Estratégicos, y en menor grado la de los Principales. La decisión sobre el nivel de servicio, para ambas clasificaciones fue determinada en conjunto con el Gerente, sensibilizándose ambos valores y analizando la variación en los costos y en la cantidad a reabastecerse, obteniéndose lo siguiente:

$$\text{Nivel de Servicio}_{\text{Estratégicos}} = 95 \%$$

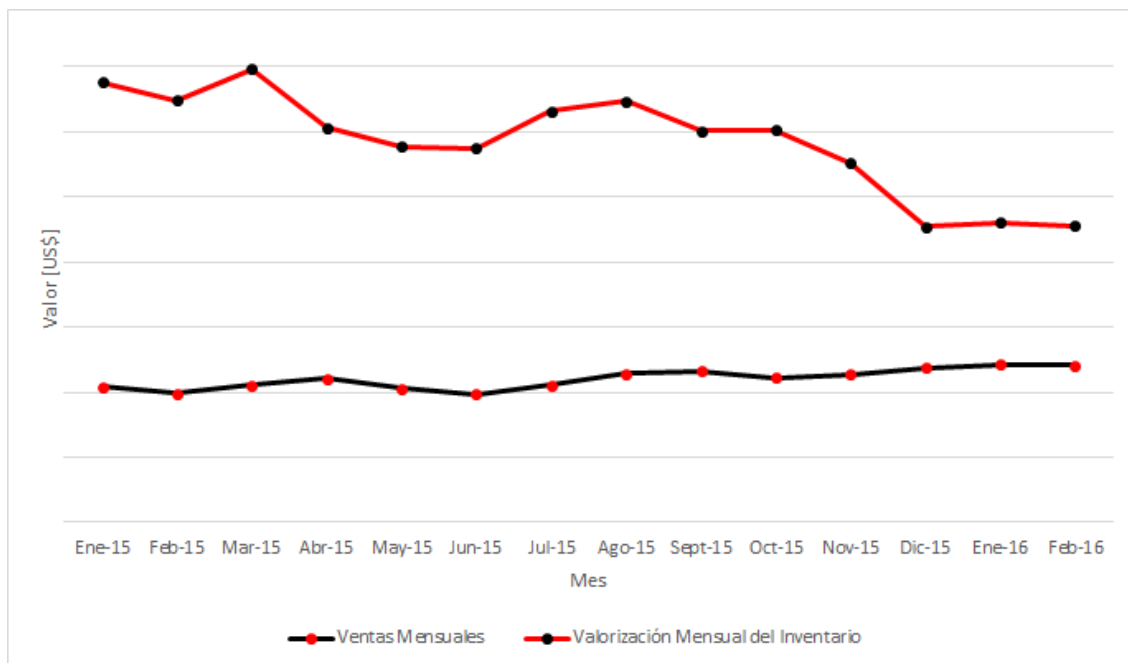
$$\text{Nivel de Servicio}_{\text{Principales}} = 75 \%$$

El resultado respecto al indicador Instock se puede observar en la [Figura A.2](#) y sobre el inventario de seguridad en la [Figura A.3](#). Para efectos prácticos se inserta un extracto de la hoja de Planificación original.

### 6.3. Estadísticas de Inventario y Ventas

A medida que se desarrollaba el sistema logístico, era posible ejecutar las primeras funcionalidades de éste, las cuales no requerían de su completo desarrollo, por lo que desde un comienzo ya se podía notar su impacto positivo en los niveles de inventario y en las ventas. Esto se dio gracias a la identificación de los patrones de venta de los productos a partir de sus datos históricos, sabiéndose rápidamente las acciones prioritarias a ejecutar para éstos, como: cuáles debían estar envasándose constantemente de acuerdo a las ventas históricas (Estratégicos), cuáles se debían mantener como tambor o como tubo sin impresión a la espera de un pedido (Principales), cuáles había que esperar hasta que sus niveles de inventario llegaran a cierto punto para hacer el pedido (Volátiles y Secundarios) y cuáles debían liquidarse o desecharse (Cuestionables).

De la [Figura 6.4](#) se puede observar un crecimiento constante y leve en las ventas a lo largo del año, con un aumento entre Enero de 2015 y Febrero de 2016 aproximadamente de un 16 %. Sin embargo, la valorización del inventario en cada mes es bastante irregular, por diferentes razones: el primer cambio drástico ocurrido entre los meses de Marzo y Julio se debe al bajo precio del dólar en los primeros meses del año que, en paralelo a una oferta realizada por el proveedor de adquirir tambores de silicona bajo precio, incentivó la compra de un importante número de éstos.



**Figura 6.4:** Valorización del inventario y ventas mensuales.

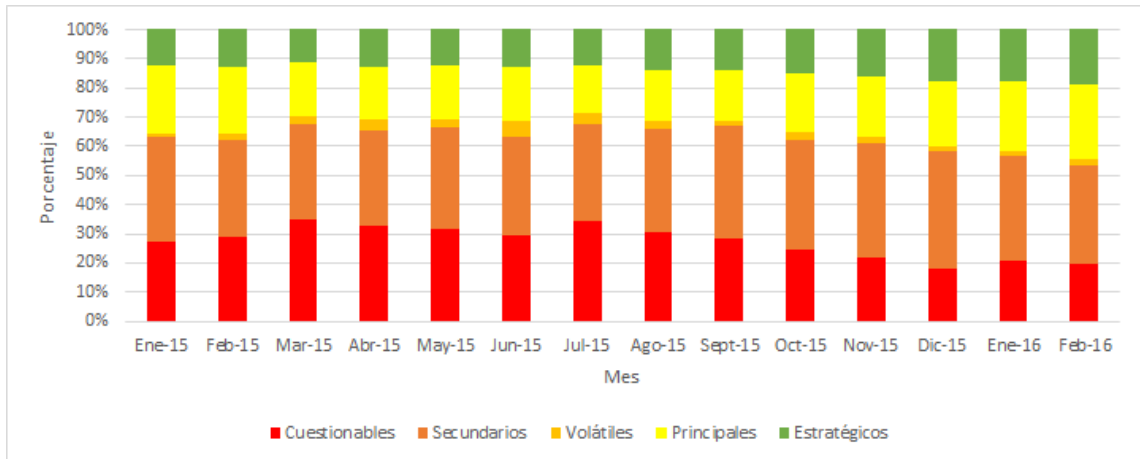
[Fuente: Elaboración Propia.]

La gran disminución en los inventarios a partir del mes de Octubre se explica principalmente por una fuerte campaña de promoción de productos Principales (clasificación intermedia de ventas y variabilidad), que son potenciales a madurar o decaer, que consistió al aumento de los incentivos de compra de éstos hacia los clientes armando packs con productos de menor rotación que, aparte de agregarle valor a los productos Principales, se logra reducir el inventario de prácticamente nula rotación, dejando por ende mayor espacio en bodega para productos de mayor rotación.

Se entiende que no basta únicamente con reducir el inventario, debido a que se debe tener almacenado lo que se necesita en sus justas proporciones. Reduciendo el inventario de productos con baja rotación da la posibilidad para almacenar una mayor cantidad de productos que son solicitados más a menudo, evitando incurrir innecesariamente en mayores costos de mantener inventario y reduciendo el número de ventas no despachadas.

Es así como se puede observar en la [Figura 6.5](#) que, a lo largo del tiempo y con la identificación de los productos con mayores ventas y menor variabilidad, aumentó el porcentaje de productos Estratégicos y Principales, disminuyendo por ende los productos Secundarios, Volátiles y, especialmente, los Cuestionables. Por ende no sólo se logro reducir

el inventario, sino que también se mejoró la composición de éste, aumentando el porcentaje de productos almacenados de mayor rotación.



**Figura 6.5:** Composición porcentual por mes del inventario en base a la Clasificación ABC Bivariada.

[Fuente: Elaboración Propia.]

Otro análisis de interés habría sido determinar el margen de contribución de los productos, sin embargo, el margen de utilidad de un cierto producto es variable para cada canal de ventas en función del volumen y mix de ventas. La primera variable significa simplemente que se hace un mayor descuento a medida que mayor sea la venta; y la segunda depende del mix de productos que sea vendido, ya que hay productos más rentables que otros y, si éstos se venden en conjunto, es posible otorgar un determinado descuento.

## 7 | CONCLUSIONES

Al tratarse de una empresa que no cuenta dentro del área de logística con un equipo que por medio de un sistema de planificación esté permanentemente estudiando el comportamiento de las ventas de cada grupo de productos y mantenga los inventarios al día con el mínimo número de errores, es muy difícil esperar que los resultados sean óptimos. Más difícil es percatarse de las mudas cuando se produce de a grandes lotes y se busca combatir la variabilidad de la demanda con exceso de inventario en las bodegas, lo que representa un importante costo de oportunidad al tener productos de baja rotación que están ocupando espacio en bodega, despilfarrándose dinero que podría ser invertido en productos de mayor rotación, en mecanismos para reducir el tiempo de setup, en recursos humanos, o bien, en algún instrumento financiero.

A causa de esto, antes de concentrarse en determinar los límites para los criterios de la clasificación ABC, el método de pronóstico más preciso o la estrategia de cadena de suministro óptima, se debe destacar el cambio en la cultura organizacional en Soudal lograda en el transcurso del trabajo, ya que sin eso ni el mejor sistema podría lograr beneficio alguno para la empresa. Este cambio se manifiesta primeramente en entender que el principal activo de una empresa son las personas que la conforman y que, en consecuencia, toda estrategia debe comenzar pensando en ellas. Particularmente, se elaboraron estrategias de forma conjunta entre el área de logística y el área comercial para agregarle valor a los productos clasificados como Principales, armando paquetes promocionales con productos de menor rotación, logrando simultáneamente reducir el inventario de estos últimos y satisfacer los intereses de ambas partes.

Se diagnosticó en primer lugar que se emplea una cadena de suministro eficiente tanto para productos funcionales como de carácter innovador, provocando que se vieran afectados

por excesos de inventario de estos últimos, ya que su demanda tiene un comportamiento bastante errático. Sin la posibilidad de reducir el tiempo de setup en el corto plazo, se trabajó en posponer la elaboración de este tipo de productos hasta el paso previo al proceso de etiquetado y contar con las materias primas suficientes para reaccionar lo antes posible ante un pedido, estrategia conocida como Mass Customization.

Para planificar las necesidades de productos elaborados y materias primas (tambores de silicona) se desarrolló un sistema que se alimentara de los informes de ventas mensuales y de los niveles de inventario en bodegas y en tránsito obtenidos de su sistema ERP. A partir de estos informes se clasificaron los productos en base a su volumen de ventas y variabilidad apoyado por la experiencia del Gerente y la metodología Escatergrama, obteniéndose cinco categorías: Estratégicos, Principales, Volátiles, Secundarios y Cuestionables. A cada una de éstas se les asignó una estrategia de operaciones: a los Estratégicos, Make-to-Stock; a los Principales, Mass Customization; a los Volátiles y Secundarios, Make-to-Order; y a los Cuestionables, una política de liquidación.

El tiempo de espera entre que se realiza un pedido y éste se recibe es de tres meses, representando el horizonte de planificación para los pronósticos y proyección de inventarios, sin mayores posibilidades de reducirlo en el corto plazo. Se descartó el método de cantidad económica de pedido (EOQ) y derivados por falta de información para determinar los costos de almacenamiento, determinándose un método alternativo consistente en proyectar los inventarios de acuerdo a los pronósticos de venta y productos en tránsito, para así determinar con cuánto inventario se contará al final del horizonte de planificación y determinar la cantidad de pedido en base al pronóstico de aquel mes, a esta proyección y al stock de seguridad. Los pedidos únicamente se realizaron para los productos Estratégicos y Principales, siendo los meses de inventario e instock los indicadores de si realizar un pedido o no.

Los resultados de las planificaciones fueron positivos, reportándose un aumento sostenible en las ventas de un 16 % entre Enero de 2015 y Febrero de 2016, y una reducción en la valorización del inventario entre estas fechas de un 33 %. Las variaciones en los porcentajes de cada clasificación también mostraron resultados favorables, aumentando gradualmente el porcentaje de productos Estratégicos y Principales, y disminuyendo para el resto de los

casos, especialmente los productos Cuestionables. Esto permitió que se contara con mayor espacio en bodega para almacenar eventualmente productos de mayor rotación, y que se priorizara la fabricación e importación de éstos.

Finalmente, el presente trabajo no está orientado únicamente con fines de beneficios bilaterales entre quien lo realizó y la empresa en donde se trabajó, sino que el ideal es que sirva como base para quienes deseen emprender este mismo camino, permitiéndoles extenderse más allá de los límites de éste y contribuir de forma exponencial a la fuente de conocimientos disponible para los futuros lectores.

## 7.1. Recomendaciones

La oferta actual en torno a este tipo de soluciones se encuentra enfocada en la satisfacción de los requerimientos de grandes empresas, quienes en su mayoría cuentan con áreas especializadas en esta materia, lo que obliga a que se desarrollen sistemas bastante complejos, y en ocasiones estandarizados, requiriéndose por parte de éstas invertir grandes sumas de dinero y que sus empleados asistan a extensas jornadas de capacitación. Es por esta razón que se recomienda este sistema a pequeñas y medianas empresas que no cuentan con un área o personal especializado, con el tiempo ni la capacidad para invertir en sistemas complejos y estáticos, que superan por lo demás sus necesidades, ya que podrán analizar mediante una sencilla pero poderosa herramienta el volumen de datos que generan diariamente, para así poder tomar decisiones que les permitan mejorar sistemáticamente el nivel de servicio ofrecido a sus clientes. Gracias a su flexibilidad, es también capaz de adaptarse mediante simples modificaciones a las gran variedad de bases de datos presentes en estas empresas y estructurarlo con el fin de que los indicadores a monitorear y los criterios a definir para la toma de decisiones sean de simple entendimiento para cualquiera de sus usuarios.

Haciendo hincapié en la mejora continua, se destaca que la curva de aprendizaje del sistema es considerablemente corta, posibilitando la incorporación de nuevos indicadores y gráficos a medida que los usuarios se van familiarizando con los ya incorporados. A modo de ejemplo, a futuro es posible medir el desempeño de los proveedores y de los

despachos de la propia empresa por medio de los indicadores de Fill Rate y OTIF; el primero mide la cantidad que se entrega a los clientes en relación a lo que fue solicitado, ya sea a nivel de producto, línea de pedido (Line Item Fill Rate) u orden (Order Fill Rate), y el segundo quiere decir “on-time” (pedidos a tiempo) e “in-full” (pedidos completos), el cual exige que se cumplan ambas cosas al mismo tiempo. Para medir el desempeño de sus proveedores, debe registrar en su sistema cuánto de cada producto fue solicitado y la fecha comprometida; de igual forma para medir el desempeño de sus despachos, debiendo llevar un registro de cuánto de cada producto sus clientes le solicitaron y cuánto fue entregado en la cantidad, calidad, lugar y fecha comprometida.

Al momento de que el sistema madure y sus usuarios estén completamente familiarizados con su uso, el siguiente paso en un futuro es mejorar la calidad de los datos con que se alimenta. En la actualidad se ofrece una amplia gama de tecnologías que facilitan y agilizan las diferentes tareas que se ejecutan dentro de estas empresas, y se espera que en un futuro no tan lejano sean cada vez más asequibles a los bolsillos de estas pequeñas y medianas empresas, por lo que una acertada decisión sería prepararse anticipadamente en todo sentido para adelantarse y dar ese paso de la mejor forma posible. Dentro de estas innovadoras tecnologías se encuentra la identificación por radio frecuencia (RFID) para mantener un conteo preciso y constante de los productos almacenados en bodega, como también de los que se van recibiendo y despachando; dentro de las mejores prácticas de las Empresas de Clase Mundial (ECM) se encuentra la planificación colaborativa o CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment), que consiste en elaborar de forma colaborativa entre los socios de una cadena las previsiones de venta y los planes de reabastecimiento mediante la interconexión de sus bases de datos (B2B), reduciéndose los inventarios y el efecto bullwhip a lo largo de ésta, logrando finalmente responder anticipadamente a las necesidades de sus clientes gracias a la permanente coordinación de todos sus miembros.

# Bibliografía

- Amos, J.A. (2001). *80/20 Management. Essentials* (Oxford, England). How To Books. [5.2.3](#)
- Axsäter, Sven (2007). *Inventory control*, volume 90. Springer Science & Business Media. [1](#)
- Ballou, Ronald H (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación. [1](#), [5.2](#), [5.2.3](#)
- Bowersox, D.J.; Closs, D.J.; y Cooper, B. (2007). *Administración y logística en la cadena de suministros*. McGraw-Hill. [1](#)
- Chapman, Stephen N (2006). *Planificación y Control de la Producción*. Pearson Educación. [5.2.6](#), [5.2.7](#), [5.2.7](#)
- Chase, Richard B; Jacobs, F Robert; y Aquilano, Nicholas J (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill. [5.2](#), [5.2.3](#), [5.2.6](#), [5.2.6](#), [5.2.7](#)
- Chávez, Jorge (2011). ¿quiere optimizar el picking? olvídense del abc de productos. [5.2.3](#)
- Chopra, Sunil y Meindl, Peter (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*, 3. [1](#), [5.2.6](#), [5.2.6](#), [5.2.6](#), [5.2.7](#), [5.2.7](#)
- Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-added Networks*. Financial Times Series. Financial Times Prentice Hall. [1](#)
- Christopher, Martin y Towill, Denis (2001). An integrated model for the design of agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(4), 235–246. [1](#)
- Cosials, L.S. (2005). *Análisis estadístico mediante aplicaciones informáticas: SPSS, Stratgraphics, Minitab y Excel*. Textos docents. Universitat de Barcelona. Publicacions i Edicions. [5.2.7](#)
- Fisher, Marshall L (1997). What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*, 75, 105–117. ([document](#)), [5.2.2](#), [5.2](#), [6.1](#), [6.1](#)

- Gestión de Operaciones (2011). Cómo calcular la probabilidad de instock asociado al inventario. Recuperado de <http://www.gestiondeoperaciones.net/inventarios/como-calcular-la-probabilidad-de-instock-asociado-al-inventario/>. Acceso 28/03/2016. 5.2.7
- Gómez, B.G. (2007). *Personalización masiva*. Gestiona (Marge Books). Marge Books. 5.2.2
- Gutiérrez, O Parada (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de Admón. Pontificia Universidad Javeriana*, 22(38), 169–187. 5.2.3
- Holguín, Carlos Julio Vidal (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Programa Editorial Universidad del Valle. 1
- Hurtado, J. (2014). *Balance 2014 y Proyecciones 2015 Sector Construcción*. Technical report, Cámara Chilena de la Construcción (CChC). 5.1
- Krajewski, L.J. y Ritzman, L.P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. World student series. Pearson Educación. 5.2.2
- Krajewski, L.J.; Ritzman, L.P.; y Malhotra, M.K. (2008). *Administración de operaciones*. Pearson Educación. (document), 5.2.2, 5.1, 5.2.3, 5.2.6, 5.2.7
- LRM Consultoría Logística (2015). Matriz abc cruzada rotación-variabilidad de la demanda: 10 segmentos para el control de stocks. Recuperado de <http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/76-abc-cruzado-rotacion-variabilidad-gestion-stocks.html#yvComment76>. Acceso 22/06/2015. (document), 5.2.3, 5.3, 5.2.3
- Microsoft (2015). Función pronostico.ets. Recuperado de <http://bit.ly/1UxrKub>. Acceso 28/03/2016. 5.2.6
- Rosique, Miguel (1997). Efecto bullwhip. *Harvard Business Review*. 5.2.7
- Sipper, D.; Bulfin, R.L.; y Osuna, M.G. (1998). *Planeación y control de la producción*. McGraw-Hill. 5.2.6
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. (1986). *Introducción a la bioestadística*. Serie de biología fundamental. Reverté. 5.2.3
- Wooldridge, J.M. (2009). *INTRODUCCION A LA ECONOMETRIA U*. Cengage Learning. 5.2.7
- Zuluaga, Carlos Alberto Castro; Gallego, Mario Cesar Velez; y Urrego, Jaime Andres Catro (2011). Clasificación abc multicriterio: tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. *Iteckne*, 8(2). 5.2.3




# A | ANEXO

## A.1. Hoja de Planificación



**Figura A.1:** Primer extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla el nombre de cada SKU, la descripción, clasificación ABC, minigráfico de las ventas mensuales, promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

[Fuente: Elaboración Propia.]

Fecha Actual		Generar Gráfico de Pronóstico				
mm-aaaa		Producto	Fecha Objetivo (dd-mm-aaaa)			
		SKU 5	dd-mm-aaaa			
		Nivel de Confianza	Estacionalidad (meses)			
		95%	0			
Inventario		Pronósticos				
Stock	Meses de		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Error (MAD)
	Stock	Instock				
248,660	4.6	100%	45,999	45,485	44,972	4,713
94,794	4.4	98%	20,963	21,134	21,306	3,575
52,712	6.3	100%	8,667	8,885	9,103	1,133
16,431	3.9	86%	3,777	3,786	3,795	1,403
15,930	4.2	100%	1,362	1,329	1,296	1,136
12,374	2.9	2%	3,865	3,928	3,991	1,785
15,938	3.7	100%	4,461	4,581	4,701	1,387
2,139	4.6	99%	367	386	406	167
9,769	2.1	30%	2,576	2,598	2,619	2,066
17,110	2.3	22%	8,667	9,260	9,853	5,307
6,041	4.1	100%	1,158	1,114	1,070	502
6,495	4.6	100%	1,907	1,977	2,047	149
12,465	3.7	73%	4,005	4,257	4,509	618
9,293	4.6	91%	1,964	2,019	2,074	811
2,891	1.4	17%	1,992	2,116	2,241	1,397
221	1.8	100%	21	22	23	27
4,249	2.7	13%	1,757	1,864	1,971	1,551
4,847	6.1	100%	463	464	465	354
139	0.3	100%	0	0	0	2
0	0.0	36%	261	219	178	468
3,389	5.4	25%	958	1,021	1,084	645
1,193	2.7	16%	779	837	895	452
513	1.7	100%	374	460	546	487
984	3.0	30%	337	366	395	89
43	3.0	20%	14	15	15	13
36	0.6	37%	0	0	0	27
1,008	6.7	77%	138	145	153	598
69	0.6	100%	0	0	0	61
31	0.5	43%	0	0	0	3
21	8.1	50%	6	6	7	9
65	21.7	100%	0	0	0	1
10	6.0	93%	0	0	0	1
1	324.0	100%	0	0	0	0

**Figura A.2:** Continuación del primer extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla el stock actual, indicador de meses de stock e instock, y el pronóstico para tres meses, acompañado de la medida de error MAD.

[Fuente: Elaboración Propia.]

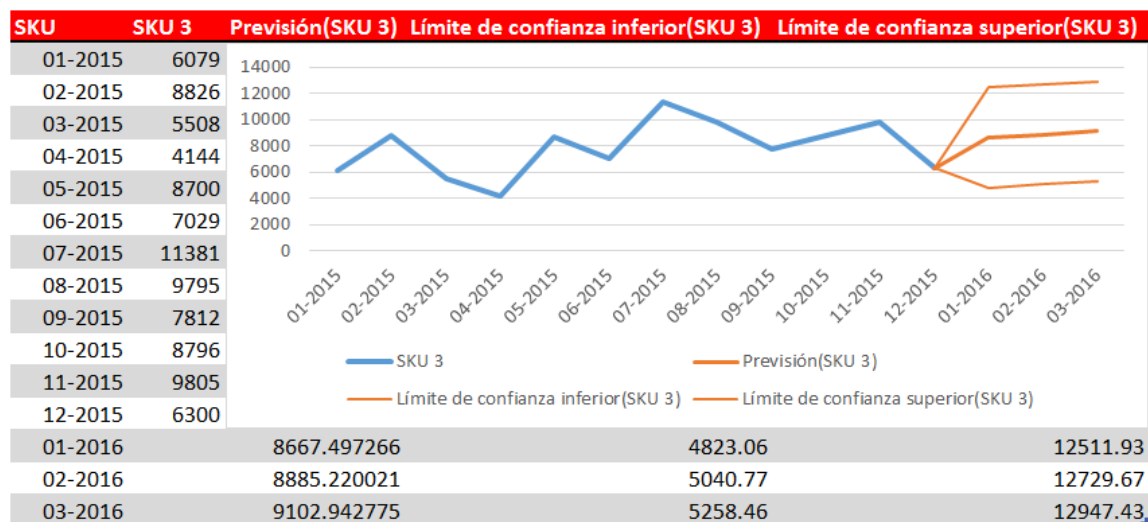
Clasificación	Subtotal
Estratégicos	\$XX.XXX.XXX
Principales	\$YY.YYY.YYY
<b>Total</b>	<b>\$ZZ.ZZZ.ZZZ</b>

Proyección de Inventario				Sugerencia de Compra		
Stock Actual	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Stock de Seguridad	Cantidad de Pedido	Costo Estimado
248,660	225,701	180,216	135,244	18,163		
94,794	74,047	52,985	31,679	9,852		
52,712	67,193	58,307	49,204	3,439		
16,431	12,654	8,869	5,074	2,153		
15,930	14,568	13,239	11,943	2,921		
12,374	8,509	4,617	626	2,223	5,588	\$XX.XXX.XXX
15,938	27,605	23,024	18,324	3,288		
2,139	1,922	1,536	1,129	541		
9,769	7,193	4,595	1,976	3,350	3,993	\$XX.XXX.XXX
17,110	19,963	10,703	849	4,121	13,125	\$YY.YYY.YYY
6,041	7,883	6,770	5,699	415		
6,495	10,348	8,371	6,324	347		
12,465	12,780	8,523	4,014	997		
9,293	7,421	5,402	3,328	745		
2,891	899	0	0	966	3,207	\$YY.YYY.YYY
221	1,160	1,137	1,114	57	0	\$0
4,249	2,492	628	0	789	2,760	\$YY.YYY.YYY
4,847	8,704	8,240	7,775	822		
139	6,571	6,571	6,571			
0	0	0	0			
3,389	2,431	1,410	327			
1,193	414	0	0			
513	3,883	3,423	2,877			
984	647	281	0			
43	29	14	0			
36	36	36	36			
1,008	870	725	572			
69	9,717	9,717	9,717			
31	31	31	31			
21	15	9	3			
65	65	65	65			
10	10	10	10			
27	27	26	26			

**Figura A.3:** Continuación del segundo extracto de hoja de Planificación, en donde se detalla la proyección de inventarios para tres meses a contar de la fecha en curso, el stock de seguridad, la cantidad a pedir (si es necesario) y su costo respectivo. También se indica el costo de adquirir todo lo que se sugiere para los productos Estratégicos y Principales.

[Fuente: Elaboración Propia.]

## A.2. Hoja de Gráfico de Pronóstico



Estadística	Valor
Alpha	0.00
Beta	0.00
Gamma	0.00
MAE	1,132.80
RMSE	1,390.47

**Figura A.4:** Gráfico de Pronóstico del SKU 3 generado al ejecutar macro desde la hoja de Planificación en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”. Entrega tres pronóstico en base a la fecha objetivo, estacionalidad en meses, y nivel de confianza definido previamente, y también muestra las constantes de suavizamiento y los errores respectivos.

[Fuente: Elaboración Propia.]

```

Sub ImagenPronostico[Haga_clic_en()]

Application.ScreenUpdating = False
Application.EnableEvents = False
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = False

Dim FechasPron As Date
Dim Estacionalidad As Integer
Dim NivelConf As Double

Sheets("Planning").Select
Estacionalidad = Range("O5").Value
NivelConf = Range("N5").Value
FechaEleg = Range("O3").Value

'On Error GoTo ErrMsg

Sheets("PTSales").Select
Range("FechasPron,CodPron").Select
Range("A6").Activate
ActiveWorkbook.CreateForecastSheet Timeline:=Sheets("PTSales").Range("FechasPron" _
), Values:=Sheets("PTSales").Range("CodPron"), ForecastEnd:=FechaEleg, _
ConfInt:=NivelConf, Seasonality:=Estacionalidad, ChartType:=xlForecastChartTypeLine, _
Aggregation:=xlForecastAggregationAverage, DataCompletion:= _
xlForecastDataCompletionInterpolate, ShowStatsTable:=True

Exit Sub

'ErrMsg:
'Sheets("Planning").Select
'MsgBox "El producto seleccionado no contiene datos de demanda", vbOKOnly + vbExclamation, _
"Producto no encontrado"

Application.ScreenUpdating = True
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
Application.EnableEvents = True
ActiveSheet.DisplayPageBreaks = True
Application.CutCopyMode = False

End Sub

```

**Figura A.5:** Macro activada desde la hoja de Pronósticos en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”, que genera el informe mostrado anteriormente.

[Fuente: Elaboración Propia.]

## A.3. Hoja de Clasificación ABC

SKU	Suma de P*Q	%Ventas	%Acum	Clasif. Ventas	Desv. Estándar	Promedio	Coef. de Variación	Clasif. Variabilidad	Tipo	Clasificación Final
SKU 1	\$XX.XXX.XXX	10.20%	10.20%	A	11,042	50,255	0.22	A	AA	Estratégicos
SKU 2	\$XX.XXX.XXX	7.70%	17.90%	A	6,314	26,357	0.24	A	AA	Estratégicos
SKU 3	\$XX.XXX.XXX	5.57%	23.48%	A	5,990	19,094	0.31	A	AA	Estratégicos
SKU 4	\$XX.XXX.XXX	4.90%	28.38%	A	785	948	0.83	A	AA	Estratégicos
SKU 5	\$XX.XXX.XXX	4.25%	32.63%	A	2,097	6,768	0.31	A	AA	Estratégicos
SKU 6	\$XX.XXX.XXX	1.99%	55.20%	A	2,649	2,974	0.89	A	AA	Estratégicos
SKU 7	\$XX.XXX.XXX	1.96%	57.15%	A	2,201	2,928	0.75	A	AA	Estratégicos
SKU 8	\$XX.XXX.XXX	1.79%	58.94%	A	6,110	5,616	1.09	B	AB	Principales
SKU 9	\$XX.XXX.XXX	1.77%	60.71%	A	329	345	0.95	A	AA	Estratégicos
SKU 10	\$XX.XXX.XXX	1.54%	67.42%	A	2,463	4,111	0.60	A	AA	Estratégicos
SKU 11	\$XX.XXX.XXX	1.39%	68.80%	A	2,572	2,084	1.23	B	AB	Principales
SKU 12	\$XX.XXX.XXX	1.36%	70.16%	A	1,999	3,392	0.59	A	AA	Estratégicos
SKU 13	\$XX.XXX.XXX	1.11%	76.42%	A	2,037	3,067	0.66	A	AA	Estratégicos
SKU 14	\$XX.XXX.XXX	1.11%	77.53%	A	1,404	3,159	0.44	A	AA	Estratégicos
SKU 15	\$XX.XXX.XXX	1.04%	78.57%	A	1,351	3,510	0.38	A	AA	Estratégicos
SKU 16	\$XX.XXX.XXX	0.89%	79.46%	A	282	375	0.75	A	AA	Estratégicos
SKU 17	\$XX.XXX.XXX	0.82%	80.28%	B	751	1,959	0.38	A	BA	Principales
SKU 18	\$XX.XXX.XXX	0.79%	81.07%	B	1,433	1,360	1.05	B	BB	Principales
SKU 19	\$XX.XXX.XXX	0.78%	81.85%	B	769	1,900	0.40	A	BA	Principales
SKU 20	\$XX.XXX.XXX	0.74%	82.60%	B	4,325	2,402	1.80	B	BB	Principales
SKU 21	\$XX.XXX.XXX	0.48%	88.49%	B	2,886	2,930	0.98	A	BA	Principales
SKU 22	\$XX.XXX.XXX	0.43%	88.92%	B	929	1,036	0.90	A	BA	Principales
SKU 23	\$XX.XXX.XXX	0.41%	89.33%	B	385	435	0.89	A	BA	Principales
SKU 24	\$XX.XXX.XXX	0.38%	89.71%	B	612	551	1.11	B	BB	Principales
SKU 25	\$XX.XXX.XXX	0.37%	90.08%	B	659	982	0.67	A	BA	Principales
SKU 26	\$XX.XXX.XXX	0.34%	90.42%	B	1,127	467	2.41	C	BC	Volátiles
SKU 27	\$XX.XXX.XXX	0.25%	92.98%	B	2,114	1,503	1.41	B	BB	Principales
SKU 28	\$XX.XXX.XXX	0.25%	93.23%	B	2,438	897	2.72	C	BC	Volátiles
SKU 29	\$XX.XXX.XXX	0.25%	93.47%	B	972	639	1.52	B	BB	Principales
SKU 30	\$XX.XXX.XXX	0.20%	94.98%	B	457	404	1.13	B	BB	Principales
SKU 31	\$XX.XXX.XXX	0.20%	95.18%	C	31	32	0.97	A	CA	Secundarios
SKU 32	\$XX.XXX.XXX	0.20%	95.37%	C	1,415	838	1.69	B	CB	Secundarios
SKU 33	\$XX.XXX.XXX	0.18%	95.55%	C	307	373	0.82	A	CA	Secundarios
SKU 34	\$XX.XXX.XXX	0.18%	95.74%	C	300	413	0.73	A	CA	Secundarios
SKU 35	\$XX.XXX.XXX	0.16%	96.56%	C	434	294	1.48	B	CB	Secundarios
SKU 36	\$XX.XXX.XXX	0.15%	96.72%	C	757	365	2.07	C	CC	Cuestionables
SKU 37	\$XX.XXX.XXX	0.15%	96.87%	C	320	279	1.15	B	CB	Secundarios
SKU 38	\$XX.XXX.XXX	0.12%	97.75%	C	445	439	1.01	B	CB	Secundarios
SKU 39	\$XX.XXX.XXX	0.12%	97.87%	C	532	923	0.58	A	CA	Secundarios
SKU 40	\$XX.XXX.XXX	0.12%	97.98%	C	844	364	2.32	C	CC	Cuestionables
SKU 41	\$XX.XXX.XXX	0.07%	99.00%	C	22	21	1.05	B	CB	Secundarios
SKU 42	\$XX.XXX.XXX	0.07%	99.07%	C	118	196	0.60	A	CA	Secundarios
SKU 43	\$XX.XXX.XXX	0.01%	99.92%	C	12	8	1.51	B	CB	Secundarios
SKU 44	\$XX.XXX.XXX	0.01%	99.93%	C	69	20	3.46	C	CC	Cuestionables
SKU 45	\$XX.XXX.XXX	0.01%	99.94%	C	64	36	1.79	B	CB	Secundarios
SKU 46	\$XX.XXX.XXX	0.01%	99.96%	C	5	3	1.83	B	CB	Secundarios

**Figura A.6:** Gráfico de Pronóstico del SKU 3 generado al ejecutar macro desde la hoja de Planificación en la sección “Generar Gráfico de Pronóstico”. Entrega tres pronóstico en base a la fecha objetivo, estacionalidad en meses, y nivel de confianza definido previamente, y también muestra las constantes de suavizamiento y los errores respectivos.

[Fuente: Elaboración Propia.]