



DEPARTAMENTO DE
INGENIERIA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
MBA, Magíster en Gestión Empresarial

PROPUESTA PARA UN MODELO DE PROYECCIÓN DE COMPRA Y CONTROL DE INSUMOS CRÍTICOS Y ESTRATEGICOS PARA LA EMPRESA CONTENEDORES SAN FERNANDO SPA.

Tesina de Grado presentada por

Alexis Andres Hermosilla Urrutia

Como requisito para optar al grado de

MBA, Magíster en Gestión Empresarial

Guía de Tesina Dr. Luis Acosta

Octubre de 2019

TITULO DE TESINA: “PROPUESTA PARA UN MODELO DE PROYECCIÓN DE COMPRA Y CONTROL DE INSUMOS CRÍTICOS PARA LA EMPRESA CONTENEDORES SAN FERNANDO SPA.”

AUTOR: ALEXIS ANDRES HERMOSILLA URRUTIA.

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES: _____

COMISIÓN DE TESINA: Dr.
Dr.
Dr.

Santiago, Octubre 2019

(Modelo de la tercera hoja interior: Responsabilidad)

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: NOMBRES Y APELLIDOS.

Fecha: DÍA DEL EXAMÉN DE GRADO.

ÍNDICE

RESUMEN	6
TABLAS DE CONTENIDOS.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	10
2. DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	12
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. ALCANCE DEL ESTUDIO	15
5. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	16
5.1 CICLO DEL ABASTECIMIENTO	16
5.2 ETAPA DE COMPRA.....	16
5.2.1 PRIMERA ETAPA “COMPRAR”	16
5.2.2 SEGUNDA ETAPA ¿QUÉ COMPRAR?	17
5.2.3 TERCERA ETAPA ¿CUÁNTO COMPRAR?	17
5.2.4 CUARTA ETAPA ¿CUÁNDO COMPRAR?	17
5.2.5 QUINTA ETAPA ¿DÓNDE COMPRAR?	17
6. ESTADO DEL ARTE	19
6.1 REVISAR CORRELACIÓN	19
6.2 PREDICCIÓN DE PRODUCCIÓN CON ORACLE CRYSTAL BALL.....	21
6.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO	21
6.4 CONSIDERACIONES PARA LOS CÁLCULOS.....	22
6.4.1 GENERALES	22
6.4.2 STOCK DE SEGURIDAD (SS)	22
6.4.3 PUNTO DE PEDIDO (PP).....	23
6.4.4 LOTE ECONÓMICO (Q).....	23

7. DESARROLLO	25
7.1 COMPRA DE INSUMOS.....	25
7.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO: ALMIDÓN	25
7.2.1 CORRELACIÓN CON PRODUCCIÓN DE CARTÓN CORRUGADO	25
7.2.2 PREDICCIÓN DE METROS CUADRADOS DE CARTÓN	27
7.2.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE ALMIDÓN	32
7.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO: HOT MELT.....	34
7.3.1 CORRELACIÓN CON EL ARMADO DE CAJAS	34
7.3.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE HOT MELT	35
7.4 PREDICCIÓN DE CONSUMO: POWER PLY	41
7.4.1 PREDICCIÓN DE METROS CUADRADOS CON POWER PLY	43
7.4.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE POWER PLY	47
7.5 LOGÍSTICA DE INSUMOS	50
7.5.1 ALMIDÓN.....	50
7.5.2 HOTMELT	57
7.5.3 POWER PLY	69
7.6 PANORAMA GENERAL DE LOS INSUMOS ESTRATÉGICOS	80
7.7 RESUMEN DE MODELOS	81
7.8 USO ESTRATÉGICO DEL MODELO	82
 8. CONCLUSIONES	 84
 BIBLIOGRAFÍA	 87
 Anexo A – Descripción modelo SARIMA	 89
 Anexo B – Proyecciones de consumo.	 94
 Anexo C – Stock de seguridad, punto de pedido y lote económico de insumos críticos.	 99

RESUMEN

Este trabajo busca entregar herramientas y metodologías apropiadas para el pronóstico y control de los insumos críticos, definidos por la empresa Contenedores San Fernando Spa, que apoyen la gestión realizada por el área de Logística de Abastecimiento. Comprende desde que los insumos críticos son comprados hasta su bodegaje, todo esto con la finalidad de operar en la reducción de costos, evitando obsolescencias e inventarios inmovilizados, sin descuidar el nivel de servicio del cliente interno que asegure la continuidad operacional de la planta. Para esto se usaron modelos de pronóstico y metodologías de control de inventarios, apoyados en algunos pasos del ciclo de abastecimiento.

Todo sistema productivo, para asegurar su funcionamiento, necesita obtener del exterior una serie de insumos y materiales a partir de los cuales ejecuta sus procesos de transformación. El área de Logística de Abastecimiento es el encargado de suministrar estos recursos, adquiriendo una importancia fundamental en el desempeño de dicha área. Puesto que, en gran parte de los procesos de manufactura, los materiales representan un porcentaje elevado del costo de los artículos finales, no es de extrañar la trascendencia que ha tenido la gestión de Aprovisionamiento. Esto, ayuda a explicar el por qué la administración de la cadena de abastecimiento se ha convertido en un eslabón clave para las empresas.

TABLAS DE CONTENIDOS

Tabla 4. 1 - Insumos críticos definidos por Contenedores San Fernando SpA. para su operación.....	15
Tabla 7. 1 - Datos de m2 de cartón corrugado para pronosticar el Almidón	27
Tabla 7. 2 - Descripción estadísticos para predicción.....	29
Tabla 7. 3 - Medidas de tendencia central y dispersión de metros de cartón corrugado	30
Tabla 7. 4 - Ranking de métodos utilizados para la predicción de metros cuadrados de cartón corrugado	30
Tabla 7. 5 - Predicción de metros cuadrados de cartón corrugado.	31
Tabla 7. 6 - Predicción de kilogramos de consumo de Almidón para la temporada 2019-2020	33
Tabla 7. 7 - Datos de m2 de cartón corrugado para pronosticar el Hot Melt.....	36
Tabla 7. 8 - Medidas de tendencia central y dispersión del consumo de Hot Melt.....	37
Tabla 7. 9 - Ranking de métodos utilizados para la predicción de consumo de Hot Melt.	37
Tabla 7. 10 - Predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante método SARIMA(1,0,0)(1,0,0).....	38
Tabla 7. 11 - Predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante tendencia histórica	40
Tabla 7. 12 - Puntos eliminados para ajuste de correlación	43
Tabla 7. 13 - Metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado de enero 2014 a mayo 2015.....	44
Tabla 7. 14 - Medidas de tendencia central y dispersión de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado de enero 2014 a mayo 2015	45
Tabla 7. 15 - Ranking de métodos de predicción entregados por sistema Crystal Ball para metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado.....	45
Tabla 7. 16 - Predicción de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado mediante el método aditivo estacional.	46
Tabla 7. 17 - Consumo Power Ply – agosto 2014 a mayo 2019	48
Tabla 7. 18 - Ranking de métodos de predicción entregados por sistema Oracle Crystal Ball para consumo de power ply.	48
Tabla 7. 19 - Predicción de consumo de power ply mediante método de los mínimos cuadrados.....	49
Tabla 7. 20 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Almidón.	51
Tabla 7. 21 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de almidón.....	52
Tabla 7. 22 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Hot Melt.	57
Tabla 7. 23 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de Hot Melt.	58
Tabla 7. 24 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Power Ply.....	70
Tabla 7. 25 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de Power Ply.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 5. 1 - Ciclo de abastecimiento.....	16
Figura 6. 1 - Esquema metodología de decisión de forma de hacer predicción de insumos críticos.....	19
Figura 7. 1 - Perfil cartón corrugado.....	26
Figura 7. 2 - Correlación fabricación de cartón corrugado vs consumo de almidón.....	26
Figura 7. 3 - Gráfico predicción de metros cuadrados de cartón corrugado.....	32
Figura 7. 4 - Predicción de kilogramos de consumo de Almidón para la temporada 2019-2020.....	34
Figura 7. 5 - Correlación entre Cantidades de cajas armadas y consumo de Hot Melt.	35
Figura 7. 6 - Gráfico predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante método SARIMA (1,0,0) (1,0,0).....	39
Figura 7. 7 - Consumo Hot melt julio 2014 – mayo 2019.....	39
Figura 7. 8 - Gráfico de predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante tendencia histórica.....	41
Figura 7. 9 - Perfil cartón corrugado con aplicación de Power Ply.....	42
Figura 7. 10 - Correlación entre metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado versus consumo de Power Ply.....	42
Figura 7. 11 - Correlación entre metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado versus consumo de Power Ply (ajustado).....	43
Figura 7. 12 - Gráfica de datos históricos y predicción de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado.....	47
Figura 7. 13 - Predicción de consumo de power ply mediante método de los mínimos cuadrados.....	50
Figura 7. 14 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	53
Figura 7. 15 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	53
Figura 7. 16 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	54
Figura 7. 17 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.	54
Figura 7. 18 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	55
Figura 7. 19 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	55
Figura 7. 20 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	59
Figura 7. 21 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	60
Figura 7. 22 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	60
Figura 7. 23 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.	61
Figura 7. 24 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	61
Figura 7. 25 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	62
Figura 7. 26 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	62
Figura 7. 27 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	63
Figura 7. 28 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	63
Figura 7. 29 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90.....	64
Figura 7. 30 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	64
Figura 7. 31 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	65
Figura 7. 32 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	65

Figura 7. 33 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	66
Figura 7. 34 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	66
Figura 7. 35 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.	67
Figura 7. 36 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	67
Figura 7. 37 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	68
Figura 7. 38 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 80,7%.	72
Figura 7. 39 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	72
Figura 7. 40 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	73
Figura 7. 41 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	73
Figura 7. 42 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.	74
Figura 7. 43 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	74
Figura 7. 44 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	75
Figura 7. 45 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 80,3%.	75
Figura 7. 46 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.	76
Figura 7. 47 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.	76
Figura 7. 48 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.	77
Figura 7. 49 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.	77
Figura 7. 50 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.	78
Figura 7. 51 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.	78

1. INTRODUCCIÓN

La empresa Contenedores San Fernando Spa. (CSF) está ubicada en el kilómetro 132 de la carretera 5 Sur, cercano a la ciudad del mismo nombre, nace en 1989 como filial Dole Chile, la mayor exportadora de fruta fresca de la época perteneciente al grupo Dole Fresh Fruit. En el año 2009 CSF es adquirida por el grupo Petroquim.

Contenedores San Fernando Spa. ha definido como su principal foco la satisfacción de sus clientes, por lo que está en una constante búsqueda de métodos que aporten a la generación de valor. De esta manera, Contenedores San Fernando Spa. se encuentra a la vanguardia de la implementación de metodologías que den valor a su gestión y a la calidad de sus productos. Recientemente, se ha certificado en la norma de inocuidad alimentaria BRC 5 P¹, (una de las más exigentes en el rubro) y se está implementando TPM² a modo de adoptar mejores prácticas de manufactura. Por otra parte, se ha fijado particular atención en el desarrollo de nuevos productos con el fin de satisfacer las necesidades específicas de sus clientes.

La empresa está orientada principalmente a cumplir con los requerimientos de embalajes de cartón corrugado en el mercado frutícola, de acuerdo a las proyecciones de venta realizadas por la propia empresa para el 2019, el 78% corresponde al mercado antes mencionado, concentrándose en primavera y verano, el resto de la producción está destinada a mercado industrial (vinos, frutas deshidratadas, alimentos

¹ Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal (2019). Norma BRC Packaging versión 5 para envases y embalajes. Consultado el 25 de septiembre de 2019, disponible vía web en: <https://www.opia.cl/601/w3-article-77109.html>.

² Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. Routledge.

en general, explosivos, etc.) y además de cajas para la exportación de Salmón y Trucha, (grupos de clientes que presentan demanda más estable durante todo el año).

Debido a la estacionalidad de los requerimientos en el mercado frutícola se evidencia que el periodo de mayor demanda comienza con la producción y despacho de cajas de uva para agricultores de la zona norte (Copiapó y Coquimbo), desde la segunda quincena de septiembre hasta fines de abril del año siguiente. Luego en octubre comienzan las solicitudes de cajas para la exportación de cerezas, seguido de carozos, berries y paltas. Otra parte de los requerimientos lo constituyen las cajas para pomáceas (manzanas y peras), presentando una demanda relativamente estable, con tendencia al alza en febrero, siendo estos periodos causantes de gran estrés, tanto para las empresas agrícolas como para las productoras de embalaje.

Cuando se realizan las negociaciones para el armado de cajas se establece la obligatoriedad de dicho armado, en este sentido, hay clientes que solicitan la entregar de caja armada en sus dependencias y en los predios que ellos indiquen, mientras que otros solo compran las cajas y ellos mismos asumen la responsabilidad del armado. Muchas de las cajas vendidas necesitan un sistema de armado en máquina, realizándose éste en las dependencias de empresas clientes o en bodegas especialmente acondicionadas para dicho propósito. Son estas mismas empresas quienes determinan el orden con que se realiza este proceso para los distintos tipos e impresiones de cajas. De igual manera, CSF presta también, de forma independiente, el servicio de armado para cajas que hayan sido fabricadas ya sean por su propia manufactura o bien por la competencia.

2. DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Este trabajo tiene por objetivo entregar una metodología de funcionamiento, basándose principalmente en la etapa de compras del ciclo de abastecimiento para la empresa Contenedores San Fernando Spa, en lo que respeta a la logística. El fin de dicho proceso es que la operación sea lo más productiva y de bajo costo, evitando la obsolescencia e inventarios inmovilizados por períodos prolongados de tiempo, sin gestión sobre estos activos. De este modo, el foco estratégico fijado para el departamento de Logística es la Reducción de Costos, sin perder de vista el nivel de servicio, la calidad y la eficiencia que se debe proporcionar al cliente interno.

El estudio se basa en una revisión de los datos históricos de insumos estratégicos que ha definido la compañía y que representan una participación importante dentro del inventario total que maneja la empresa, con el fin de entregar una metodología de proyección, en cuanto a la demanda de cada uno de los ítems considerados fundamentales para la compañía. Dicho estudio se hace de manera individual para cada insumo considerado crítico, debido a que estos ítems han tenido un comportamiento muy particular durante los últimos años y es fundamental conocer su variabilidad y tendencia a lo largo del tiempo.

Estos pronósticos de demanda en los inventarios estratégicos se modelarán apoyado en el *software* de Oracle Crystal Ball. Este *software* es un conjunto de programas basados en la aplicación de modelos predictivos, de simulación y de optimización, que

permite identificar las variables críticas de un análisis que se esté ejecutando³. Dicho programa, entrega valiosa información en cuanto a múltiples iteraciones que realiza de manera automática, proporcionando una serie de datos en cuanto a la proyección con el fin de posicionarlo en un ranking, apoyado de varios estadísticos en donde soporta sus recomendaciones, para que el usuario tome la mejor decisión.

Una vez tomada la decisión de cuánto comprar, se entregan herramientas de cómo administrar estas compras para la bodega de insumos, de repuestos y de materiales (BRIM) que hoy es parte del Departamento de Abastecimiento. El propósito es de esto, es manejar un nivel de servicio adecuado con la restricción de espacio al costo mínimo.

³ Riccio, F. (2018). Oracle Crystal Ball 11.1 - Simulación Monte Carlo. Consultado el 7 de agosto de 2019, disponible vía web en: <https://www.oracle.com/technetwork/es/articles/oem/oracle-crystal-ball11-1-4434142-esa.html>

3. OBJETIVOS

El área de Logística de Abastecimiento tiene su foco estratégico en la reducción de costos, de manera de lograr sincronizar los inventarios con la continuidad operacional de la planta productiva CSF. La idea fundamental es implementar mejoras en el sistema de gestión para disminuir la obsolescencia e inventarios inmovilizados. Para conseguir este objetivo, en este trabajo, se entregarán herramientas de pronóstico y control de los inventarios críticos.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una metodología efectiva, para pronosticar y controlar los insumos críticos de para la empresa contenedores san Fernando Spa., a partir de identificación de patrones en los datos históricos, buscando la mejor combinación entre nivel de servicio e inventario.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Identificar componentes sistemáticos en el comportamiento histórico del consumo de insumos estratégicos, que permitan pronosticar la demanda.

Definir modelo de predicción de demanda de insumos estratégicos, de modo de hacer proyecciones más certeras.

Definir metodología de abastecimiento de insumos estratégicos, evitando quiebres de stock y disminuyendo obsolescencias e inventarios inmovilizados.

4. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio se centra en el área de Logística de Abastecimiento que pertenece a la Subgerencia de Logística & Armado de la empresa Contenedores San Fernando que a su vez depende de la Gerencia de Planta. Este trabajo se enfoca en los insumos estratégicos que ha definido la compañía y que se detallan a continuación.

INSUMOS CRÍTICOS CSF		
N°	Insumo	Unidad
1	Cera	KG
2	Almidón	KG
3	Power Ply	KG
4	Hotmelt	KG
5	PVA	KG
6	Stretch Manual	KG
7	Stretch Automático	KG
8	Resina	KG
9	Zuncho	UN/RL
10	Fundas plásticas	UN
11	Tintas	KG
12	Pallets	UN

Tabla 4. 1 - Insumos críticos definidos por Contenedores San Fernando SpA. para su operación.

Fuente: Elaboración propia.

5. METODOLOGIA DE TRABAJO

5.1 CICLO DEL ABASTECIMIENTO

Para diseñar la metodología de trabajo se profundiza en la primera etapa del ciclo de la Logística de Abastecimiento, que corresponde a la compra de insumos estratégicos para la empresa Contenedores San Fernando Spa.

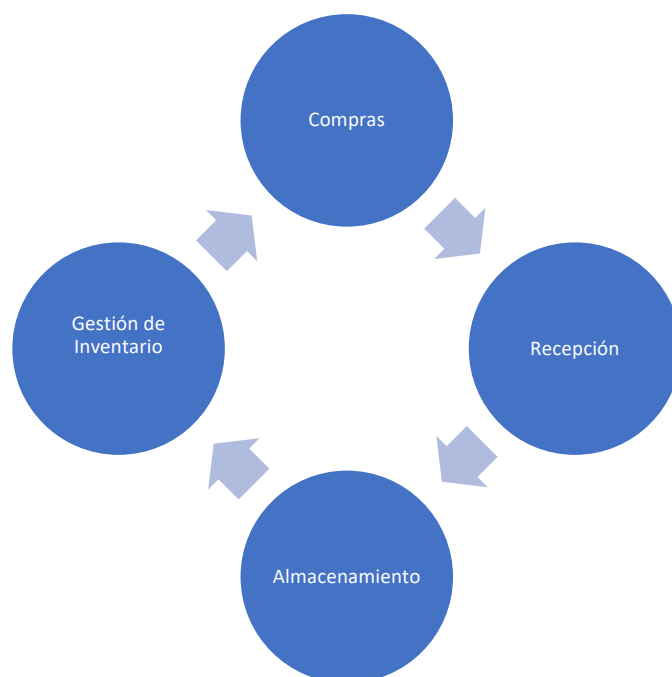


Figura 5. 1 - Ciclo de abastecimiento

Fuente: Boland, L. C., Fernanda-Stancatti, M. J. G., & Yanina-Banchieri, L. (2007). Funciones de la administración. EdiUNS.

5.2 ETAPA DE COMPRA

5.2.1 PRIMERA ETAPA “COMPRAR”

En este paso se establece la posición de compra de insumos estratégicos o críticos para Contenedores San Fernando Spa, y se hacen las siguientes preguntas que a lo largo del trabajo reciben su respuesta.

5.2.2 SEGUNDA ETAPA ¿QUÉ COMPRAR?

Se refiere a las materias primas necesarias para la continuidad del proceso productivo. En este paso se establecen los insumos críticos para el proceso del cartón corrugado, dejando fuera de esto al papel, que es el principal insumo, y tiene un tratamiento diferente de compra, que es realizado por la Gerencia General.

5.2.3 TERCERA ETAPA ¿CUÁNTO COMPRAR?

Depende de la proyección de demanda que enfrenta la empresa. En esta etapa se revisan los datos históricos de consumo y se establece las correlaciones de la información, para encontrar patrones que nos aproximen a las proyecciones de cada insumo, siendo ésta una parte importante del comportamiento del cartón corrugado.

5.2.4 CUARTA ETAPA ¿CUÁNDO COMPRAR?

El momento depende del flujo de la demanda, condiciones del mercado y de los niveles de inventario que maneja la compañía, teniendo como fin encontrar el punto correcto para efectuar el proceso de compra.

5.2.5 QUINTA ETAPA ¿DÓNDE COMPRAR?

Conformado por un abanico de opciones de compras. Preguntas que surgen ¿comprar todos los insumos en un mismo lugar? o ¿comprarlos en lugares distintos? En este punto se debe evaluar las diferentes alternativas, de donde provienen los insumos, con sus respectivos tiempos de llegada y condiciones de mercados existentes. Cada insumo representa un caso particular, por lo que requiere un tratamiento distinto.

En lo que se respecta a los siguientes puntos del ciclo de abastecimiento: Recepción, Almacenamiento y Gestión de Inventario, no se profundizará en ellos.

6. ESTADO DEL ARTE

Hay diversos métodos de realizar proyecciones de datos, partiendo de determinadas series de datos, se formula una proyección a futuro con el objetivo de evaluar la ocurrencia probable de cualquier acontecimiento o del desarrollo de una tendencia.

La Figura 6.1, muestra el procedimiento utilizado para realizar la predicción para los insumos considerados como críticos para CSF.

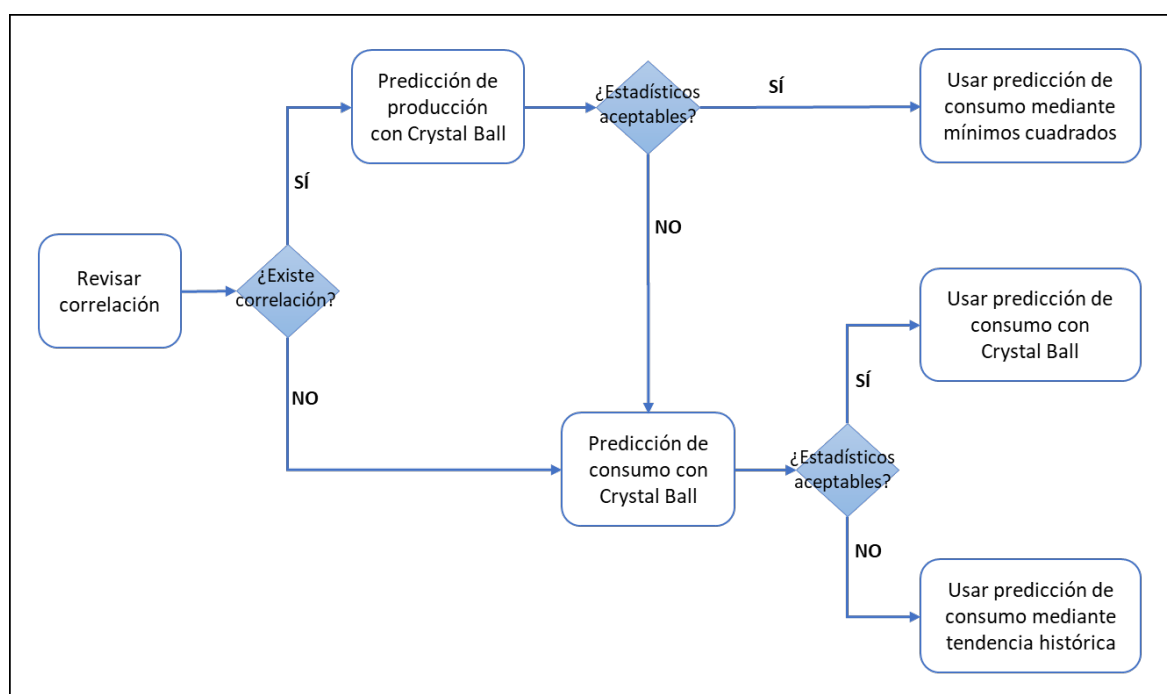


Figura 6. 1 - Esquema metodología de decisión de forma de hacer predicción de insumos críticos

Fuente: Elaboración propia.

6.1 REVISAR CORRELACIÓN

Antes de realizar cualquier predicción, se verifica si la variable a proyectar se encuentra correlacionada con otra variable, se revisan las variables que, por su naturaleza, apuntan a que existe correlación.

Para verificar se utiliza el Coeficiente de Correlación de Pearson (R)⁴, donde su interpretación se detalla a continuación:

El valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1,1]$, indicando el signo el sentido de la relación:

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.
- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

De esta forma, el valor con el cual se ha trabajado es si $R \geq 0,85$ o $R \leq -0,85$, ya que ese valor indica que las variables se encuentran muy correlacionadas.

⁴ Universidad de Valencia (2019). Coeficiente de Pearson. Consultado el 10 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://www.uv.es/webgid/Descriptiva/31_coeficiente_de_pearson.html

6.2 PREDICCIÓN DE PRODUCCIÓN CON ORACLE CRYSTAL BALL

Al existir correlación con la variable evaluada, en el esquema llamado “de producción”, la predicción se realiza de la siguiente manera:

Mediante el sistema Oracle Crystal Ball se realiza la proyección de la variable de producción. Solo en el caso que la predicción tenga un error bajo (MAPE alrededor de un 12%) se utiliza esta proyección, de no ser así, hay que considerar hacer la predicción directamente con el Oracle Crystal Ball para los datos de consumo.

Con los datos “de producción” proyectados, mediante el método de los mínimos cuadrados (ecuación obtenida de la gráfica de dispersión que correlaciona las variables), se procede con la proyección del consumo para el periodo siguiente, en este caso es para la temporada 2019-2020.

6.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO

Cuando no se realiza la predicción mediante la correlación con la variable de producción y el método de los mínimos cuadrados, hay que evaluar directamente con los datos de consumo:

Con Oracle Crystal Ball: de la misma manera que con los datos de producción, para que la predicción sea considerada como válida, debe tener un error bajo (MAPE alrededor de un 12%).

Con tendencia de datos: Al existir un error alto para utilizar la predicción con Oracle Crystall Ball (MAPE superior al 12%), se recurre a la predicción según la tendencia de los datos en el tiempo, sin considerar si es que existe estacionalidad. Si bien, predecir de esta forma no es la esperada, el error en el cálculo de la proyección se compensa en una parte, ya que se considera el consumo total de la temporada, lo que corresponde a un año completo, que es el periodo de estacionalidad de los datos.

6.4 CONSIDERACIONES PARA LOS CÁLCULOS

6.4.1 GENERALES

Los datos utilizados para el cálculo del stock de seguridad, el punto de reorden y el lote económico fueron los registros históricos de consumo de cada insumo. Debido a la marcada temporalidad con la que convive la industria, los cálculos son hechos para temporada alta y baja. Cada insumo puede tener su propia temporada, puesto que se utilizan en funciones diferentes para distintos tipos de cajas.

Hay productos que pueden ser comprados en Chile, en el extranjero o tiene ambas opciones. Cuando hay ambas opciones, para el cálculo del stock de seguridad solo se considera las compras en Chile.

6.4.2 STOCK DE SEGURIDAD (SS)

Para el cálculo del stock de seguridad se utiliza la siguiente expresión:

$$SS = \sigma_{consumo} * Z * \sqrt{PE}$$

Donde:

- $\sigma_{consumo}$: desviación estándar del consumo del insumo crítico.
- **Z**: factor que indica el nivel de servicio, indica cuánto de la desviación estándar por sobre la media se está dispuesto a cubrir. Sus valores se pueden extraer de la tabla de distribución normal Z. Para todos los casos, se evaluó el nivel de servicio de 90, 95 y 97,5%, viendo cuánto es lo que se puede ofrecer para cada insumo crítico.
- **PE**: Plazo de entrega, desde que se encarga la compra hasta que llega al lugar de recepción. Para insumos que pueden ser comprados en Chile o en el extranjero, para el cálculo del stock de seguridad se considera PE nacional.

6.4.3 PUNTO DE PEDIDO (PP)

Ecuación para el cálculo del punto de pedido:

$$PP = Consumo * PE + SS$$

Donde:

- **Consumo**: consumo del indicador crítico. Se ha usado el valor medio del consumo mensual histórico.
- **PE**: Plazo de entrega, desde que se encarga la compra hasta que llega al lugar de recepción.
- **SS**: Stock de seguridad.

6.4.4 LOTE ECONÓMICO (Q)

Ecuación para el cálculo del lote económico:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{i * c}}$$

Donde:

- **D:** consumo anual de cada insumo crítico. Unidad de medida de cantidad, tiene que ser la misma que se usa para el precio unitario.
- **S:** Costos fijos de cada pedido. Unidad de medida monetaria, tiene que ser la misma que se usa para el precio unitario.
- **i:** Precio unitario del insumo. Mismas unidades de medida que D y S.
- **c:** Costo almacenamiento. Es un valor porcentual sobre el precio unitario.

Cabe mencionar, que en los casos que el lote se encuentra restringido por el proveedor o las condiciones de transporte, no se calcula el lote económico, sino que se utiliza el valor establecido.

7. DESARROLLO

7.1 COMPRA DE INSUMOS

En CSF existe una amplia gama de insumos necesarios para la producción de cajas de cartón corrugado. Algunos de estos son utilizados en grandes cantidades directamente en la producción, por lo que son críticos para la operación. De esta forma, estos insumos han sido llamados “insumos críticos”, los cuales, por su escala, tienen una forma diferente de abordar su compra, principalmente mediante licitaciones. Es de importancia mencionar, que el principal insumo crítico es el papel para hacer el cartón corrugado, sin embargo, no es abordado en este informe, tiene un tratamiento especial.

En este contexto, en este capítulo se presenta la forma en que se proyectan las cantidades requeridas para la siguiente temporada. Cabe mencionar que solo se presentan 3 casos, con todos sus datos y cálculos realizados. Los resultados de las otras predicciones de insumos estratégicos se encuentran en el Anexo B – Proyecciones de consumo.

7.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO: ALMIDÓN

7.2.1 CORRELACIÓN CON PRODUCCIÓN DE CARTÓN CORRUGADO

El almidón es un adhesivo que se utiliza en el proceso de cartón corrugado, usado para pegar las crestas y valles del papel con el fin de formar la onda hacia los papeles externos, como se muestra en la Figura 7.1.

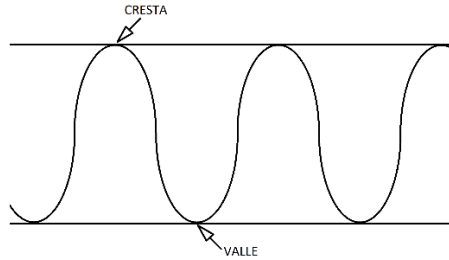


Figura 7. 1 - Perfil cartón corrugado

Fuente: Elaboración propia

Dado lo anterior, es posible afirmar que el consumo de Almidón se encuentra correlacionado con los metros cuadrados de cartón corrugado que se fabrican, lo que puede ser validado por el gráfico presentado en la Figura 7.2, donde se observa que sí hay relación, ya que el Coeficiente de Correlación de Pearson (R) es igual a 0,91, indicando que los datos están muy correlacionados.

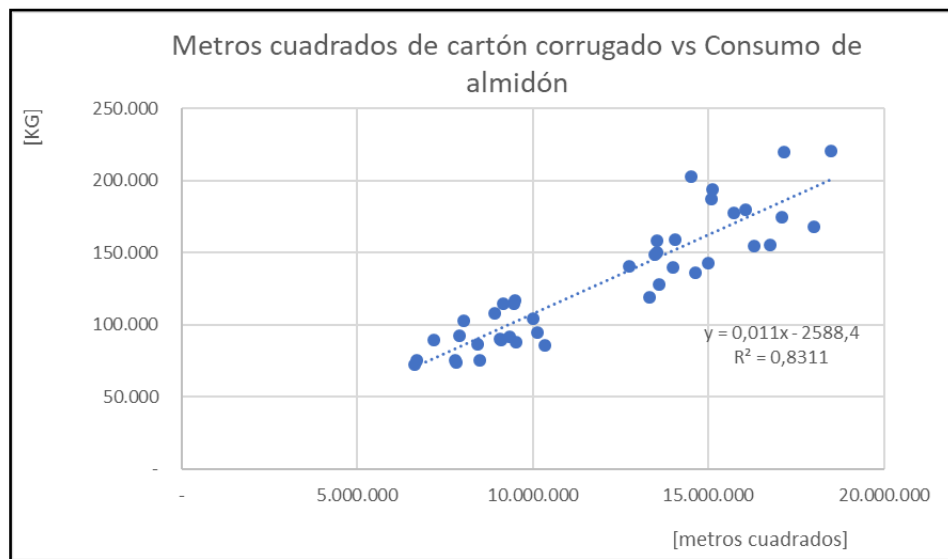


Figura 7. 2 - Correlación fabricación de cartón corrugado vs consumo de almidón

Fuente: Elaboración propia

Fecha	m ² cartón corrugado	Fecha	m ² cartón corrugado	Fecha	m ² cartón corrugado
01-01-2014	12.698.736	01-01-2016	14.040.213	01-01-2018	17.987.602
01-02-2014	12.569.644	01-02-2016	15.091.728	01-02-2018	16.765.824
01-03-2014	11.618.729	01-03-2016	12.750.721	01-03-2018	17.098.956
01-04-2014	7.979.280	01-04-2016	9.162.140	01-04-2018	10.020.403
01-05-2014	7.010.575	01-05-2016	8.020.839	01-05-2018	9.508.280
01-06-2014	5.583.170	01-06-2016	7.171.925	01-06-2018	9.056.099
01-07-2014	7.409.000	01-07-2016	6.622.926	01-07-2018	9.350.685
01-08-2014	6.698.688	01-08-2016	6.699.015	01-08-2018	10.129.088
01-09-2014	7.108.243	01-09-2016	7.895.623	01-09-2018	10.338.304
01-10-2014	10.083.780	01-10-2016	13.460.212	01-10-2018	17.157.955
01-11-2014	10.562.341	01-11-2016	13.533.453	01-11-2018	18.498.860
01-12-2014	11.849.034	01-12-2016	13.995.486	01-12-2018	16.057.808
01-01-2015	14.249.381	01-01-2017	15.709.547	01-01-2019	15.096.709
01-02-2015	13.812.850	01-02-2017	14.989.295	01-02-2019	13.331.270
01-03-2015	13.548.477	01-03-2017	13.521.467	01-03-2019	14.517.872
01-04-2015	7.405.030	01-04-2017	8.922.651	01-04-2019	9.476.445
01-05-2015	6.133.357	01-05-2017	7.805.900	01-05-2019	9.470.364
01-06-2015	5.894.910	01-06-2017	8.441.090		
01-07-2015	6.373.167	01-07-2017	7.784.550		
01-08-2015	7.232.163	01-08-2017	9.102.985		
01-09-2015	7.069.193	01-09-2017	8.474.731		
01-10-2015	9.769.927	01-10-2017	13.597.592		
01-11-2015	11.849.404	01-11-2017	14.615.146		
01-12-2015	11.654.320	01-12-2017	16.302.363		

7.2.2 PREDICCIÓN DE METROS CUADRADOS DE CARTÓN

Confirmada la correlación, el siguiente paso es proyectar los metros cuadrados de cartón corrugado, para lo que se utiliza estos datos desde enero 2014 hasta mayo 2019, que son entregados mensualmente en la Tabla 7.1.

Tabla 7. 1 - Datos de m2 de cartón corrugado para pronosticar el Almidón

Fuente: Elaboración propia

Dicha proyección ha sido realizada con la utilización del *software* Oracle Crystal Ball, el cual prueba diferentes métodos de predicción y entrega estadísticos para poder elegir el más adecuado. El mismo sistema entrega a modo de *ranking* que es la mejor predicción según el estadístico que el usuario elija. En este caso ha sido seleccionado el MAPE (descripción de estadísticos en Tabla 7.2), ya que es adimensional y por sí solo entrega información para poder discriminar. Sin embargo, es necesario verificar los otros parámetros que suministra dicho sistema. De la misma manera, el sistema también entrega medidas de tendencia central y de dispersión, las que caracterizan los datos con que se está trabajando.

Estadístico	Descripción
Durbin Watson ⁵	Detecta la autocorrelación en el lag 1. Esto significa que cada valor de serie temporal influye en el siguiente valor. Este es el tipo más común de autocorrelación. Esta estadística puede tener cualquier valor entre 0 y 4. Los valores indican autocorrelación de movimiento lento, ninguno o de movimiento rápido. Si el valor es menor a 1, los errores están positivamente correlacionados. Un aumento en un período sigue a un aumento en el período anterior. Si el valor es 2, no hay autocorrelación y si el valor es más que 3, los errores están correlacionados negativamente. Un aumento en un período sigue a una disminución en el período anterior.
MAD ⁶	del inglés, <i>Median Absolute Deviation</i> , mide el tamaño del error absoluto, donde un mayor valor indica un mayor error.
MAPE ⁷	del inglés, <i>Mean Absolute Percentage Error</i> , es una medida de error relativo que utiliza valores absolutos. Los valores absolutos evitan que los errores positivos y negativos se cancelen entre sí. Debido a que los errores relativos no dependen de la escala de la variable dependiente, esta medida le permite comparar la calidad del pronóstico entre datos de series de tiempo con escalas diferentes. Un mayor valor indica un mayor error.
RMSE ⁸	del inglés, <i>Root-Mean Square Error</i> , es una medida de error absoluto que cuadra las desviaciones para evitar que las desviaciones positivas y negativas se cancelen entre sí. Esta medida también tiende a exagerar los errores grandes, lo que puede ayudar a eliminar los métodos con errores grandes.
Theil's U ⁹	La estadística U de Theil es una medida de precisión relativa que compara los resultados pronosticados con los resultados del pronóstico con datos históricos mínimos. Si su valor es 0, corresponde a un pronóstico perfecto. Mientras más se aleja de este valor es peor la predicción. Si su valor es 1, la técnica de predicción sería como estar adivinando.

Tabla 7. 2 - Descripción estadísticos para predicción

Fuente: Elaboración propia

En la predicción de metros cuadrados de cartón corrugado, las medidas de tendencia central y dispersión, y el ranking de los métodos de predicción son presentados en las Tablas 7.3 y 7.4 respectivamente.

⁵ Oracle (2019). Oracle® Crystal Ball Reference and Examples Guide. Durbin-Watson Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBREG/ch06s02s03s05.html

⁶ Oracle (2019). Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. MAD. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/mad.htm#CBPPU-pp_user_book_205

⁷ Oracle (2019). Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. MAPE. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/mape.htm#CBPPU-pp_user_book_206

⁸ Oracle (2019). Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. RMSE. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/rmse.htm#CBPPU-pp_user_book_204

⁹ Oracle (2019). Oracle® Crystal Ball Reference and Examples Guide: Theil's U. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBREG/ch06s02s03s04.html

El método seleccionado para realizar la proyección fue **SARIMA (1,1,1) (1,0,1)** (descripción de modelo en Anexo A), debido a que entrega mejores valores en cada uno de los estadísticos utilizados en la evaluación.

Estadístico	Valor
Número de datos	65
Mínimo	5.583.170
Media	11.042.116
Máximo	18.498.860
Desviación estándar	3.529.441
Desviación estándar (%)	32%
Estacionalidad	12

Tabla 7. 3 - Medidas de tendencia central y dispersión de metros de cartón corrugado
Fuente: Elaboración propia.

Métodos	Rank	MAPE	RMSE	MAD	Theil's U	Durbin-Watson
SARIMA (1,1,1) (1,0,1)	1	8,0%	1.141.972	872.534	0,48	1,98
Holt-Winters' Multiplicative	2	8,2%	1.270.969	935.882	0,52	1,45
Seasonal Multiplicative	3	8,2%	1.269.935	936.629	0,52	1,46
Damped Trend Seasonal Multiplicative	4	8,2%	1.269.932	936.630	0,52	1,46
Holt-Winters' Additive	5	8,7%	1.284.156	991.554	0,53	1,40
Seasonal Additive	6	8,7%	1.283.760	991.808	0,53	1,40
Damped Trend Seasonal Additive	7	8,7%	1.283.761	991.808	0,53	1,40
Damped Trend Non-Seasonal	8	14,1%	2.302.764	1.551.635	0,98	2,05
Single Moving Average	9	14,7%	2.345.404	1.626.912	1,00	1,64
Single Exponential Smoothing	10	14,7%	2.345.831	1.627.741	1,00	1,64
Double Exponential Smoothing	11	14,7%	2.346.970	1.628.295	1,00	1,64
Double Moving Average	12	19,4%	2.787.453	2.134.461	1,22	1,81

Tabla 7. 4 - Ranking de métodos utilizados para la predicción de metros cuadrados de cartón corrugado

Fuente: Software Oracle Crystal Ball

Habiendo seleccionado el método para proyectar los datos, se procede con la predicción de estos (Tabla 7.5), los cuales son representado gráficamente en la Figura 7.3.

La información es presentada con un rango de confiabilidad de $\pm 10\%$, moviéndose cada 5%. Estos porcentajes fueron seleccionados ya que entre esos rangos ha variado la proyección de ventas de CSF en los últimos años. De esta manera, para toda predicción a realizarse se utiliza el mismo rango. Dicho rango de confiabilidad seleccionado no fue mediante la desviación estándar puesto que fue muy alta para todos los casos evaluados. En los datos del Almidón es un 32%.

Fecha	-10%	-5%	m ² cartón corrugado	5%	10%
01-06-2019	9.128.990	9.274.804	9.418.305	9.561.807	9.707.621
01-07-2019	9.364.401	9.540.790	9.714.383	9.887.976	10.064.365
01-08-2019	10.176.662	10.366.064	10.552.463	10.738.862	10.928.264
01-09-2019	10.336.691	10.532.409	10.725.025	10.917.640	11.113.359
01-10-2019	16.203.750	16.402.850	16.598.793	16.794.736	16.993.836
01-11-2019	17.361.958	17.563.048	17.760.950	17.958.853	18.159.943
01-12-2019	15.722.436	15.924.817	16.123.990	16.323.163	16.525.545
01-01-2020	15.225.238	15.428.539	15.628.617	15.828.695	16.031.996
01-02-2020	13.749.149	13.953.163	14.153.942	14.354.720	14.558.734
01-03-2020	14.659.166	14.863.771	15.065.132	15.266.493	15.471.098
01-04-2020	9.972.191	10.177.315	10.379.187	10.581.059	10.786.183
01-05-2020	9.890.622	10.096.221	10.298.559	10.500.898	10.706.496
01-06-2020	9.742.064	9.982.166	10.218.462	10.454.758	10.694.860
01-07-2020	9.956.882	10.212.767	10.464.595	10.716.423	10.972.308
01-08-2020	10.684.116	10.948.220	11.208.138	11.468.055	11.732.160
01-09-2020	10.821.569	11.090.433	11.355.034	11.619.636	11.888.500

Tabla 7. 5 - Predicción de metros cuadrados de cartón corrugado.

Fuente: Software Oracle Crystal Ball

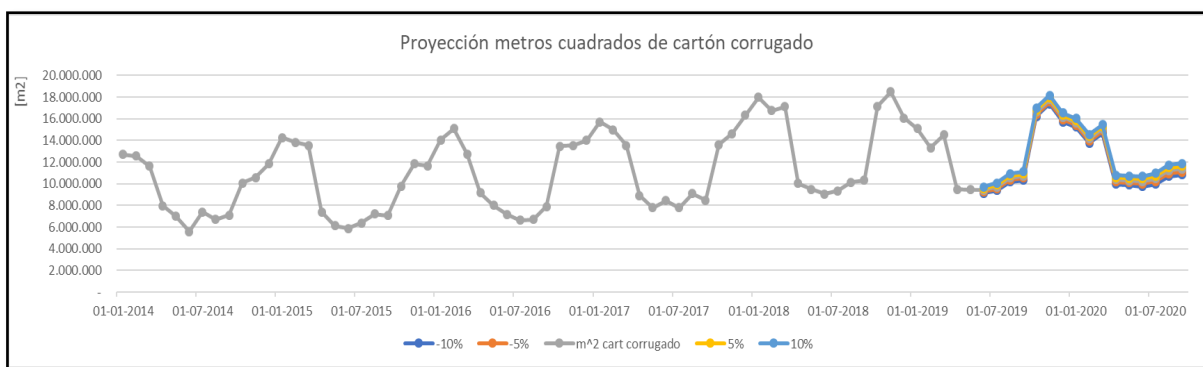


Figura 7. 3 - Gráfico predicción de metros cuadrados de cartón corrugado

Fuente: Elaboración propia

7.2.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE ALMIDÓN

La predicción del consumo de Almidón, expresado en [kg], se realiza mediante el método de los mínimos cuadrados, tomando como variable independiente a los metros cuadrados de cartón corrugado y la dependiente al consumo de Almidón. De esta forma se genera la línea de correlación entre ambas variables para la predicción, la cual se puede ver gráficamente en la Figura 4 (la de correlación presentada al principio).

La ecuación es: $y=0,011x-2588,4$

Donde, y: kilogramos de consumo de Almidón.

X: metros cuadrados de cartón corrugado.

Con los datos de la proyección de metros cuadrados se obtienen los valores del consumo de Almidón para la siguiente temporada (considera de octubre 2019 a septiembre 2020). Los valores estimados, la sensibilización y los totales para la temporada están en la Tabla 7.7.

Fecha	m ² -10%	kg-10%	m ² -5%	kg -5%	Predicción M ²	Predicción kg	m2+5%	gk +5%	m2+10%	kg +10%
01-06-2019	9.128.990	97.737	9.274.804	99.340	9.418.305	100.917	9.561.807	102.494	9.707.621	104.096
01-07-2019	9.364.401	100.324	9.540.790	102.263	9.714.383	104.170	9.887.976	106.078	10.064.365	108.017
01-08-2019	10.176.662	109.251	10.366.064	111.332	10.552.463	113.381	10.738.862	115.429	10.928.264	117.511
01-09-2019	10.336.691	111.009	10.532.409	113.160	10.725.025	115.277	10.917.640	117.394	11.113.359	119.545
01-10-2019	16.203.750	175.487	16.402.850	177.675	16.598.793	179.828	16.794.736	181.982	16.993.836	184.170
01-11-2019	17.361.958	188.215	17.563.048	190.425	17.760.950	192.600	17.958.853	194.775	18.159.943	196.985
01-12-2019	15.722.436	170.198	15.924.817	172.422	16.123.990	174.610	16.323.163	176.799	16.525.545	179.023
01-01-2020	15.225.238	164.733	15.428.539	166.968	15.628.617	169.166	15.828.695	171.365	16.031.996	173.600
01-02-2020	13.749.149	148.512	13.953.163	150.754	14.153.942	152.960	14.354.720	155.167	14.558.734	157.409
01-03-2020	14.659.166	158.512	14.863.771	160.761	15.065.132	162.974	15.266.493	165.187	15.471.098	167.435
01-04-2020	9.972.191	107.004	10.177.315	109.258	10.379.187	111.476	10.581.059	113.695	10.786.183	115.949
01-05-2020	9.890.622	106.107	10.096.221	108.367	10.298.559	110.590	10.500.898	112.814	10.706.496	115.074
01-06-2020	9.742.064	104.475	9.982.166	107.113	10.218.462	109.710	10.454.758	112.307	10.694.860	114.946
01-07-2020	9.956.882	106.835	10.212.767	109.648	10.464.595	112.415	10.716.423	115.183	10.972.308	117.995
01-08-2020	10.684.116	114.828	10.948.220	117.730	11.208.138	120.586	11.468.055	123.443	11.732.160	126.345
01-09-2020	10.821.569	116.338	11.090.433	119.293	11.355.034	122.201	11.619.636	125.109	11.888.500	128.063
TOTAL temporada OCT2019- SEP2020	153.989.140	1.661.244	156.643.310	1.690.413	159.255.400	1.719.119	161.867.489	1.747.825	164.521.659	1.776.994

Tabla 7. 6 - Predicción de kilogramos de consumo de Almidón para la temporada 2019-2020

Fuente: Software Oracle Crystal Ball

Finalmente, la predicción de kilogramos de consumo de Almidón es representada gráficamente en la Figura 7.4

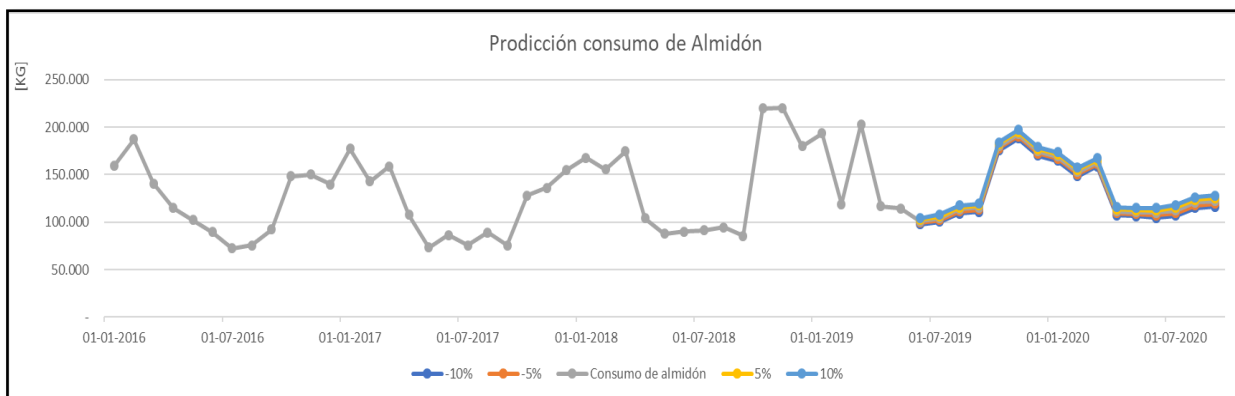


Figura 7. 4 - Predicción de kilogramos de consumo de Almidón para la temporada 2019-2020

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

7.3 PREDICCIÓN DE CONSUMO: HOT MELT

7.3.1 CORRELACIÓN CON EL ARMADO DE CAJAS

El Hot Melt es el principal adhesivo usado en el proceso de armado de cajas, es por este motivo que se espera que hubiese una alta correlación entre la cantidad de cajas armadas y el consumo de Hot Melt, sin embargo, como se muestra en la Figura 7.5, esto no es así, con un Coeficiente de Correlación de Pearson (R) igual a 0,51.

Cabe destacar, que se verificó la opción de eliminar puntos extremos para comprobar correlación entre variables, lo que no pudo ser corroborado ($R=0,72$, eliminando 7 datos que corresponden al 19,4% de estos).

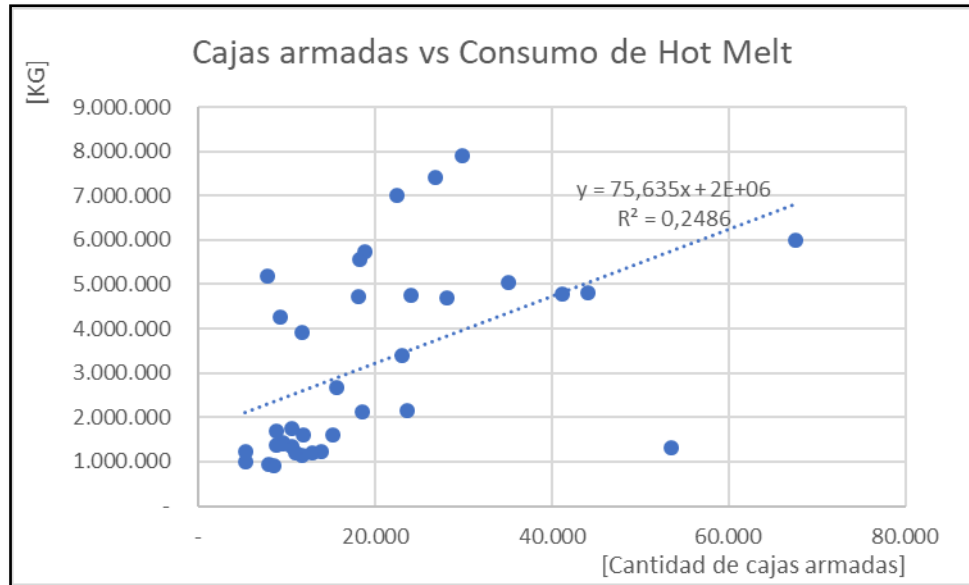


Figura 7. 5 - Correlación entre Cantidades de cajas armadas y consumo de Hot Melt.

Fuente: Elaboración propia.

La baja correlación existente entre las variables se puede explicar en su gran mayoría por los siguientes motivos:

- Hay cerca de 7 millones de cajas que son armadas externamente, a las que no se les provee Hot Melt.
- Se entrega a externos alrededor de 10 toneladas de este pago al año para que armen cajas, no siendo estas consideradas en el conteo oficial.

7.3.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE HOT MELT

Al no existir correlación con otras variables que permitan obtener datos para predecir mediante métodos estadísticos que relacionan a más de una variable, se ha optado

probar con métodos estacionarios en la utilización del *software* Oracle Crystal Ball. Los datos utilizados para la predicción son los entregados en la Tabla 7.10, que muestran el consumo de Hot Melt entre julio 2014 y mayo 2019, con periodicidad mensual.

Fecha	Consumo Hot melt	Fecha	Consumo Hot melt	Fecha	Consumo Hot melt
01-07-2014	2.000	01-07-2016	8.615	01-07-2018	13.984
01-08-2014	6.901	01-08-2016	8.890	01-08-2018	15.275
01-09-2014	17.285	01-09-2016	11.695	01-09-2018	10.550
01-10-2014	16.690	01-10-2016	23.650	01-10-2018	9.225
01-11-2014	58.307	01-11-2016	67.625	01-11-2018	24.145
01-12-2014	55.550	01-12-2016	26.885	01-12-2018	22.545
01-01-2015	25.284	01-01-2017	28.076	01-01-2019	18.345
01-02-2015	16.275	01-02-2017	41.135	01-02-2019	7.770
01-03-2015	20.190	01-03-2017	23.086	01-03-2019	44.055
01-04-2015	8.265	01-04-2017	10.965	01-04-2019	18.520
01-05-2015	15.090	01-05-2017	5.350	01-05-2019	12.910
01-06-2015	5.245	01-06-2017	9.620		
01-07-2015	10.770	01-07-2017	10.615		
01-08-2015	7.950	01-08-2017	8.895		
01-09-2015	9.290	01-09-2017	9.505		
01-10-2015	28.105	01-10-2017	15.595		
01-11-2015	32.340	01-11-2017	35.145		
01-12-2015	23.410	01-12-2017	29.890		
01-01-2016	16.187	01-01-2018	18.875		
01-02-2016	26.473	01-02-2018	18.155		
01-03-2016	26.260	01-03-2018	11.795		
01-04-2016	15.230	01-04-2018	11.966		
01-05-2016	12.460	01-05-2018	5.370		
01-06-2016	7.985	01-06-2018	53.518		

Tabla 7. 7 - Datos de m2 de cartón corrugado para pronosticar el Hot Melt.

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 7.11 y 7.12 son presentadas las medidas de tendencia central y dispersión de los datos y los estadísticos que permiten decidir qué método de predicción elegir.

Estadístico	Valor
Número de datos	59
Mínimo	2.000
Media	19.590
Máximo	67.625
Desviación estándar	13.983
Desviación estándar (%)	71%
Estacionalidad	12

Tabla 7. 8 - Medidas de tendencia central y dispersión del consumo de Hot Melt.

Fuente: Elaboración propia.

Métodos	Rank	MAPE	RMSE	MAD	Theil'sU	Durbin-Watson
SARIMA(1,0,0)(1,0,0)	1	38%	11.385	7.461	0,842	2,106
Seasonal Additive	2	47%	13.281	9.121	0,926	1,668
Damped Trend Seasonal Additive	3	47%	13.281	9.121	0,926	1,668
Holt-Winters' Additive	4	47%	13.281	9.121	0,926	1,668
Seasonal Multiplicative	5	47%	13.309	9.141	0,925	1,665
Damped Trend Seasonal Multiplicative	6	47%	13.309	9.141	0,925	1,665
Holt-Winters' Multiplicative	7	47%	13.309	9.141	0,925	1,665
Single Moving Average	8	48%	13.156	9.395	0,852	1,660
Double Moving Average	9	48%	12.943	9.361	0,945	1,796
Single Exponential Smoothing	10	53%	15.962	10.491	0,991	2,491
Damped Trend Non-Seasonal	11	53%	15.962	10.491	0,991	2,491
Double Exponential Smoothing	12	53%	15.964	10.499	0,991	2,489

Tabla 7. 9 - Ranking de métodos utilizados para la predicción de consumo de Hot Melt.

Fuente: Utilizando software Oracle Crystal Ball

Si bien el sistema reconoce que existe estacionalidad entre los datos presentados, que es igual a 12 (1 año), no será utilizada esta predicción ya que los valores de los estadísticos son muy alejados de los ideales; desviación estándar = 13.983

(equivalente al 71% de la media), MAPE = 38%, Theil's U = 0,842y Durbin Watson = 2,106.

A modo de referencia, se muestra en la Tabla 7.13 y en la Figura 7.6 los datos predichos mediante el método SARIMA (1,0,0) (1,0,0) y su gráfica, respectivamente.

Date	-10%	-5%	Predicción de consumo de Hot melt	5%	10%
01-06-2019	39.035	40.489	41.920	43.350	44.804
01-07-2019	13.148	14.634	16.096	17.559	19.045
01-08-2019	13.888	15.376	16.839	18.303	19.790
01-09-2019	10.832	12.320	13.784	15.248	16.735
01-10-2019	9.977	11.464	12.928	14.392	15.879
01-11-2019	19.567	21.054	22.518	23.982	25.469
01-12-2019	18.538	20.026	21.489	22.953	24.441
01-01-2020	15.838	17.326	18.790	20.253	21.741
01-02-2020	9.041	10.528	11.992	13.456	14.943
01-03-2020	32.365	33.852	35.316	36.780	38.267
01-04-2020	15.951	17.438	18.902	20.366	21.853
01-05-2020	12.345	13.832	15.296	16.760	18.247
01-06-2020	30.458	32.215	33.944	35.672	37.429
01-07-2020	13.837	15.604	17.344	19.084	20.851
01-08-2020	14.313	16.082	17.822	19.562	21.330
01-09-2020	12.349	14.117	15.857	17.598	19.366
TOTAL temporada (OCT2019- SEP2020)	204.579	223.539	242.198	260.857	279.817

Tabla 7. 10 - Predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante método SARIMA(1,0,0)(1,0,0)

Fuente: Oracle Crystal Ball

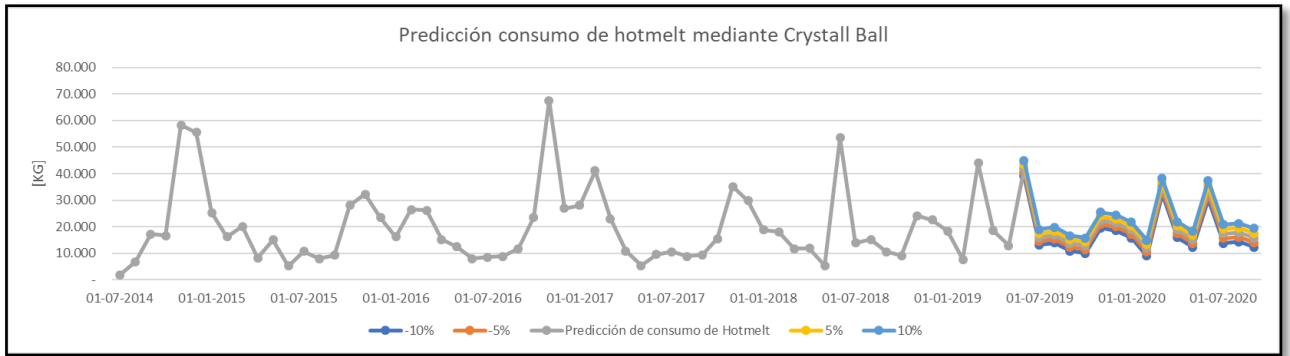


Figura 7. 6 - Gráfico predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante método SARIMA (1,0,0) (1,0,0)

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Habiendo descartado la predicción mediante métodos que consideran más de una variable y métodos estacionarios (los 12 que entrega el sistema), se procede a proyectar tomando en cuenta solo la tendencia que han tenido los datos en el tiempo (Figura 7.7).

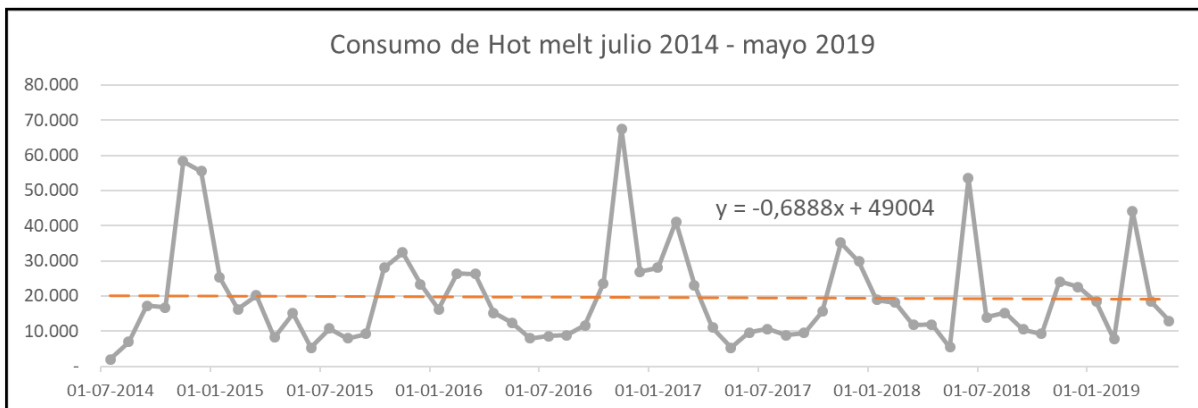


Figura 7. 7 - Consumo Hot melt julio 2014 – mayo 2019

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Los datos con los cuales se obtuvo la gráfica anterior ya fueron presentados en Tabla 7.10.

Proyectando la línea de tendencia para los posteriores periodos se obtiene la siguiente predicción, entregando sus datos en la Tabla 7.16 y gráficamente en la Figura 7.8 respectivamente.

Fecha	-10%	-5%	Predicción de consumo de Hot melt	5%	10%
01-06-2019	17.065	18.013	18.961	19.909	20.857
01-07-2019	17.046	17.993	18.940	19.887	20.834
01-08-2019	17.027	17.973	18.919	19.865	20.810
01-09-2019	17.008	17.952	18.897	19.842	20.787
01-10-2019	16.989	17.933	18.877	19.820	20.764
01-11-2019	16.970	17.912	18.855	19.798	20.741
01-12-2019	16.951	17.893	18.835	19.776	20.718
01-01-2020	16.932	17.873	18.813	19.754	20.695
01-02-2020	16.913	17.852	18.792	19.731	20.671
01-03-2020	16.895	17.833	18.772	19.710	20.649
01-04-2020	16.875	17.813	18.751	19.688	20.626
01-05-2020	16.857	17.793	18.730	19.666	20.603
01-06-2020	16.838	17.773	18.709	19.644	20.579
01-07-2020	16.819	17.753	18.688	19.622	20.557
01-08-2020	16.800	17.733	18.666	19.600	20.533
01-09-2020	16.781	17.713	18.645	19.577	20.510
TOTAL temporada (OCT2019- SEP2020)	202.619	213.875	225.132	236.388	247.645

Tabla 7. 11 - Predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante tendencia histórica

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

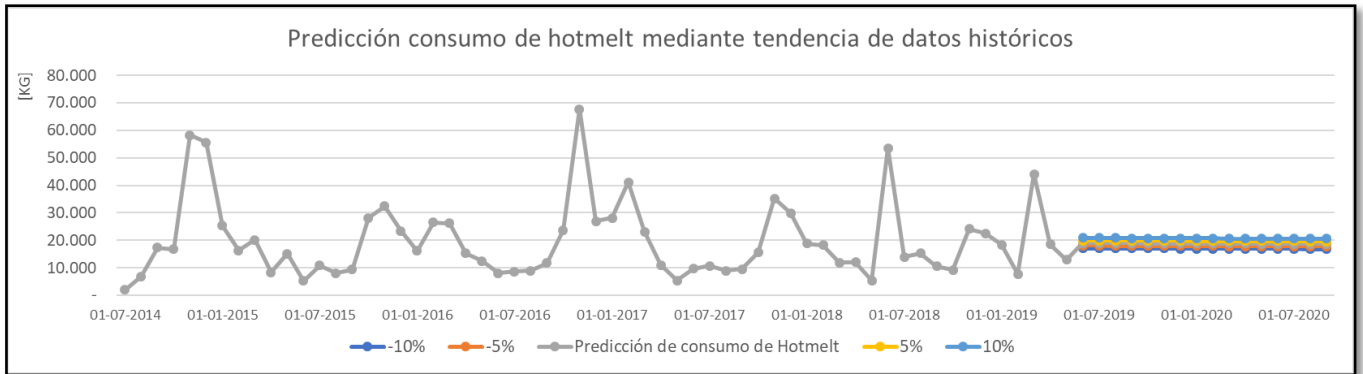


Figura 7. 8 - Gráfico de predicción de consumo de Hot Melt para la temporada 2019-2020 mediante tendencia histórica

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

7.4 PREDICCIÓN DE CONSUMO: POWER PLY

Correlación con metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado.

El Power Ply es un adhesivo utilizado para pegar 2 papeles que formarán la onda del cartón corrugado, como se muestra en la Figura 7.9. Esto es solo cuando se requiere cambiar las propiedades del cartón corrugado, dando mayor dureza y firmeza. De esta forma, es posible afirmar que el consumo de Power Ply se encuentra relacionado directamente con la producción de cartón corrugado que requiere doble papel para la onda.

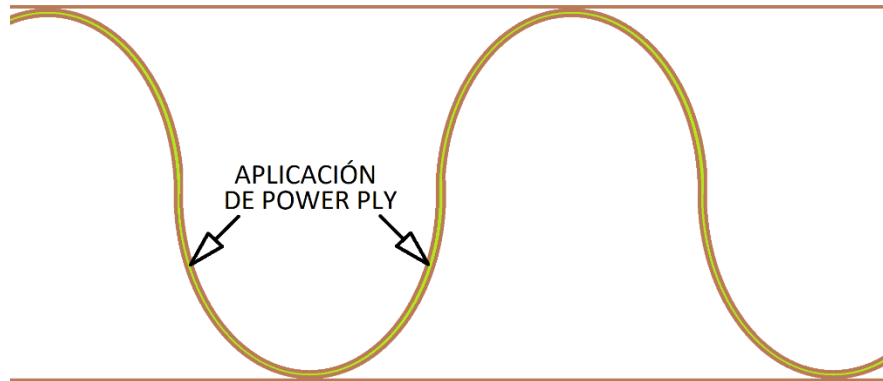


Figura 7. 9 - Perfil cartón corrugado con aplicación de Power Ply

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo, para comprobar dicha correlación, en la Figura 7.10 se presenta el gráfico de dispersión con las 2 variables antes mencionadas, donde el valor del coeficiente de correlación de Pearson es de 0,72.

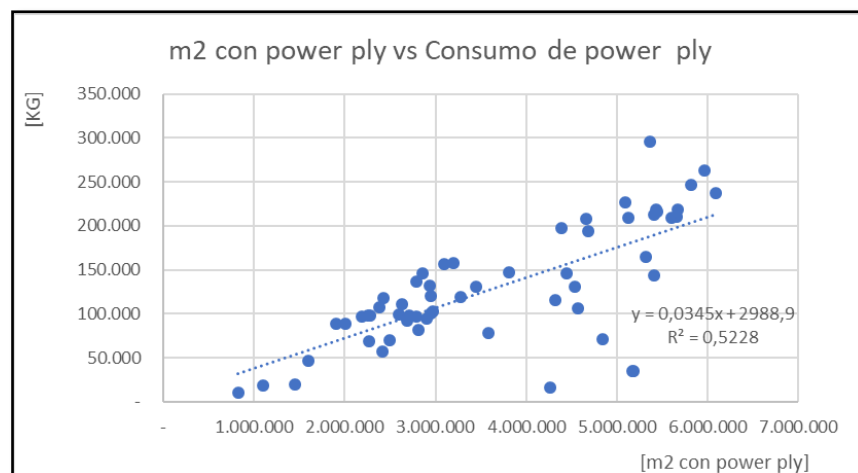


Figura 7. 10 - Correlación entre metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado versus consumo de Power Ply

Fuente: Elaboración Propia.

El valor de R obtenido no valida una buena correlación entre las variables, que, aunque al ver la gráfica, es posible observar que hay algunos puntos que se encuentran

alejados a los demás. Es por este motivo que la gráfica de dispersión es ajustada eliminando dichos puntos (Tabla 7.12 y Figura 7.11) dando un valor de R de 0,90. Este valor permite decir que las variables se encuentran correlacionadas y estos datos van a ser utilizados para la proyección del consumo de Power Ply.

Puntos descartados		
01-01-2015	5.166.396	35.000
01-02-2015	4.839.679	71.000
01-03-2015	4.265.689	16.000
01-01-2016	5.178.599	35.000
01-01-2019	5.361.325	296.214

Tabla 7. 12 - Puntos eliminados para ajuste de correlación

Fuente: Elaboración propia

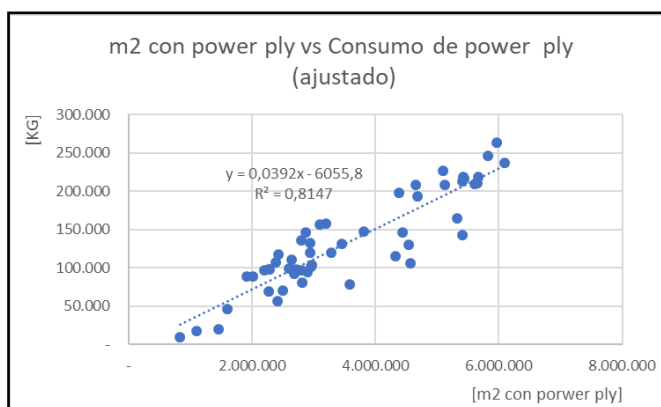


Figura 7. 11 - Correlación entre metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado versus consumo de Power Ply (ajustado)

Fuente: Elaboración propia.

7.4.1 PREDICCIÓN DE METROS CUADRADOS CON POWER PLY

Una vez que validada la correlación entre las variables, se procede a proyectar los metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado utilizando el sistema Oracle Crystall Ball. En las Tablas 7.13, 7.14 y 7.15 se muestran los datos históricos para el cálculo de la predicción, las medidas de tendencia central y dispersión que

caracterizan los datos, además del ranking de métodos de proyección según MAPE, respectivamente.

Date	m² con power ply	Date	m² con power ply	Date	m² con power ply
01-01-2014	4.694.669	01-01-2016	5.178.599	01-01-2018	5.817.992
01-02-2014	4.080.754	01-02-2016	4.316.389	01-02-2018	5.437.663
01-03-2014	2.779.253	01-03-2016	3.097.606	01-03-2018	6.088.460
01-04-2014	1.230.921	01-04-2016	2.791.334	01-04-2018	2.945.563
01-05-2014	1.250.573	01-05-2016	2.189.174	01-05-2018	2.794.675
01-06-2014	1.260.779	01-06-2016	1.903.815	01-06-2018	3.446.359
01-07-2014	778.181	01-07-2016	2.279.378	01-07-2018	2.931.710
01-08-2014	2.272.488	01-08-2016	2.382.255	01-08-2018	3.282.179
01-09-2014	2.492.924	01-09-2016	2.427.802	01-09-2018	2.600.039
01-10-2014	2.811.614	01-10-2016	4.386.171	01-10-2018	4.679.547
01-11-2014	3.587.964	01-11-2016	5.654.126	01-11-2018	5.427.199
01-12-2014	4.563.832	01-12-2016	5.960.334	01-12-2018	5.317.304
01-01-2015	5.166.396	01-01-2017	5.601.498	01-01-2019	5.361.325
01-02-2015	4.839.679	01-02-2017	5.665.386	01-02-2019	4.530.654
01-03-2015	4.265.689	01-03-2017	4.442.186	01-03-2019	4.654.536
01-04-2015	1.448.563	01-04-2017	2.900.612	01-04-2019	3.199.191
01-05-2015	1.102.753	01-05-2017	2.966.560	01-05-2019	2.634.197
01-06-2015	826.353	01-06-2017	2.011.783		
01-07-2015	1.602.558	01-07-2017	2.262.066		
01-08-2015	2.412.527	01-08-2017	2.863.079		
01-09-2015	2.684.113	01-09-2017	2.945.812		
01-10-2015	2.710.468	01-10-2017	5.087.591		
01-11-2015	3.815.406	01-11-2017	5.123.057		
01-12-2015	5.406.266	01-12-2017	5.403.172		

Tabla 7. 13 - Metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado de enero 2014 a mayo 2015

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Estadístico	Valor
Número de datos	65
Mínimo	778.181
Media	3.524.202
Máximo	6.088.460
Desviación estándar	1.487.749
Desviación estándar (%)	42%
Estacionalidad	12

Tabla 7. 14 - Medidas de tendencia central y dispersión de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado de enero 2014 a mayo 2015

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Methods	Rank	MAPE	RMSE	MAD	Theil's U	Durbin-Watson
Seasonal Additive	1	13%	656.697	485.258	0,750	1,444
Damped Trend Seasonal Additive	2	13%	656.697	485.258	0,750	1,444
Holt-Winters' Additive	3	13%	655.844	485.944	0,750	1,450
SARIMA(0,1,1)(1,0,0)	4	14%	634.955	508.497	0,609	1,604
Damped Trend Seasonal Multiplicative	5	15%	703.139	549.438	0,799	1,347
Seasonal Multiplicative	6	15%	703.290	549.501	0,800	1,346
Holt-Winters' Multiplicative	7	15%	704.067	550.852	0,800	1,342
Damped Trend Non-Seasonal	8	20%	953.807	686.997	1,008	1,814
Single Moving Average	9	20%	977.420	708.400	1,000	1,556
Single Exponential Smoothing	10	20%	977.632	708.670	1,000	1,553
Double Exponential Smoothing	11	20%	978.088	709.208	1,002	1,554
Double Moving Average	12	26%	1.135.187	1.017.793	1,189	0,716

Tabla 7. 15 - Ranking de métodos de predicción entregados por sistema Crystal Ball para metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Seasonal Aditive (Aditivo estacional) es el método elegido debido a que entrega un menor MAPE, puesto que calcula un índice estacional para datos históricos que no tienen una tendencia dicho método produce valores atenuados exponencialmente para el nivel del pronóstico y el ajuste estacional del pronóstico. El ajuste estacional se agrega al nivel pronosticado, produciendo el pronóstico aditivo estacional.

Este método es mejor para datos sin tendencia, pero con una estacionalidad que no aumenta con el tiempo. Resulta en un pronóstico curvo que reproduce los cambios estacionales en los datos.

La predicción obtenida es presentada en la Tabla 7.16 y gráficamente en la Figura 7.12.

Fecha	-10%	-5%	m ² con power ply	5%	10%
01-06-2019	2.402.658	2.486.509	2.569.030	2.651.552	2.735.403
01-07-2019	2.270.424	2.357.308	2.442.814	2.528.320	2.615.204
01-08-2019	2.819.581	2.906.424	2.991.890	3.077.356	3.164.199
01-09-2019	2.655.483	2.739.907	2.822.992	2.906.077	2.990.501
01-10-2019	4.333.555	4.420.850	4.506.761	4.592.672	4.679.967
01-11-2019	4.980.300	5.071.721	5.161.692	5.251.663	5.343.084
01-12-2019	5.304.804	5.398.051	5.489.819	5.581.588	5.674.834
01-01-2020	5.415.582	5.509.504	5.601.936	5.694.369	5.788.291
01-02-2020	4.884.323	4.979.922	5.074.006	5.168.089	5.263.688
01-03-2020	4.674.801	4.772.203	4.868.059	4.963.916	5.061.317
01-04-2020	2.780.539	2.881.089	2.980.045	3.079.002	3.179.552
01-05-2020	2.430.329	2.533.078	2.634.197	2.735.316	2.838.065
01-06-2020	2.362.183	2.466.433	2.569.030	2.671.628	2.775.878
01-07-2020	2.229.533	2.337.026	2.442.814	2.548.603	2.656.095
01-08-2020	2.773.283	2.883.460	2.991.890	3.100.320	3.210.498
01-09-2020	2.595.009	2.709.912	2.822.992	2.936.072	3.050.975
TOTAL temporada (OCT2019- SEP2020)	44.764.241	45.963.246	47.143.242	48.323.238	49.522.244

Tabla 7. 16 - Predicción de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado mediante el método aditivo estacional.

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

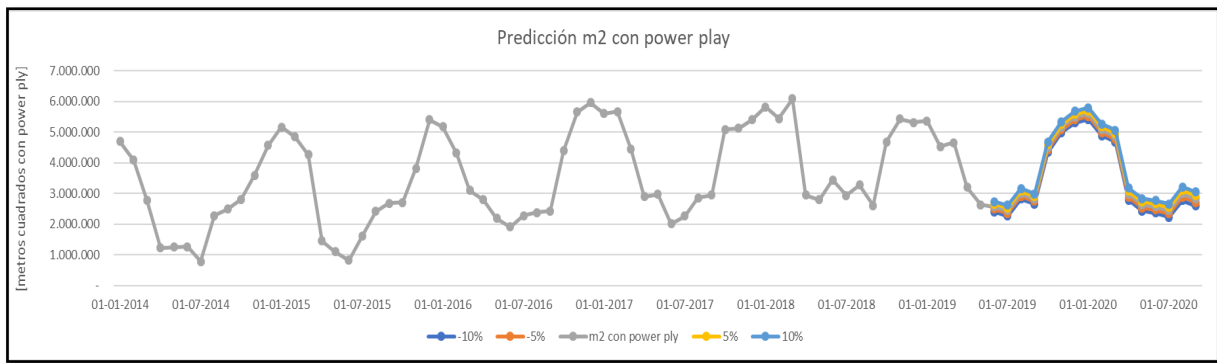


Figura 7. 12 - Gráfica de datos históricos y predicción de metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado.

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

7.4.2 PREDICCIÓN DE CONSUMO DE POWER PLY

Considerando que el MAPE obtenido de la predicción de metros cuadrados de cartón corrugado con Power Ply aplicado mediante *software* Oracle Crystal Ball fue de un 13%, el cual se encuentra en el límite de lo aceptable (se usara este valor para decir que es el límite de lo aceptable), evaluó la predicción de consumo de Power Ply directamente con el sistema Oracle Crystal Ball.

Con los datos de consumo histórico, desde agosto 2014 a mayo 2019 (Tabla 7.17), se ha proyectado dicho consumo de Power Ply, donde la mejor predicción es entregada por el método SARIMA con un MAPE de 23% (Tabla 7.18). Debido a esto, se ha decidido descartar esta predicción por su alto valor de error, y realizar la proyección mediante el método de los mínimos cuadrados, con la correlación entre metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado y consumo de Power Ply.

Date	Consumo Power Ply	Date	Consumo Power Ply	Date	Consumo Power Ply
01-08-2014	69.000	01-04-2016	136.040	01-11-2017	208.631
01-09-2014	70.000	01-05-2016	97.040	01-12-2017	212.283
01-10-2014	81.000	01-06-2016	88.600	01-01-2018	246.231
01-11-2014	78.000	01-07-2016	97.950	01-02-2018	216.449
01-12-2014	106.036	01-08-2016	107.220	01-03-2018	237.359
01-01-2015	35.000	01-09-2016	117.800	01-04-2018	120.295
01-02-2015	71.000	01-10-2016	197.859	01-05-2018	97.265
01-03-2015	16.000	01-11-2016	210.862	01-06-2018	131.025
01-04-2015	20.000	01-12-2016	262.860	01-07-2018	131.903
01-05-2015	18.000	01-01-2017	209.200	01-08-2018	119.517
01-06-2015	10.000	01-02-2017	218.896	01-09-2018	99.418
01-07-2015	46.000	01-03-2017	146.387	01-10-2018	193.646
01-08-2015	57.000	01-04-2017	94.985	01-11-2018	218.323
01-09-2015	91.987	01-05-2017	103.215	01-12-2018	164.474
01-10-2015	97.690	01-06-2017	88.753	01-01-2019	296.214
01-11-2015	147.506	01-07-2017	98.046	01-02-2019	130.496
01-12-2015	143.198	01-08-2017	146.041	01-03-2019	208.205
01-01-2016	35.000	01-09-2017	100.859	01-04-2019	157.119
01-02-2016	115.000	01-10-2017	226.732	01-05-2019	110.703
01-03-2016	156.320				

Tabla 7. 17 - Consumo Power Ply – agosto 2014 a mayo 2019

Fuente: Elaboración propia

Métodos	Rank	MAPE	RMSE	MAD	Theil's U	Durbin-Watson
SARIMA(0,1,1)(0,0,1)	1	23%	41.339	30.043	0,585	2,004
Seasonal Additive	2	26%	48.438	38.416	0,657	1,792
Damped Trend Seasonal Additive	3	26%	48.650	38.482	0,659	1,824
Holt-Winters' Additive	4	26%	48.644	38.509	0,659	1,826
Seasonal Multiplicative	5	27%	52.260	38.694	0,760	1,530
Holt-Winters' Multiplicative	6	27%	52.306	38.757	0,760	1,532
Damped Trend Seasonal Multiplicative	7	27%	52.637	39.216	0,763	1,573
Damped Trend Non-Seasonal	8	29%	50.137	37.471	0,917	2,190
Double Exponential Smoothing	9	29%	51.483	37.781	0,939	2,457
Single Exponential Smoothing	10	29%	51.341	37.736	0,933	2,491
Double Moving Average	11	29%	57.590	50.314	1,070	1,251
Single Moving Average	12	29%	50.186	38.599	0,879	1,761

Tabla 7. 18 - Ranking de métodos de predicción entregados por sistema Oracle Crystal Ball para consumo de power ply.

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

De la Tabla 7.23 (correlación ajustada) se obtiene la ecuación que relaciona ambas variables, lo cual el sistema lo hace mediante el método de los mínimos cuadrados.

La ecuación es: $y=0,0392x-6055,8$

Donde, y: consumo de power ply.

X: metros cuadrados de cartón corrugado con power ply aplicado.

Los datos de la predicción son presentados en la Tabla 7.19 y gráficamente en la Figura 7.13:

Fecha	m2-10%	Consumo -10%	m2-5%	Consumo -5%	Forecast	Consumo	m2+5%	Consumo +5%	m2+10%	Consumo +10%
01-06-2019	2.402.658	101.140	2.486.509	104.427	2.569.030	107.662	2.651.552	110.897	2.735.403	114.184
01-07-2019	2.270.424	95.956	2.357.308	99.362	2.442.814	102.714	2.528.320	106.066	2.615.204	109.472
01-08-2019	2.819.581	117.483	2.906.424	120.888	2.991.890	124.238	3.077.356	127.588	3.164.199	130.992
01-09-2019	2.655.483	111.051	2.739.907	114.360	2.822.992	117.617	2.906.077	120.874	2.990.501	124.183
01-10-2019	4.333.555	176.831	4.420.850	180.253	4.506.761	183.621	4.592.672	186.989	4.679.967	190.411
01-11-2019	4.980.300	202.184	5.071.721	205.767	5.161.692	209.294	5.251.663	212.821	5.343.084	216.405
01-12-2019	5.304.804	214.904	5.398.051	218.559	5.489.819	222.157	5.581.588	225.754	5.674.834	229.409
01-01-2020	5.415.582	219.247	5.509.504	222.928	5.601.936	226.552	5.694.369	230.175	5.788.291	233.857
01-02-2020	4.884.323	198.421	4.979.922	202.169	5.074.006	205.857	5.168.089	209.545	5.263.688	213.292
01-03-2020	4.674.801	190.208	4.772.203	194.026	4.868.059	197.784	4.963.916	201.541	5.061.317	205.359
01-04-2020	2.780.539	115.953	2.881.089	119.894	2.980.045	123.774	3.079.002	127.653	3.179.552	131.594
01-05-2020	2.430.329	102.225	2.533.078	106.252	2.634.197	110.216	2.735.316	114.180	2.838.065	118.208
01-06-2020	2.362.183	99.553	2.466.433	103.640	2.569.030	107.662	2.671.628	111.684	2.775.878	115.770
01-07-2020	2.229.533	94.354	2.337.026	98.567	2.442.814	102.714	2.548.603	106.861	2.656.095	111.075
01-08-2020	2.773.283	115.668	2.883.460	119.987	2.991.890	124.238	3.100.320	128.488	3.210.498	132.807
01-09-2020	2.595.009	108.680	2.709.912	113.184	2.822.992	117.617	2.936.072	122.050	3.050.975	126.554
TOTAL temporada OCT2019- SEP2020	44.764.241	1.838.228	45.963.246	1.885.229	47.143.242	1.931.485	48.323.238	1.977.741	49.522.244	2.024.742

Tabla 7. 19 - Predicción de consumo de power ply mediante método de los mínimos cuadrados.

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball.

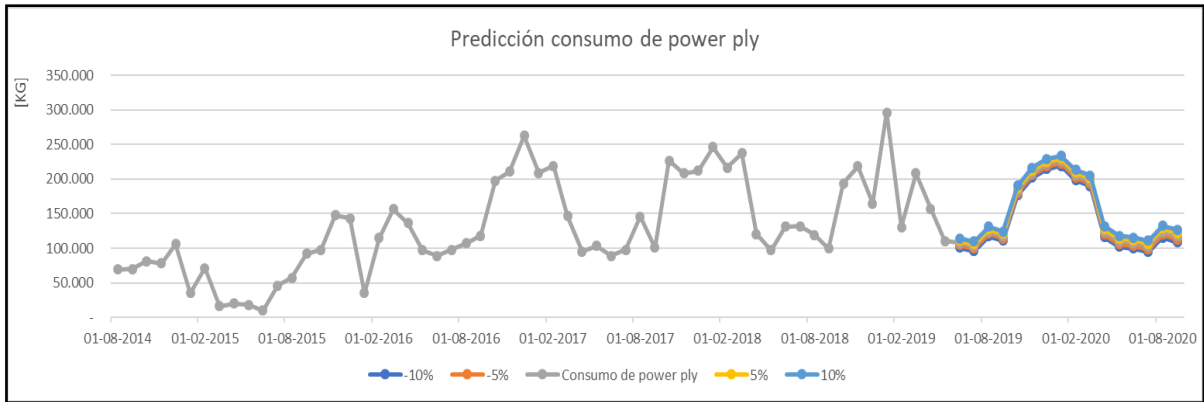


Figura 7. 13 - Predicción de consumo de power ply mediante método de los mínimos cuadrados.

Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

7.5 LOGÍSTICA DE INSUMOS

En este capítulo se aborda la logística de los insumos críticos de CSF, el cómo serán coordinados, qué cantidades se tienen que adquirir y cuánto es lo que se mantiene como stock de seguridad en la planta de CSF.

Los insumos considerados son los mismos vistos anteriormente en el proceso de compra: Almidón, Hot melt y Power Ply. El resto de insumos, de los abordados en este estudio, son presentados en el Anexo C - Stock de seguridad, punto de pedido y lote económico de insumos críticos.

7.5.1 ALMIDÓN.

7.5.1.1 TEMPORADA.

En el consumo de almidón, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

ALTA: de octubre hasta marzo.

BAJA: de abril hasta septiembre.

7.5.1.2. CÁLCULO STOCK DE SEGURIDAD.

$$SS = \sigma_{consumo} * Z * \sqrt{PE}$$

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 28.327$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 14.111$ [kg]
- $Z_{90\%} = 1,280$
- $Z_{95\%} = 1,645$
- $Z_{97,5\%} = 1,960$
- $PE = 4/30$ [mes]

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	13.240	6.595
SS (95%)	17.015	8.476
SS (97,5%)	20.273	10.099

Tabla 7. 20 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Almidón.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.1.3 CÁLCULO PUNTO DE PEDIDO.

$$PP = Consumo * PE + SS$$

- Datos:
- $Consumo_{alta} = 164.563$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 92.017$ [kg]
- $PE = 4/30$ [mes]
- SS : datos en tabla 7.20

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	35.181	18.864
PP (95%)	38.957	20.745
PP (97,5%)	42.215	22.368

Tabla 7. 21 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de almidón.

Fuente: Elaboración Propia.

7.5.1.4 CÁLCULO DE LOTE ECONÓMICO.

El almidón es un producto comprado a un proveedor nacional, siendo transportado en estanques, donde cada pedido tiene que ser por camión completo, que en este caso es de 22 [TN]. De este modo, no se ha realizado el cálculo de lote, sino que se ha ajustado a las limitaciones existentes.

7.5.1.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SS, PP y Q PARA EL ALMIDÓN.

En las figuras a continuación son presentados las gráficas de SS, PP y Q para las diferentes opciones dadas en los puntos anteriores: temporada alta y baja, y para los diferentes niveles de servicio.

Cabe mencionar, que para el almidón existe un límite de almacenamiento, dado por los estanques en los que se guarda. Son 2 estanque de 24 [TN] de capacidad cada uno, presentado con una línea amarilla en las gráficas. La capacidad de los estanques es la que limita el nivel de servicio de posible de ofertar, dado que con este se calcula el stock de seguridad a tener. De este modo, como el lote es fijo (22 [TN]), el máximo stock de seguridad que se podría tener es de 26 [TN].

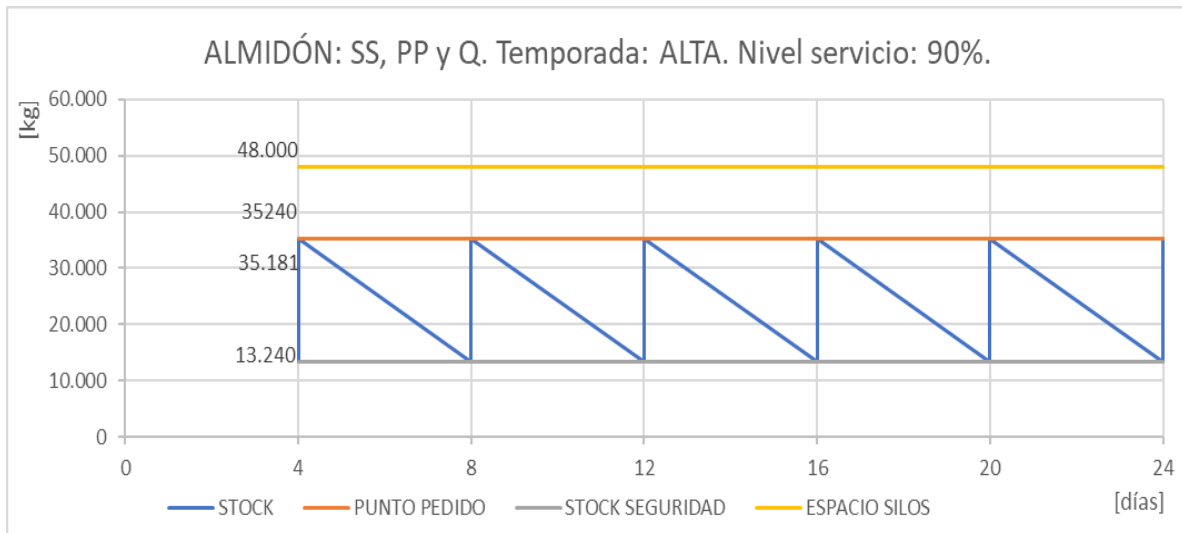


Figura 7. 14 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

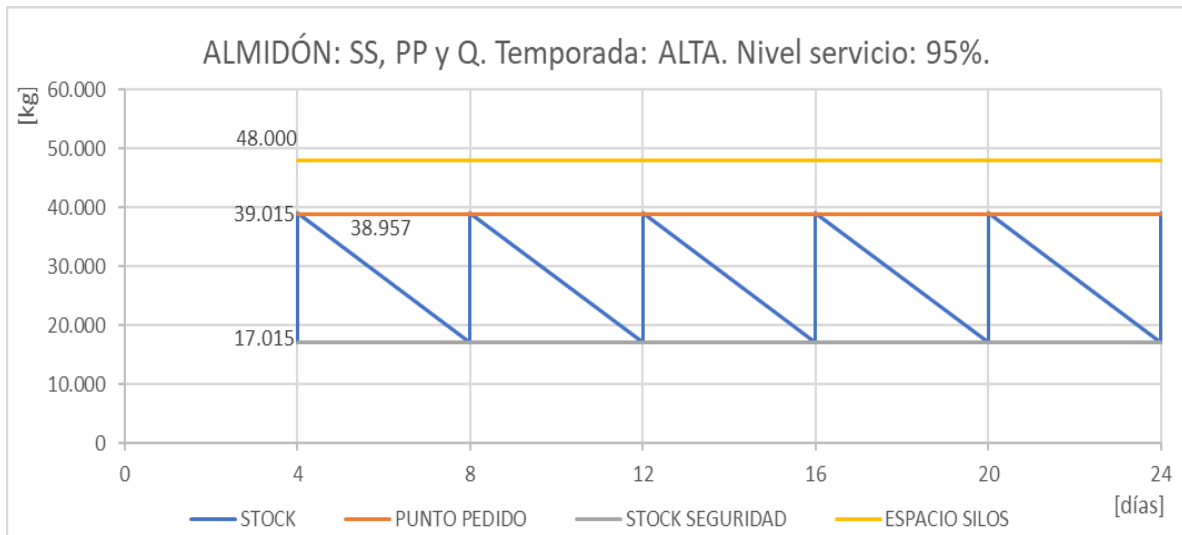


Figura 7. 15 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia

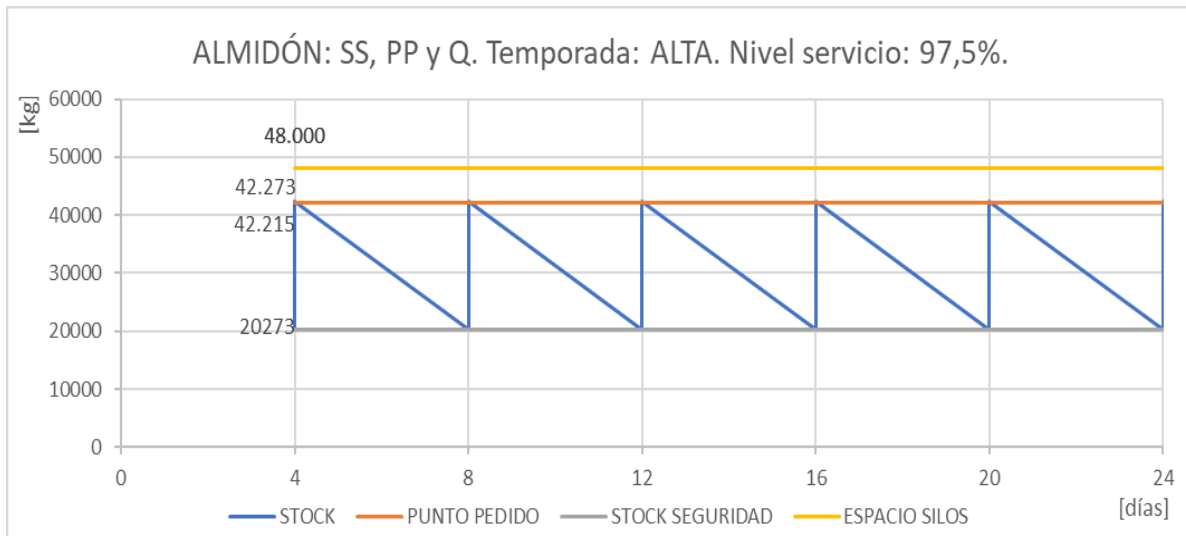


Figura 7. 16 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

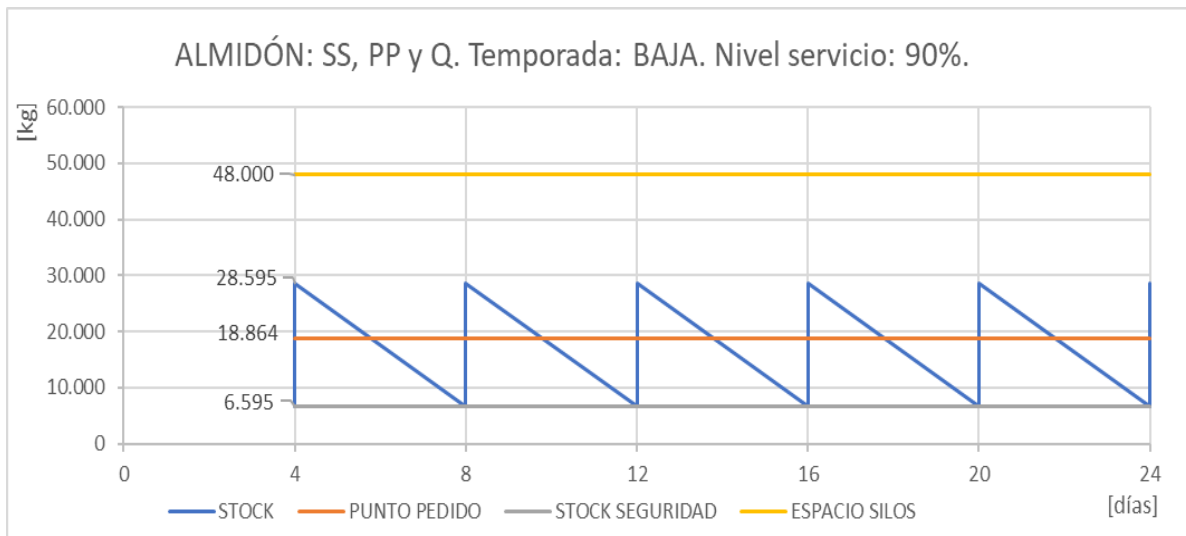


Figura 7. 17 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

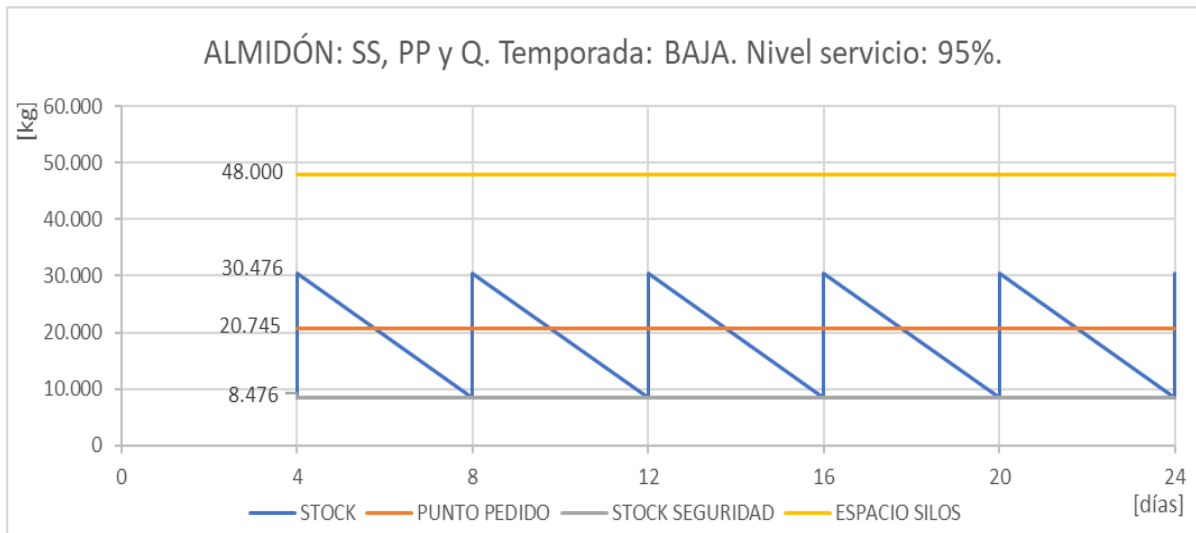


Figura 7. 18 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

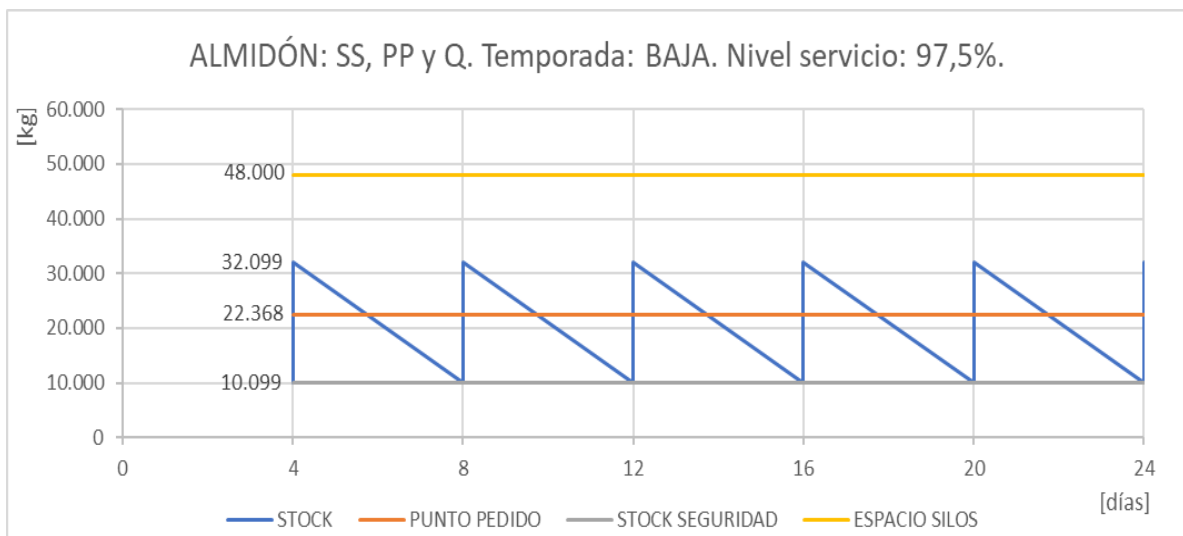


Figura 7. 19 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia

7.5.1.6 Política de inventario.

Dado el Q de 22 [TN], fijo para el almidón, y las limitaciones de inventario que pueden ser almacenadas en los estanques (48 [TN]), se puede optar a un nivel de servicio superior, de 97,5% o más, para la temporada alta y se podría cubrir un 100% para la

baja. Con estos niveles de servicio se tendrían que manejar altos niveles de inventario de seguridad, los cuales no traen costos superiores de almacenaje, ya que se ocupan los estanques existentes, que solo son para el almidón y no se usan para otro insumo. Bajo esta perspectiva, siempre que hay altos niveles de inventario de seguridad, hay que prestar rigurosa atención a la posible obsolescencia del producto, por lo que se tiene que ir rotando el inventario.

7.5.2 HOTMELT

7.5.2.1 TEMPORADA

En el consumo de Hot Melt, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

ALTA: de noviembre hasta abril.

BAJA: de mayo hasta octubre.

7.5.2.2 CÁLCULO STOCK DE SEGURIDAD.

$$SS = \sigma_{consumo} * Z * \sqrt{PE}$$

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 14.644$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 9526$ [kg]
- $Z_{90\%} = 1,280$
- $Z_{95\%} = 1,645$
- $Z_{97,5\%} = 1,960$
- $PE_{nacional} = 3$ [día]
- $PE_{importación} = 45$ [día]

OBS: los valores presentados de stock de seguridad solo consideran el periodo de entrega nacional.

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	5.927	3.856
SS (95%)	7.618	4.956
SS (97,5%)	9.076	5.904

Tabla 7. 22 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Hot Melt.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.3 CÁLCULO PUNTO DE PEDIDO.

$$PP = Consumo * PE + SS$$

Datos:

- $Consumo_{alta} = 26.092$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 12.863$ [kg]
- $PE_{nacional} = 3$ [día]
- $PE_{importación} = 45$ [día]
- SS : datos en tabla 7.22

	Nacional		Importación	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	8.537	6.465	62.094	34.228
PP (95%)	10.227	7.565	68.641	38.487
PP (97,5%)	11.686	8.514	74.290	42.162

Tabla 7. 23 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de Hot Melt.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.4 CÁLCULO DE LOTE ECÓNOMICO.

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{i * c}}$$

Datos:

- $D = 224.362$ [kg]
- $S_{FULLER} = 100$ [USD]
- $S_{EPOXA} = 100$ [USD]
- $i_{FULLER} = 2,6$ [USD]
- $i_{EPOXA} = 4,64$ [USD]
- $c = 10\%$

- $Q_{FULLER} = 9.289[\text{kg}]$
- $Q_{EPOXA} = 6.954 [\text{kg}]$
- $Q_{FOREST} = 22.000 [\text{kg}]$, definido por el lote que se trae.

7.5.2.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SS, PP y Q PARA EL HOTMELT.

En las figuras a continuación son presentados las gráficas de SS, PP y Q para las diferentes opciones presentadas en los puntos anteriores, temporada alta, baja, para los diferentes niveles de servicio y proveedores.

7.5.2.5.1 FULLER

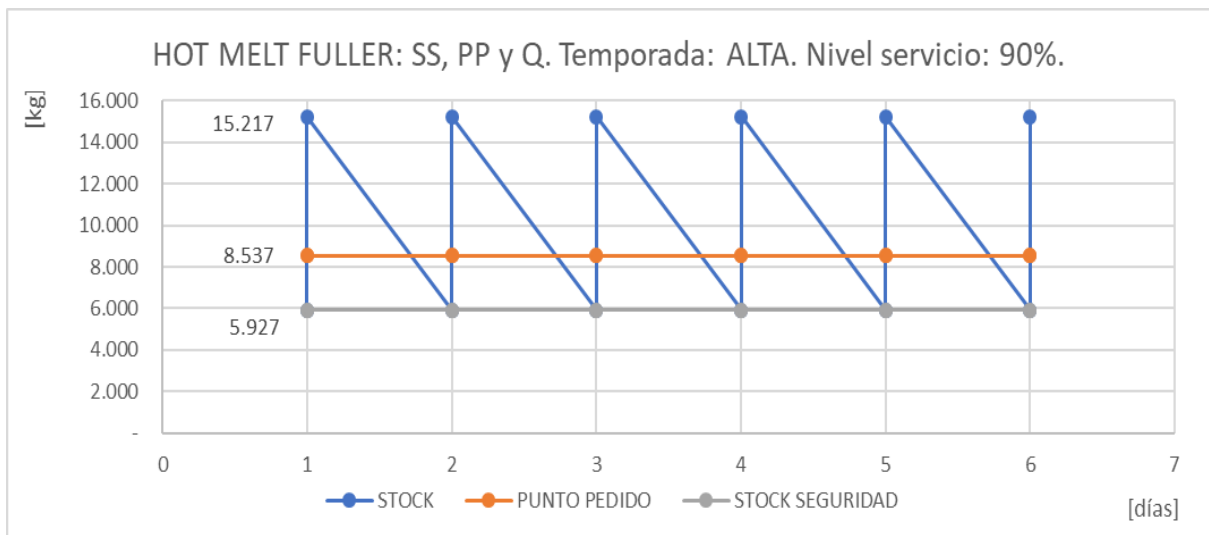


Figura 7. 20 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia

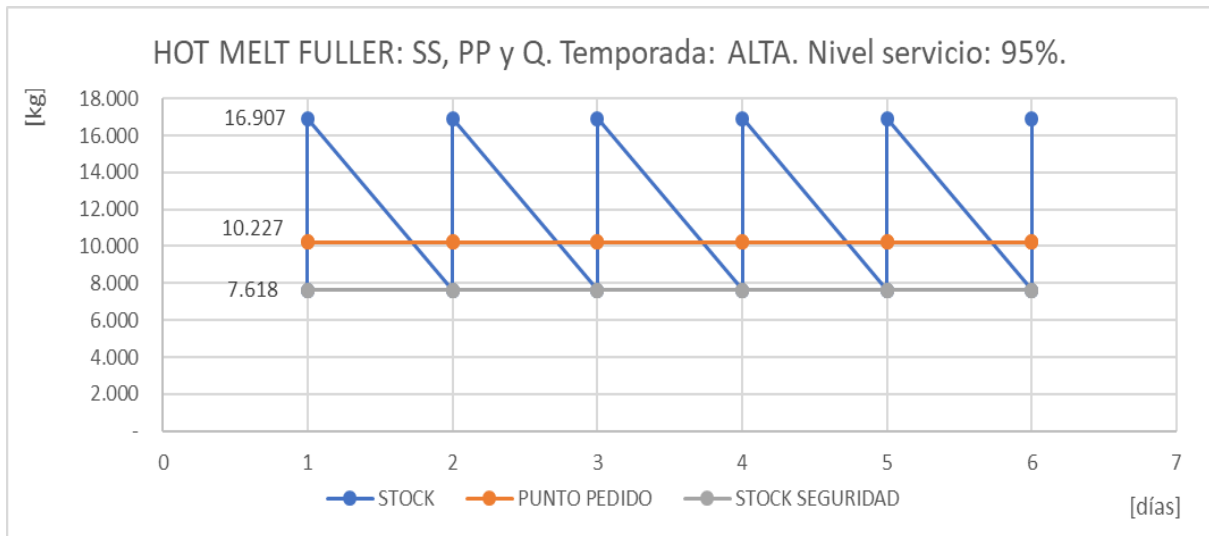


Figura 7. 21 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

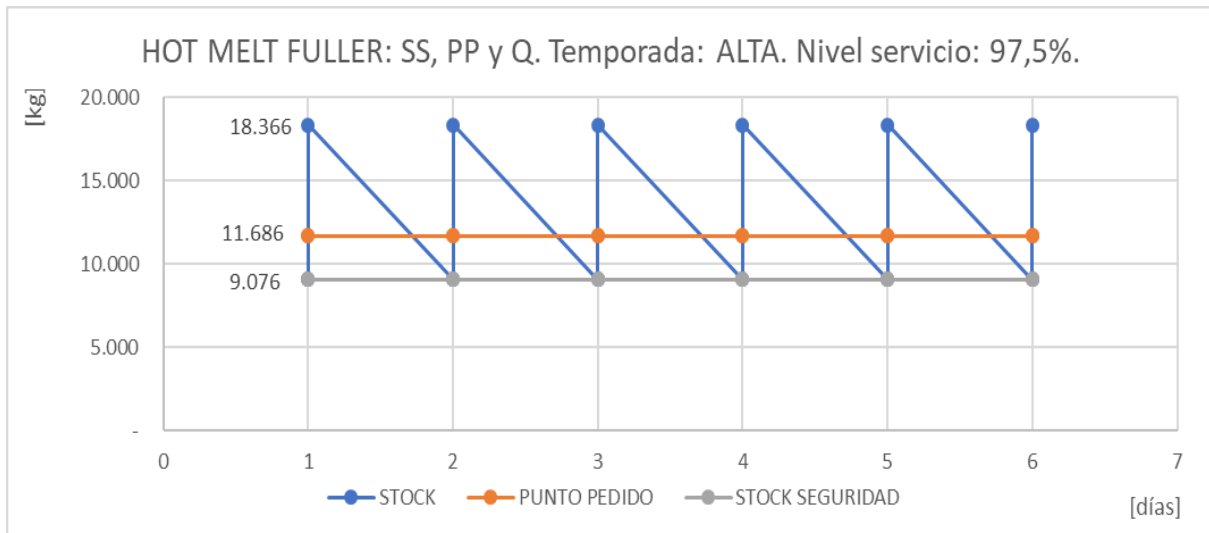


Figura 7. 22 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

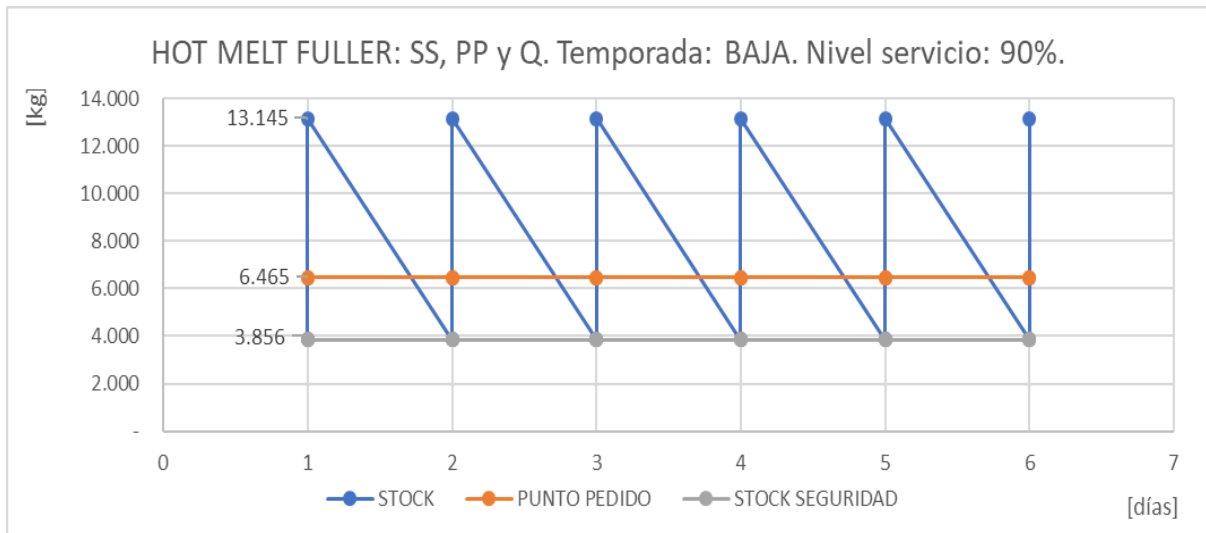


Figura 7. 23 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

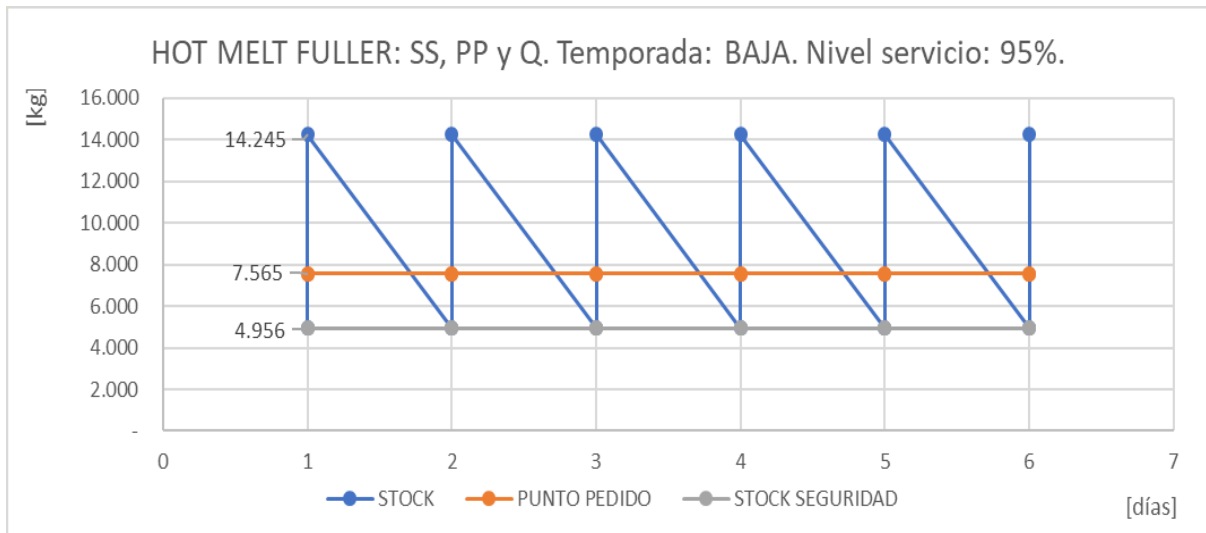


Figura 7. 24 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

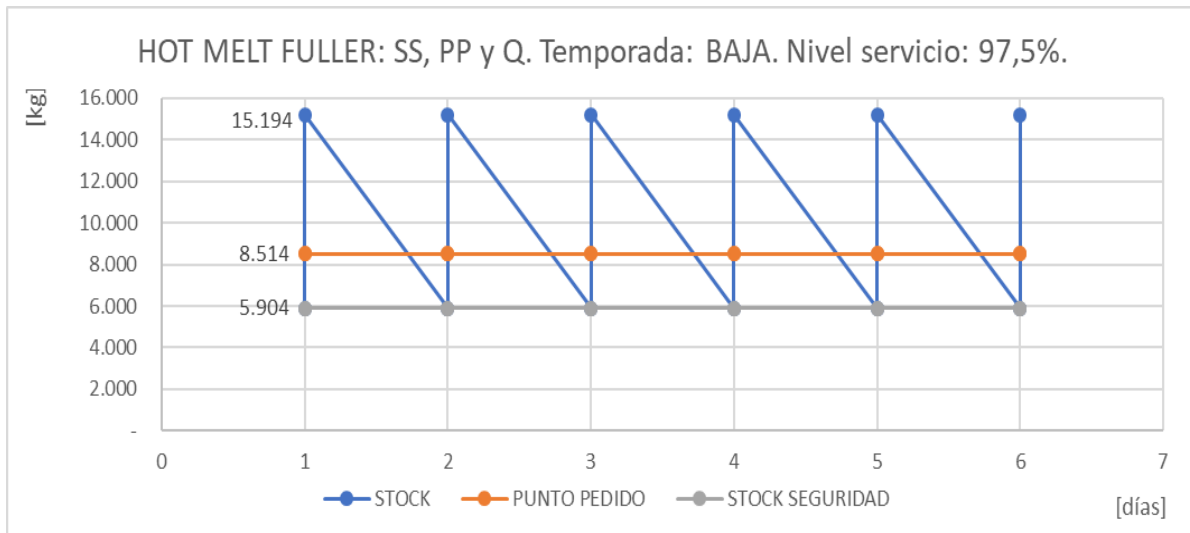


Figura 7. 25 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.5.2 EPOXA

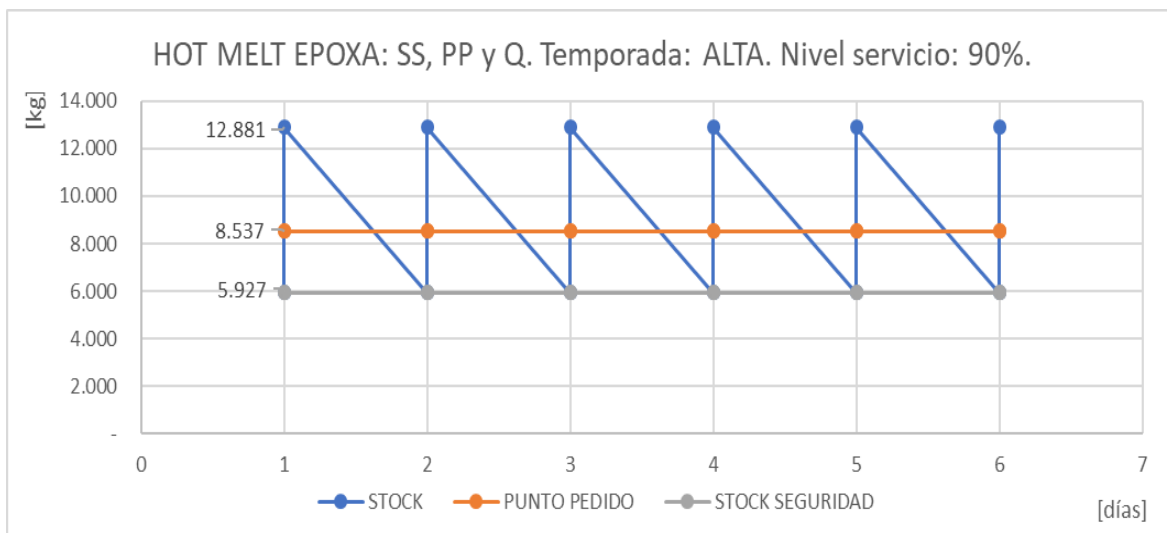


Figura 7. 26 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

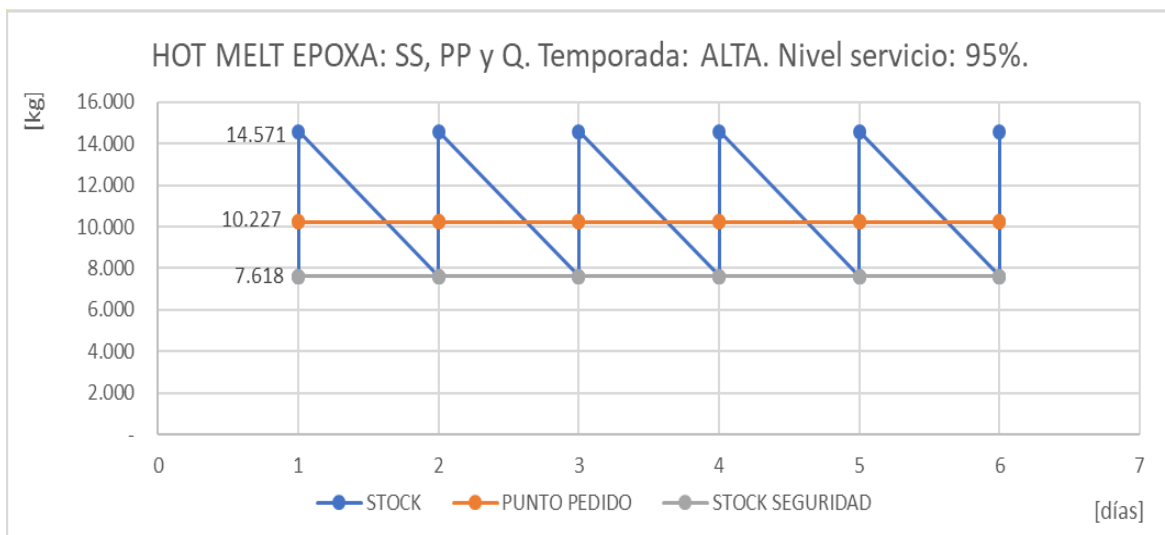


Figura 7. 27 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

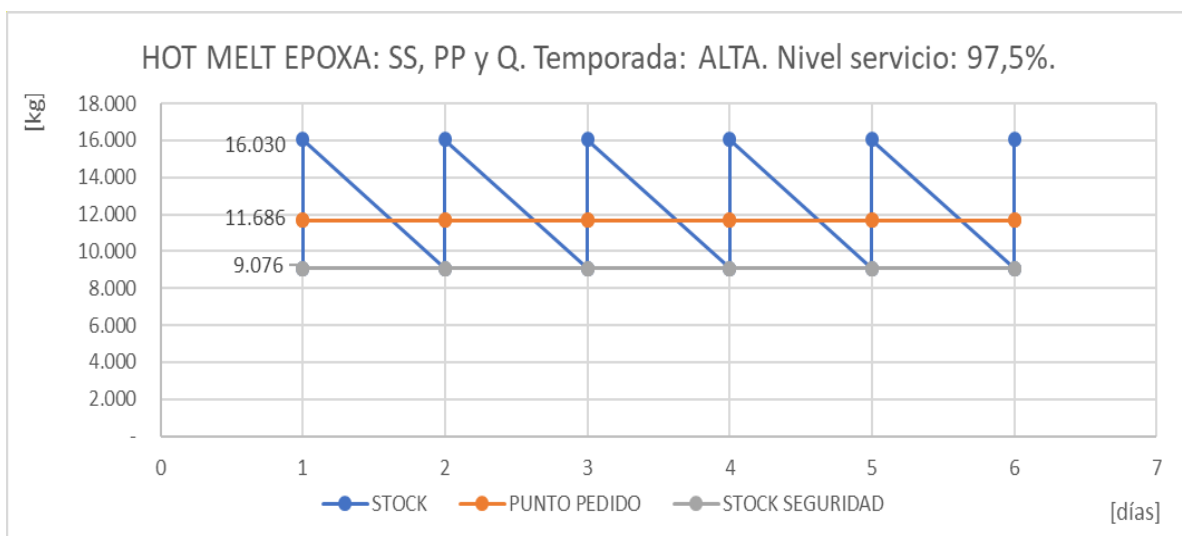


Figura 7. 28 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

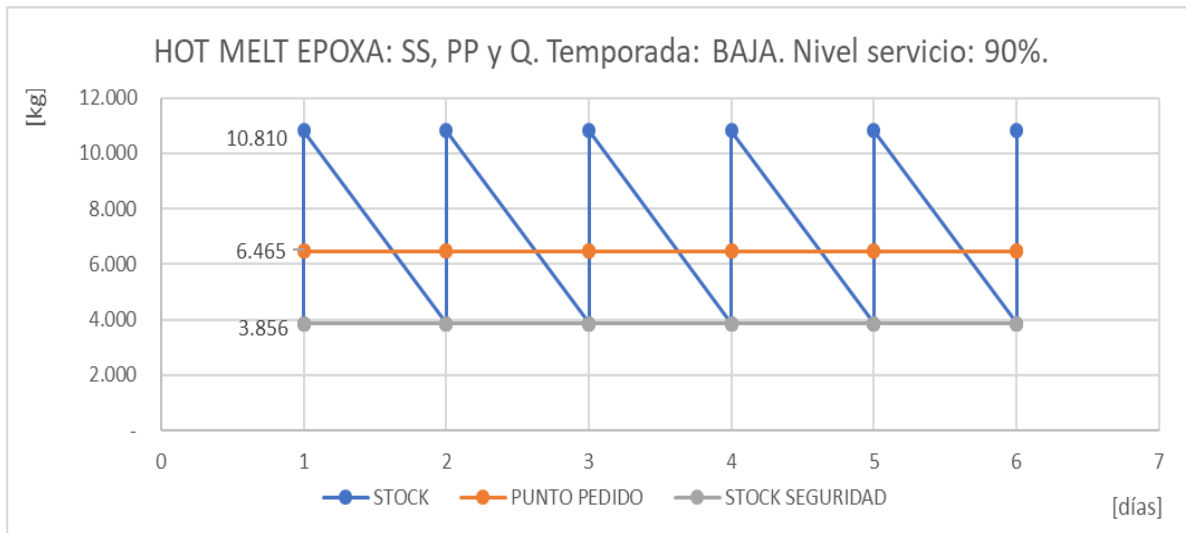


Figura 7. 29 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90

Fuente: Elaboración propia.

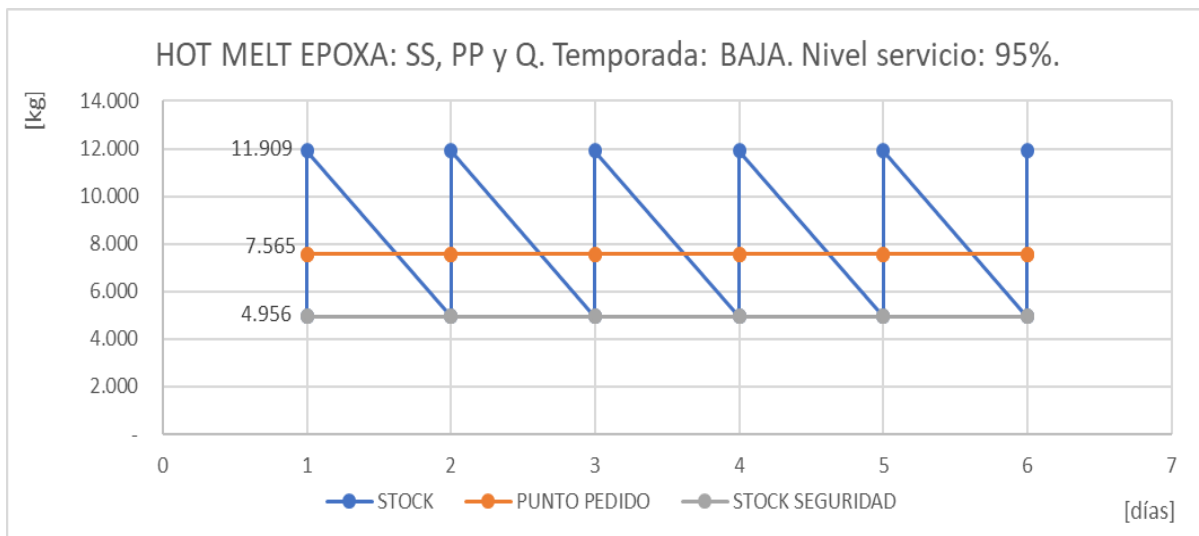


Figura 7. 30 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

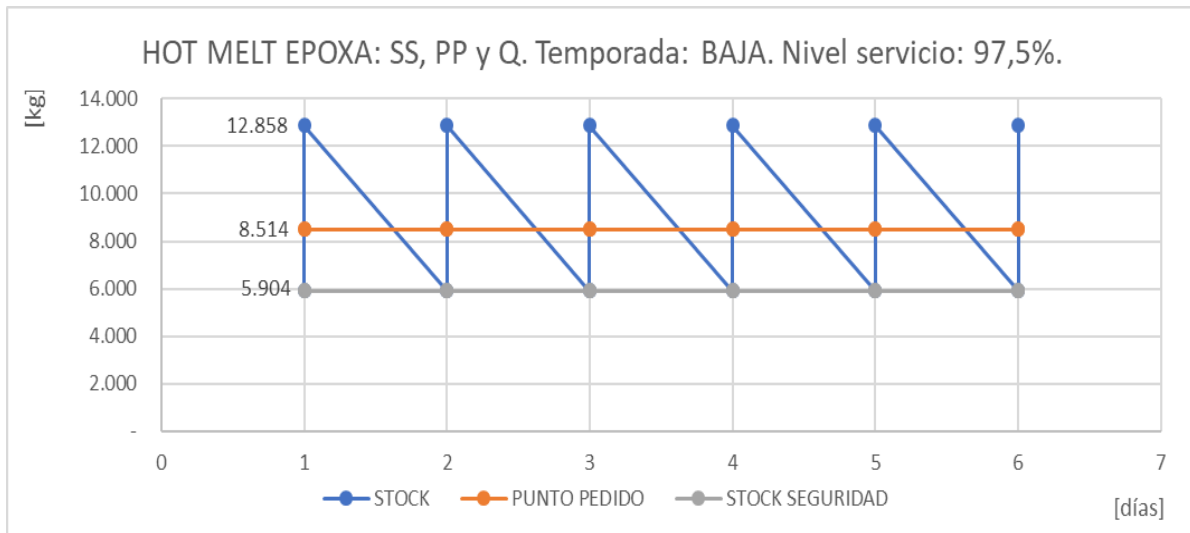


Figura 7. 31 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.5.3 FOREST

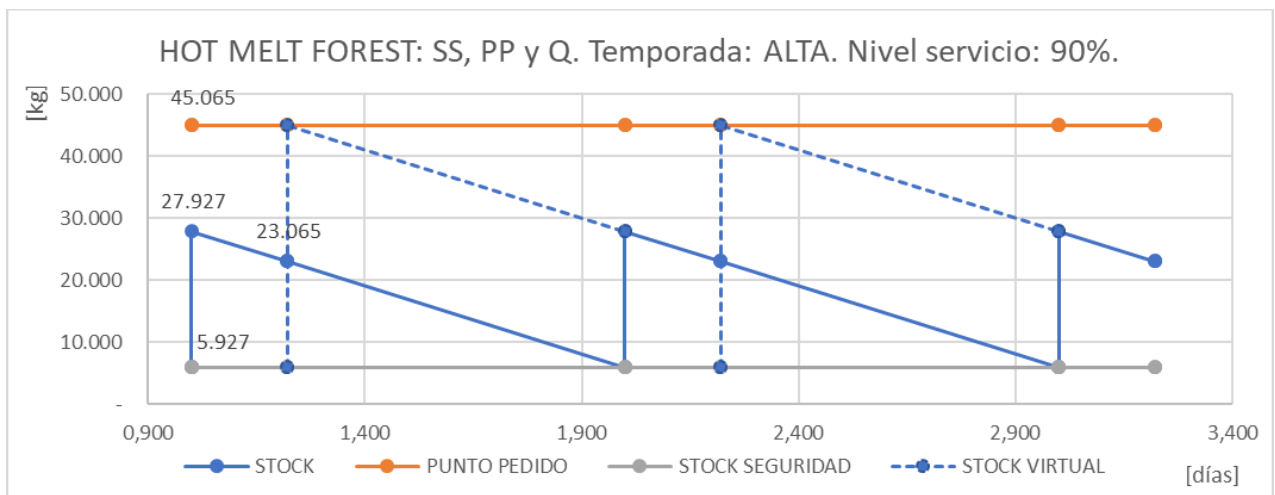


Figura 7. 32 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

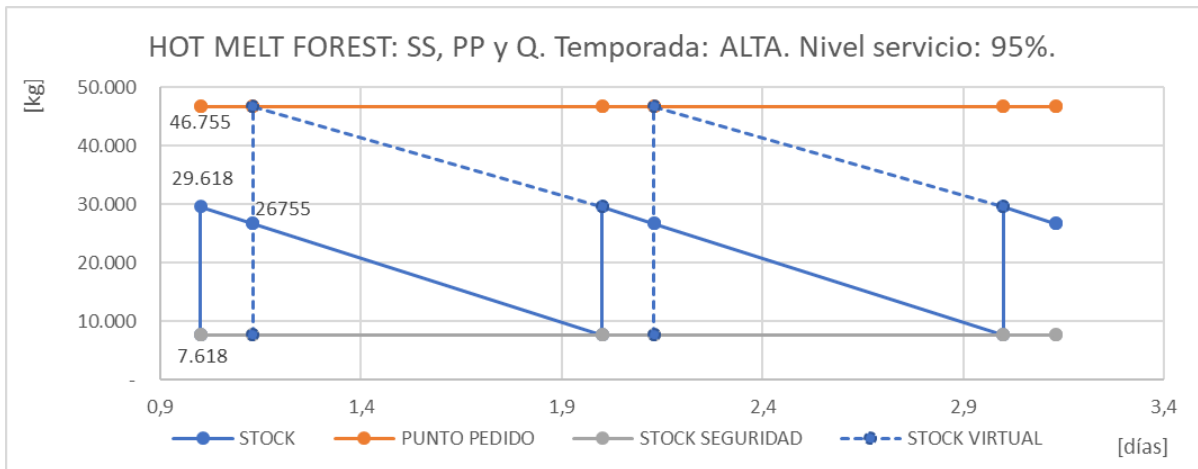


Figura 7. 33 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

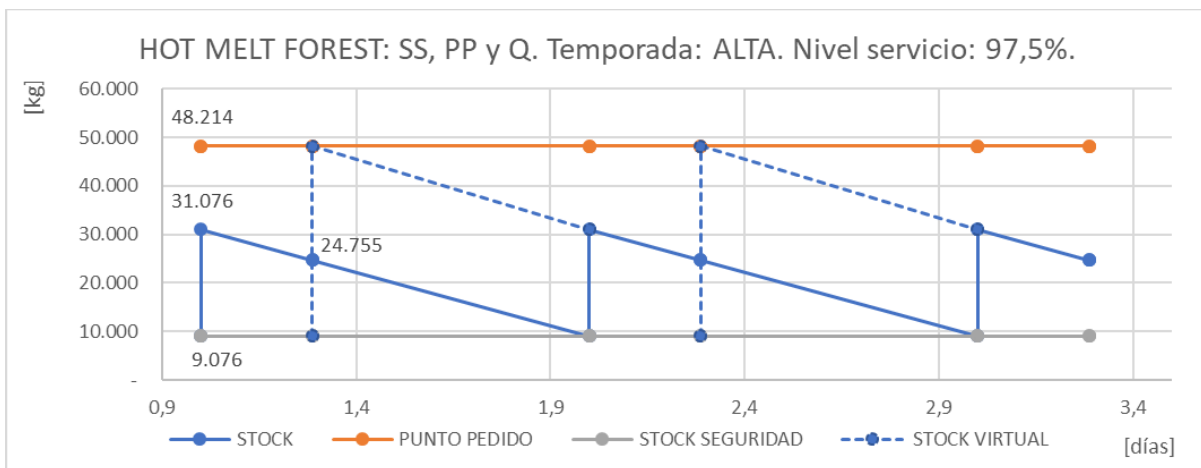


Figura 7. 34 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

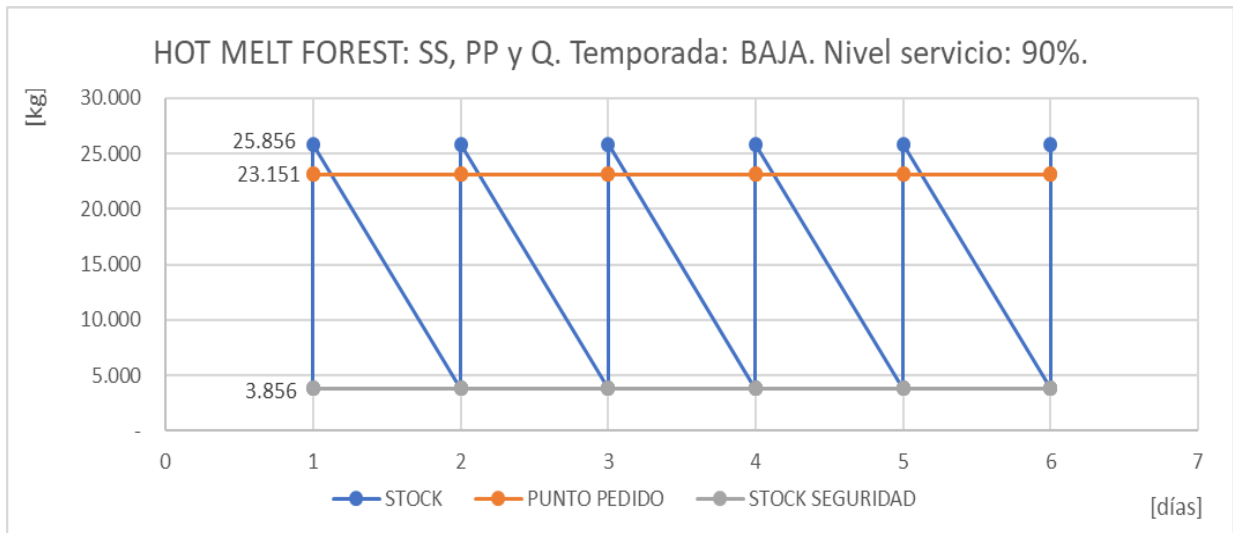


Figura 7. 35 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

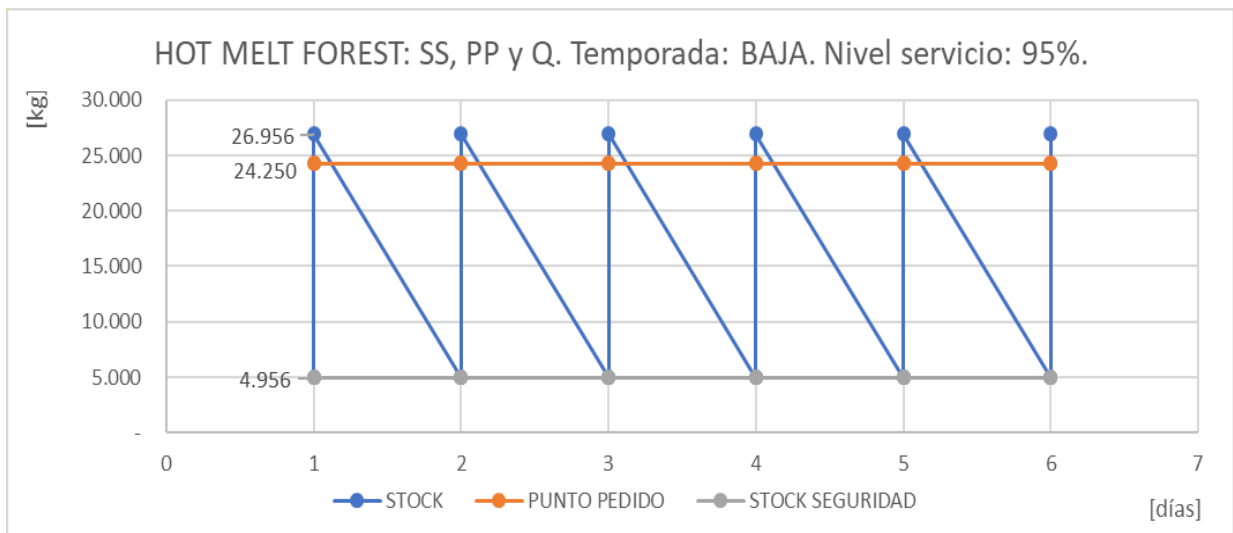


Figura 7. 36 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

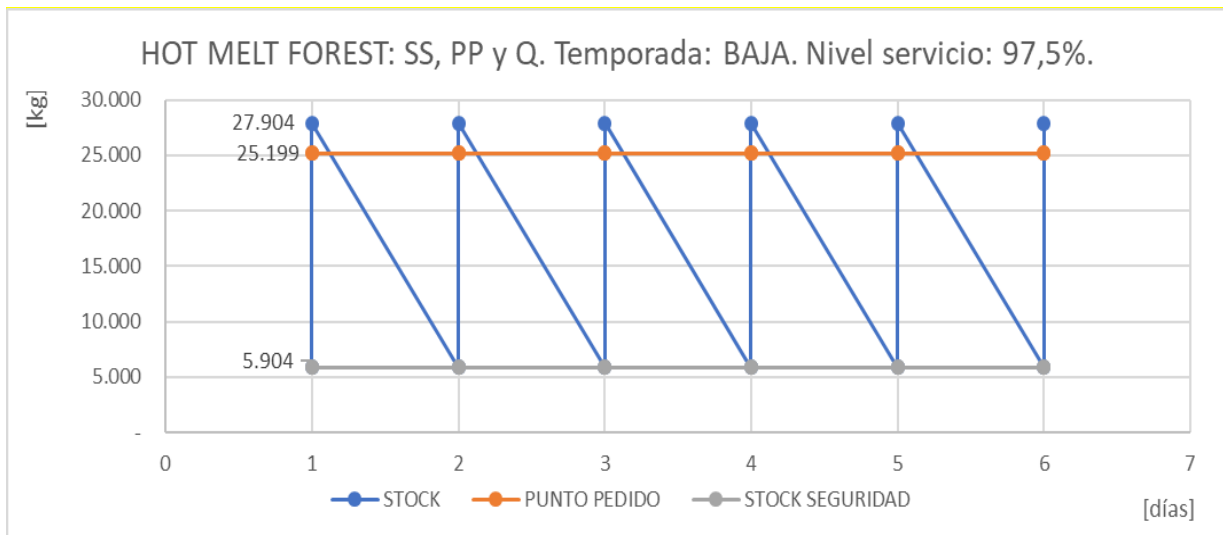


Figura 7. 37 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.2.6 Política de inventario.

Dada la existencia de diferentes proveedores de Hot Melt, hay que realizar un análisis diferente para cada uno de ellos, donde el límite de espacio en bodega total de 55 [TN], lo que da la facilidad de ajustar aumentando la de un proveedor y disminuyendo otro. Es de importancia mencionar que los hot melt de diferentes proveedores no son necesariamente sustitutos, que, si bien cumplen la misma función de pegado en el armado de cajas, se usan para diferentes tipos de cajas.

FULLER

El lote económico obtenido es de 9,3 [TN], lo que en temporada alta permitiría atender con un 90% de nivel de servicio, es decir, manejar stock de seguridad de 6 [TN], un punto de pedido a las 8,5 [TN] de stock, lo que haría que el máximo stock en bodega (cuando el pedido es recibido) serían de 15 [TN] aproximadamente. Para la temporada baja, los valores de stock de seguridad, punto de pedido y stock máximo serían los mismos (muy similares), solo que atendiendo con un nivel de servicio del 97,5%.

EPOXA

El lote económico obtenido es de 7 [TN], lo que en temporada alta permitiría atender con un 95% de nivel de servicio, es decir, manejar stock de seguridad de 7,5 [TN], un punto de pedido a las 10 [TN] de stock, lo que haría que el máximo stock en bodega (cuando el pedido es recibido) sería de 14,5 [TN] aproximadamente. Para la temporada baja, el stock de seguridad sería de 6 [TN], el punto de pedido sería 8,5 [TN] y stock máximo de 13 [TN], con un nivel de servicio del 97,5%.

FORREST

El lote económico es de 22 [TN], lo que en temporada alta permitiría atender con un 90% de nivel de servicio, es decir, manejar stock de seguridad de 6 [TN], un punto de pedido a las 23 [TN] de stock, lo que haría que el máximo stock en bodega (cuando el pedido es recibido) sería de 27 [TN] aproximadamente. En lo que respecta al punto de pedido, en los cálculos realizados el punto de pedido es de 48 [TN], sin embargo, este es un valor referencial, ya que no es posible manejar dicho nivel de stock, por lo que este es un valor de stock “virtual” que se va manejando con un periodo de pedido de anticipación, como se puede observar en la figura XXX.

Para la temporada baja, el stock de seguridad sería de 4 [TN], el punto de pedido sería 22 [TN] y stock máximo de 25 [TN], con un nivel de servicio del 90%.

7.5.3 POWER PLY

7.5.3.1 TEMPORADA

En el consumo del Power Ply, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

ALTA: de octubre hasta marzo.

BAJA: de abril hasta septiembre.

7.5.3.2 CÁLCULO STOCK DE SEGURIDAD.

$$SS = \sigma_{consumo} * Z * \sqrt{PE}$$

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 73.115$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 37.061$ [kg]
- $Z_{90\%} = 1,280$
- $Z_{95\%} = 1,645$
- $Z_{97,5\%} = 1,960$
- $PE = 3$ [día]

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	29.595	15.001
SS (95%)	38.034	19.279
SS (97,5%)	45.317	22.971

Tabla 7. 24 - Stock de seguridad para los kilogramos de consumo de Power Ply.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.3 CÁLCULO PUNTO DE PEDIDO.

$$PP = Consumo * PE + SS$$

Datos:

- $Consumo_{alta} = 162.895$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 93.778$ [kg]
- $PE = 3$ [día]

- SS = datos en tabla 7.24

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	45.884	24.379
PP (95%)	54.323	28.657
PP (97,5%)	61.607	32.349

Tabla 7. 25 - Punto de pedido para los kilogramos de consumo de Power Ply.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.4 CÁLCULO DE LOTE ECONÓMICO.

El power ply es un producto comprado a un proveedor nacional, siendo trasladado en estanques, donde se trae por cantidades fijas según el proveedor. Para el proveedor ARCHROMA se trae de 22 [TN], mientras que para HARTING de 15 [TN].

7.5.3.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SS, PP y Q PARA EL POWER PLY

En las figuras a continuación son presentados las gráficas de SS, PP y Q para las diferentes opciones presentadas en los puntos anteriores, temporada alta y baja, para los diferentes niveles de servicio y proveedores.

7.5.3.5.1 ARCHROMA

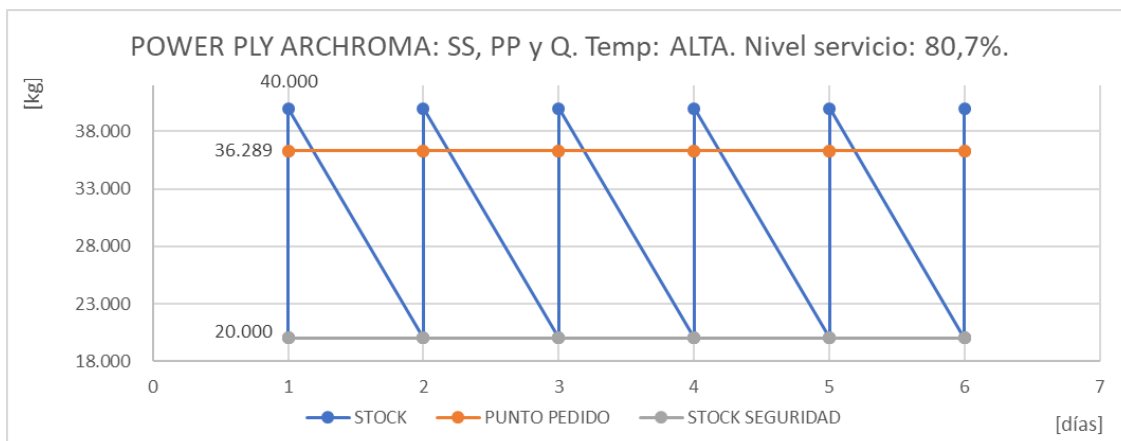


Figura 7. 38 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 80,7%.

Fuente: Elaboración propia.

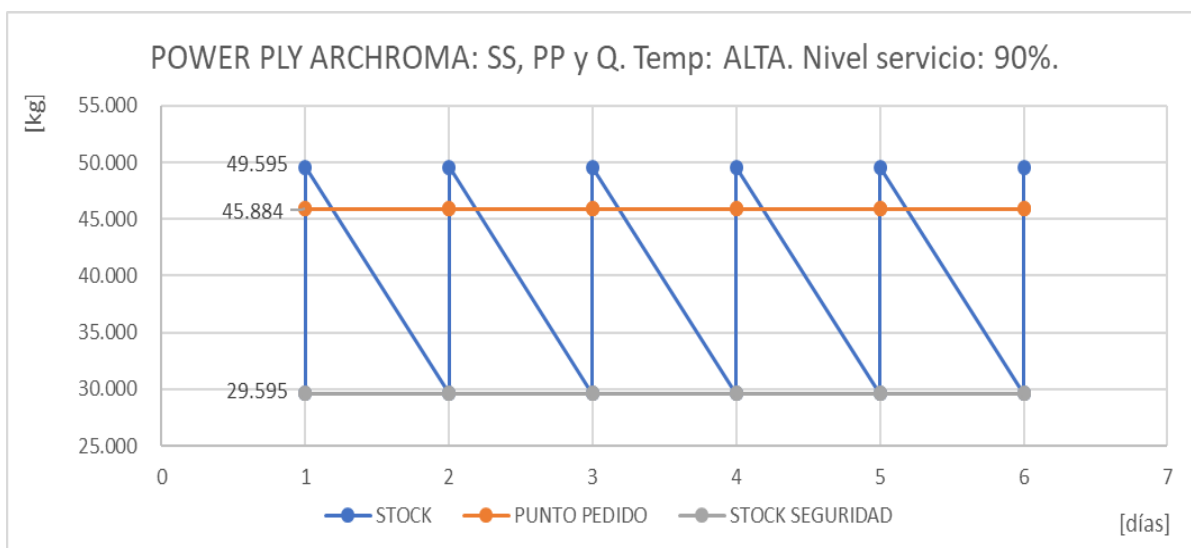


Figura 7. 39 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

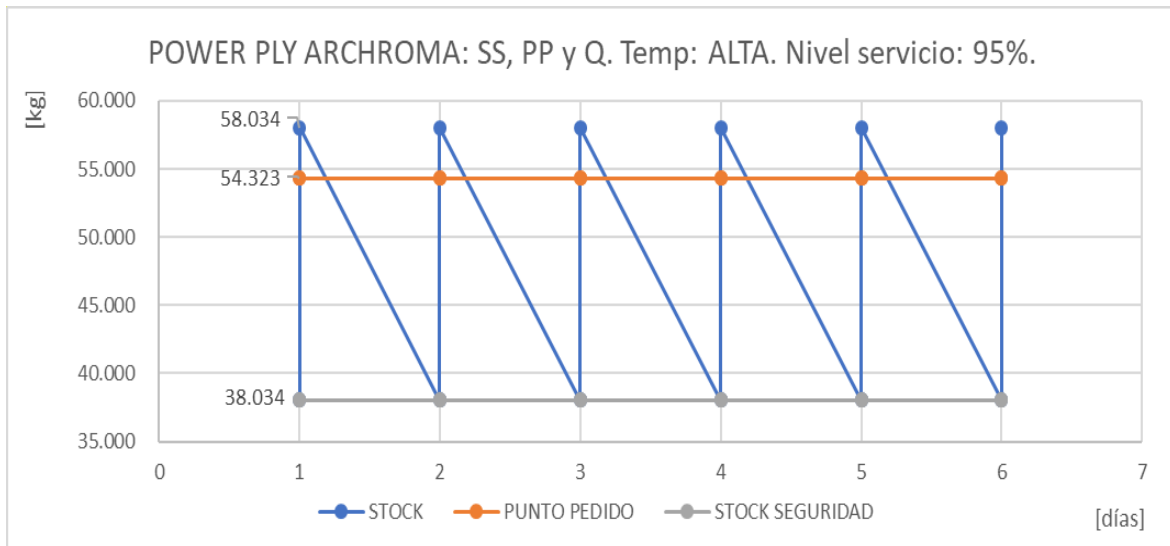


Figura 7. 40 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

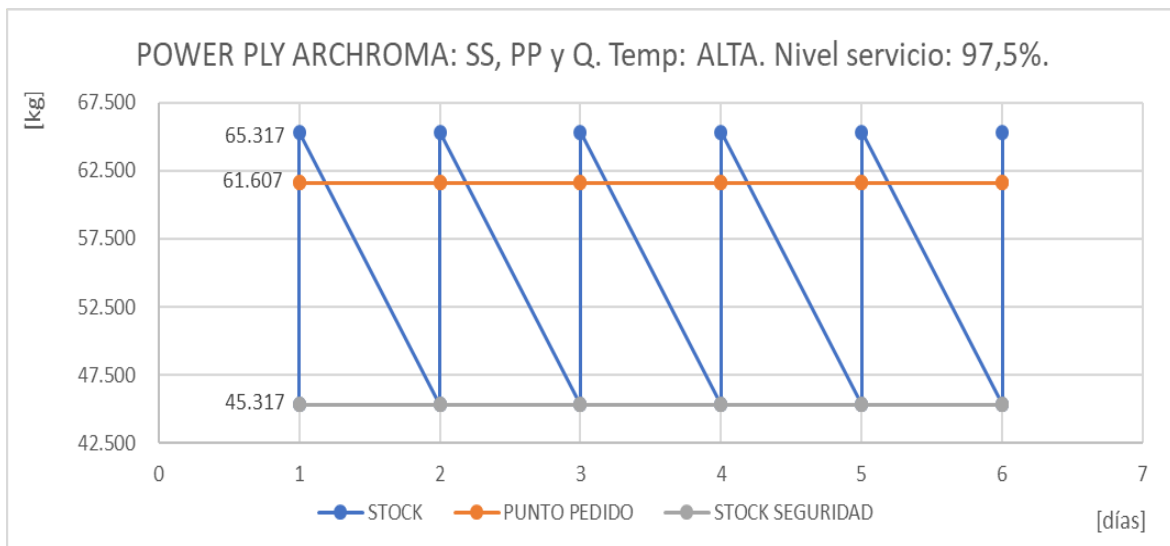


Figura 7. 41 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

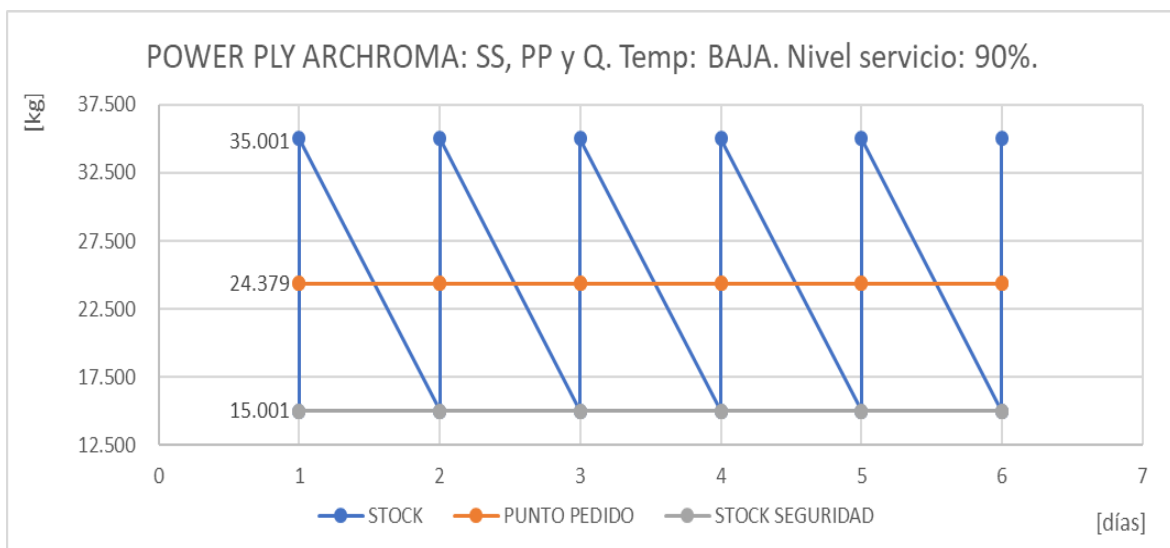


Figura 7. 42 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

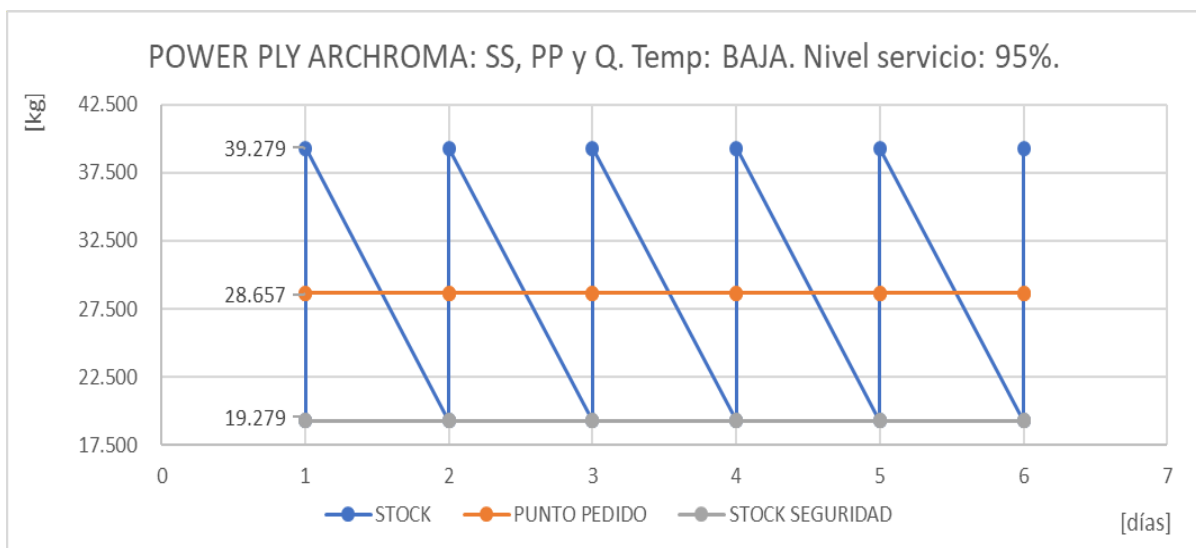


Figura 7. 43 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

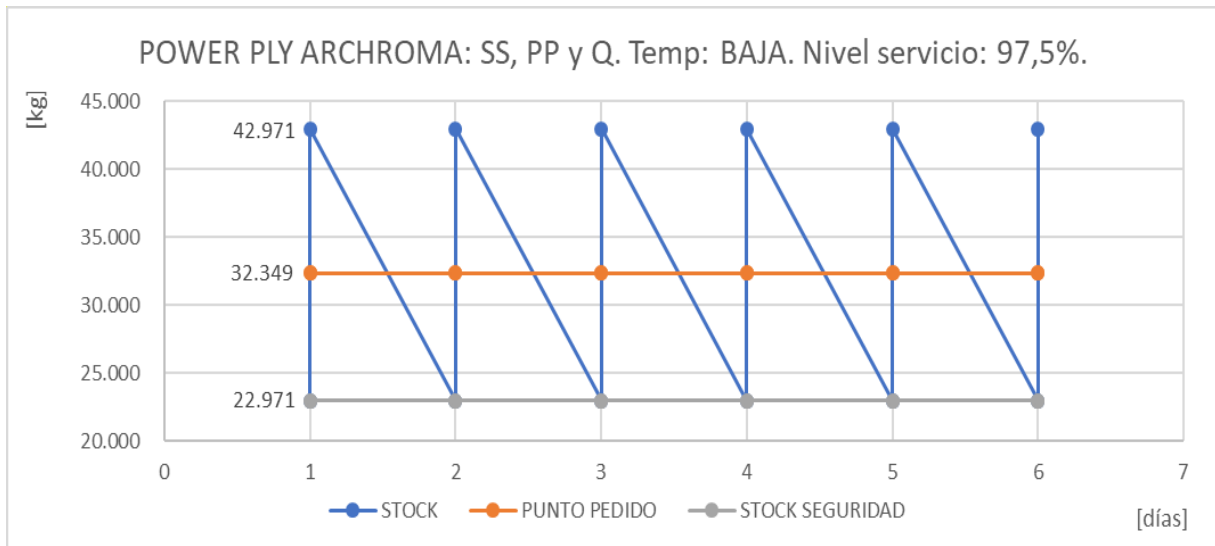


Figura 7. 44 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.5.2 HARTING

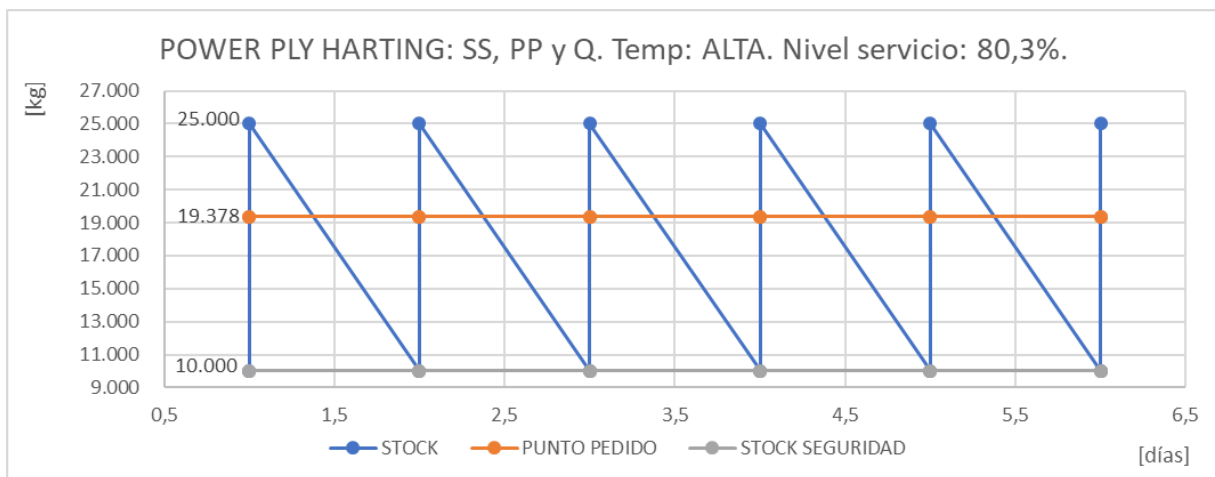


Figura 7. 45 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 80,3%.

Fuente: Elaboración propia.

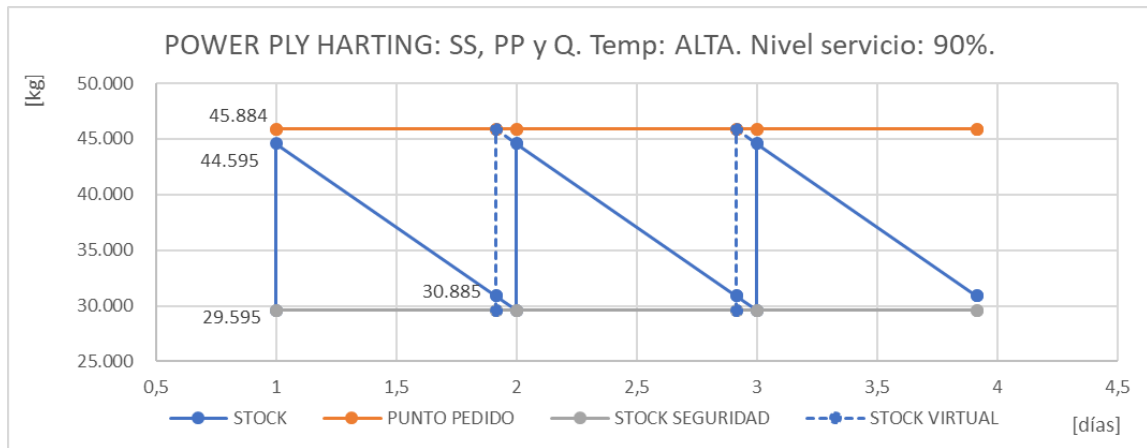


Figura 7. 46 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

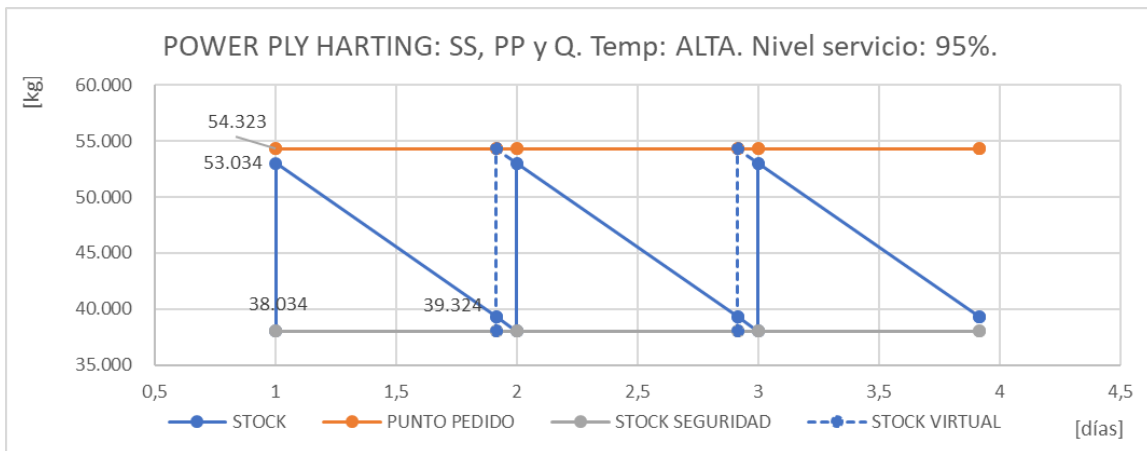


Figura 7. 47 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

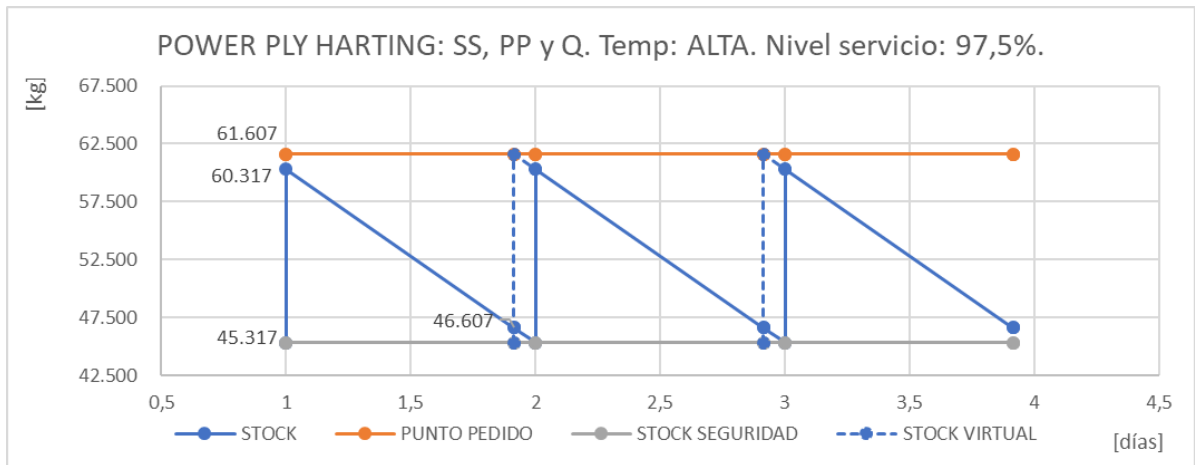


Figura 7. 48 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: ALTA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

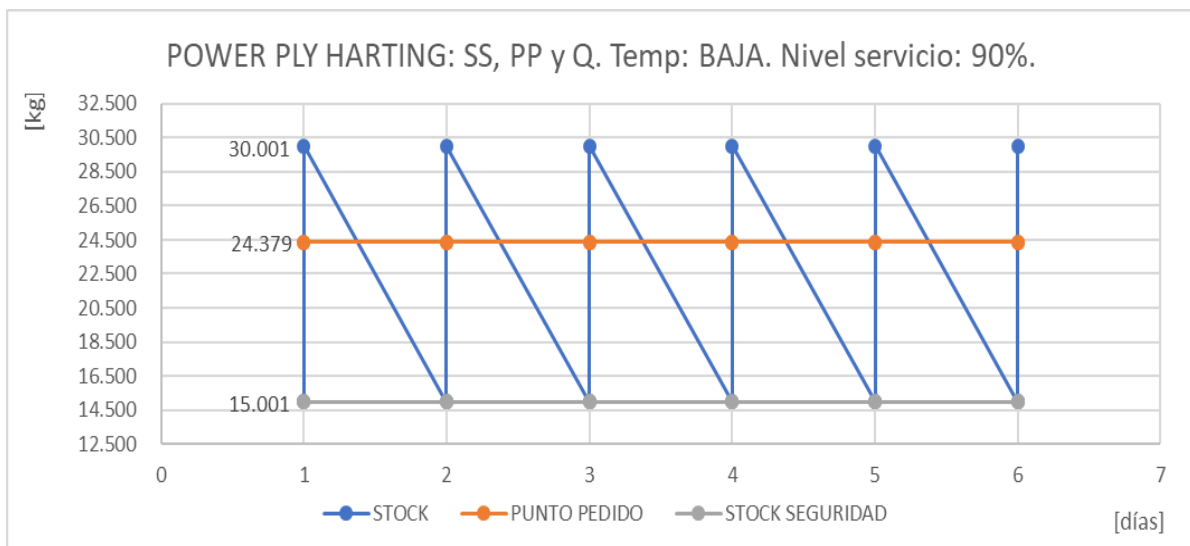


Figura 7. 49 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 90%.

Fuente: Elaboración propia.

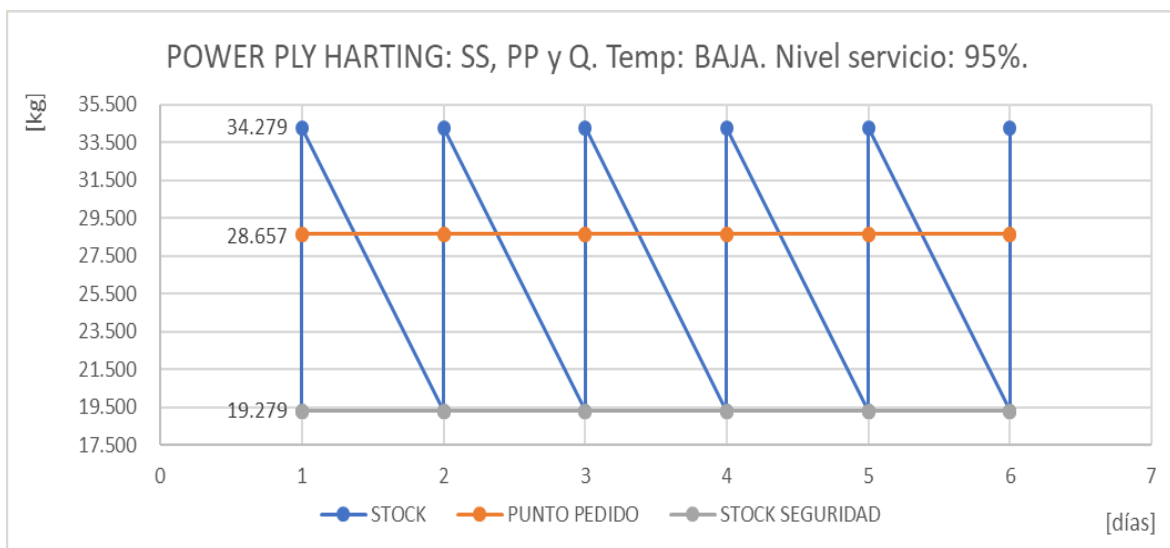


Figura 7. 50 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 95%.

Fuente: Elaboración propia.

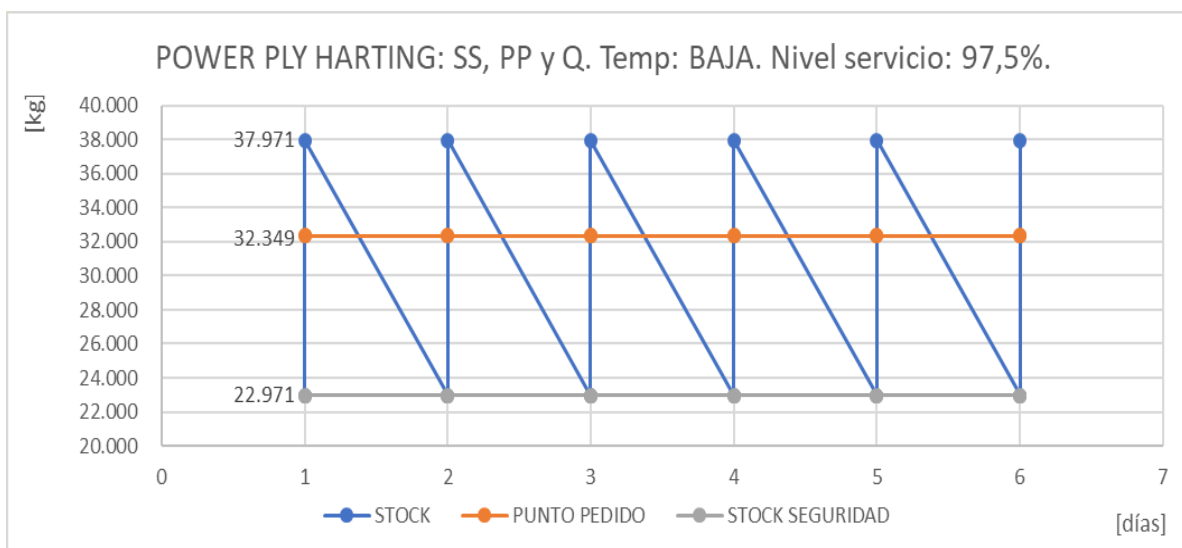


Figura 7. 51 - Gráfico de SS, PP y Q. Temporada: BAJA. Nivel de servicio: 97,5%.

Fuente: Elaboración propia.

7.5.3.6 Política de inventario.

Dada la existencia de diferentes proveedores de Power Ply, hay que realizar un análisis diferente para cada uno de ellos, donde el límite de espacio en bodega total de 65 [TN], en dos estanques, uno de 40 [TN] para ARCHROMA y el otro de 25 [TN] HARTING.

ARCHROMA

Es traído en lotes de 20 [TN], en temporada alta permitiría atender con un 80,7% de nivel de servicio, es decir, manejar stock de seguridad de 20 [TN], un punto de pedido a las 36 [TN] de stock, lo que haría que el máximo stock en bodega (cuando el pedido es recibido) serían de 40 [TN], espacio total disponible en estanque para este proveedor. Para la temporada baja, se podría atender con 95% de nivel de servicio, manteniendo un stock de seguridad de 19 [TN], punto de pedido cuando queden 28,5 [TN], con lo que se tendría un stock máximo de poco más de 39 [TN].

HARTING

Es traído en lotes de 15 [TN], en temporada alta permitiría atender con un 80,3% de nivel de servicio, manejando stock de seguridad de 10 [TN], un punto de pedido a las 19 [TN] de stock, lo que haría que el máximo stock en bodega (cuando el pedido es recibido) sería de 25 [TN], que es el tamaño del estanque destinado para dicho proveedor. Para la temporada baja, el stock de seguridad sería de 6 [TN], el punto de pedido sería 8,5 [TN] y stock máximo de 13 [TN], con un nivel de servicio del 97,5%.

7.6 PANORAMA GENERAL DE LOS INSUMOS ESTRATÉGICOS

Lo presentado en este capítulo es la forma en que se ha comenzado a abordar, por parte de CSF, la gestión de abastecimiento de insumos críticos. Se ha mostrado la manera en que se realizan los cálculos necesarios para la gestión (proyecciones, stock de seguridad, punto de pedido y lote económico) y cómo estos son implementados.

Se ha entregado diversas opciones sobre cómo gestionar los insumos críticos, dependiendo del nivel de servicio que se puede ofrecer, el cual está limitado (principalmente) por los espacios disponibles en bodega para el almacenamiento. Además, se ha considerado otros factores, como obsolescencia y rotación de inventario, los cuales siempre son evaluados en la gestión de abastecimiento, desde la forma en que se almacena hasta que son consumidos.

De esta forma, se ha dado a conocer el modelo teórico y la aplicación de este en CSF, forma en la cual se ha validado su aplicabilidad en la empresa. Es de importancia mencionar que el modelo será validado realmente cuando existan datos, es decir, que se pueda comparar lo propuesto teóricamente con la realidad.

7.7 RESUMEN DE MODELOS

Modelo de proyecciones de consumo: Este modelo entrega las herramientas para realizar las predicciones sobre el requerimiento de cada insumo para la siguiente temporada o el periodo que se estime conveniente. Parte por verificar si la variable a pronosticar se encuentra correlacionada ($R > 0,85$) con otra variable que tenga un comportamiento estable en el tiempo. Si es así, se proyecta en función de esa variable. De no encontrar variable con la cual se correlacione, se trabaja solo con la variable proyectada. Cuando se hace la proyección, se prueba diferentes formas (mediante el software Oracle Crystal Ball), dejando la que tiene el menor error de la predicción. Sin embargo, si ninguna de las predicciones tiene un error aceptable (mejor al 13%), no se utiliza ninguna de las predicciones, sino que se toma la línea de tendencia de los datos. Cabe mencionar que la predicción es ajustada por lo que se espera producir en la temporada, en comparación con la anterior.

Política de abastecimiento: Complementa al modelo de proyecciones de consumo. Por una parte, la proyección se utiliza para conocer el consumo total de la siguiente temporada, mientras que la política dice cuánto hay que mantener para no sufrir quiebres de stock (stock de seguridad), cuánto es el lote que hay que traer que optimiza los costos (lote económico) y cuándo es el momento que hay que pedir para reabastecerse (punto de pedido). Todo esto, dada las limitaciones de espacio para bodega y cumpliendo con un nivel de servicio ofrecido.

7.8 USO ESTRATÉGICO DEL MODELO

La información recopilada y generada en el proyecto aporta directamente a la empresa en uno de sus principales objetivos estratégicos, la Reducción de costos. Esto es debido a que las metodologías planteadas se tienen su foco puesto ahí y estas pueden ser fácilmente extrapoladas a otras áreas, logrando un impacto mayor.

La forma en que impactan dichas metodologías son descritas a continuación:

Proyecciones de consumo:

- Las compras son realizadas según la proyección del consumo, obtenida desde los datos históricos que ha habido de cada insumo, que, si bien existe un error intrínseco de la predicción, es una buena aproximación al consumo que habrá (se puede ajustar según las proyecciones de venta de la empresa). De este modo, se compraría solo lo necesario para la operación, evitando todos costos extras que trae el comprar exceso de insumos, de almacenaje, pérdidas, entre otros.
- Se da uso más eficiente a los espacios en bodega, solo se tendrá lo que es necesario para la producción.
- Al tener claridad de lo que se espera consumir, se puede negociar con mayor y mejor información con los proveedores, alcanzando precios competitivos para la empresa.

Política de inventario:

- Uso eficiente de espacios, ya que se tiene el stock de seguridad mínimo según el nivel de servicio ofrecido. Además, solo se trae lo que es necesario en producción, evitando excesos de productos en las bodegas.
- El lote traído también considera como variable el costo fijo de traer los insumos, buscando tener una combinación que reduzca la cantidad de compras y el uso de bodegas.
- El dinamismo que tiene la política de inventario reduce los insumos obsoletos, ya que se compra según consumo. De todas maneras, hay que realizar rotación de los stocks de seguridad, según la técnica de gestión de carga FIFO (First In First Out).

8. CONCLUSIONES

En las licitaciones pasadas que se practicaron en la empresa Contenedores San Fernando Spa. El proceso de compra de insumos se realizó aleatoriamente utilizando como referencia el año anterior más una variación de un 5 % aproximadamente. En este trabajo se revisaron datos históricos de cada insumo y fue buscada la mejor forma de pronosticar su demanda efectiva, generando una metodología y revisión de los datos, con el fin de bajar el error que provoca todo tipo de ineficiencia a lo largo de la cadena de Abastecimiento.

Toda empresa requiere tener una aproximación de cómo serán sus requerimientos a futuro, ya sea tanto de insumos, servicios como de productos, es así como, para conocer su proyección, se vuelve preponderante saber cómo ha sido su comportamiento histórico, buscado tendencias, estacionalidades o alguna relación que dé luces de cómo debiera ser en adelante, de este modo, haber estudiado cada uno de los insumos estratégicos ha permitido sentar las bases para predecir las necesidades en la siguiente temporada.

Cabe mencionar, que se debe tener presente que los datos obtenidos son solo una proyección, que tiene un porcentaje de error inherente, por lo que nos vemos obligados a tomar los resguardos necesarios para poder disminuir dichos errores y no verse afectado ante fluctuaciones fuera de los márgenes esperados. En cuanto a la correlación de los datos históricos, si su R es mayor o igual 0,85 se procede a su proyección en Oracle Crystal Ball, como fue en el caso de Almidón. De lo contrario con una baja correlación, la proyección utilizada es una línea de tendencia de los datos

históricos, como fue con el Hot Mel. Además, otro dato importante que se obtuvo del estudio de las proyecciones es el MAPE que como norma siempre debe estar en torno al 12% siendo considerado como un error aceptable.

Un modelo, fundamentado de manera correcta, es una nueva herramienta con la que cuenta la empresa para su gestión. En este caso, con el modelo de predicción desarrollado se espera reducir la variabilidad e incertidumbre para las proyecciones del área de abastecimiento, siendo esto un apoyo importante en la mejora de los diferentes procesos operativos del departamento y todo lo que esto conlleva.

Un punto para tener presente es que este modelo no ha sido validado en la práctica, puesto que solo se conocerá si las predicciones han sido certeras una vez que haya terminado la temporada, momento en que se tiene que volver a evaluar lo propuesto para seguir perfeccionándolo.

La creación de una metodología de abastecimiento de insumos estratégicos, donde se entregan lineamientos y parámetros, facilita la operación dentro de las bodegas, puesto que hay una forma clara que indica cómo es el operar. De esta manera, se tiene información útil para dicha gestión. Al tener control sobre la operación, hay menores probabilidades de que se generen quiebres de stock o que artículos se vuelvan obsoletos incluso que no sean usados. Sin lugar a duda que la aplicación de la metodología del lote económico brindara una seguridad para mantener adecuados niveles de servicios en la operación, ya que en este estudio se calculan una serie de parámetros que son fundamentales de conocer y manejar como, por ejemplo:

inventarios de seguridad, puntos de orden, Lead time etc. Esta metodología ayudará a tener más información para la toma de decisión para brindar al cliente interno un mejor nivel de servicio.

Dado el momento en que se ha realizado el estudio, es necesario comenzar a transparentar información sobre los posibles quiebres de stock, duración de artículos en bodega y cantidad de insumos que se volvieron obsoletos, para así poder medir la efectividad de la metodología planteada.

Por otra parte, con este estudio, no se ha podido optimizar la gestión de insumos estratégicos, puesto que solo se sabrá cuando exista la información para evaluarlo. Sin embargo, se han fijado las bases y se ha planteado el camino a seguir para poder alcanzar dicho objetivo.

Proponer modelos y metodologías pueden ser de gran apoyo para la empresa, estos fijan formas de operar y entregan parámetros utilizados para medir y controlar las diferentes variables que se manejan.

Estos modelos y metodologías pueden ser extrapolados y llevados a otras áreas de la empresa, en donde requieran predecir en base a comportamiento históricos y gestionar insumos u otros bienes que sean de su propiedad.

Finalmente, toda mejora que es implementada aproxima un poco más a la empresa a lograr la excelencia operacional, siendo este el objetivo final.

BIBLIOGRAFÍA

Boland, L. C., Fernanda-Stancatti, M. J. G., & Yanina-Banchieri, L. (2007). **Funciones de la administración**. EdiUNS.

Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal (2019). **Norma BRC Packaging versión 5 para envases y embalajes**. Consultado el 25 de septiembre de 2019, disponible vía web en: <https://www.opia.cl/601/w3-article-77109.html>

Oracle (2019). **Oracle® Crystal Ball Reference and Examples Guide: Theil's U**. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBREG/ch06s02s03s04.html

Oracle (2019). **Oracle® Crystal Ball Reference and Examples Guide. Durbin-Watson** Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBREG/ch06s02s03s05.html

Oracle (2019). **Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. RMSE**. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/rmse.htm#CBPPU-pp_user_book_204

Oracle (2019). **Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. MAD**. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/mad.htm#CBPPU-pp_user_book_205

Oracle (2019). **Oracle® Hyperion Planning Predictive Planning in Smart View User's Guide. MAPE**. Consultado el 14 de agosto de 2019, disponible vía web en: https://docs.oracle.com/cd/E57185_01/CBPPU/mape.htm#CBPPU-pp_user_book_206

Riccio, F. (2018). **Oracle Crystal Ball 11.1 - Simulación Monte Carlo**. Consultado el 7 de agosto de 2019, disponible vía web en: <https://www.oracle.com/technetwork/es/articles/oem/oracle-crystal-ball11-1-4434142-esa.html>

Suzuki, T. (2017). **TPM en industrias de proceso**. Routledge.

Universidad de Valencia (2019). **Coeficiente de Pearson**. Consultado el 10 de agosto de 2019, disponible vía web en:
https://www.uv.es/webgid/Descriptiva/31_coeficiente_de_pearson.html

Anexo A – Descripción modelo SARIMA

Procesos Autorregresivos y de Medias Móviles (ARMA).

Definición: A la combinación formada por procesos autorregresivos y de medias móviles se conoce como proceso ARMA. Llamado también proceso mixto, si este contiene **p** términos autorregresivos y **q** términos de medias móviles, se dice que es de orden ARMA (p,q) el cual se lo define de la siguiente manera.

$$\phi(B) \bar{Z}_t = \theta(B) a_t \quad \text{con} \quad \bar{Z}_t = Z_t - \mu$$

donde

$\phi(B)$ y $\theta(B)$ son polinomios de retraso de orden **p** y **q** respectivamente, a_t , es un proceso de ruido blanco, y μ es el nivel del proceso Z_t

Estacionariedad e Invertibilidad.

Como los modelos ARMA solo pueden ser aplicados a series que no muestren tendencia, es bueno considerar el problema de la estacionariedad e invertibilidad.

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

si

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$$

son los polinomios de retraso, entonces

el proceso $\bar{Z}$ es estacionario, si las raíces de la ecuación característica

$$\phi(X) = 1 - \phi_1 X - \phi_2 X^2 - \dots - \phi_p X^p$$

se encuentra fuera del círculo unitario.

El proceso $\bar{Z}$ es invertible, si las raíces de la ecuación característica

$$\theta(X) = 1 - \theta_1 X - \theta_2 X^2 - \dots - \theta_q X^q$$

se encuentran fuera del círculo unitario.

La importancia del proceso ARMA reside en el hecho de que una serie de tiempo estacionaria puede ser a menudo descrita por un modelo **ARMA** que contenga menos parámetros que un proceso **MA** ó **AR** por si solo

Teorema: En un modelo estacionario autorregresivo y de medias móviles ARMA (p,q) de la forma:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \bar{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

con $\bar{Z}_t = Z_t - \mu$

donde μ es el nivel del proceso Z_t y a_t es un proceso de ruido blanco.

La esperanza matemática, la varianza, la función de autocovarianza y la función de autocorrelación son:

$$E(\bar{Z}) = 0$$

$$Y_0 = \phi_1 Y_1 + \phi_2 Y_2 + \dots + \phi_p Y_p + \sigma_a^2 - \theta_1 E(a_{t-1} \bar{Z}_t) - \dots - \theta_q E(a_{t-q} \bar{Z}_t)$$

$$Y_k = \phi_1 E(\bar{Z}_{t-1} \bar{Z}_{t-k}) - \phi_2 E(\bar{Z}_t \bar{Z}_{t-k}) + \dots + \phi_p E(\bar{Z}_{t-p} \bar{Z}_{t-k}) \\ + E(a_t \bar{Z}_{t-k}) - \theta_1 E(a_{t-1} \bar{Z}_{t-k}) - \dots - \theta_q E(a_{t-q} \bar{Z}_{t-k})$$

con $k \geq 0$

Demostración:

Esperanza matemática

$$E(\bar{Z}_t) = E(Z_t - \mu) = E(Z_t) - \mu = \mu - \mu = 0$$

VARIANZA

$$Y_0 = E(\bar{Z}^2) = E((\phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \bar{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}) \bar{Z}_t) \\ = \phi_1 Y_1 + \phi_2 Y_2 + \dots + \phi_p Y_p + \sigma_a^2 - \theta_1 E(a_{t-1} \bar{Z}_t) - \theta_2 E(a_{t-2} \bar{Z}_t) - \dots - \theta_q E(a_{t-q} \bar{Z}_t)$$

donde

$$E(a_{t-i} \bar{Z}_t) = E(a_{t-i-1} \bar{Z}_{t-1}) = \dots \quad \text{para } i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$E(a_{t-1} \bar{Z}_t) = \phi_1 E(\bar{Z}_{t-1} a_{t-1}) + \dots + \theta_1 E(\bar{Z}_{t-1} a_{t-1}) - \theta_1 \sigma_a^2$$

para $i = 1, 2, 3, \dots, \max(p, q)$

$$\text{si } q < p \Rightarrow \theta_{q+1} = \theta_{q+2} = \dots = \theta_p = 0$$

$$\text{si } p < q \Rightarrow \phi_{q+1} = \phi_{q+2} = \dots = \phi_p = 0 \text{ y adem\'as } E(a_t Z_t) = \sigma_a^2$$

$$Y_k = E(\bar{Z}_t \bar{Z}_{t-k}) = E[(\phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \bar{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q}) \bar{Z}_{t-k}]$$

$$= \phi_1 E(\bar{Z}_{t-1} \bar{Z}_{t-k}) + \dots + \phi_p E(\bar{Z}_{t-p} \bar{Z}_{t-k}) + E(a_t \bar{Z}_{t-k}) - \theta_1 E(a_{t-1} \bar{Z}_{t-k}) - \dots$$

$$\dots - \theta_q E(a_{t-q} \bar{Z}_{t-k})$$

donde

$$E(a_{t-i} \bar{Z}_{t-k}) = 0 \text{ si } k > i \text{ por ser independientes}$$

si $k > q$ se tiene que

$$Y_k = \phi_1 Y_{k-1} + \phi_2 Y_{k-2} + \dots + \phi_p Y_{k-p}$$

si $k < q \Rightarrow Y_k$ tendr\'a par\'ametros $\theta_k, \theta_{k+1}, \dots, \theta_q$

Analizando la funci\'on de autocorrelaci\'on ρ_k

$$\rho_k = \frac{Y_k}{Y_0}$$

Si $k > q$ se tiene que:

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \dots + \phi_p \rho_{k-p}$$

Si $k < q$ se tiene que:

$$\rho_k \text{ involucrar\'a a los par\'ametros } \theta_k, \theta_{k+1}, \theta_{k+2}, \dots, \theta_q$$

Entonces podemos concluir que si $q < p$ la función de autocorrelación estará determinada tan solo por la ecuación en diferencia

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \rho_k = 0 \quad \text{si } k > p$$

Sujeta a las p condiciones iniciales dadas por $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_p$

Si $p \leq q$ habrá q autocorrelaciones iniciales $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_p$ que no sigan el comportamiento general de la función de autocorrelación, pero las autocorrelaciones $\rho_{q+1}, \rho_{q+2}, \dots$ se comportarán de acuerdo con la ecuación en diferencia

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p) \rho_k = 0 \quad \text{con } k > q$$

y las p condiciones iniciales $\rho_{q-p+1}, \rho_{q-p+2}, \dots, \rho_q$

Procesos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles ARIMA (p,d,q).-

Como ya se dijo, la mayor parte de las series no son estacionarias. Para ajustar una serie no estacionaria es necesario eliminar la fuerte variación no estacionaria. Si la serie de tiempo observada no es estacionaria en la media, lo cual implica que la serie presenta en su comportamiento una tendencia de tipo polinomial no determinista (no estacionariedad homogénea), entonces podemos tomar las diferencias de las series de tal forma de obtener una serie estacionaria.

Si suponemos que $\bar{Z}_t$ es un proceso original no estacionario, con tendencia polinomial adaptivo de orden d entonces, se puede obtener un nuevo proceso $\omega_t = \nabla_d \bar{Z}_t$ tal que es estacionario el cual da origen a un proceso autorregresivo integrado de medias móviles.

Modelos Puramente Estacionales SARIMA (P,D,Q).-

Los modelos SARIMA captan el comportamiento puramente estacional de una serie, en forma similar, como hemos visto, se realiza para la componente regular o no estacional. Una serie con influencia solamente por la componente estacional puede ser descrito por un modelo SARIMA (P,D,Q), el cual se lo representa de la siguiente manera:

$$\phi_p(B^s) \nabla_s^D (Z_{t-u}) = \theta_Q(B^s) a_t$$

donde la constante μ es el nivel del proceso original Z_t .

$$\phi_p(B^s) = 1 - \phi_s B^s - \phi_{2s} B^{2s} - \dots - \phi_{ps} B^{ps}$$

Es un polinomio autorregresivo estacional de orden P

$$\theta_Q(B^s) = 1 - \theta_s B^s - \theta_{2s} B^{2s} - \dots - \theta_{Qs} B^{Qs}$$

Es un polinomio de promedios móviles estacional de orden Q .

a_t : Es un proceso de ruido blanco.

Como es de esperar en la práctica no siempre se presentan series con componente regular únicamente, o afectadas por la estacionalidad solamente, sino por el contrario, generalmente se presentan series afectadas por ambas componentes, tendencia regular y estacionalidad. En este sentido Box y Jenkins (1970) propone un modelo denominado multiplicativo, el cual puede explicar el comportamiento de una serie afectada por ambas componentes.

Anexo B – Proyecciones de consumo.

1. Cera

Tabla A1 – Proyecciones de consumo de cera mediante la utilización de Oracle Crystal Ball y el método de los mínimos cuadrados para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	m2-10%	Consumo -10%	m2-5%	Consumo -5%	Predicción m2	Predicción Consumo	m2+5%	Consumo +5%	m2+10%	Consumo +10%
01-10-2019	246.272	10.319	261.352	11.011	276.193	11.692	291.034	12.372	306.114	13.064
01-11-2019	238.431	9.959	253.684	10.659	268.696	11.348	283.708	12.036	298.962	12.736
01-12-2019	233.416	9.729	248.914	10.440	264.166	11.140	279.418	11.839	294.916	12.551
01-01-2020	439.676	19.193	455.207	19.905	470.491	20.606	485.776	21.308	501.307	22.020
01-02-2020	697.388	31.017	713.240	31.744	728.840	32.460	744.440	33.176	760.292	33.903
01-03-2020	717.425	31.936	733.284	32.664	748.890	33.380	764.497	34.096	780.355	34.824
01-04-2020	598.108	26.462	614.234	27.202	630.104	27.930	645.975	28.658	662.100	29.398
01-05-2020	612.301	27.113	628.527	27.857	644.495	28.590	660.464	29.323	676.690	30.067
01-06-2020	730.143	32.520	753.429	33.588	776.347	34.640	799.264	35.691	822.550	36.760
01-07-2020	691.596	30.751	714.936	31.822	737.906	32.876	760.876	33.930	784.216	35.001
01-08-2020	372.398	16.106	395.766	17.178	418.764	18.233	441.762	19.288	465.131	20.360
01-09-2020	138.124	5.357	161.515	6.430	184.536	7.486	207.556	8.542	230.948	9.616
TOTAL	5.715.278	250.460	5.934.088	260.500	6.149.429	270.380	6.364.771	280.261	6.583.581	290.300

2. PVA

Tabla A2 – Proyecciones de consumo de PVA mediante la utilización de línea de tendencia para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	-10%	-5%	Predicción consumo	+5%	+10%
01-10-2019	2.236	2.360	2.484	2.609	2.733
01-11-2019	2.223	2.346	2.470	2.593	2.716
01-12-2019	2.210	2.332	2.455	2.578	2.701
01-01-2020	2.196	2.318	2.440	2.562	2.684
01-02-2020	2.183	2.304	2.425	2.547	2.668
01-03-2020	2.170	2.291	2.411	2.532	2.653
01-04-2020	2.157	2.277	2.397	2.516	2.636
01-05-2020	2.144	2.263	2.382	2.501	2.620
01-06-2020	2.131	2.249	2.367	2.486	2.604
01-07-2020	2.118	2.235	2.353	2.471	2.588
01-08-2020	2.104	2.221	2.338	2.455	2.572
01-09-2020	2.091	2.207	2.323	2.439	2.556
TOTAL	25.962	27.404	28.847	30.289	31.731

3. Stretch Manual

Tabla A3 – Proyecciones de consumo de stretch manual mediante la utilización de línea de tendencia para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	-10%	-5%	Predicción consumo	+5%	+10%
01-10-2019	2.867	3.026	3.185	3.344	3.504
01-11-2019	2.877	3.037	3.197	3.357	3.516
01-12-2019	2.887	3.048	3.208	3.368	3.529
01-01-2020	2.898	3.059	3.220	3.381	3.542
01-02-2020	2.908	3.070	3.231	3.393	3.555
01-03-2020	2.918	3.080	3.242	3.404	3.567
01-04-2020	2.929	3.091	3.254	3.417	3.579
01-05-2020	2.939	3.102	3.265	3.429	3.592
01-06-2020	2.949	3.113	3.277	3.441	3.605
01-07-2020	2.959	3.124	3.288	3.453	3.617
01-08-2020	2.970	3.135	3.300	3.465	3.630
01-09-2020	2.980	3.146	3.312	3.477	3.643
TOTAL	35.082	37.031	38.980	40.929	42.878

4. Stretch Automático

Tabla A4 – Proyecciones de consumo de stretch automático mediante la utilización de Oracle Crystal Ball para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	-10%	-5%	Predicción Consumo	+5%	+10%
01-10-2019	2.588	2.650	2.712	2.773	2.835
01-11-2019	2.696	2.759	2.820	2.881	2.944
01-12-2019	1.540	1.603	1.664	1.725	1.788
01-01-2020	2.176	2.238	2.300	2.361	2.423
01-02-2020	1.915	1.977	2.038	2.100	2.162
01-03-2020	2.062	2.124	2.186	2.247	2.309
01-04-2020	2.051	2.113	2.174	2.236	2.298
01-05-2020	1.856	1.918	1.980	2.041	2.104
01-06-2020	1.867	1.944	2.020	2.097	2.174
01-07-2020	1.896	1.975	2.053	2.131	2.210
01-08-2020	1.896	1.975	2.053	2.131	2.210
01-09-2020	1.896	1.975	2.053	2.131	2.210
TOTAL	24.438	25.251	26.052	26.853	27.667

5. Resina

Tabla A5 – Proyecciones de consumo de resina mediante la utilización de Oracle Crystal Ball y el método de los mínimos cuadrados para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	m2-10%	Consumo -10%	m2-5%	Consumo -5%	Predicción m2	Predicción Consumo	m2+5%	Consumo +5%	m2+10%	Consumo +10%
01-10-2019	16.203.750	11.875	16.402.850	12.014	16.598.793	12.151	16.794.736	12.288	16.993.836	12.428
01-11-2019	17.361.958	12.685	17.563.048	12.826	17.760.950	12.964	17.958.853	13.103	18.159.943	13.243
01-12-2019	15.722.436	11.538	15.924.817	11.680	16.123.990	11.819	16.323.163	11.959	16.525.545	12.100
01-01-2020	15.225.238	11.191	15.428.539	11.333	15.628.617	11.473	15.828.695	11.613	16.031.996	11.755
01-02-2020	13.749.149	10.158	13.953.163	10.301	14.153.942	10.441	14.354.720	10.582	14.558.734	10.724
01-03-2020	14.659.166	10.795	14.863.771	10.938	15.065.132	11.079	15.266.493	11.219	15.471.098	11.363
01-04-2020	9.972.191	7.517	10.177.315	7.660	10.379.187	7.801	10.581.059	7.942	10.786.183	8.086
01-05-2020	9.890.622	7.459	10.096.221	7.603	10.298.559	7.745	10.500.898	7.886	10.706.496	8.030
01-06-2020	9.742.064	7.356	9.982.166	7.523	10.218.462	7.689	10.454.758	7.854	10.694.860	8.022
01-07-2020	9.956.882	7.506	10.212.767	7.685	10.464.595	7.861	10.716.423	8.037	10.972.308	8.216
01-08-2020	10.684.116	8.014	10.948.220	8.199	11.208.138	8.381	11.468.055	8.563	11.732.160	8.747
01-09-2020	10.821.569	8.111	11.090.433	8.299	11.355.034	8.484	11.619.636	8.669	11.888.500	8.857
TOTAL	153.989.140	114.205	156.643.310	116.061	159.255.400	117.888	161.867.489	119.715	164.521.659	121.571

6. Zuncho

Tabla A6 – Proyecciones de consumo de zuncho mediante la utilización de línea de tendencia para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	-10%	-5%	Predicción consumo	+5%	+10%
01-10-2019	79	84	88	92	97
01-11-2019	79	84	88	93	97
01-12-2019	80	84	88	93	97
01-01-2020	80	84	89	93	97
01-02-2020	80	84	89	93	98
01-03-2020	80	84	89	93	98
01-04-2020	80	85	89	94	98
01-05-2020	80	85	89	94	98
01-06-2020	81	85	89	94	98
01-07-2020	81	85	90	94	99
01-08-2020	81	85	90	94	99
01-09-2020	81	85	90	94	99
TOTAL	961	1.015	1.068	1.122	1.175

7. Fundas plásticas

Tabla A7 – Proyecciones de consumo de fundas plásticas mediante la utilización de línea de tendencia para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	-10%	-5%	Predicción consumo	+5%	+10%
01-10-2019	6.389	6.744	7.098	7.453	7.808
01-11-2019	6.421	6.777	7.134	7.491	7.848
01-12-2019	6.452	6.810	7.169	7.527	7.886
01-01-2020	6.484	6.844	7.204	7.565	7.925
01-02-2020	6.516	6.878	7.240	7.602	7.964
01-03-2020	6.546	6.910	7.273	7.637	8.001
01-04-2020	6.578	6.944	7.309	7.674	8.040
01-05-2020	6.609	6.976	7.344	7.711	8.078
01-06-2020	6.641	7.010	7.379	7.748	8.117
01-07-2020	6.672	7.043	7.414	7.784	8.155
01-08-2020	6.704	7.077	7.449	7.822	8.194
01-09-2020	6.737	7.111	7.485	7.859	8.234
TOTAL	78.749	83.124	87.499	91.874	96.249

8. Tintas

Tabla A8 – Proyecciones de consumo de tintas mediante la utilización de Oracle Crystal Ball y el método de los mínimos cuadrados para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	m2 -10%	Consumo -10%	m2 -5%	Consumo -5%	Predicción m2	Predicción Consumo	m2 +5%	Consumo +5%	m2 +10%	Consumo +10%
01-10-2019	2.609.497	20.807	2.668.071	21.181	2.725.716	21.549	2.783.361	21.918	2.841.935	22.292
01-11-2019	2.695.872	21.359	2.757.028	21.749	2.817.214	22.134	2.877.400	22.518	2.938.556	22.909
01-12-2019	3.213.278	24.664	3.274.943	25.058	3.335.631	25.445	3.396.319	25.833	3.457.985	26.227
01-01-2020	4.238.945	31.216	4.302.915	31.624	4.365.871	32.026	4.428.827	32.429	4.492.797	32.837
01-02-2020	4.682.833	34.051	4.748.020	34.468	4.812.173	34.877	4.876.327	35.287	4.941.514	35.704
01-03-2020	4.270.217	31.415	4.337.434	31.845	4.403.586	32.267	4.469.737	32.690	4.536.954	33.119
01-04-2020	2.685.176	21.290	2.752.179	21.718	2.818.119	22.140	2.884.060	22.561	2.951.063	22.989
01-05-2020	2.176.588	18.042	2.240.558	18.450	2.303.515	18.852	2.366.471	19.255	2.430.441	19.663
01-06-2020	1.883.257	16.168	1.946.145	16.570	2.008.036	16.965	2.069.927	17.360	2.132.815	17.762
01-07-2020	1.924.611	16.432	1.986.428	16.827	2.047.266	17.216	2.108.104	17.604	2.169.921	17.999
01-08-2020	1.933.391	16.488	1.997.534	16.898	2.060.660	17.301	2.123.786	17.704	2.187.929	18.114
01-09-2020	1.746.799	15.296	1.812.826	15.718	1.877.806	16.133	1.942.786	16.548	2.008.814	16.970
TOTAL	34.060.463	267.228	34.824.081	272.106	35.575.593	276.907	36.327.105	281.707	37.090.724	286.585

9. Pallets

Tabla A9 – Proyecciones de consumo de pallets mediante la utilización de Oracle Crystal Ball y el método de los mínimos cuadrados para el periodo octubre 2019 – septiembre 2020. Fuente: Utilizando Oracle Crystal Ball

Fecha	m2 -10%	Consumo -10%	m2 -5%	Consumo -5%	Predicción m2	Predicción Consumo	m2 +5%	Consumo +5%	m2 +10%	Consumo +10%
01-10-2019	7.779	22.791	7.861	22.998	7.942	23.202	8.023	23.406	8.105	23.613
01-11-2019	8.251	23.981	8.334	24.189	8.415	24.392	8.495	24.596	8.578	24.804
01-12-2019	7.795	22.831	7.877	23.038	7.958	23.242	8.039	23.446	8.121	23.653
01-01-2020	7.311	21.611	7.393	21.819	7.474	22.022	7.555	22.226	7.637	22.434
01-02-2020	6.358	19.210	6.440	19.417	6.521	19.621	6.602	19.825	6.684	20.032
01-03-2020	7.599	22.336	7.681	22.544	7.762	22.748	7.843	22.952	7.925	23.159
01-04-2020	4.926	15.601	5.008	15.808	5.089	16.012	5.170	16.216	5.252	16.423
01-05-2020	4.818	15.328	4.900	15.535	4.981	15.739	5.062	15.943	5.144	16.150
01-06-2020	4.304	14.033	4.401	14.278	4.497	14.519	4.592	14.760	4.690	15.005
01-07-2020	4.997	15.779	5.105	16.053	5.213	16.323	5.320	16.593	5.428	16.867
01-08-2020	5.537	17.142	5.656	17.441	5.773	17.736	5.890	18.031	6.009	18.331
01-09-2020	5.212	16.322	5.331	16.622	5.448	16.917	5.565	17.212	5.684	17.512
TOTAL	74.887	226.966	75.989	229.742	77.073	232.475	78.157	235.207	79.259	237.983

Anexo C – Stock de seguridad, punto de pedido y lote económico de insumos

críticos.

GENERAL

Para el cálculo de stock de seguridad, punto de pedido y lote económico de todos los insumos, se utilizan los siguientes datos, variando para cada uno de ellos la temporada y los datos relacionados al consumo:

- $Z_{90\%} = 1,280$
- $Z_{95\%} = 1,645$
- $Z_{97,5\%} = 1,960$
- $PE_{nacional} = 3$ [día]
- $PE_{importación} = 45$ [día]
- $c = 10\%$

Cabe mencionar que el stock de tintas es gestionado por una empresa externa, por lo que no es abordado en este documento.

Además, se utilizan las siguientes ecuaciones según corresponda:

Stock de seguridad:

- $SS = \sigma_{consumo} * Z * \sqrt{PE}$

OBS: el stock de seguridad se calcula solo con los valores nacionales. En el caso que no exista proveedor nacional, se hace con los valores de importación.

Punto de pedido:

- $PP = Consumo * PE + SS$

OBS: el punto de pedido se calcula para nacionales e importaciones según la existencia de proveedores.

Lote económico:

- $Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{i * c}}$

1. Cera

Temporada

En el consumo de cera, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de enero hasta agosto.
- BAJA: de septiembre hasta diciembre.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 10.666$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 2.295$ [kg]

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	4.317	929
SS (95%)	5.548	1.194
SS (97,5%)	6.611	1.422

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 25.299$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 4.694$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	Nacional		Importación	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	6.847	1.398	54.668	10.638
PP (95%)	8.078	1.663	59.436	11.664
PP (97,5%)	9.140	1.892	63.551	12.550

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ALTA	BAJA
Consumo temporada (D) [kg]	197.102	18.775
Costos fijos (s) [USD]	2497	2497
Precio unitario (i) [USD/kg]	1,94	1,94
Costo almacenamiento (c) [%]	7%	3%
Lote calculado (Q) [kg]	87.240	38.078

2. PVA

Temporada

En el consumo de PVA, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de marzo hasta junio.
- BAJA: de julio hasta febrero.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 1.423$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 795$ [kg]

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	880	492
SS (95%)	1.131	632
SS (97,5%)	1.347	753

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 3.879$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 2.255$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	Nacional	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	1.785	1.018
PP (95%)	2.036	1.158
PP (97,5%)	2.252	1.279

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ALTA	BAJA
Consumo temporada (D) [kg]	15.033	17.335
Costos fijos (s) [USD]	70	70
Precio unitario (i) [USD]	1,29	1,29
Costo almacenamiento (c) [%]	3%	7%
Lote calculado (Q) [kg]	6.996	5.312

3. Stretch Manual

Temporada

No tiene una temporada marcada, su consumo es regular durante el año.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo} = 2.211$ [kg]

	[kg]
SS (90%)	895
SS (95%)	1.150
SS (97,5%)	1.370

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo = 3.537$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	[kg]
PP (90%)	1.249
PP (95%)	1.504
PP (97,5%)	1.724

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ÚNICA
Consumo temporada (D) [kg]	42.834
Costos fijos (s) [USD]	70
Precio unitario (i) [USD]	3,40
Costo almacenamiento (c) [%]	10%
Lote calculado (Q) [kg]	4.200

4. Stretch Automático

Temporada

En el consumo de stretch automático, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de octubre hasta marzo.
- BAJA: de abril hasta septiembre.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 598$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 533$ [kg]

	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	242	216
SS (95%)	311	277
SS (97,5%)	371	330

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 2.411$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 1.669$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	Nacional	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	483	383
PP (95%)	552	444
PP (97,5%)	612	497

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ALTA	BAJA
Consumo temporada (D) [kg]	14.467	9.674
Costos fijos (s) [USD]	70	70
Precio unitario (i) [USD]	3,50	3,50
Costo almacenamiento (c) [%]	5%	5%
Lote calculado (Q) [kg]	3.402	2.782

5. Resina

Temporada

En el consumo de resina, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de octubre hasta marzo.
- BAJA: de abril hasta septiembre.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 2.931$ [kg]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 1.673$ [kg]

	Importación	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]
SS (90%)	4.844	2.764
SS (95%)	6.226	3.553
SS (97,5%)	7.418	4.233

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 10.274$ [kg]
- $Consumo_{baja} = 6.138$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	Importación	
	ALTA [kg]	BAJA [kg]
PP (90%)	21.968	12.994
PP (95%)	23.349	13.782
PP (97,5%)	24.541	14.462

Cálculo de lote económico.

Es traída en contenedores completos, los cuales corresponden a 19.000 [kg].

6. Zuncho

Temporada

En el consumo de zuncho, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de enero hasta junio.
- BAJA: de julio hasta diciembre.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 36$ [rollo]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 23$ [rollo]

	ALTA [rollo]	BAJA [rollo]
SS (90%)	15	9
SS (95%)	19	12
SS (97,5%)	22	14

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 104$ [rollo]
- $Consumo_{baja} = 57$ [rollo]
- SS : datos en tabla anterior.

	Nacional	
	ALTA [rollo]	BAJA [rollo]
PP (90%)	25	15
PP (95%)	29	18
PP (97,5%)	33	20

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ALTA	BAJA
Consumo temporada (D) [rollo]	612	338
Costos fijos (s) [USD]	70	70
Precio unitario (i) [USD/rollo]	32,00	32,00
Costo almacenamiento (c) [%]	5%	5%
Lote calculado (Q) [rollo]	231	172

7. Fundas plásticas

Temporada

No tiene una temporada marcada, su consumo es regular durante el año.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo} = 1.782$ [UN]

	[UN]
SS (90%)	1.102
SS (95%)	1.416
SS (97,5%)	1.687

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo = 5.927$ [kg]
- SS : datos en tabla anterior.

	[UN]
PP (90%)	2.485
PP (95%)	2.799
PP (97,5%)	3.070

Cálculo de lote económico.

TEMPORADA	ÚNICA
Consumo temporada (D) [UN]	69.495
Costos fijos (s) [USD]	70
Precio unitario (i) [USD/UN]	3,35
Costo almacenamiento (c) [%]	10%
Lote calculado (Q) [UN]	5.389

8. Pallets

Temporada

En el consumo de pallets, las temporadas se distribuyen de la siguiente manera:

- ALTA: de octubre hasta marzo.
- BAJA: de abril hasta septiembre.

Cálculo stock de seguridad.

Datos:

- $\sigma_{consumo\ alta} = 5.018$ [pallet]
- $\sigma_{consumo\ baja} = 3.586$ [pallet]

	ALTA [pallet]	BAJA [pallet]
SS (90%)	2.031	1.451
SS (95%)	2.610	1.865
SS (97,5%)	3.110	2.222

Cálculo punto de pedido.

Datos:

- $Consumo_{alta} = 23.357$ [pallet]
- $Consumo_{baja} = 14.685$ [pallet]
- SS : datos en tabla anterior.

	Nacional	
	ALTA [pallet]	BAJA [pallet]
PP (90%)	4.367	3.787
PP (95%)	4.946	4.201
PP (97,5%)	5.446	4.558

Cálculo de lote económico.

Existe una gran variabilidad de tipos de pallets, por lo que no fue posible realizar el cálculo del lote para cada uno de ellos. Su temporalidad varía según el tipo de cajas producidas y la distribución que se realiza en los pallets para su despacho.

Cabe mencionar que diariamente se hace seguimiento de necesidades de pallets para los siguientes 15 días.