



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Desarrollo de un modelo de
simulación para analizar variaciones
en la demanda y controlar inventarios**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

GERARDO ALANIS RUFINO

ASESOR:

DR. RICARDO MOISÉS GONZÁLEZ REZA

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

ATN: DRA. MARIA DEL CARMEN VALDERAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: Tesis y examen profesional

Desarrollo de un modelo de simulación para analizar variaciones en la demanda y controlar inventarios.

Que presenta el pasante: **Gerardo Alanis Rufino**
Con número de cuenta: 079534943 para obtener el título de: Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de Septiembre de 2023.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María de los Ángeles Cornejo Villegas	
VOCAL	Dra. Carolina Moreno Ramos	
SECRETARIO	Dr. Ricardo Moisés González Reza	
1er. SUPLENTE	M. en I. Janeli Solís Garfías	
2do. SUPLENTE	I.A. Virginia Andrade Gallardo	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*

Dedicatorias

... al Rey de los siglos, inmortal, invisible, al único y sabio Dios, sea honor y gloria por los siglos de los siglos

1ª. Timoteo 1:17

"Y como Moisés levantó la serpiente en el desierto, así es necesario que el Hijo del Hombre sea levantado, para que todo aquel que cree en él no se pierda, más tenga vida eterna. Porque de tal manera amó Dios al mundo, que ha dado a su Hijo unigénito, para que todo aquel que en él cree, no se pierda, más tenga vida eterna. Porque Dios no envió a su Hijo al mundo para condenar al mundo, sino para que el mundo sea salvo por él."

Juan 3: 14-17

A mi amada Esposita:

Mi tesoro especial que Dios me ha permitido ser tu compañero de toda la vida (Proverbios 18:22), pues al obedecerle puedo ver la sabiduría de su plan para amarte desinteresadamente y sin ninguna condición. Aunque estoy consciente de las pruebas que tendremos en el camino, siempre te amaré y juntos daremos gracias a Dios. Y a través de todo estaré contigo y nuestro hogar será un refugio de amor incondicional.

A mis amados hijos:

Doy gracias a Dios por el privilegio de ser su papá, de cuidarlos y educarlos siempre, pues al igual que el arquero mencionado en el Salmo 127:4, me lleno de alegría por verlos crecer y esforzarse por lograr sus metas y por agradar a Dios con sus vidas.

"No tengo yo mayor gozo que este, el oír que mis hijos andan en la verdad."

3^a. Juan 1:4

A la memoria de mis padres:

Por su amor, ejemplo, apoyo y dedicación que siempre me dieron y todos sus recuerdos los guardo en mi corazón, con mucho amor.

A mis queridas hermanas:

Doy gracias a Dios porque un día escuchamos en nuestros corazones su Palabra y aceptamos la salvación que nos ofrecía y empezamos a conocerle. Grandes son las bendiciones que en estos años hemos recibido.

“Estoy convencido de esto: el que comenzó tan buena obra en ustedes la irá perfeccionando hasta el día de Cristo Jesús”

Filipenses 1:6

Me siento muy orgulloso por ustedes, de cada uno de sus logros que han alcanzado, las admiro por su fortaleza y tenacidad.

A los nuevos integrantes de mi familia:

"En todo tiempo ama el amigo, y es como un hermano en tiempo de angustia."

Proverbios 17:17

Agradezco a Dios por sus vidas y por la bendiciones que me han dado en: su apoyo, cuidado e interés.

Agradecimiento especial para: Adolfo Gracia

A quien le agradezco todo el apoyo que me proporcionó para realizar este trabajo, además del impulso y motivación para elaborarlo. Muchas gracias por permitirme ser parte de tu equipo de trabajo y por tu ejemplo y liderazgo con el cual nos compartiste la pasión para: “hacer siempre bien las cosas”.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE CUADROS	12
CAPÍTULO I. FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO	13
1.1 Definición de conceptos.....	13
1.2 Evolución histórica del concepto.....	15
1.3 Aspectos de Competitividad	18
1.4 Diseño, planeación y operación de la cadena de suministro	21
1.5 Amplitud del concepto.....	24
1.6 Planeación de la demanda	28
1.7 Administración de inventarios	39
1.8 Reducción en el tiempo de entrega	46
1.9 Liderazgo del Ingeniero en Alimentos	55
1.10 Propuesta de Mejora.....	57
1.10.1 Justificación de la propuesta.....	57
1.10.2 Problemática analizada	58
1.10.3 Características de las mejoras propuestas	60
1.10.4 Objetivos.....	61
CAPITULO II. LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ...	62
2.1 Características de la cadena de suministro en la industria alimentaria	63
2.2 Categorización de los principales ingredientes utilizados	66

2.3	Desarrollo de los proveedores seleccionados	67
2.4	Antecedentes históricos de la industria de alimentos.....	68
2.5	Perspectivas para el futuro próximo	69
2.6	Particularidades relevantes de la industria de alimentos	70
2.6.1	Características de la industria láctea	75
2.6.2	La industria de aditivos químicos	81
2.6.3	Características de la industria del envase y embalaje.....	83
2.6.4	Industria de especias, hierbas y sazónadores	84
2.7	Conceptos básicos de los modelos de simulación	89
2.8	Modelos de simulación para el abasto de materiales.....	90
2.9	Características del modelo de simulación	91
2.10	Procedimiento para el diseño de modelos de simulación.....	92
2.11	Recomendaciones para la selección del software.....	93
2.12	Uso de hojas de cálculo en los modelos de simulación	94
CAPITULO III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....		95
3.1	Estudio de Caso.....	95
3.2	Características del proceso de planeación.....	96
3.2.1	Particularidades	96
3.2.2	Proceso de conciliación de inventarios y consumos	98
3.3	Proceso de planeación	99
3.3.1	Generación de órdenes de compra	104
3.3.2	Proceso de Importación	105
3.4	Cuantificación de los recursos empleados.....	106
3.5	Limitaciones para resolver	108

3.5.1	Dos sistemas en el proceso de manufactura	108
3.5.2	Conciliación de sistemas	108
3.5.3	Proceso de planeación	109
3.5.4	Soluciones identificadas	111
3.6	Estrategia desarrollada	113
3.6.1	Proceso de conciliación de inventarios y consumos.....	114
3.6.2	Proceso de planeación de materiales	116
3.6.3	Desarrollo del Modelo de Simulación	120
3.7	Resultados obtenidos.....	126
3.7.1	Proceso de conciliación de inventarios.....	126
3.7.2	Pronóstico de la demanda.....	127
3.7.3	Planeación y Suministro de Materiales	128
3.7.4	Principales características del modelo desarrollado	132
3.8	Conclusiones	133
3.9	Próximas mejoras en el proceso desarrollado.....	135
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CADENA DE SUMINISTRO EN SU CONCEPCIÓN MÁS GENERAL.....	13
FIGURA 2. LA CADENA DE SUMINISTRO, ESQUEMA AMPLIADO.....	14
FIGURA 3. RETORNO DE INVERSIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO	19
FIGURA 4. VENTAS ANUALES DE WALMART 1970 A 2020	24
FIGURA 5. RESUMEN ESQUEMÁTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO ..	26
FIGURA 6. BRECHA DEL TIEMPO DE ENTREGA LOGÍSTICO	27
FIGURA 7. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS.....	30
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DEL OBJETIVO DE VENTA	32
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN LINEAL DEL CRECIMIENTO ESTIMADO	33
FIGURA 10. INVENTARIOS Y VARIACIONES EN LA DEMANDA	35
FIGURA 11. INDICADORES DE VARIACIÓN INVENTARIOS/CONSUMOS.....	36
FIGURA 12. COMPARATIVO DE LOS MODELOS DE PROYECCIÓN.....	37
FIGURA 13. AJUSTE ESTACIONAL DEL MODELO POLINOMIAL.	38
FIGURA 14. MODELO POLINOMIAL CON AJUSTE ESTACIONAL.....	39
FIGURA 15. MODELO IDEAL DE INVENTARIOS.....	40
FIGURA 16. MODELO CON SUMINISTRO CADA 2 PERIODOS	41
FIGURA 17. MODELO CON VARIACIÓN DEMANDA Y MÍNIMO DE COMPRA.....	42
FIGURA 18. MODELO CON VARIACIÓN EN LA DEMANDA Y SUMINISTRO CADA 2 PERÍODOS	43
FIGURA 19. PRECIO DE MERCADO DEL MAÍZ (USA) 2000 - 2023.....	45
FIGURA 20. FACTORES QUE DETERMINAN EL FLUJO DE MATERIALES	46
FIGURA 21. MODELO COLABORATIVO CPFR.....	51
FIGURA 22. IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN MÉXICO	77
FIGURA 23. EXPORTACIONES DE PRODUCTOS LÁCTEOS DE EE. UU. EN 2015.....	78
FIGURA 24. PRODUCTOS LÁCTEOS ELABORADOS POR LOS ESTADOS UNIDOS	80
FIGURA 25. PROCESO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA Y FINANCIERO.	97
FIGURA 26. PROCESO DE VERIFICACIÓN DE INVENTARIOS.....	98
FIGURA 27. PROCESO DE CONCILIACIÓN DE INVENTARIOS Y CONSUMOS.....	99
FIGURA 28. PROCESO DE PLANEACIÓN	100
FIGURA 29. MODELO DE PLANEACIÓN	102
FIGURA 30. REPRESENTACIÓN DEL MODELO DE PLANEACIÓN.....	103

FIGURA 31. FLUJO DE INFORMACIÓN DEL PROCESO DE COMPRAS.....	104
FIGURA 32. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE IMPORTACIÓN.	106
FIGURA 33. GRÁFICA DEL PERFIL DE LA OPERACIÓN ADMINISTRADA DURANTE 2019.....	107
FIGURA 34. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PLANTILLAS.....	109
FIGURA 35. GRÁFICA DEL CONSUMO DIARIO ACUMULADOS DE PAPEL	110
FIGURA 36. GRÁFICA ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	112
FIGURA 37. PROCESO DESARROLLADO PARA IMPLEMENTAR LAS PROPUESTAS DE MEJORA	113
FIGURA 38. PROCESO PARA LA INTEGRACIÓN Y CONSULTA DE LA INFORMACIÓN	115
FIGURA 39. MEJORA DEL PROCESO DE PLANEACIÓN.....	117
FIGURA 40. REPORTE DE PLANEACIÓN CON HORIZONTE DE 3 MESES	118
FIGURA 41. PROCESO DE SIMULACIÓN.....	122
FIGURA 42. CONSUMO MENSUAL DE PAPEL 2017 AL 2020	123
FIGURA 43. AJUSTES DE LAS ESTIMACIONES DEL CONSUMO PARA EL AÑO 2020	125
FIGURA 44. REDUCCIONES DE TIEMPO EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO.....	127
FIGURA 45. ERROR DE PRONÓSTICO 2019 Y 2020	128
FIGURA 46. EL RESIDUO EN LA REGRESIÓN LINEAL	129
FIGURA 47. NIVEL DE INVENTARIOS 2020.....	131
FIGURA 48. NIVEL DE SERVICIO AL CLIENTE	132

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. EVOLUCIÓN DE LOS CONCEPTOS DE LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO	17
CUADRO 2. OPTIMIZACIÓN DE COSTOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO	20
CUADRO 3. MÉTODOS PARA PRONOSTICAR LA DEMANDA.....	31
CUADRO 4. REMANENTES DE LA CANTIDAD CONTRATADA POR AÑO	36
CUADRO 5. PRINCIPALES VARIABLES QUE DETERMINAN EL NIVEL DE INVENTARIO.	44
CUADRO 6. ACCIONES PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO	48
CUADRO 7. ACCIONES PARA REDUCIR EL TIEMPO DE ENTREGA,	49
CUADRO 8. REDUCCIÓN EN EL TIEMPO DE ENTREGA.....	53
CUADRO 9. PRINCIPALES PRODUCTOS ALIMENTICIOS EXPORTADOS A MÉXICO DE EE. UU.....	64
CUADRO 10. SISTEMA DE CATEGORÍAS DE ALIMENTOS	67
CUADRO 11. CATEGORIZACIÓN DE LOS ADITIVOS QUÍMICOS.....	71
CUADRO 12. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE ESPECIAS	86
CUADRO 13. TOTAL DE MATERIALES ADQUIRIDOS POR CATEGORÍA 2016 A 2019.....	96
CUADRO 14. MODELO DE PLANEACIÓN.	101
CUADRO 15. MODELO DE PLANEACIÓN CON VARIACIONES EN EL CONSUMO SEMANAL.....	103
CUADRO 16. PERFIL DE LA OPERACIÓN ADMINISTRADA DURANTE 2019.....	107
CUADRO 17. CATEGORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	111
CUADRO 18. ANÁLISIS FODA DEL CASO ANALIZADO.	112
CUADRO 19. TENDENCIA ANUAL DEL CONSUMO DE PAPEL.....	123

CAPÍTULO I. FUNCIONAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

1.1 Definición de conceptos

Al mencionar el término "Cadena de Suministro", hacemos uso de un sentido figurado basado en dos elementos lingüísticos para aludir a la unión de tres entidades esenciales en cualquier proceso productivo: los proveedores de materia prima, el proceso de transformación y los clientes o consumidores del producto final. Según la Real Academia Española (2023), el término 'cadena' proviene del latín *catēna*, que se define como 'serie de muchos eslabones enlazados entre sí, normalmente metálicos, que sirve principalmente para atar, sujetar o adornar'.

En sentido figurado el término de Cadena de Suministro es utilizado para identificar en su forma más general, al sistema formado por los proveedores de materia prima, quienes suministran los materiales necesarios a un proceso de manufactura, para elaborar los productos, los cuales son enviados a los clientes, este sistema considera a cada entidad como eslabones, los cuales están unidos en forma consecutiva para formar una cadena, cuyo objetivo es coordinar el flujo de materias primas para ser transformadas en el producto esperado por el cliente, este proceso se ilustra en la Figura 1.

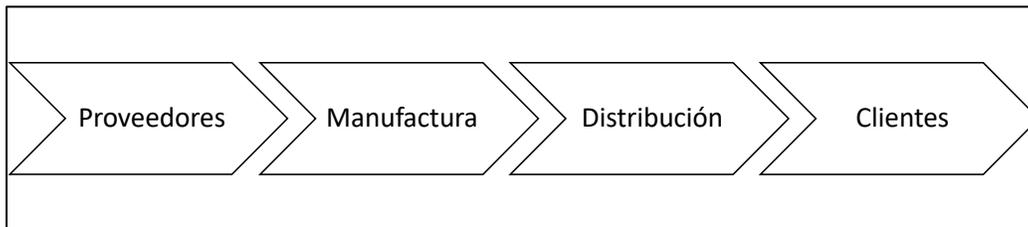


Figura 1. Cadena de Suministro en su concepción más general

Tomado de Render, (1996).

Como lo indica Render (1996), “una cadena de suministro incluye a proveedores, fabricantes y proveedores de servicios, distribuidores, mayoristas y minoristas que

ofrecen el producto o servicio al cliente final.” El objetivo de la administración de la cadena de suministro es coordinar las actividades dentro del sistema para incrementar al máximo su ventaja competitiva y los beneficios para el consumidor final.”

Render amplia el concepto de Cadena de Suministro como un sistema en el cual fluyen productos desde los proveedores de materias primas hacia los clientes; y este flujo está determinado por la información que surge desde los clientes hacia los proveedores, este sistema es mostrado en la Figura 2, en la cual se puede identificar que dentro de este sistema, se encuentra el concepto de “Logística”, el cual es la actividad de convertir las materias primas en productos terminados y poner al alcance de los clientes los productos elaborados.

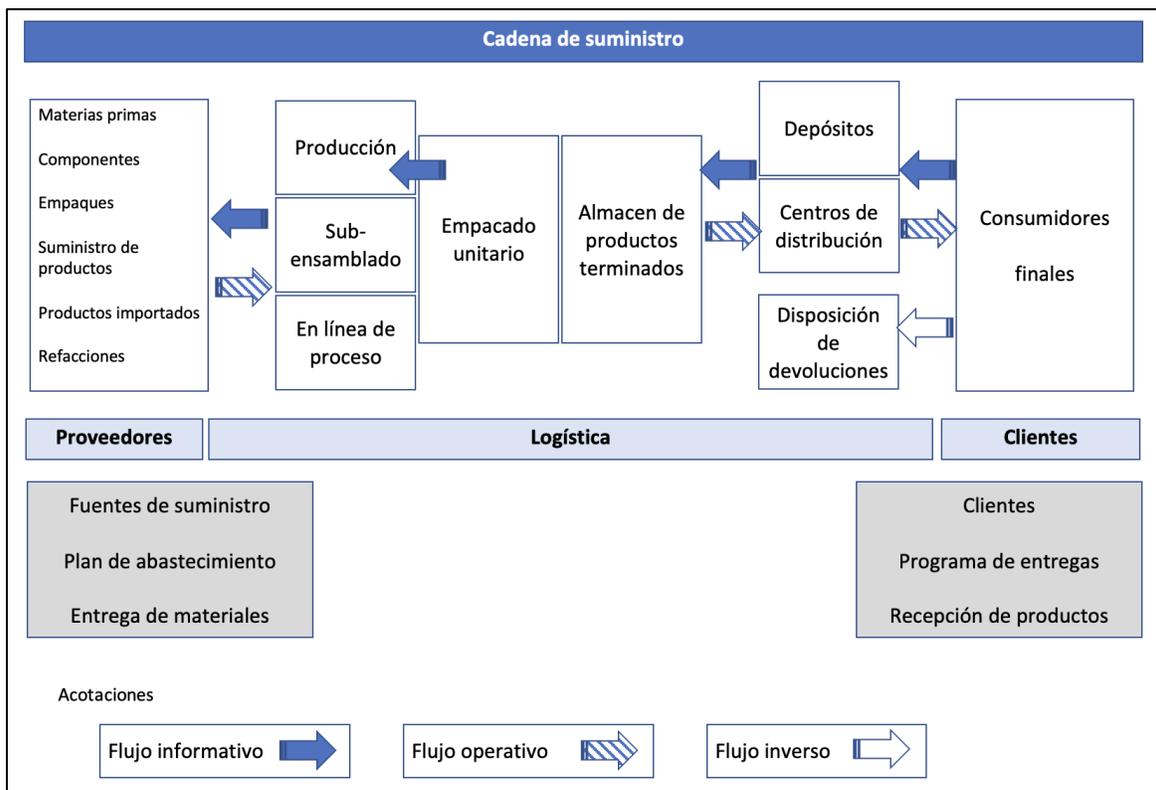


Figura 2. La Cadena de Suministro, esquema ampliado

Adaptado de Rushton, (2022).

La logística, esencial en la cadena de suministro, tiene diversas definiciones que se enfocan en su núcleo funcional y su impacto en la satisfacción del cliente.

Chopra, et al (2008), define la logística como “la transferencia eficiente de bienes desde la fuente de suministro, pasando por el lugar de fabricación, hasta el punto de consumo de manera que se maximice la rentabilidad mientras se mantiene un servicio de calidad al cliente.”

Por otro lado, Sánchez (2014) amplía esta definición al señalar que la logística es “la parte del proceso de la cadena de suministros encargada de planificar, implementar y controlar de manera eficiente y efectiva el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada. Esta gestión abarca desde el punto de origen hasta el punto de consumo, todo con el objetivo principal de satisfacer las necesidades de los clientes.”

Estas definiciones resaltan la importancia de mover productos eficientemente y de satisfacer las expectativas del cliente en todo el proceso logístico.

1.2 Evolución histórica del concepto

Es notable cómo la actividad de distribución de productos ha ganado relevancia a lo largo del tiempo, esta transformación se debió a la integración de actividades como transporte, almacenamiento y embalaje en el sistema, con el objetivo de minimizar los costos operativos y optimizar la distribución. La teoría de sistemas fue clave, ya que permitió el análisis del flujo de materias primas y productos finales hasta su llegada al cliente.

Durante la década de los noventa, el término "Logística" se empezó a usar para denotar la gestión de adquisición de materias primas y la distribución física de los productos hasta su entrega al consumidor. Esta transición llevó al surgimiento de empresas especializadas en distribución, optimizando así los niveles de inventarios en almacenes.

La eficacia de estas adaptaciones se vio reforzada con el desarrollo de sistemas informáticos capaces de gestionar grandes cantidades de información.

Posteriormente, el término "cadena de suministro" ganó relevancia al reconocer la importancia de las actividades externas que inciden en la logística. Esto llevó a incorporar al sistema aspectos como la adquisición de materiales, las fuentes proveedoras, la disponibilidad anual, los métodos de empaque y conservación, así como la transportación.

Además, se consideró la información proporcionada por los clientes respecto a sus demandas y las expectativas del servicio deseado. Reforzando esta perspectiva, Parkhi et al. (2015) apuntan que la amplitud del concepto de cadena de suministro ha venido en crecimiento y, de cara al futuro, se prevé una expansión aún más amplia. Hoy en día, abarca no solo la logística, sino también las operaciones y la distribución física.

Este es un breve bosquejo de la evolución del concepto de cadena de suministro a lo largo de los últimos 70 años, los eventos indicados por Rushton nos dan una idea cronológica de cómo ocurrieron, sin embargo, esta sucesión de hechos no ocurrió al mismo tiempo para todas las industrias y en todos los países. Los antecedentes que dieron origen a la cadena de suministro son expuestos por Rushton, (2022).

En el Cuadro 1, se detallan las principales características de la evolución de los conceptos de logística y cadena de suministro.

Cuadro 1. Evolución de los conceptos de Logística y Cadena de Suministro
Adaptado de Rushton, (2010).

1950 a 1960
<ul style="list-style-type: none"> * Inicia el desarrollo del concepto de Distribución Física. * Se integran las actividades de transporte, almacenamiento y el embalaje. * La distribución se analiza desde la perspectiva de costo total. * La distribución se diseña de acuerdo con el flujo del producto hasta el cliente.
1960 a 1970
<ul style="list-style-type: none"> * La distribución toma importancia en las estructuras operativas de las empresas. * El control de la cadena de distribución mejora ante los cambios implementados. * Los minoristas desarrollan estructuras de distribución. * Se instalan centros de distribución regionales y locales para las tiendas.
1970 a 1980
<ul style="list-style-type: none"> * Inicia la planificación a largo plazo para avanzar en la reducción de costos. * Se promueve la distribución centralizada y la reducción de niveles de inventario. * Con el uso de ordenadores se mejoran la operación. * Se transfiere la distribución a las empresas especializadas en este servicio. * Se destaca la importancia de los sistemas logísticos integrados
1980 a 1990
<ul style="list-style-type: none"> * El avance de la tecnología de la información, mejora la distribución. * Logística, incluye desde el suministro de materiales, hasta la distribución. * Se mejora el servicio al cliente y los costos asociados. * La informática contribuye a la efectividad de la logística.
1990 a 2000
<ul style="list-style-type: none"> * Se identifica al proceso como cadena de suministro al incluirse las funciones externas de la organización.
2000 a 2010
<ul style="list-style-type: none"> * La competencia entre empresas generó la reingeniería de los sistemas de distribución, La logística y la cadena de suministro se reconocen como áreas claves.

1.3 Aspectos de Competitividad

El término de cadena de suministro es ubicado por Chopra, et al (2008), como algo más complejo que un solo producto moviéndose a lo largo de la cadena hasta llegar al cliente, esto es sólo en parte pues debemos de visualizar que existen un grupo de proveedores de materias primas y servicios, que proporcionan al proceso productivo de lo necesario para la elaboración de productos y estos, puedan llegar hasta el consumidor final, a través de varios distribuidores, por esta razón Chopra indica que el término más apropiado sería el referirnos a este sistema como “red de suministro”. A fin de no causar confusión en la exposición del tema, este trabajo mantendrá el término de cadena de suministro, para indicar el flujo de información, recursos y materiales que en ambos sentidos circulan a lo largo de la cadena de suministro.

El objetivo de toda cadena de suministro es maximizar el valor total que se genera en la administración y funcionamiento de la cadena, Chopra destaca a los clientes, como la única fuente de ingresos que genera un flujo positivo en la cadena, la rentabilidad de la cadena es por consecuencia, la diferencia entre el valor total generado en la cadena y el costo total incurrido en producir y entregar los productos a los clientes.

La competencia en el mercado entre empresas se centra en cómo operan y gestionan sus cadenas de suministro. Específicamente en el sector de producción de alimentos, Pascual y Gómez-Cuétara (2012) citan a Ricardo Martí Fluxá en el prólogo de su obra, quien subraya la creciente relevancia de la gestión de factores medioambientales para la sostenibilidad y competitividad de la industria alimentaria.

Además de lo mencionado, la información que proporcionan los consumidores es valiosa para desarrollar productos exitosos y, junto con la innovación tecnológica a lo largo de la cadena de suministro, se promueve la eficiencia y eficacia de la producción, el resultado es la reducción de costos y la aportación de mejoras en el producto, para obtener la preferencia de los consumidores, concluye Rushton.

En la Figura 3 se ilustra los conceptos que integran a la rentabilidad del sistema o también conocido como el retorno de la inversión de la cadena de suministro, este se obtiene como el cociente que resulta de dividir las ganancias obtenidas entre el capital invertido. El detalle de los conceptos que integran cada uno de los elementos a considerar en el balance se detallan en la Figura 3.

En forma muy resumida, la rentabilidad de la cadena de suministro es sintetizada por Rushton, (2022) como: “...la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste.”

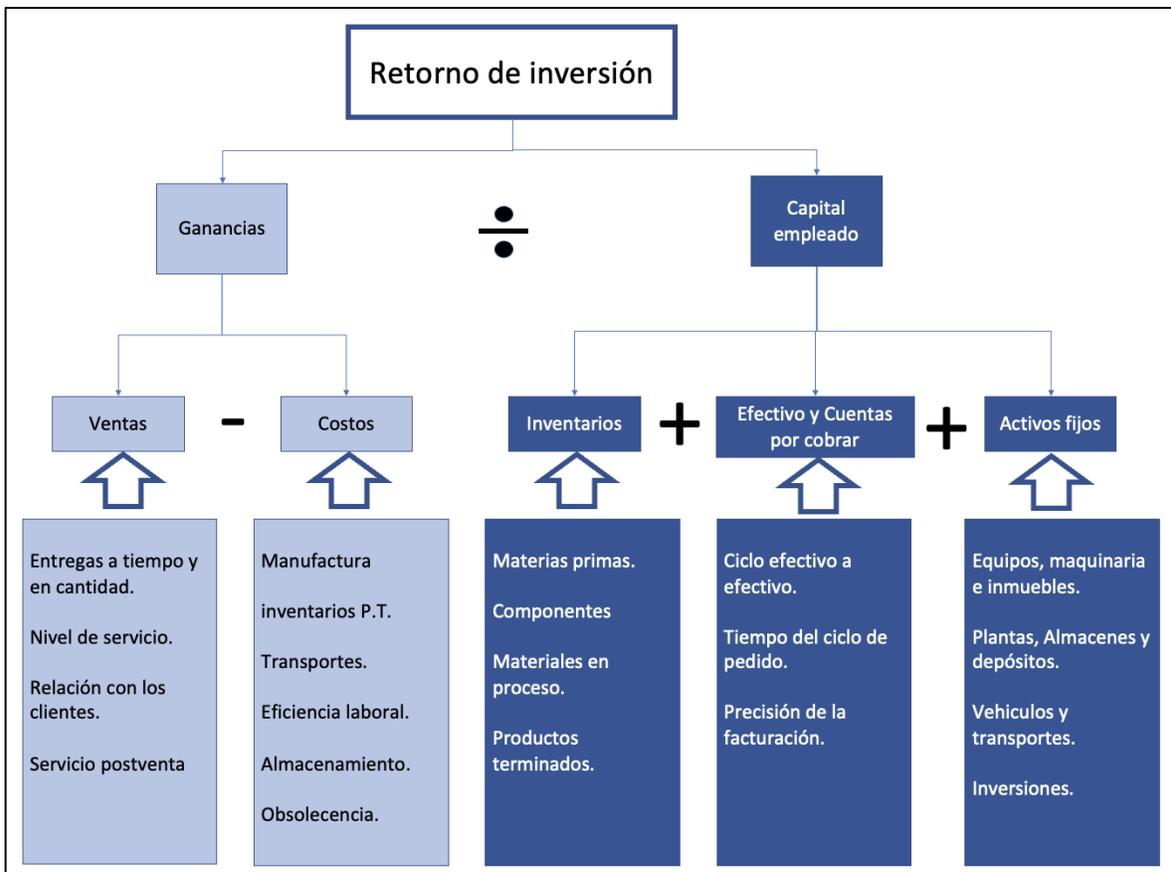


Figura 3. Retorno de Inversión de la cadena de suministro

Tomado de Rushton, (2022).

Complementando lo indicado por Rushton, en el Cuadro 2 se ilustra algunas de las oportunidades con las cuales se pueden reducir costos a lo largo de la cadena de

suministro para mejorar el indicador, toda reducción que se logre realizar impactará directamente a la rentabilidad de la cadena de suministro.

Cuadro 2. Optimización de costos en la cadena de suministro
(elaboración propia)

Eslabón de la cadena	Oportunidades de optimización
Mercadotecnia	Costo de las consultas de mercado
	Asesorías para el diagnóstico de mercados
	Adquisición de las publicaciones especializadas
	Investigación y experimentación
Diseño de productos	Identificación y selección de proveedores
	Investigación de tendencias de mercado
	Desarrollo de proveedores alternos
	Diseño de empaques y embalajes
	Estudios de proceso y formulación
	Implementación de innovaciones
	Negociación de contratos de suministro
	Información de indicadores de mercado
Adquisiciones	Mejora continua en el desempeño de proveedores
	Reducción de mínimos de compra
	Tarifas de embarques
	Costos de manufactura, Personal y tiempo extra
	Control y reducción de Inventarios y existencias
Logística	Reducción de mermas y obsolescencia de inventarios
	Costo de la red de distribución
	Cumplimiento de las entregas confirmadas al cliente
	Eficiencia del cobro de facturas
	Red de almacenes y canales de distribución

1.4 Diseño, planeación y operación de la cadena de suministro

El diseño, la planeación y la operación de una cadena de suministro tienen un fuerte impacto en la rentabilidad y en el éxito. Por la relevancia del desempeño alcanzado, Rushton cita los casos de Walmart y Dell cuya eficiencia con que opera sus cadenas de suministro, son atribuibles al diseño y planeación con las cuales fueron establecidas.

Chopra, et al, (2008) identifica tres fases principales en donde se toman las decisiones más importantes y las cuales definen el rumbo que tendrá la empresa en los siguientes años, si bien el objetivo fundamental de cada fase es incrementar el superávit de la cadena de suministro, en cada una de ellas se toman decisiones que cubren diferentes horizontes de planeación.

a) Estrategia o diseño de la cadena de suministro.

A partir de confirmar las características del producto, el precio y las cantidades que los clientes están dispuestos a adquirir, en esta etapa se decide la configuración de la cadena, definiéndose la forma en que serán distribuidos los recursos y los procesos a realizar en cada etapa. La estrategia con la cual estas decisiones son tomadas, definen a cada uno de los procesos requeridos por el sistema, identificando cuales de ellos serán subcontratados y cuáles serán realizados internamente en la cadena de suministro. Se decide en donde se ubicará la producción de los productos y las capacidades de producción, de igual manera los almacenes, los medios de transporte disponibles, las diferentes rutas de envío y el tipo de sistema de información que se utilizará, estas decisiones cubren el largo plazo en donde operará la empresa.

b) Planeación de la cadena de suministro.

En esta etapa se define los mercados que serán abastecidos y las ubicaciones de los almacenes desde los cuales será realizada la distribución de productos. Las políticas de inventario que se seguirán y los márgenes en que podrán operar las promociones y los precios de los productos. La planeación se realiza considerando las restricciones definidas

en la etapa de diseño, así como las incertidumbres que enfrentará en su operación, las fluctuaciones del tipo de cambio y la competencia en el mercado. El período que cubre la planeación es regularmente de un año para la demanda de los diferentes mercados que atenderá. Como resultado de la fase de planeación se establecen las políticas de operación sobre las cuales funcionará la cadena de suministro en el corto plazo.

En esta etapa Chopra, et al, (2008) identifica en la página 15 de su obra, tres procesos macros sobre los cuales depende el éxito del funcionamiento de la cadena de suministro, cada uno de los procesos está enfocado en atender los requerimientos del cliente y dependiendo de la integración con que operen los procesos, será el valor agregado que aporten al funcionamiento del sistema, los procesos señalados son:

- **Administración de la relación con el cliente (ARC)**. El proceso centra su funcionamiento en la interacción de la compañía con sus clientes, el resultado de esta asociación es aportar la información necesaria para elaborar el pronóstico de la demanda por atender y así facilitar la generación y seguimiento de pedidos.
- **Administración de la cadena de suministro interna (ACSI)**. Son todos los procesos internos de la empresa para producir y entregar el producto solicitado por el cliente, su responsabilidad principal es utilizar todos los recursos en forma óptima, para elaborar los productos dentro del rango óptimo de operación.
- **Administración de la relación con el proveedor (ARP)**. Son todos los procesos enfocados en la interacción de la compañía con sus proveedores, los esfuerzos invertidos apuntan a conseguir y administrar las fuentes de suministro de las materias primas y servicios requeridos. En el proceso se incluye la evaluación y la selección de proveedores, negociación de los términos del suministro y la comunicación respecto al desarrollo de nuevos productos, la mejora continua de los productos elaborados y la optimización en el flujo de las materias primas requeridas.

c) Operación de la cadena de suministro.

En esta etapa del proceso la configuración de la cadena de suministro y las políticas de planeación fueron ya establecidas en las etapas previas, así como el horizonte de operación en el cual se desempeñará la cadena de suministro, este puede ser diario o semanal y el tipo de decisiones que son tomadas, atienden a el cumplimiento de cada pedido de los clientes.

Durante esta fase, las compañías distribuyen el inventario o la producción entre cada uno de los pedidos, establecen una fecha en que debe completarse el pedido, generan listas de surtido en el almacén, asignan un pedido a un modo particular de transporte y de envío, establecen los itinerarios de entrega de los camiones y colocan órdenes de reabastecimiento. Debido a que las decisiones de operación se toman a corto plazo (minutos, horas, días) hay menos incertidumbre acerca de la información de la demanda. Dadas las restricciones establecidas por la configuración y las políticas de planeación, la meta durante esta fase es explotar la reducción de la incertidumbre y optimizar el desempeño.

Chopra, et al, (2008) expone como caso de éxito a Walmart quién diseñó su cadena de suministro con grupos de tiendas alrededor de centros de distribución, con el objeto de facilitar el reabastecimiento frecuente de sus tiendas de manera rentable. Esto permite a las tiendas igualar la oferta y la demanda con mayor eficacia que la competencia. Walmart ha sido el líder en compartir la información con los proveedores y en colaborar con ellos para disminuir los costos y mejorar la disponibilidad de los productos. En 1980 los resultados de su operación alcanzaban ventas anuales de sólo mil millones de dólares y en su informe anual de 2004, la compañía declaró ventas de cerca de 250 mil millones de dólares.

Para contrastar las cifras referidas por Chopra, et al, (2008) se muestra en la Figura 4, el reporte histórico de las ventas de Walmart del año 1970 a 2020.

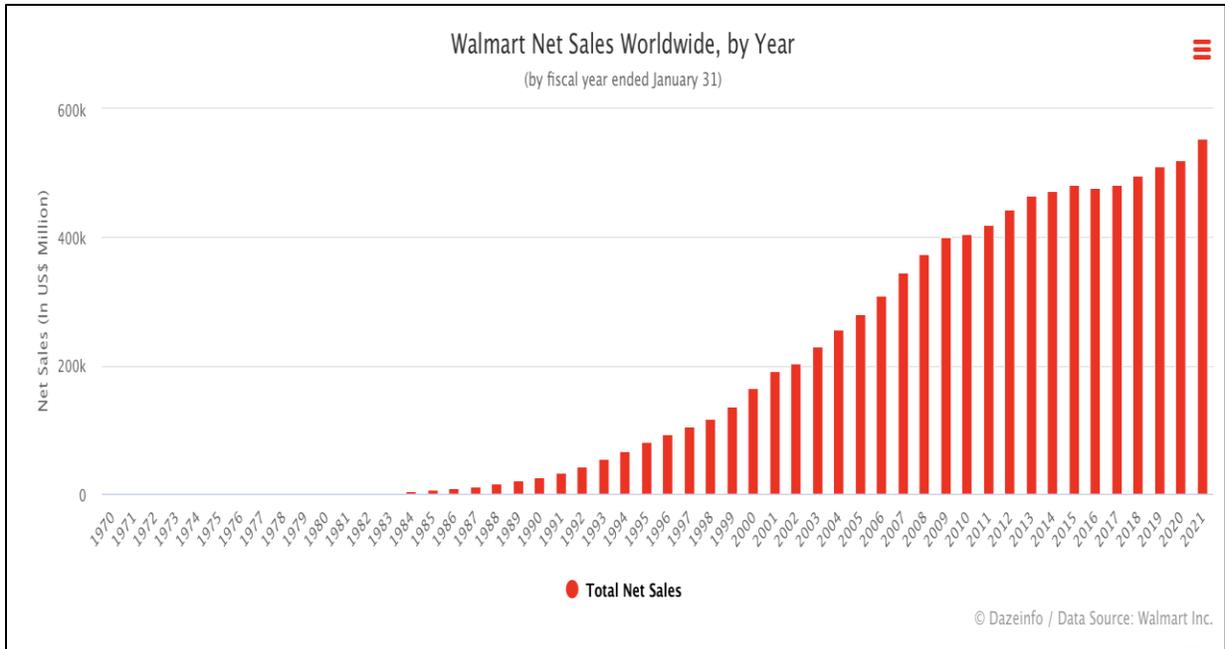


Figura 4. Ventas anuales de Walmart 1970 a 2020

(<https://dazeinfo.com/2020/03/04/walmart-net-sales-worldwide-by-year-graphfarm/>).

La cadena de valor en el funcionamiento de la cadena de suministro es un término definido por Chopra, et al, (2008) pp.24, como: “la aportación que resulta de la suma de las estrategias que cada área funcional de la cadena aporta, para lograr llevar a los clientes el producto que requieren y lograr mantener su presencia en el mercado, por la preferencia que los clientes otorgan a los productos o servicios elaborados”.

1.5 Amplitud del concepto

Con los conceptos expuestos, podemos indicar que la cadena de suministro es la coordinación de una amplia gama de esfuerzos, tanto de personas como de empresas, enfocadas en elaborar productos o servicios que logren conquistar la preferencia de los consumidores, de entre los otros productos ofrecidos en el mercado y, contar con la disposición de los clientes para pagar el precio al cual es ofrecido.

La cadena de suministro es un sistema en el cual además de las partes fundamentales que son: los proveedores, el proceso productivo, la red de distribución y los clientes, están las personas involucradas con analizar y evaluar las necesidades y preferencia de los consumidores y, junto con los técnicos encargados de diseñar y desarrollar los productos elaborados, analizan la tecnología utilizada para elaborar los productos esperados con el menor costo posible, para así poder identificar y contratar las mejores opciones para el abasto de las materias primas requeridas por el proceso.

El indicador principal de la cadena de suministro es el retorno de la inversión, el cual es el balance entre los ingresos generados y todos los gastos incurridos en el funcionamiento del sistema. El liderazgo con que sea dirigida la cadena, así como su habilidad para enfrentar los cambios del mercado y los avances tecnológicos, determinará su permanencia en el mercado. La forma en que opera la cadena de suministro para entregar los productos solicitados por los clientes es el resultado de la forma en que fue diseñado el sistema en sus fases de Planeación Estratégica y Planeación Operativa, en estas etapas se toman decisiones que son trascendentes en la forma en que operará la cadena de suministro.

Con el fin de acotar el resto de los conceptos a exponer, se centrará la atención en la forma en que la operación administra la información que proviene de los clientes para reaccionar oportunamente ante los cambios en la demanda planeada. En la Figura 5 se expone en forma esquemática los conceptos sobre los cuales se diseña y opera una cadena de suministro.

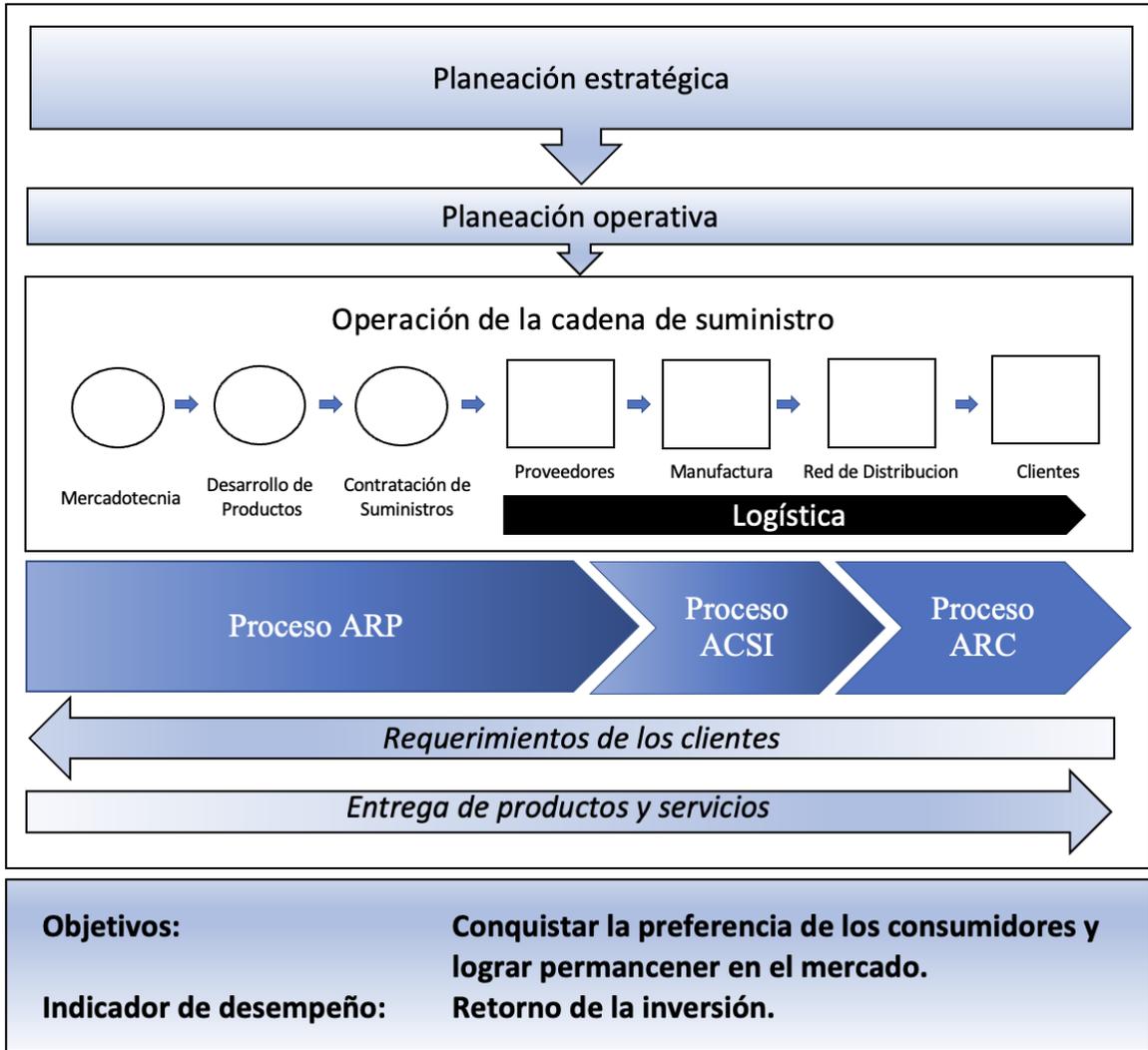


Figura 5. Resumen esquemático del funcionamiento de la cadena de suministro
Adaptación de Render, 2014; Rushton, (2010); y Chopra, et al, (2008).

Uno de los retos que comúnmente enfrenta toda cadena de suministro es la reducción en los tiempos de entrega, pues como lo cita Rushton, (2022) en su página 195, la situación ideal sería que los clientes esperaran todo el tiempo necesario para realizar el acopio de las materias primas, fabricar el producto solicitado y enviarlo por el canal de distribución para que el cliente lo pueda utilizar.

En la Figura 6 se ilustra la brecha que existe entre el tiempo necesario para fabricar el producto y el tiempo esperado por el cliente.

Rushton, (2022) cita en su exposición: “La gran mayoría de los productos se requieren de inmediato, como para muchos productos de consumo en el punto de venta en las tiendas, o dentro de un corto plazo como para los productos industriales y también para los productos de consumo cuando el minorista los ordena en primera instancia al fabricante.”

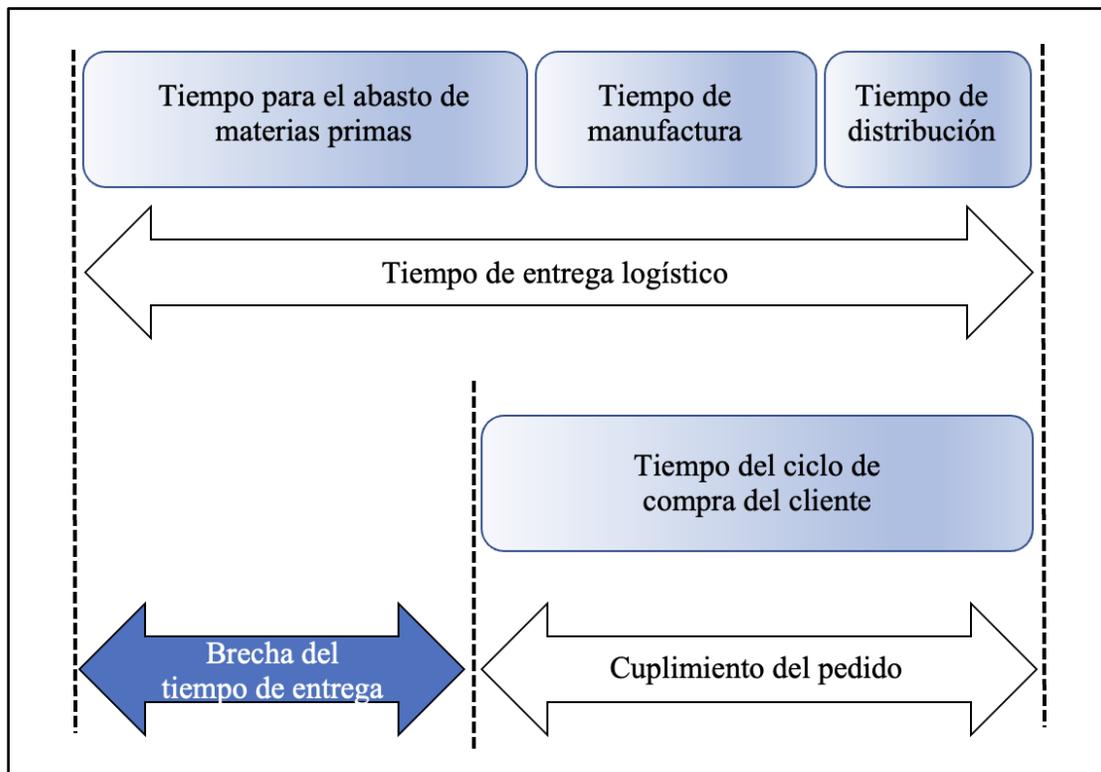


Figura 6. Brecha del tiempo de entrega logístico

Tomado de Rushton, (2022).

Para abordar el reto de reducir la brecha de tiempo en la cadena de suministro, es esencial comprender cómo se predice la demanda y cómo administrar flexiblemente los inventarios, tanto de materias primas como de productos terminados. Con una visión clara de estos conceptos, podemos evaluar las soluciones que mejor impactarán la rentabilidad de la cadena de suministro.

Patel (2015) refuerza esta perspectiva, señalando: “La organización óptima de una cadena de suministro es fundamental en la industria de procesamiento de alimentos. La gestión

de la cadena de suministro representa un enfoque sistemático para potenciar la productividad total en dicha industria. Esto se logra reduciendo tiempos y garantizando un flujo constante y de calidad de materia prima desde el campo hasta la fábrica.”. Este enfoque, por ende, proporciona una ruta para garantizar la eficiencia y rentabilidad en toda la cadena.

1.6 Planeación de la demanda

Rushton, (2010); y Chopra, et al, (2008). coinciden en que la planificación de la demanda es un elemento vital en el funcionamiento de la cadena de suministro, ya que sienta las bases para tomar decisiones fundamentales que influirán en la ejecución de cada eslabón de la cadena. Esto, a su vez, define el nivel de desempeño que la cadena puede alcanzar en su objetivo de entregar productos y servicios a los clientes.

Chopra, et al, (2008) señala: "El comportamiento histórico de la demanda de los clientes proporciona una guía sobre su comportamiento futuro. La demanda de los clientes está sujeta a múltiples factores y puede preverse, al menos en cierta medida, si se pueden cuantificar las influencias en la demanda futura".

Render (1996) define la elaboración de pronósticos de ventas como: "El arte y la ciencia de predecir eventos futuros". Render subraya que la efectividad de la planificación a corto y mediano plazo depende en gran medida de la calidad del pronóstico de la demanda. Este proceso involucra el uso de datos históricos para proyectar el comportamiento futuro de la demanda, empleando modelos matemáticos y ajustes basados en estimaciones y el juicio experto. Además, este proceso debe tener en cuenta el análisis del comportamiento de la demanda y del ciclo de vida del producto, considerando factores externos que pueden afectar la demanda.

El Método Delphi, como destaca Gupta et al. (2014), se reconoce como una técnica cualitativa de pronóstico que se basa en la obtención de consenso entre un grupo de expertos a través de rondas sucesivas de cuestionarios.

Este método ha demostrado su utilidad en diversas áreas, incluida la cadena de suministro. Los principales puntos planteados por académicos sobre la aplicación del Método Delphi en la previsión de la demanda son:

1. **Objetivo del Método Delphi.** Es útil para abordar incertidumbres y problemas complejos, especialmente cuando los datos cuantitativos son limitados. La cualidad cualitativa permite una discusión más amplia. (Turoff et al., 2002)
2. **Iteración y Retroalimentación.** La realización de rondas múltiples con retroalimentación es esencial para alcanzar un consenso. Los expertos ajustan sus respuestas en función de las opiniones de los demás, lo que lleva a un consenso. (Rowe et al., 1999)
3. **Anonimato de los Expertos.** Mantener el anonimato de los expertos garantiza que las opiniones se evalúen según su mérito y evita que ciertos expertos dominen la discusión. (Dalkey et al., 1963)
4. **Aplicación en la Cadena de Suministro.** En la cadena de suministro, se ha utilizado el Método Delphi para pronosticar la demanda de nuevos productos, identificar riesgos y oportunidades emergentes, y evaluar la pertinencia de tecnologías emergentes. (Wu, et al, 2011)
5. **Combinación con Otras Técnicas.** En algunas investigaciones, se ha sugerido que el Método Delphi puede ser más efectivo cuando se combina con técnicas de pronóstico cuantitativo, como modelos de series temporales. (Landeta, 2006)
6. **Precisión de Pronósticos.** No hay evidencia de que el Método Delphi proporcione pronósticos más precisos que otras técnicas. Su utilidad radica en proporcionar una perspectiva y evaluar las fuerzas que influyen en posibles resultados. Gupta, et al, (2014)

Render (1996) advierte que no existe un método perfecto, y la elección del método y la combinación de herramientas dependerán del producto, el mercado y la situación específica. La monitorización continua del rendimiento del pronóstico en comparación con los resultados reales es esencial para tomar las medidas necesarias y ajustar las operaciones para mantener una posición sólida en el mercado.

En la Figura 7, se ilustra los elementos con los cuales se elaboran los pronósticos y cómo a partir de esta información, se elaboran los planes operativos del resto de las áreas de la empresa.



Figura 7. Proceso de elaboración de pronósticos

Adaptado de Render, (1996).

Chopra et al. (2008) propone cuatro métodos de pronóstico de demanda. El primero es cualitativo, basado en la opinión de expertos para evaluar futuros eventos. El segundo, análisis de series temporales, utiliza promedios y técnicas de suavización para prever la demanda futura.

El tercero, llamado "Casual", emplea herramientas estadísticas y econométricas para cuantificar influencias en el comportamiento histórico y proyectar el futuro. El cuarto método involucra modelos de simulación para explorar diversos escenarios y evaluar su impacto en la proyección de la demanda.

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de lo expuesto.

Cuadro 3. Métodos para pronosticar la demanda

Adaptado de Chopra, et al, (2008).

Método	Fuentes de información	Herramientas
--------	------------------------	--------------

I. Cualitativo

Técnicas acumulativas	Vendedores	Estimaciones, opiniones basados en: Encuestas, cuestionarios, entrevistas, recopilación de datos históricos, discusiones grupales.
Investigación de mercado	Opinión de consumidores	
Grupos de consenso	Grupo mixto ejecutivos, vendedores y clientes	
Analogía histórica	Productos similares	
Delfos	Grupo de expertos	

II. Análisis de series del tiempo

Promedio simple	Historia de los eventos a través del tiempo	Promedio aritmético de los datos
Promedio móvil ponderado		Ponderación de un grupo de datos
Suavización exponencial		Ponderaciónn exponencial de los datos mas antiguos
Análisis de regresión		Técnica de mínimos cuadrados
Técnica Box Jenkins		Modelos estadísticos y distribuciones bayesianas
Series de tiempo Shiskin		Modelo para identificar temporadas y tendencias
Proyección de tendencias		Proyección en base a la recta de tendencia

III Casual

Análisis de regresión	Cuantificación de los factores que influyen en el comportamiento del elemento a pronosticar	Método de mínimos cuadrados incluyendo las variables por cuantificar
Modelos econométricos		Uso de ecuaciones para describir comportamientos
Modelo de entrada/salida		Estimación de los volúmenes que aportarán cada empresa al total del sistema, para compensar ajustes.
Principales indicadores		Uso de indicadores estadísticos que influyen en la demanda del producto a proyectar.

IV Modelo de simulación

Simulación	Proyección del coportamiento del modelo ante suposiciones de eventos en las variables que influyen en el comportamiento de la demanda	Modelo dinámicos manejado en computadora
------------	---	---

Aplicando los conceptos expuestos anteriormente, se ilustra a continuación el uso del método de promedio simple para realizar el pronóstico de la demanda. En el ejemplo 15.5 de la página 475 presentado por Chase, (2009) quién muestra una serie de datos que

representan la demanda de un producto. El proceso para pronosticar la demanda aplicó la técnica de promedio simple y promedio ponderado para realizar la estimación de la demanda período a período, ajustando el valor de la demanda con base en la variación de los datos reales de los períodos que le anteceden.

Estos datos son útiles para mostrar la forma en que pueden tomarse decisiones como el ajustar el flujo con que las materias primas se reciben en el proceso productivo, de esta forma la materia prima contratada para cubrir la demanda anual se suministra para hacer frente a las variaciones de la demanda.

Es común partir de un estimado general, en este ejemplo se indica como objetivo a cubrir en los próximos tres años, planteando alcanzar en el primer año, el 27% del objetivo, en el segundo año el 61% y al tercer año, alcanzar el objetivo al 100% como se muestra en la Figura 8.

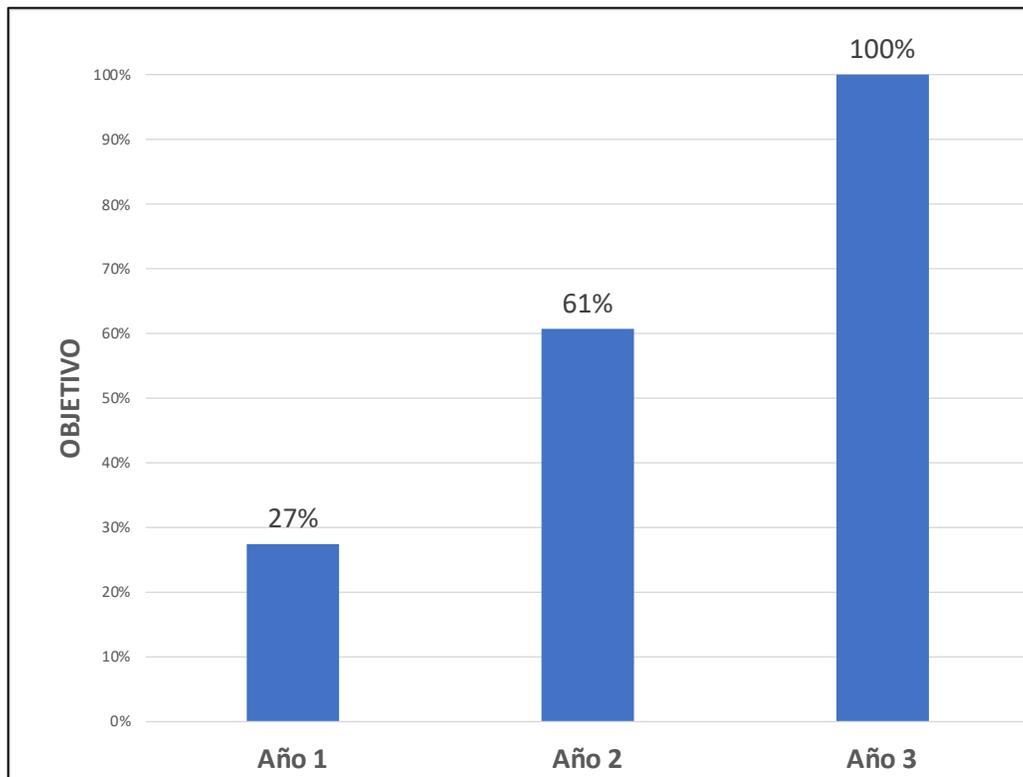


Figura 8. Distribución del objetivo de venta

Tomado de Chase, (2009).

A partir de estos datos es necesario tomar la decisión de contratar la materia prima para garantizar el abasto durante el año, el riesgo a minimizar es contratar el volumen necesario para cubrir las variaciones en la demanda y evitar iniciar el siguiente año con un exceso de materia prima. A partir del objetivo indicado en la Figura 8, la cantidad a contratar en cada año consideró incluir un factor de seguridad del 4% al volumen a contratar.

El siguiente paso es distribuir el objetivo en cada uno de los períodos de cada año y para ello se recurre a la distribución lineal para tener un punto de referencia del consumo estimado, en la Figura 9 se muestra la distribución comentada.

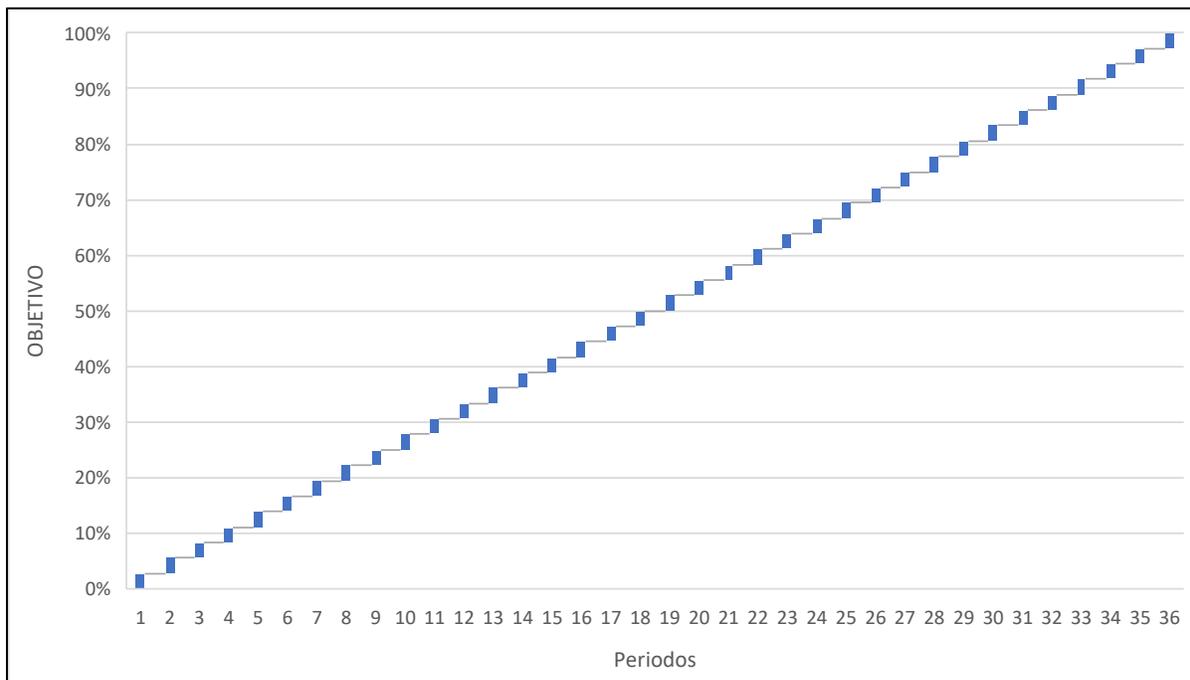


Figura 9. Distribución lineal del crecimiento estimado

Tomado de Chase, (2009).

Dada la incertidumbre que existe para pronosticar el comportamiento de la demanda, uno de los métodos más sencillos es utilizar el promedio simple de los tres últimos períodos para obtener un valor que estime el probable valor de la demanda, aunque existen métodos para poder identificar factores estacionales y cíclicos en el comportamiento de la

demanda, este ejemplo nos permite analizar este caso, en donde no contamos con modelos que describan el comportamiento de la demanda, el promedio simple de los últimos tres períodos nos permite tener un valor el cual varía en cierta proporción a la demanda pasada, este dato necesita ser complementado con un valor de ajuste, el cual se conoce como “Inventario de seguridad”, el cual permite hacer frente a las variaciones de la demanda.

En la Figura 10 se muestra el comportamiento del inventario al inicio de cada período ante las variaciones de la demanda, en la gráfica se muestra las variaciones porcentuales con respecto al consumo real, la línea punteada muestra la variación del consumo pronosticado y el valor del consumo real en cada período, el modelo utilizado para pronosticar el consumo es el de “Promedio simple” el cual promedia para cada período, el valor del consumo real de los tres períodos previos. En la gráfica se puede identificar, a partir del período 4, los casos en los cuales ocurre la máxima variación entre el consumo real y el pronosticado por el modelo, dichas variaciones ocurren en los períodos 9 y 13.

La proyección de los inventarios se construyó a partir de cuantificar la cantidad necesaria para cubrir el consumo pronosticado para el período $n+1$, al valor determinado se le adicionó el 35% más, como inventario de seguridad, al valor obtenido se descontó la cantidad remanente que resulta entre el inventario y el consumo real del período n .

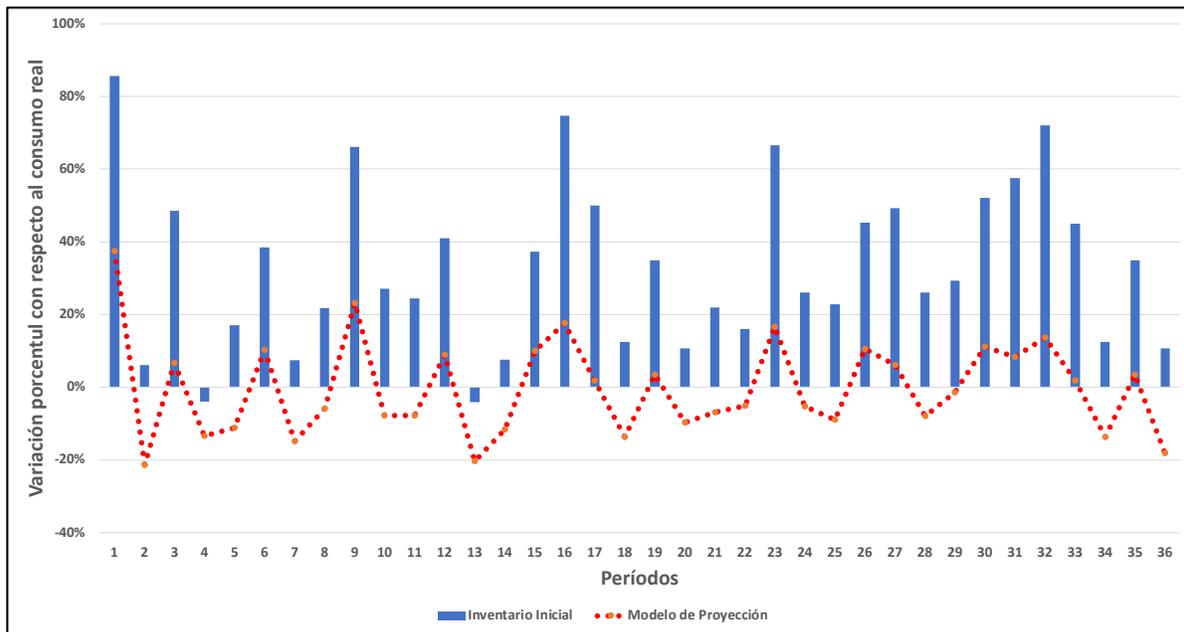


Figura 10. Inventarios y variaciones en la demanda

Adaptado de Chase, (2009).

En la Figura 11 se muestra los indicadores de variación en donde se puede observar la relación entre el nivel de inventario al inicio de cada período y el consumo real, la proyección fue basada en asegurar al inicio de cada período no menos del 95% del consumo requerido, para garantizar la producción del producto solicitado, en la misma gráfica se puede observar la relación entre el consumo real y el valor estimado del pronóstico.

La zona óptima de operación está el rango de 0.95 a 1.35., los puntos sobresalientes de la línea de inventarios son ajustados en el mes $n+1$, de acuerdo con el consumo estimado y el inventario remanente del período n . En la gráfica podemos observar la correspondencia entre los puntos máximos de la línea de inventarios y los mínimos de la curva de variación del consumo vs. proyección. Como lo indica Chase, (2009) página 149, se considera en la proyección no tener un nivel de inventarios menor al 95%, para asegurar cumplir con el volumen requerido por la demanda real, pues las pérdidas por faltantes pueden ser mayores al costo de las ventas no realizadas por las sanciones que suelen aplicar los clientes por faltantes en la entrega o entregas en fecha tardía.

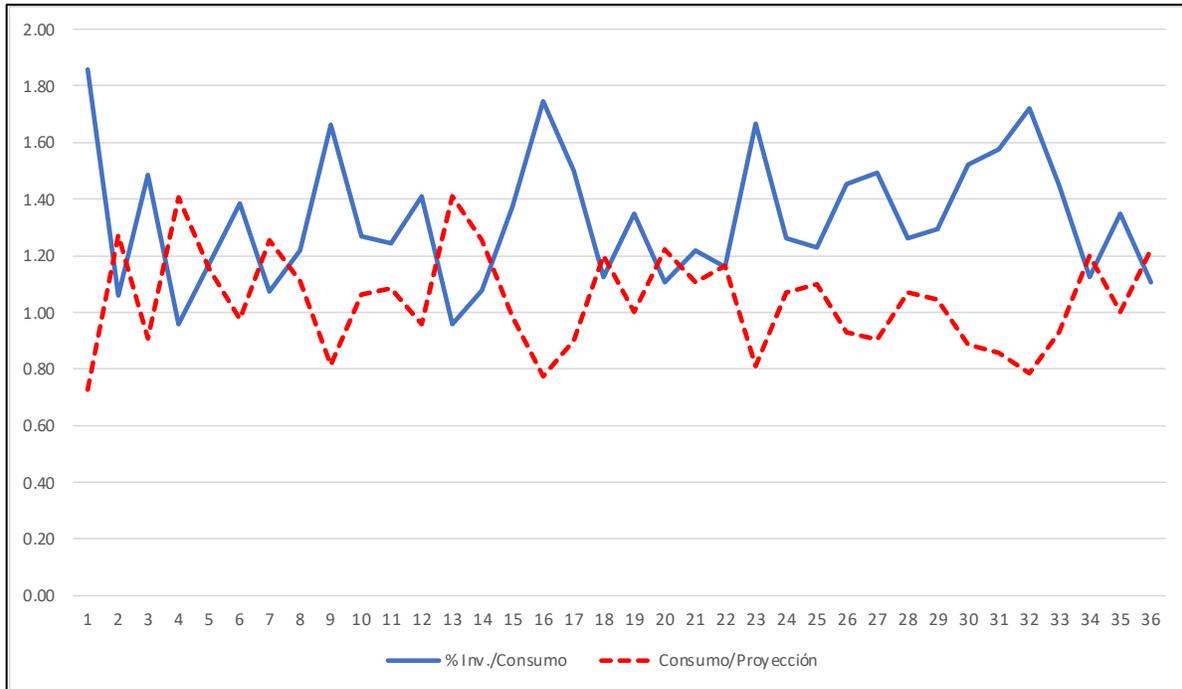


Figura 11. Indicadores de variación Inventarios/consumos

Adaptado de Chase, (2009).

Finalmente, como se muestra en el Cuadro 4, el ejemplo analizado nos permite evaluar el excedente generado al final de cada año ante las variaciones de la demanda, con base en las consideraciones hechas en la determinación de la cantidad contratada.

Cuadro 4. Remanentes de la cantidad contratada por año

Adaptado de Chase, (2009).

	Cantidad Contratada	Consumo real	Remanente
Año 1	100%	87.3%	12.7%
Año 2	100%	108.6%	1.7%
Año 3	100%	91.7%	9.8%
Total	100%	96%	7.9%

En la Figura 12 se muestra el comportamiento de los pronósticos elaborados con las técnicas de promedio simple, regresión lineal y ajuste polinomial. Las fórmulas mostradas fueron calculadas por el programa Excel, para el ajuste de tendencia de datos.

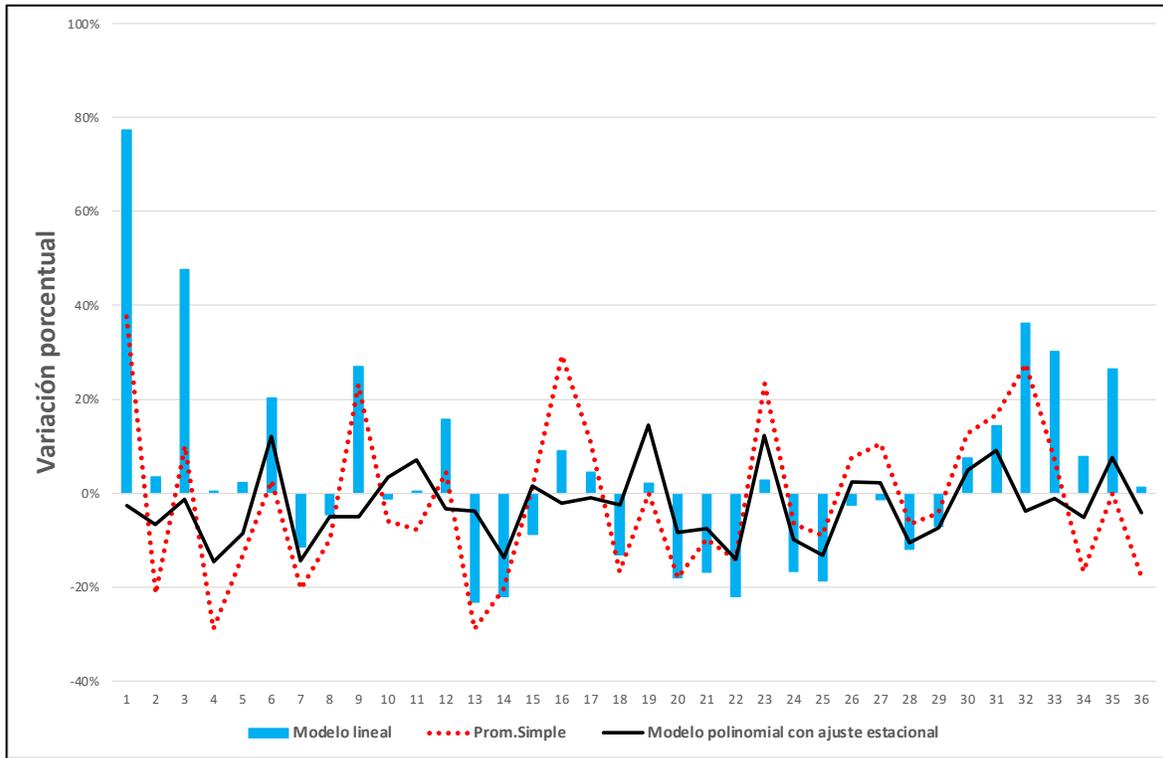


Figura 12. Comparativo de los modelos de proyección.

Adaptado de Chase, (2009).

Holguín (2010), en la página 17, reconociendo la necesidad de mantener inventarios debido a la variabilidad de la demanda, recomienda: "Utilizar sistemas adecuados de pronósticos de demanda que permitan estimar con precisión el patrón, el promedio y la variabilidad de la demanda del artículo que se mantiene en inventario. De esta manera, los inventarios de seguridad se calculan proporcionalmente a la variabilidad de la demanda, de acuerdo con el nivel de servicio deseado".

Para evaluar el impacto de contar con un pronóstico más preciso, en el ejemplo mostrado se realizó un ajuste al modelo de correlación polinomial para reflejar el efecto estacional

de la demanda. Este ajuste se hizo con el propósito de reducir la variación entre el modelo y la demanda real.

En la Figura 13, se compara el modelo polinomial original con la versión ajustada. Las variaciones en los períodos 9, 12 y 32 reflejan el efecto estacional ajustado y, como resultado, se reducen las variaciones más significativas con respecto a la demanda real.

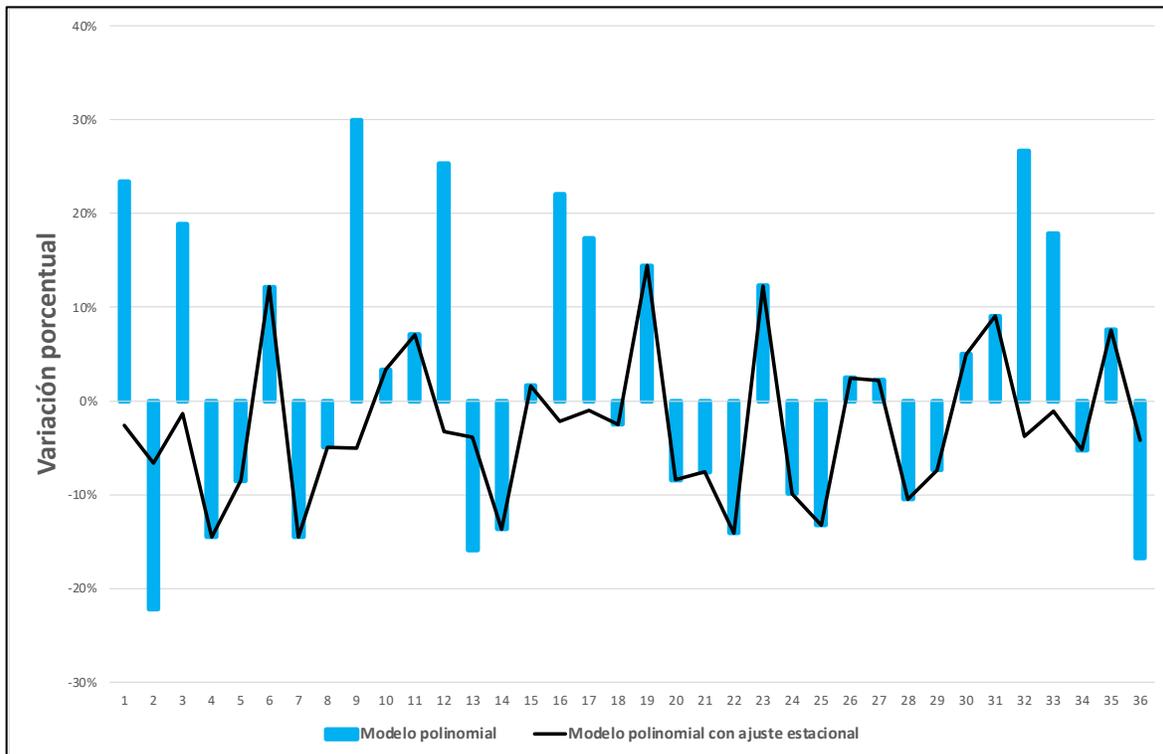


Figura 13. Ajuste estacional del modelo polinomial.

Adaptado de Chase, (2009).

El impacto en la cantidad total a contratar para los tres años del ejemplo analizado representa una reducción de 3.1%, este es el efecto de utilizar un pronóstico más cercano a la demanda real, esto permitió reducir el nivel de inventario de seguridad del 35% al 10%, dando como resultado la reducción en el nivel de inventario, como se muestra en la Figura 14.

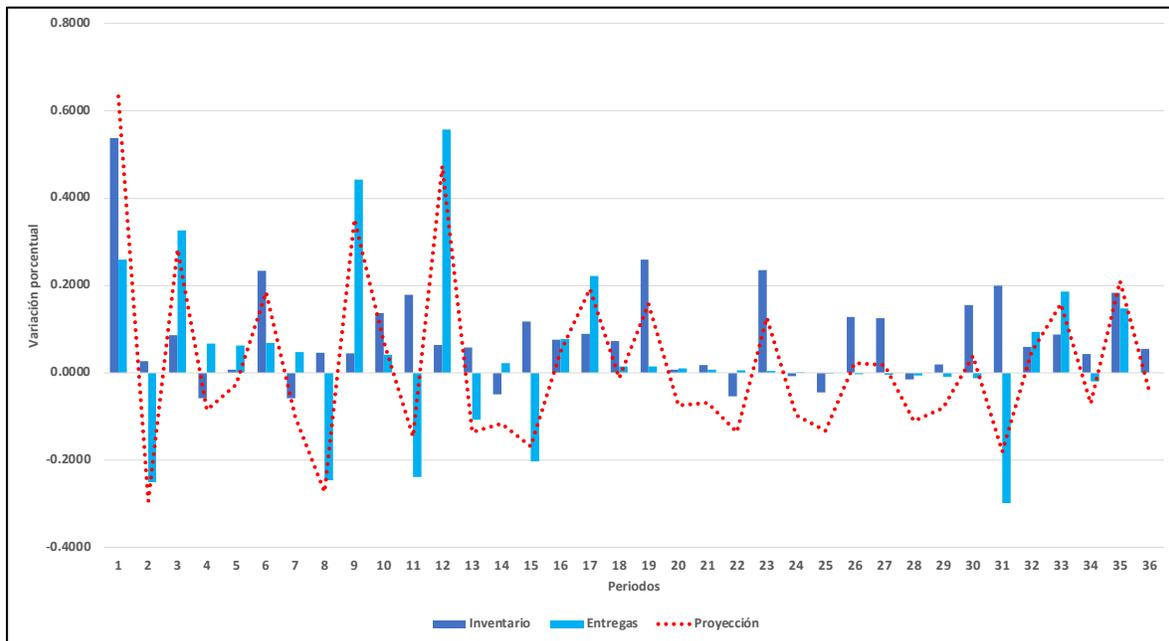


Figura 14. Modelo polinomial con ajuste estacional

Adaptado de Chase, (2009).

1.7 Administración de inventarios

Para destacar la importancia de los inventarios en los procesos productivos Chase, (2009) página 548 indica: “Todas las empresas incluidas aquellas que se desempeñan bajo un sistema de “Justo a tiempo” mantienen cierto nivel de inventarios, Chase nos advierte de mantener siempre presente el costo financiero de mantener inventarios en grandes cantidades y en forma especial para aquellas materias primas cuyos ciclos de producción son largos.”

Parafraseando la definición de Chase, (2009) página 157, Un sistema de inventarios es el conjunto de políticas y controles que regulan el flujo de materias primas y servicios hacia el sistema de manufactura decidiendo el momento que es necesario el abastecimiento y la cantidad por requerir. Analizando los conceptos expuestos sobre el comportamiento ideal de los inventarios, Chopra, et al, (2008) nos muestra en la página 262 el comportamiento ideal del inventario ante una situación sin variación en la demanda, en este caso es posible suministrar únicamente la cantidad requerida, ante la disponibilidad inmediata del

material, y así iniciar el período $n+1$ sin inventario, la ilustración de este comportamiento se muestra en la Figura 15, en el cual se aprecia el comportamiento uniforme de la gráfica, al recibir la cantidad a consumir en cada período, sin requerir inventario de seguridad.

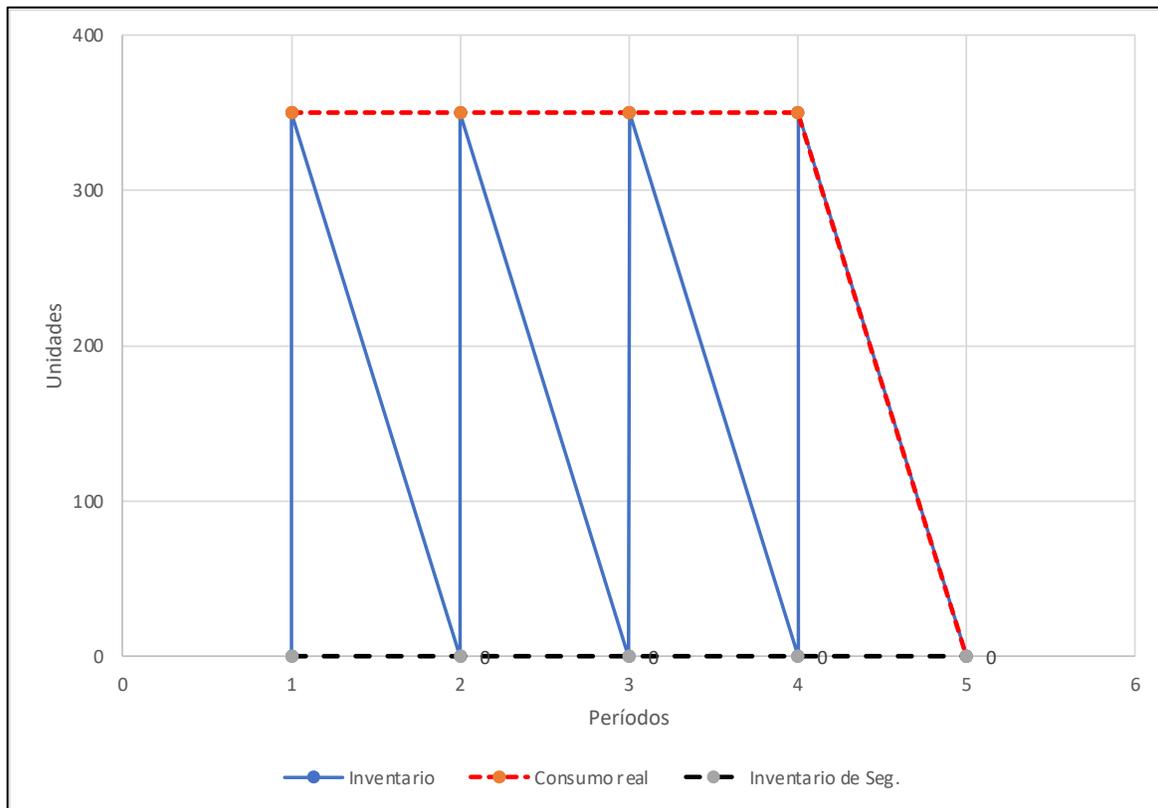


Figura 15. Modelo ideal de inventarios

Tomado de Chopra, et al, (2008).

Una aproximación al comportamiento del modelo ideal es cuando el proveedor mantiene en las instalaciones del cliente un inventario suficiente para cubrir la demanda de cada período, reponiendo la cantidad consumida periódicamente. Para ilustrar lo que ocurre cuando la disponibilidad de la materia prima no es inmediata, el modelo se ajusta para recibir la cantidad requerida para los períodos “ n y $n+1$,” el modelo considera demanda constante en cada período y sin limitaciones en la cantidad a suministrar, el resultado de este modelo se muestra en la Figura 16, dependiendo de los períodos “ n ” que son requeridos para recibir el material, será la magnitud del inventario por almacenar. Este modelo refleja el tiempo que requiere el proveedor para preparar la cantidad requerida.

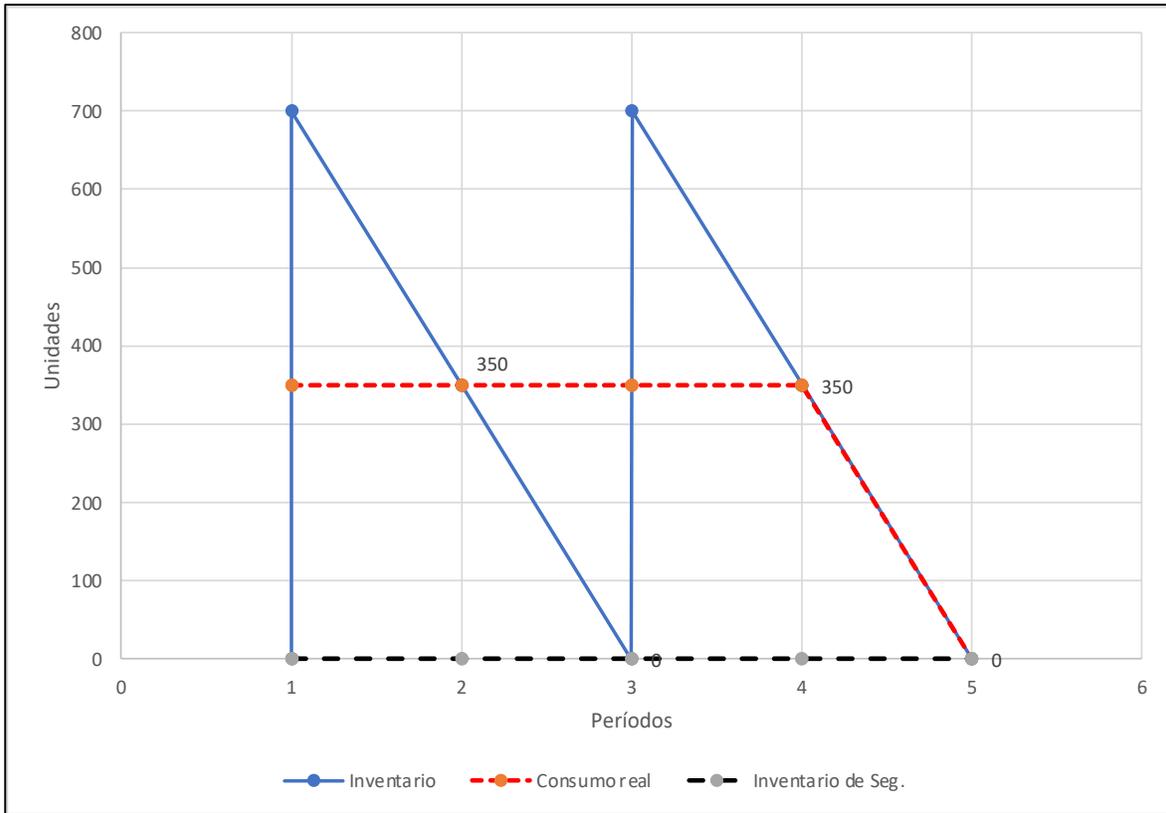


Figura 16. Modelo con suministro cada 2 periodos
Tomado de Chopra, et al, (2008).

El comportamiento del modelo ideal se ve modificado al incluir las impredecibles variaciones en la demanda estimada, para compensar esta variación se incluye en el modelo como inventario de seguridad, el 15% del consumo estimado, además de ajustar las cantidades a recibir a los múltiplos de 80 unidades, en la Figura 17 se muestra el comportamiento del inventario bajo las condiciones mencionadas.

El inventario de seguridad proporciona cobertura para la demanda adicional al valor estimado, el inventario remanente al final de cada período muestra variaciones con respecto al valor establecido como nivel de seguridad, además al incluir en el modelo múltiplos del mínimo de compra, esta restricción incrementa la cantidad por recibir. Para hacer en ajuste del excedente recibido, el cálculo de la cantidad requerida para el período $n+1$ considera el excedente recibido en el período previo.

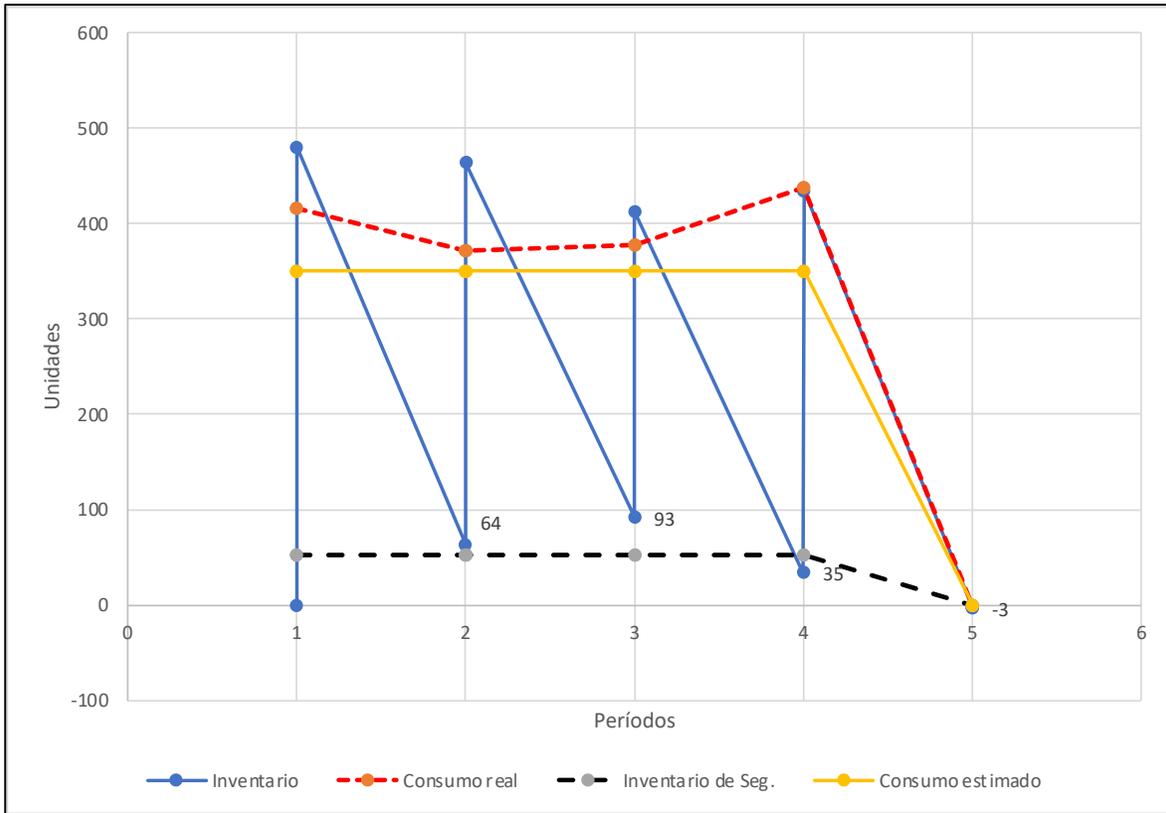


Figura 17. Modelo con variación demanda y mínimo de compra
Tomado de Chopra, et al, (2008).

Finalmente, al modelo se le incluye la restricción de suministrar el material requerido cada dos meses, el efecto que causa en el comportamiento del inventario, se muestra en la Figura 18, el inventario se incrementa para enfrentar la demanda del mes n y del $n+1$, el inventario de seguridad compensa las variaciones en la demanda.

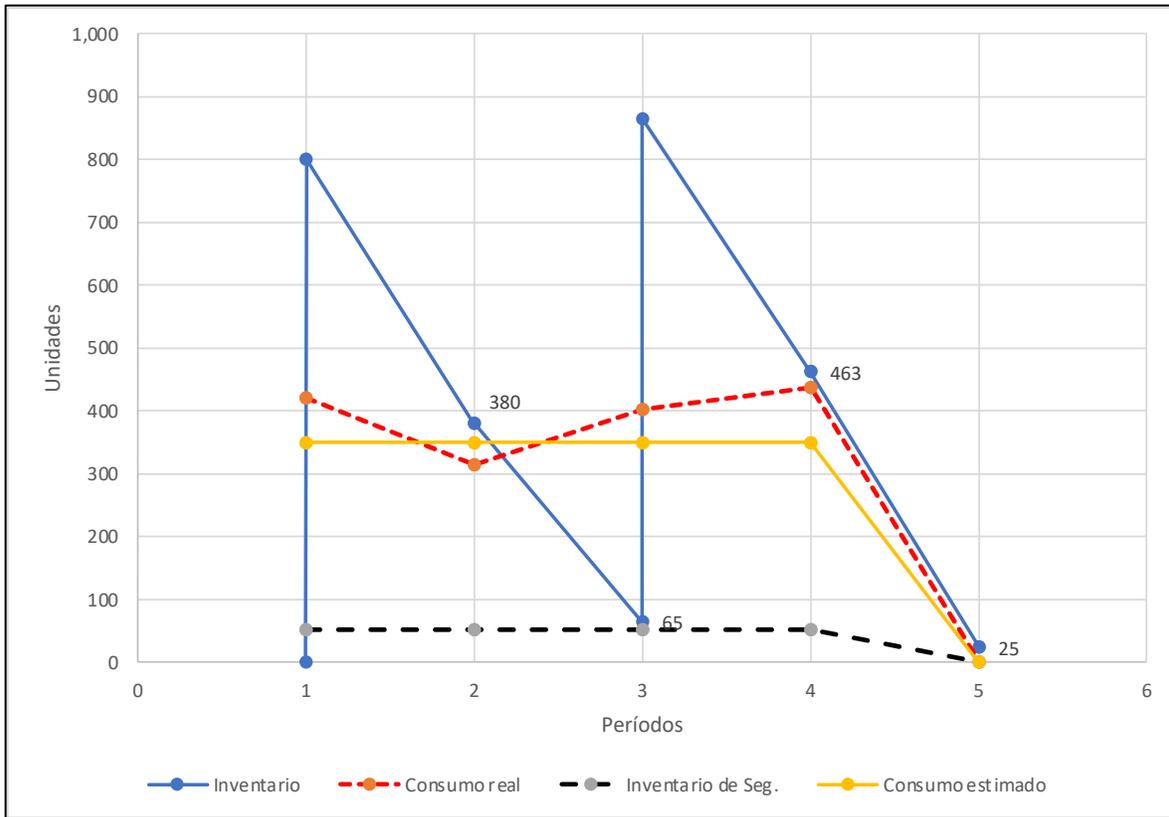


Figura 18. Modelo con variación en la demanda y suministro cada 2 períodos
Adaptado de Chopra, et al, (2008).

En el Cuadro 5 se expone las principales variables que influyen en el comportamiento de los inventarios, la magnitud de la cantidad a recibir y el tiempo que determina el plazo de entrega depende de las características en que es fabricada la materia prima y su forma de comercialización.

Cuadro 5. Principales variables que determinan el nivel de inventario.

Tomado de Chopra, et al, (2008).

Concepto	Definición	Características	Impacto
Mínimos y múltiplos de compra	Cantidad mínima que es necesario comprar y los múltiplos por aplicar por arriba de la venta mínima.	Cantidad que será despachada según redondeo acordado comercialmente	Cantidad por recibir.
Disponibilidad de la materia prima	Disponibilidad de la fuente primaria para elaborar el producto requerido requerida	Ciclos o temporadas de cosecha	Tiempo de entrega
Producto comercial	El producto es fabricado para los clientes del mercado y se produce las cantidades necesarias para reponer al inventario del proveedor, las cantidades comercializadas	Disponibilidad inmediata y sujeta a las existencias del material en inventarios	Tiempo de entrega
Producto exclusivo	El producto se elabora de acuerdo a las especificaciones del cliente y la programación de su fabricación depende de los ciclos de producción.	La fabricación se programa de acuerdo a los ciclos de producción	Tiempo de entrega
Transportación	Medios por el cual se envía el producto para su entrega en el destino final, incluye cruces fronterizos y trámites de importación	Transportación dedicada o de reparto	Tiempo de entrega
Vida útil remanente al momento de embarque	Tiempo disponible antes de la caducidad del producto al momento del embarque	Restricción de lotes disponibles en inventario	Tiempo de entrega

En el contexto de la industria alimentaria, los productos agrícolas, como el maíz, experimentan su temporada de cosecha, especialmente en los Estados Unidos de América del Norte, durante los meses de septiembre a noviembre.

La Figura 19 presenta el comportamiento de los precios del maíz desde el año 2000 hasta 2023, utilizando datos publicados por Investing.com. Esta plataforma financiera, propiedad de Fusion Media LTD y accesible en línea, se especializa en proporcionar información financiera de los mercados. El seguimiento de esta información posibilita a los grandes consumidores de maíz aprovechar los precios al inicio de la cosecha para realizar contrataciones y asegurar el suministro de materia prima, evitando así las fluctuaciones en los precios a lo largo del año.

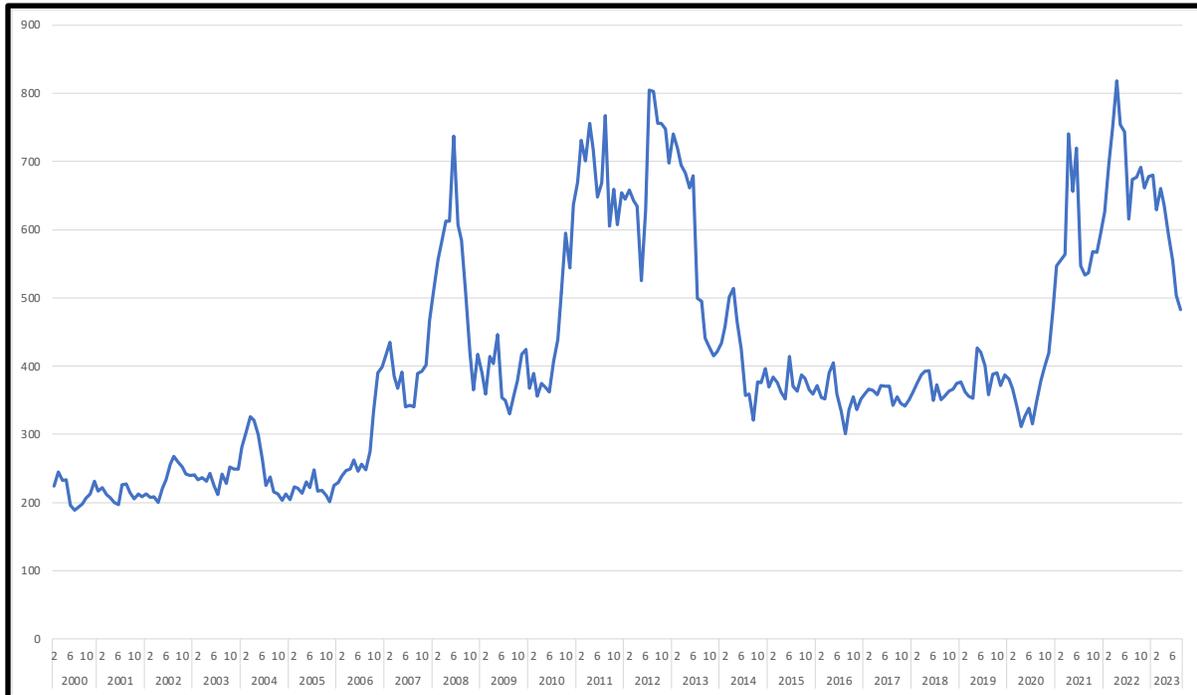


Figura 19. Precio de mercado del Maíz (USA) 2000 - 2023

De <https://mx.investing.com/commodities/us-corn-historical-data> , Julio, 2023.

El costo financiero por mantener en almacenamiento la materia prima a lo largo de la cadena de suministro es un factor que está incluido en el precio de venta, además de los otros costos asociados a la fabricación y distribución de los derivados del procesamiento del maíz.

Ballou, (2004) indica en su obra la necesidad de contar con estimados precisos de los volúmenes de materiales y servicios a requerir, para poder cumplir con los requerimientos del cliente, en la Figura 20 se muestran la integración de los principales aspectos que determinan la forma en que se programa el flujo de materiales al proceso productivo y la forma de distribuirlos para cumplir con las expectativas del cliente.

Estas decisiones determinarán la forma en que operará la cadena de suministro y los costos asociados con la adquisición de las materias primas, su almacenamiento y disponibilidad para soportar los requerimientos del plan de fabricación.

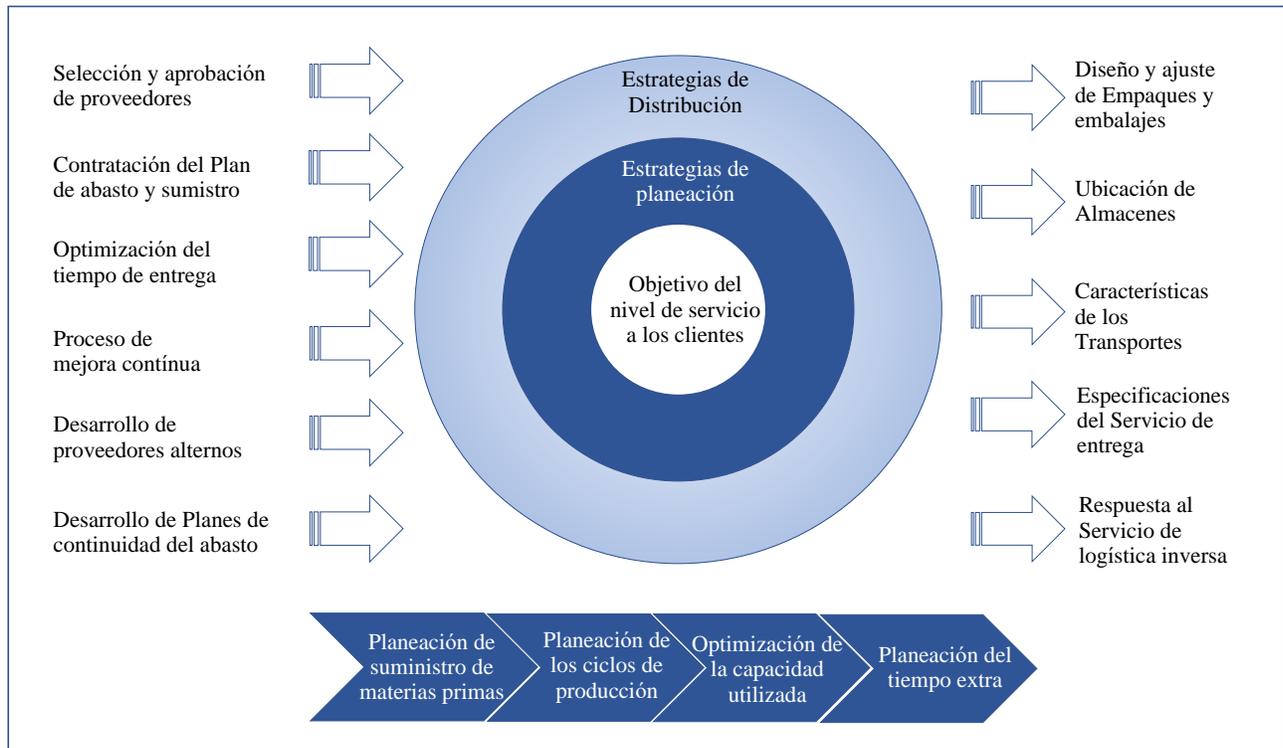


Figura 20. Factores que determinan el flujo de materiales

Adaptado de Ballou, (2004).

1.8 Reducción en el tiempo de entrega

En la Figura 6 se ilustró la brecha que existe entre el tiempo de entrega y el tiempo que espera el consumidor para recibir su producto, ante esta situación Rushton, identifica una relación proporcional entre la magnitud de la brecha y la cantidad de inventarios a mantener en el sistema: “Cuanto mayor sea la brecha de tiempo de entrega, mayor será la cantidad de inventario que se debe mantener para satisfacer los requisitos del cliente” Rushton, (2022). Con base en los conceptos expuestos en las secciones anteriores podemos identificar que los principales costos asociados al mantener inventarios a lo largo de la cadena de suministro son:

- El costo financiero del monto del capital requerido por el valor del inventario,
- Los costos de almacenamiento, manejo y administración del inventario,
- Los costos de obsolescencia y mermas que ocurren durante el almacenamiento.

Aunque todos estos costos disminuyen la rentabilidad de la cadena de suministro, existen materias primas que son procesadas durante sus ciclos de producción, para ser consumidas a lo largo del año, en la industria alimentaria la azúcar refinada es un ejemplo de esta situación, pues esta es elaborada en la época de zafra cuando se cosecha las cañas de azúcar.

Actualmente algunos productos utilizan edulcorantes alternos como es el jarabe de alta fructosa, este es producido en lotes industriales diariamente a lo largo del año, pero la materia prima utilizada es el grano de maíz, el cual es cosechado de acuerdo con su ciclo de siembra y almacenado hasta el momento en que es requerido por el proceso.

Antes de mencionar las principales acciones con las cuales es posible reducir los tiempos de entrega, Rushton indica que, al mantener inventarios en exceso a lo largo de la cadena de suministro, se encubren problemas como: proveedores con bajo desempeño; inexactitud en el pronóstico de la demanda; retrasos en la producción; inconsistencia de calidad; cambios inesperados en la demanda, Rushton, (2022) página 196.

Complementando lo indicado por Rushton, en el Cuadro 6 se ilustra estos conceptos enlistando las acciones a realizar para mejorar el desempeño de la cadena de suministro, para evitar inventarios no necesarios que compensan las deficiencias enlistadas.

Cuadro 6. Acciones para mejorar el desempeño de la cadena de suministro
Tomado de Rushton, (2022).

Áreas de mejora	Acciones
Proveedores con bajo desempeño	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mejorar comunicación con proveedores. ○ Identificar y corregir limitaciones. ○ Acuerdos de inversiones conjuntas. ○ Desarrollar proveedores alternos.
Limitaciones de producción	<ul style="list-style-type: none"> ○ Administración efectiva del tiempo extra. ○ Inversión en ampliaciones de producción. ○ Subcontratación de procesos/productos.
Inexactitud en el pronóstico de la demanda	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mayor involucramiento con el cliente. ○ Análisis de las tendencias mercado. ○ Contrastación del pronóstico con otros modelos de planeación.
Inconsistencia de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ Análisis de causa raíz y acciones de mejora. ○ Detección de necesidades de capacitación. ○ Evaluación de alternativas tecnológicas.
Cambios inesperados de la demanda	<ul style="list-style-type: none"> ○ Análisis de posibles escenarios. ○ Anticipación para la toma de decisiones. ○ Actualización del plan de contingencia. ○ Exploración de alternativas de supervivencia.
Limitaciones de la red de distribución	<ul style="list-style-type: none"> ○ Reducir la obsolescencia de productos. ○ Corregir las causas del daño de productos. ○ Reforzamiento de capacitación. ○ Mejora de los costos/tiempos de entrega ○ Reingeniería de rutas y almacenes. ○ Desarrollo alternativas de distribución.

Rushton en la exposición de su obra indica: “... el objetivo de la reducción del tiempo de entrega es reducir la cantidad de tiempo innecesario dentro del proceso desde el pedido hasta la entrega y, por lo tanto, reducir la necesidad de mantener tanto inventario como cobertura para este retraso de tiempo. El Cuadro 7, ilustra este concepto.

Cuadro 7. Acciones para reducir el tiempo de entrega,
Tomado de Rushton, (2022).

Acciones para reducir el tiempo de entrega	Comentario
Cuantificar el inventario a lo largo de la cadena	Administrar todas las existencias de cada etapa de la cadena e identificar las existencias de seguridad necesarias.
Precisión del Pronóstico de la demanda	Identificar los factores que determinan la demanda ayudará a estimar la demanda probable.
Monitoreo constante de cada etapa de la cadena	Lograr visibilidad de todas acciones que cada etapa realiza, reduce la necesidad de mantener existencias de seguridad.
Concentración en procesos clave	El mayor esfuerzo de planeación debe realizarse en el proceso más importante de la cadena, para evitar cuellos de botella.
Entregas justo a tiempo (JIT)	El uso de esta técnica acelera el flujo de productos y reduce los tiempos de entrega.
Transportación más rápida	Requiere de evaluar la relación: costo-beneficio-nivel de servicio, para utilizar otras opciones de entrega más eficientes.
Asociaciones estratégicas	Identificar las oportunidades de reducción en el tiempo de entrega fuera de los límites de la empresa.

CPFR y su definición. La planificación colaborativa, previsión y reposición (CPFR) se define como "el sistema que logra combinar múltiples socios comerciales en la planificación y satisfacción de la demanda de los clientes" (Rushton, 2022, p. 206).

El desarrollo de relaciones colaborativas de largo plazo con los proveedores clave, también es destacada por Samson, et al, (2008). Esta vinculación de clientes, proveedores, el proceso productivo y el sistema de distribución logra aumentar la disponibilidad de los productos y reducir el costo de la operación logística y el impacto financiero de los inventarios al lograr integrar y coordinar a todos los eslabones de la cadena de suministro para satisfacer las expectativas de los clientes.

En la Figura 21 se muestra las características del modelo CPFR.

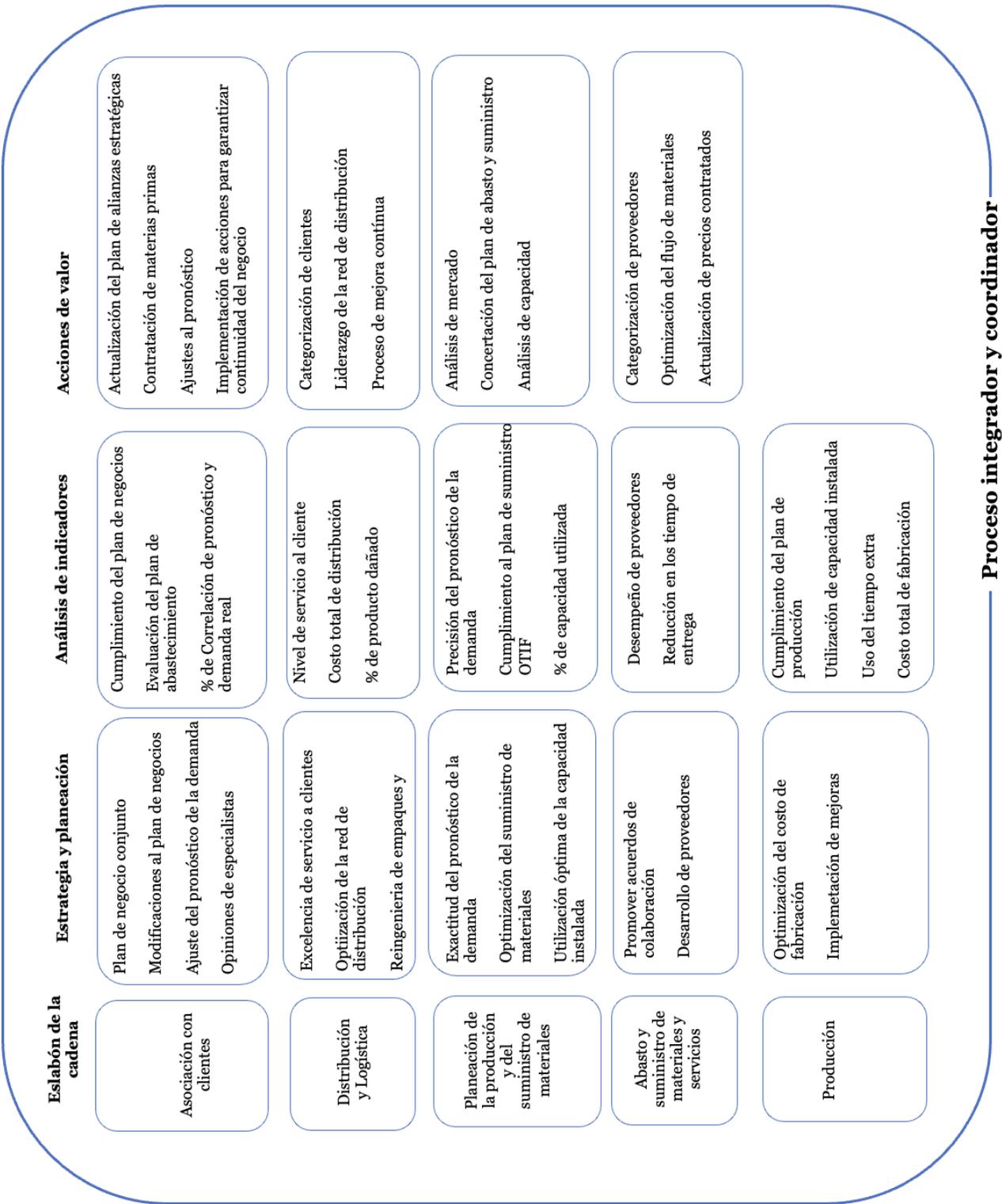


Figura 21. Modelo Colaborativo CPFR

Adaptado de Rushton, (2022).

Características del CPFR. Waters (2014, p. 214) caracteriza al sistema CPFR como "un sistema de extranet desarrollado para compartir información clave de los procesos de operación logística con los proveedores" y mejorar la administración de inventarios de los proveedores en las instalaciones del proceso productivo (VMI). Esto incluye los plazos y cantidades óptimas para reponer los productos y servicios utilizados, mediante la elaboración de pronósticos conjuntos.

Los socios de la cadena de suministro intercambian información relacionada con las tendencias de mercado, el impacto de los próximos planes de consumo y aportan sus estimaciones sobre el desarrollo del mercado en el futuro inmediato y los patrones de consumo de los clientes. El sistema favorece el enfoque de los socios en sus principales valores comerciales y así todos se benefician en este entorno. Al igual que el EDI, el CPFR mejora la eficiencia de la cadena de suministro, abasteciendo los productos requeridos y la respuesta oportuna ante los cambios del mercado y de los clientes, logrando optimizar el costo de inventario en toda la cadena.

Enfoque JIT. Según Cuatrecasas (1996), en su análisis sobre la gestión de las empresas, se pone un énfasis particular en la gestión de inventarios para garantizar un flujo de producción eficiente y minimizar el desperdicio.

Cuatrecasas destaca varios aspectos clave en relación con los inventarios de materia prima como:

1. **Reducción de Inventarios.** Uno de los principios fundamentales del JIT es la minimización de los niveles de inventario. El enfoque se centra en disponer de la cantidad exacta de materia prima en el momento preciso, lo que ayuda a reducir los costos de almacenamiento y minimiza riesgos como la obsolescencia o el deterioro.
2. **Relaciones con Proveedores.** Lograr inventarios reducidos requiere establecer relaciones estrechas y coordinadas con los proveedores. Esta colaboración garantiza entregas oportunas, confiables y frecuentes, obviando la necesidad de mantener grandes stocks.

3. **Calidad de Materia Prima.** Con niveles de inventario optimizados, es imperativo garantizar que la calidad de la materia prima sea coherente y superior. Cualquier inconveniente relacionado con la calidad puede causar interrupciones en el proceso de producción. Es por eso por lo que Cuatrecasas resalta la relevancia de colaborar con proveedores que prioricen la calidad.
4. **Sistema “Pull”.** A diferencia de las prácticas que fomentan la compra y almacenamiento de grandes volúmenes de materia prima basándose en proyecciones, el sistema “pull” se orienta hacia la adquisición de materiales en función de la demanda real y las exigencias productivas.
5. **Visualización y Control.** Cuatrecasas enfatiza la necesidad de implementar sistemas visuales y herramientas de control. Estos sistemas permiten monitorear y administrar los niveles de inventario en tiempo real, ofreciendo una capacidad de reacción ágil ante posibles variaciones.

Como resultado de las observaciones durante la práctica profesional, se han identificado las condiciones que permiten lograr las reducciones en los tiempos de entrega mencionados anteriormente, como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Reducción en el tiempo de entrega
(Aportación propia)

Relación con el cliente	Pronóstico de la demanda (exactitud)	Modelo	Ciclo de producción	Sistema de distribución	Tiempo de entrega
Avanzada (asociación estratégica)	> 95%	Empuje	Reposición de inventarios	Consignación en instalaciones del cliente	Inmediato
				Red de distribución en las cercanías del cliente	Menos de 24 hrs.
				Transportación dedicada al cliente	1 a 2 días
Media (Comunicación efectiva)	80% a 95%	Empuje y Tirón	Producción anticipada	Red estandar de distribución	Menos de 30 días
Baja (sin compromiso comercial)	< 80%	Tirón	De acuerdo a la cantidad del pedido solicitado		Sujeto a disponibilidad

En el caso de las mejoras que el uso de la inteligencia artificial puede aportar al proceso de reducción en los tiempos de entrega, Alicke (2019) al publicar su artículo, nos plantea el futuro de la aplicación de la Inteligencia Artificial (AI) en las labores desarrolladas en la cadena de suministro, en su exposición nos detalla la cantidad de información y volumen de trabajo que los planeadores de la cadena tienen que realizar y compara los beneficios de exactitud, rapidez y análisis que la Inteligencia Artificial podrá hacer en un futuro muy cercano.

Alicke (2019) nos bosqueja cómo será este cambio: “Este proceso tecnológico reducirá los plazos de entrega y aumentará el nivel de servicio al cliente, minimizará los errores, optimizará los márgenes y proporcionará una verdadera ventaja competitiva. Sin embargo, para que esto funcione, se requerirá una nueva configuración organizativa para la planificación. En la medida que una gran parte de las actividades de planificación de rutina estén automatizadas, la proximidad física a las operaciones (planificadores de producción ubicados en las plantas) serán menos importantes, mientras que el intercambio de conocimientos y el intercambio de mejores prácticas entre los planificadores se volverá más crucial. Por lo tanto, los planificadores requerirán una ubicación conjunta para permitir la interacción y la suma de esfuerzos.

La necesidad de talento altamente calificado está aumentando continuamente y hoy en día, hay una tendencia a externalizar tales trabajos a centros de servicios compartidos con acceso a los talentos adecuados en países de bajo costo. Los principales criterios de decisión serán la mejor manera de acceder a los mejores talentos en ingeniería de datos y optimización algorítmica. La planificación futura no hará que los planificadores sean obsoletos, pero el "planificador 4.0" no será comparable a muchos de los planificadores actuales.

Los planificadores deben ser mucho más analíticos y conocedores de IT, lo que requiere capacidades significativamente mejoradas, y serán un diferenciador central para el rendimiento de la cadena de suministro. Las empresas ya pueden prepararse para los requisitos futuros, estableciendo funciones de ingeniería de datos y de estimulación que crean trabajos por lotes, haciendo comprobaciones “automáticas” de datos maestros y

creando sugerencias para la adaptación. Al hacerlo, es esencial que las empresas digitalicen la amplia experiencia y el conocimiento de sus planificadores y se aseguren de que los sistemas futuros puedan usarlo en lugar de tener que redescubrir los aspectos centrales de la realidad operativa. Además, las habilidades en la planificación de la cadena de suministro y el análisis avanzados deben desarrollarse con urgencia para no perder terreno en el contexto de la función de planificación de la cadena de suministro, la cual está en rápida evolución.”

1.9 Liderazgo del Ingeniero en Alimentos

Los diversos conceptos citados anteriormente, han aportado valiosas definiciones sobre la cadena de suministro. Complementando esas ideas desde una perspectiva personal, la cadena de suministro puede ser vista como un sistema compuesto por todas las entidades encargadas de poner productos en manos de consumidores finales, satisfaciendo necesidades o preferencias específicas. Esta cadena tiene la crucial función de regular el flujo de materias primas, basándose en la información que emana del consumidor. Así, los materiales se transforman en el producto que los consumidores desean, distribuido en cantidades adecuadas. El principal desafío radica en optimizar los costos desde la adquisición de materias primas, pasando por la tecnología utilizada en la producción, hasta el sistema de distribución. La cadena de suministro es, por naturaleza, multidisciplinaria. Desde el análisis de las preferencias de los consumidores hasta la manufactura y distribución, se requiere una coordinación meticulosa y múltiples esfuerzos para analizar la información y tomar decisiones que se ajusten a las variaciones del mercado.

Sobre el tema de liderazgo Maxwell, (2011), concluye en su obra que el liderazgo es influencia e identifica cinco niveles en los cuales se ejerce esta capacidad, estos son:

Nivel 1. Posición

- La influencia se basa en el título del puesto.
- Las personas siguen al líder porque están obligadas a hacerlo.
- Confían en reglas y estructuras organizativas para controlar.

- No hay esfuerzo ni habilidad necesarios; cualquiera puede ser asignado a un puesto.

Nivel 2. Permiso

- Se basa en las relaciones.
- Las personas siguen al líder porque quieren.
- El líder se enfoca en conocer y desarrollar relaciones con su gente.
- No se puede liderar bien a las personas sin apreciarlas.

Nivel 3. Producción

- Los líderes en este nivel logran resultados.
- Las personas los siguen debido a sus contribuciones a la organización.
- En este nivel, liderar se vuelve divertido y los líderes pueden abordar problemas difíciles.

Nivel 4. Desarrollo de Personas

- El liderazgo se define por la capacidad de empoderar a otros.
- Estos líderes invierten en sus seguidores y los desarrollan hasta que se convierten en líderes.
- La producción puede ganar juegos, pero el desarrollo de personas gana campeonatos.
- Las relaciones se profundizan y se fortalecen.

Nivel 5. Cumbre

- Es el nivel más alto y difícil de alcanzar en el liderazgo.
- Requiere esfuerzo, habilidad, intencionalidad y un alto nivel de talento natural.
- Los líderes en este nivel desarrollan a otros líderes para que lleguen al nivel 4.

El Ingeniero en Alimentos desempeña un papel esencial en la industria alimentaria. Estos profesionales no solo comprenden las necesidades de los consumidores sino que también coordinan esfuerzos a lo largo de toda la cadena de suministro. Damodaran et al. (2007) enfatizan la relevancia de este papel al destacar que “los químicos de alimentos ejercen un impacto significativo en áreas como la salud, los costos y las regulaciones.

Debido a esta influencia, asumen la responsabilidad de trabajar en beneficio de la sociedad”. Tal conocimiento se extiende desde la selección adecuada de proveedores hasta

la coordinación logística y distribución de los productos. En el mercado actual, el diferenciador competitivo radica en la eficiencia con la que se gestiona la cadena de suministro.

1.10 Propuesta de Mejora

Una empresa fabricante de empaques de cartón corrugado ubicada en la ciudad de Querétaro, interesada en mejorar su proceso de planeación y suministro de materiales, permitió analizar su proceso e información con la finalidad de mejorarlo y así reducir el nivel de inventarios de materia prima.

De acuerdo con lo revisado previamente, toda cadena de suministro requiere de un proceso con el cual pronosticar la demanda y así construir el plan de abastecimiento, sin embargo, es común que los pronósticos elaborados difieran con la demanda real, causando un impacto en el nivel de inventarios.

Esta situación es comentada por Alfonso, (2004), quién en su obra destaca la importancia de fundamentar la toma de decisiones para el control de inventarios con base en datos oportunos, aplicando un análisis técnico y matemático.

1.10.1 Justificación de la propuesta

El presente trabajo se enfoca en la necesidad de desarrollar una herramienta de simulación para el control de inventarios. Para este aspecto, se desarrolló un modelo para analizar los impactos en el control de inventarios ante variaciones en la demanda proyectada. El modelo desarrollado aplica los principales conceptos y fórmulas que Buffa (1975), Michiel (1992), Chapman (2006) y Holguín (2010) han conjuntado en sus estudios para analizar y proyectar la demanda del producto. En el modelo, se consideró la tendencia histórica y los factores estacionales del producto en el horizonte de planeación. También se incluyeron los factores circunstanciales que distorsionan el comportamiento de la demanda.

De esta forma, ante un posible escenario de variación en la demanda, se puede cuantificar el total de los materiales a requerir, esta información es la base para analizar la proyección de inventarios considerando las entregas de materiales programadas y los nuevos requerimientos por adquirir. El modelo desarrollado es una herramienta auxiliar en el proceso de planeación, pues al poder analizar diferentes escenarios de variación en la demanda, es posible tomar las decisiones de forma oportuna, para garantizar el abasto de materiales en las cantidades óptimas.

El caso analizado fue la planeación de los materiales utilizados en la empresa fabricante de empaques corrugados de cartón anteriormente mencionada, durante el período enero-septiembre del año 2020, previo a la implementación del modelo, se logró caracterizar el proceso de planeación utilizado por la empresa, identificando y analizando las estrategias para aplicar el modelo desarrollado y con ello resolver la problemática de reducir el tiempo utilizado en el proceso de planeación y el control de materias primas, manteniendo el nivel de servicio a los clientes, el cual era del 100%, antes de utilizar el modelo propuesto.

1.10.2 Problemática analizada

En el caso analizado, la empresa utiliza el método del consumo promedio de las últimas 13 semanas para calcular y programar la entrega del papel Kraft que utilizará en su proceso. Estos cálculos aplican a partir del período $N+3$, dado el tiempo de entrega que es de 10 semanas, desde que es solicitado, producido, importado y transportado a la planta.

Este método tiene el riesgo de generar desafíos operativos por aquellas desviaciones significativas que pudiesen ocurrir entre la demanda planeada y la real. Específicamente, esta imprecisión puede resultar en dos escenarios problemáticos: el desabasto, en caso de que la demanda real supere las estimaciones, o un sobre inventario, si la demanda real resulta ser menor que la estimada.

Estos escenarios no solo tienen implicaciones económicas, sino también operativas, ya que un desabasto puede afectar la continuidad de la producción y la satisfacción del cliente, mientras que un sobre inventario implica costos adicionales de almacenamiento y

posibles obsolescencias. Dada la importancia de este proceso, es esencial identificar y abordar las causas generadoras de dicha imprecisión para garantizar un suministro eficiente de materias primas y productos terminados.

En el caso analizado, una característica relevante es que la administración del proceso de manufactura se lleva a cabo con dos sistemas operativos independientes. A pesar de que existe una interfaz que permite migrar la información del Sistema de Manufactura al Sistema Financiero, esta estructura introduce complejidades. Específicamente, complica la planeación de materiales, ya que es necesario verificar constantemente la información transferida al Sistema Financiero. El personal encargado debe dedicar tiempo extra en el proceso de planeación para recopilar y validar la información de ambos sistemas. Una vez que cuentan con la información verificada, la analizan para tomar decisiones que aseguren la continuidad del proceso productivo y una correcta gestión de los inventarios de materia prima.

En el mediano plazo no se tiene contemplado la utilización de un solo sistema para administrar el proceso de manufactura, por el costo de esta solución, tampoco se tiene contemplado la contratación de programadores para mejorar la eficiencia de la situación actual, el reto es poder desarrollar una solución, con los recursos disponibles y ayudar a mejorar la eficiencia del proceso de planeación y control de inventarios.

1.10.3 Características de las mejoras propuestas

Para abordar la problemática identificada, se plantea la siguiente hipótesis:

“La combinación de técnicas avanzadas de pronóstico de demanda, el análisis detallado de los datos históricos y una revisión y adaptación constante del método de estimación ante cambios de mercado disminuirán las diferencias entre la demanda real y la proyectada. Esta alineación contribuirá a reducir los riesgos asociados con la falta o exceso de inventario de materias primas y productos terminados”.

En resumen, la hipótesis propone la implementación de técnicas avanzadas y una revisión constante de la demanda proyectada, priorizando la reducción de discrepancias en las estimaciones y minimizando los riesgos relacionados con el suministro.

El capítulo siguiente explora las características particulares de los ingredientes utilizados en la Industria Alimentaria para entender la complejidad de los materiales y servicios requeridos en la cadena de suministro. Posteriormente, el estudio se enfoca en el caso específico bajo análisis y en los resultados obtenidos a partir de las implementaciones propuestas, buscando evaluar la validez de la hipótesis presentada. Adicionalmente, el proceso metodológico desarrollado comprende las siguientes etapas:

- Revisión bibliográfica del marco teórico.
- Recopilación y análisis de datos históricos.
- Esquematización de todos los procesos involucrados.
- Entrevistas con expertos en el área.
- Diagnóstico del caso.
- Desarrollo del proceso para conciliar inventarios y del modelo de simulación.
- Implementación de mejoras y análisis de los resultados obtenidos.

1.10.4 Objetivos

- **Objetivo general.** Desarrollar un modelo de simulación que mejore el proceso de planeación de materiales, anticipando las probables variaciones en la demanda, con el fin de ajustar el plan de abasto y suministro y evitar tanto excesos de inventarios como el desabasto de materiales.
 - **Objetivo particular 1.** Reducir el nivel de inventarios en un 15%, durante el período de prueba del modelo, mostrando una tendencia decreciente al finalizar el período de prueba, sin afectar el nivel de servicio al cliente (el cual era del 100%).
 - **Objetivo particular 2.** Optimizar el proceso de planeación y suministro de materiales mediante el desarrollo de una base de datos en Excel, integrando reportes del sistema para generar informes diarios sobre inventarios y consumos reales.
 - **Objetivo particular 3.** Reducir en un 50% el tiempo dedicado a la conciliación mensual de inventarios y consumos, integrando la información de ambos sistemas en una base de datos de Excel, para la identificación de discrepancias y realizar los ajustes necesarios para lograr una concordancia con un margen no mayor al 0.1%.

CAPITULO II. LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Los consumidores de alimentos están acostumbrados a acudir a los anaqueles de los almacenes comerciales y tomar el producto que necesitan, en cualquier época del año y sin importar la hora del día. Las personas que acuden a un restaurante esperan que el platillo elegido les sea entregado con gran prontitud. Los encargados de las adquisiciones de cualquier proceso productivo esperan que los artículos indicados en su pedido sean embarcados al día siguiente de haberlos solicitado

En este contexto, Bourlakis et al. (2008) señalan que la industria alimentaria global opera en un mercado altamente segmentado. La diversidad en las preferencias y gustos de los consumidores exige que los fabricantes de alimentos reaccionen con rapidez a las demandas, adecuándose a los tiempos y cambios marcados por estos. El cumplimiento de estas expectativas es resultado de un funcionamiento óptimo de la cadena de suministro correspondiente. La industria de alimentos tiene características especiales que requieren de un profesional como el ingeniero en alimentos para poder administrar la complejidad y diversidad de fuentes de suministro, y con ello garantizar la continuidad en el abasto de materias primas y materiales de empaque, requeridas por el proceso productivo. El liderazgo con que es administrada una cadena de suministro será determinante en las posibilidades de competir en el mercado por las preferencias de los consumidores. En este punto, se destaca la habilidad que debe tener el plan de suministro para poder hacer los ajustes necesarios y garantizar el abasto oportuno de los materiales requeridos para cumplir con las expectativas del cliente, por un lado, y cuidar el nivel de inventarios para no tener en exceso materiales, que puedan comprometer el capital de la empresa.

El presente trabajo se enfoca en destacar la importancia del uso de modelos de simulación para la oportuna toma de decisiones para garantizar el abasto de materiales ante las variaciones de la demanda. Se diseñó un modelo de simulación, el cual se detalla en el siguiente capítulo, para analizar diferentes escenarios y con ello tomar las decisiones oportunas para evitar los impactos que provoca el desabasto de productos a los clientes.

En este capítulo se analizarán las características que tiene la cadena de suministro en la industria alimentaria y los retos que enfrentará en el futuro próximo. Se analizarán las limitaciones que pueden tener cada uno de los principales grupos de materias primas utilizadas en la producción de alimentos, incluyendo los materiales de empaque. Se expondrán las características del modelo de simulación, basado en la tecnología informática disponible en la actualidad, con el cual se puede analizar diferentes escenarios y con ello determinar la mejor opción a ejecutar para garantizar el abasto de todos los materiales en forma oportuna y controlar el nivel de inventarios.

2.1 Características de la cadena de suministro en la industria alimentaria

Dani (2015) destaca que la cadena de suministro en la industria alimentaria comprende el proceso desde la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte hasta la distribución de alimentos, desde su origen en la granja hasta su consumo final. Las características principales de la cadena de suministro en la industria alimentaria, según diversos autores son:

a) Compleja. Chopra, et al, (2008) señala que esta cadena es particularmente compleja debido a la naturaleza perecedera de los productos, la variabilidad en la oferta y demanda, y las estrictas regulaciones sanitarias y ambientales.

b) Confiable. Briz (2016) destaca que la efectividad de su gestión de calidad se fundamenta en la trazabilidad de los productos, previniendo riesgos de contaminación y deterioro de los materiales para ofrecer productos seguros y de alta calidad.

c) Estacional. De, S. y Pesquera, Y. (2003) apuntan que la estacionalidad es vital al seleccionar las fuentes de suministro en función de cuándo las materias primas son cosechadas y procesadas.

d) Globalizada. La procedencia de ingredientes es crucial para garantizar calidad y continuidad en el abasto. En un mercado globalizado, hay alta competencia entre países para ofrecer ingredientes de calidad a precios competitivos. Por ejemplo, en México, el principal proveedor de ingredientes es Estados Unidos. En el Cuadro 9, se enlistan las principales materias primas importadas para la Industria Alimentaria."

Cuadro 9. Principales productos alimenticios exportados a México de EE. UU

(Tomado de: <https://apps.fas.usda.gov/gats/default.aspx> , Julio 2023)

Categoría	Producto	Millones de USD						Promedio
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Granos		5,189	5,471	5,497	5,305	8,254	8,918	6,439
	Maíz	2,645	3,061	2,736	2,685	4,699	4,923	3,458
	Trigo	852	662	812	778	1,293	1,585	997
	Alimento para animales	1,023	1,142	1,230	1,246	1,556	1,780	1,330
	Arroz	293	270	280	247	308	220	270
	Cebada	211	210	211	183	243	196	209
	Otros:	164	126	228	166	154	214	175
Oleaginosas		3,092	3,288	3,277	3,290	4,389	5,534	3,812
	Soja	1,574	1,818	1,878	1,880	2,622	3,642	2,236
	Harina de Soja	583	669	647	668	849	867	714
	Derivados oleaginosos	202	193	204	204	277	336	236
	Cacahuates	128	132	134	125	160	175	142
	Aceite de Soja	202	129	113	98	89	117	124
	Harinas aislados y concentrados	109	109	97	94	93	91	99
	Otros:	294	240	204	221	299	306	261
Cárnicos		3,605	3,313	3,271	2,770	3,986	4,127	3,512
	Carne de cerdo	1,154	1,006	967	914	1,346	1,701	1,181
	Carne de res y ternera	742	824	821	619	788	697	748
	Carne de vacuno	233	230	277	228	264	266	250
	Derivados cárnicos	132	110	111	113	176	221	144
	Variedad en carnes de cerdo	191	152	149	123	173	168	159
	Piel de ganado enteras	118	116	94	66	115	114	104
	Sebo comestible	59	83	94	87	139	108	95
	Cuero	162	137	134	78	120	107	123
	Otros:	814	654	624	543	866	745	708
Horticultural Products		2,893	3,105	3,059	2,994	3,796	3,989	3,306
	Productos Hortícolas	1,184	1,268	1,185	1,114	1,403	1,539	1,282
	Verduras y preparaciones	723	676	735	801	1,057	1,089	847
	Frutas y preparaciones	729	790	797	751	1,004	966	839
	Nueces	256	370	341	327	333	395	337
Productos Lácteos		1,293	1,375	1,526	1,401	1,786	2,443	1,637
	Leche em polvo descremada	570	658	779	708	961	1,325	833
	Quesos	391	387	419	428	457	628	452
	Suero	90	92	112	79	124	174	112
	Otros productos lácteos	85	69	77	63	78	89	77
	Helado	45	48	53	54	58	65	54
	Leche condensada	10	8	8	5	28	48	18
	Otros:	101	113	78	64	81	114	92
Productos Avícolas		1,125	1,144	1,280	1,198	1,568	1,478	1,299
	Carne de Pollo	516	517	605	574	833	765	635
	Carne de Pavo	355	389	427	379	450	457	409
	Huevo y derivados	169	166	181	192	215	194	186
	Otros:	84	71	67	53	70	61	68
Azucar y preparaciones		1,113	1,097	1,073	958	1,077	1,197	1,086
Pescado		61	59	67	59	84	95	71
Gran Total		17,078	17,476	17,524	16,573	23,155	25,337	19,524

e) Tecnológicamente diversificada. Los ingredientes utilizados en la industria alimentaria pueden ser transformados a través de diversos procesos. De acuerdo con Brennan, (2012), algunos de los procesos más comunes incluyen el secado, la fermentación, la extrusión, la pasteurización, la esterilización, la congelación, la deshidratación, el enlatado, el ahumado, el salado y el curado. Además, también es posible producir saborizantes, colorantes y edulcorantes mediante la síntesis química o la extracción de fuentes naturales como frutas, plantas y vegetales. La diversidad de procesos disponibles permite a la industria alimentaria crear productos con características únicas y adaptarse a las preferencias del consumidor.

f) Regulada. En México, existen diversas leyes y normas que regulan la importación y uso de ingredientes en la elaboración de alimentos. La Ley de los Impuestos Generales de Importación y Exportación establece los aranceles y requisitos de importación para diversos productos, incluyendo ingredientes alimentarios, Asimismo, la Ley General de Salud y su Reglamento establecen los requisitos sanitarios para la elaboración, importación y comercialización de alimentos en el país. Entre estos requisitos se encuentran la autorización de la Secretaría de Salud para la importación de ingredientes que contengan sustancias no permitidas, como aditivos o contaminantes, y la obligatoriedad de etiquetar los ingredientes de acuerdo con las normas establecidas.

Además, existen normas específicas para la elaboración de ciertos alimentos, como la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, que establece los requisitos de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Las leyes y normas mexicanas establecen un marco regulatorio riguroso para la importación y uso de ingredientes en la elaboración de alimentos, con el fin de garantizar la seguridad y calidad de los productos alimentarios que se ofrecen a la población.

2.2 Categorización de los principales ingredientes utilizados

Dada la amplitud de materias primas, ingredientes, aditivos y materiales de empaque utilizados en la industria de alimentos, existen diversos criterios para clasificarlos, los cuales varían en función de su uso, sin embargo, algunos de los criterios utilizados para clasificar los ingredientes son:

a) Según su origen y procesamiento.

Esta categorización se enfoca en la forma en que se obtienen y procesan las materias primas utilizadas en la industria alimentaria. Según esta clasificación, las materias primas pueden ser de origen animal, vegetal, mineral o sintético.

Además, se pueden clasificar en función del grado de procesamiento al que han sido sometidas, como materias primas crudas, semiprocesadas o procesadas Dergal, (2006)

b) Según su función en los alimentos.

Esta categorización se enfoca en el papel que desempeñan las materias primas en la estructura y propiedades de los alimentos. Según esta clasificación, las materias primas pueden ser clasificadas en función de su función estructural, funcional o sensorial. Las materias primas estructurales contribuyen a la formación y estabilidad de la estructura física del alimento, mientras que las funcionalmente activas tienen un efecto sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del alimento.

Las materias primas sensoriales, por otro lado, influyen en el sabor, aroma, color y textura del alimento. Dergal, (2006)

c) Según su clasificación química.

Esta categorización se enfoca en la composición química de las materias primas utilizadas en la industria alimentaria. Según esta clasificación, las materias primas pueden ser clasificadas en diferentes grupos químicos, como carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, entre otros. (Belitz, et al, 2008)

d) Según su uso en la industria alimentaria.

Esta categorización se enfoca en la función específica de las materias primas en la industria alimentaria. Según esta clasificación, las materias primas pueden ser clasificadas en función de su uso en la producción de alimentos, como ingredientes básicos, aditivos alimentarios, materiales de envasado, entre otros. World Health Organization. (2011) y Xu, (2013)

Para ilustrar lo anteriormente expuesto, en el Cuadro 10 se muestra el sistema de categorización para identificar los principales productos elaborados por la Industria Alimentaria.

Cuadro 10. Sistema de categorías de alimentos

Tomado de World Health Organization, (2011).

1	Productos lácteos y análogos
2	Grasas y aceites, y emulsiones de grasa
4	Frutas y verduras
5	Confitería
6	Cereales y productos de cereales
7	Productos de panadería
8	Carnes y productos cárnicos, incluyendo aves y caza
9	Pescados y productos pesqueros
10	Huevos y productos de huevo
11	Edulcorantes, incluyendo miel
12	Sales, especias, sopas, salsas, ensaladas y productos
13	Alimentos destinados a usos nutricionales
14	Bebidas, excluyendo productos lácteos
15	Productos listos para comer

2.3 Desarrollo de los proveedores seleccionados

Finalmente, una característica adicional de la cadena de suministro de la industria alimentaria que permite optimizar su funcionamiento es desarrollar una buena relación con los proveedores y establecer acuerdos claros en relación con los principales aspectos que determinan al suministro confiable y oportuno.

De forma particular es importante acordar y verificar las especificaciones del producto, las normas de calidad y las buenas prácticas de manufactura que se deben cumplir, así como las condiciones de almacenamiento y transporte requeridas. También es necesario definir el nivel de inventario que se debe mantener en cada etapa de la cadena, el límite aceptable de la vida útil remanente del producto en el momento de su recepción, la frecuencia de abastecimiento de los materiales, la cantidad contratada y comprometida, y el proceso de reprogramación de entregas acordado.

Además, es importante establecer el nivel de servicio comprometido por los proveedores, así como las políticas de operación de la logística inversa acordadas. Por último, se deben desarrollar proyectos para optimizar los costos de la cadena de suministro. Al establecer estos acuerdos claros con los proveedores, se puede lograr un buen entendimiento de los resultados que se espera obtener con sus servicios y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro en la industria alimentaria.

2.4 Antecedentes históricos de la industria de alimentos

La revisión de los antecedentes históricos es relevante para comprender el desarrollo de las cadenas de suministro de la industria alimentaria en la actualidad. Como señala Delgado de Cantú, (2001), varias de las industrias líderes en la producción de alimentos tienen sus orígenes en el período de la revolución industrial, cuando se desarrollaron tecnologías para la producción en masa y la conservación de alimentos. Estos avances permitieron la creación de grandes empresas que fueron pioneras en la producción de alimentos y bebidas en serie. La comprensión de los antecedentes históricos de la industria alimentaria nos permite entender cómo se han desarrollado las cadenas de suministro y cómo han surgido y evolucionado las empresas líderes en la producción de alimentos y bebidas en la actualidad. Como señala Delgado de Cantú, (2001), "el conocimiento del pasado es esencial para la comprensión del presente y para la planificación del futuro". Por lo tanto, la revisión de los antecedentes históricos de la industria alimentaria es esencial para su comprensión y desarrollo futuro.

2.5 Perspectivas para el futuro próximo

La industria alimentaria se enfrenta a importantes desafíos en las próximas décadas, entre ellos el cambio climático, la creciente demanda de alimentos por parte de una población en constante crecimiento, y la necesidad de producir alimentos de manera sostenible y eficiente. Para hacer frente a estos desafíos, se necesitan innovaciones y avances en tecnologías de producción de alimentos, así como en la gestión de las cadenas de suministro. Según Zhong (2017), la cadena de suministro de alimentos enfrentará diversos desafíos y cambios en el futuro. Algunos de los aspectos más relevantes publicados en su artículo son:

1. ***Digitalización y tecnologías emergentes.*** Se espera una mayor adopción de tecnologías como el “Big Data Analytics”, la Inteligencia Artificial (IA), el Internet de las Cosas (IoT) y la “Blockchain” en la cadena de suministro de alimentos. Estas tecnologías mejorarán la visibilidad, trazabilidad y eficiencia en toda la cadena, permitiendo un seguimiento más preciso de los productos y la detección temprana de problemas.
2. ***Sostenibilidad y responsabilidad ambiental.*** Existe una creciente demanda de alimentos producidos de manera sostenible y con menor impacto ambiental. Se espera que la cadena de suministro de alimentos adopte prácticas más sostenibles, como la reducción del desperdicio de alimentos, la gestión eficiente de los recursos naturales y el uso de energías renovables.
3. ***Seguridad alimentaria y transparencia.*** Los consumidores están cada vez más preocupados por la seguridad y la calidad de los alimentos. En respuesta, se espera un mayor enfoque en la trazabilidad, la autenticidad de los productos y la transparencia en toda la cadena de suministro. Las tecnologías como la Blockchain pueden proporcionar registros inmutables y verificables de la procedencia y el historial de los alimentos.
4. ***Colaboración y asociaciones estratégicas.*** La colaboración entre los actores de la cadena de suministro de alimentos será crucial en el futuro. Se esperan alianzas estratégicas y la creación de ecosistemas colaborativos para abordar

desafíos comunes, compartir recursos y conocimientos, y garantizar la calidad y seguridad de los alimentos en todas las etapas.

5. ***Personalización y demanda del consumidor.*** Los consumidores están buscando alimentos más personalizados y adaptados a sus necesidades individuales, como dietas específicas o preferencias alimentarias. La cadena de suministro de alimentos deberá ser más ágil y flexible para satisfacer estas demandas cambiantes y ofrecer productos y servicios personalizados.

La perspectiva futura de la cadena de suministro de alimentos se enfoca en la adopción de tecnologías avanzadas, la sostenibilidad, la seguridad alimentaria, la transparencia, la colaboración y la capacidad de respuesta a las demandas del consumidor. Estos cambios permitirán una cadena de suministro más eficiente, confiable y centrada en el consumidor.

2.6 Particularidades relevantes de la industria de alimentos

Las materias primas que son utilizadas como ingredientes y materiales de empaque en la industria alimentaria tienen las características de provenir de múltiples fuentes y de una diversidad amplia de procesos tecnológicos, con los cuales se obtienen los productos de mayor valor agregado. Los ramos industriales especializados en su producción abarcan desde el procesamiento de productos agrícolas, agropecuarios y pesqueros, hasta los procesos de refinación de hidrocarburos para producir los plásticos utilizados en la manufactura de empaques.

La clasificación de los ingredientes utilizados por la Industria Alimentaria es una herramienta fundamental para organizar las estrategias de abasto para cada una de las categorías que integran en la cadena de suministro, para ilustrar este concepto en el Cuadro 11 se muestra la categorización de los principales aditivos químicos que el Consejo Internacional de Aditivos Alimentarios publica en su página de internet.

Cuadro 11. Categorización de los aditivos químicos

Tomado de <https://www.foodingredientfacts.org> , septiembre 2023.

Categoría	Ejemplos
Reguladores de acidez	Ácido acético, Fosfato de calcio, Ácido cítrico
Agentes antiaglomerantes	Silicato de calcio, Celulosa microcristalina, Fosfatos
Agentes antiespumantes	Alginato de calcio, Mono y diglicéridos, Dióxido de silicio
Antioxidantes	Ácido cítrico, Lecitina, Ácido fosfórico
Acarreadores	Agar, Ácido algínico y alginatos, Carragenina.
Emulsificantes	Carragenina, Goma de celulosa, Lecitina.
Agentes texturizantes	Goma de celulosa, Ácido cítrico, Fosfatos
Potenciadores del sabor	Edulcorantes de alta intensidad, Algunas enzimas
Agentes espumosos	Alginates, Goma xantana
Agentes gelificantes	Carragenina, Goma de celulosa, Pectina.
Agentes de acristalamiento	Carragenina, Goma de celulosa, Goma de acacia.
Humectantes	Alginates, Carragenina, Goma de celulosa, Chicle Konjac
Conservadores	Ácido acético, Nisin, Fosfatos
Agentes leudantes	Fosfato monocalcico, Carbonatos, Sulfatos
Sequestradores	Alginates, Ácido cítrico, Ácido fosfórico
Estabilizantes	Goma de algarroba, Carragenina, Goma de celulosa.
Edulcorantes	Allulosa, Estevia, Sacarina
Espesantes	Carragenina, Goma de celulosa, Goma de goma Gellan.

Las industrias productoras de ingredientes alimentarios son eslabones fundamentales en la cadena de suministro de la industria alimentaria. Cada una de estas industrias tiene sus propias características y funcionamiento específico, aunque los detalles específicos de su operación están más allá del alcance de este trabajo. Sin embargo, es importante destacar que el óptimo funcionamiento de la cadena de suministro en la industria alimentaria depende de la interconexión de estas industrias productoras de ingredientes y materiales.

Por tanto, resulta crucial contar con planes de contingencia que proporcionen alternativas de abastecimiento frente a factores que puedan poner en riesgo la continuidad de la producción. Esto se debe a que cualquier interrupción en la cadena de suministro de los ingredientes puede tener un impacto significativo en la capacidad de producción de la industria alimentaria en su conjunto.

Al igual que los eslabones de una cadena, la fortaleza de la cadena de suministro se basa en la robustez y confiabilidad de cada uno de sus eslabones. Por lo tanto, es esencial establecer medidas de contingencia y contar con estrategias de abastecimiento alternativas que permitan hacer frente a posibles problemas, como escasez de materias primas, fluctuaciones en la demanda o dificultades logísticas.

La planificación adecuada y la colaboración estrecha entre los diferentes actores de la cadena de suministro, incluidas las industrias productoras de ingredientes, son fundamentales para garantizar una continuidad fluida en la producción de alimentos. Al tener en cuenta estos aspectos, se podrá minimizar el impacto de los factores imprevistos y mantener el suministro constante y confiable de ingredientes para la industria alimentaria.

Al estudiar las estrategias competitivas de la industria alimentaria, Solleiro (2003) hace referencia a las principales ramas industriales que elaboran los ingredientes suministrados en la cadena de suministro. Estas ramas son:

1. **Industria de procesamiento de frutas y vegetales.** Realiza la recolección, selección, procesamiento y envasado de frutas y vegetales frescos. Las actividades que desarrolla incluyen lavado, cortado, deshidratación, congelación y enlatado.
2. **Industria de procesamiento de legumbres.** Procesa legumbres como frijoles, lentejas, garbanzos, habas y chícharos, e involucra la limpieza, clasificación, cocción, enlatado y elaboración de productos a base de legumbres.
3. **Industria molinera y de procesamiento de cereales.** Se ocupa de la molienda de cereales como trigo, arroz, maíz y avena para producir harinas y féculas utilizadas en productos alimentarios como pan, pasta y productos horneados.
4. **Industria de procesamiento de semillas y oleaginosas.** Procesa semillas y oleaginosas, como girasol y soya, para obtener aceites comestibles y subproductos como harinas y tortas de prensado.
5. **Industria cárnica y procesamiento de carnes.** Dedicada a la producción y procesamiento de carne de animales como ganado vacuno y pollo. Su proceso

incluye actividades como sacrificio, despiece, procesamiento, envasado y elaboración de productos cárnicos.

6. **Industria pesquera y procesamiento de pescado y mariscos.** Se enfoca en la captura, acuicultura, procesamiento y envasado de pescado y mariscos. Las actividades abarcan limpieza, fileteado, congelación, ahumado y enlatado.
7. **Industria chocolatera y procesamiento de cacao.** Procesa los granos de cacao para producir chocolate y otros productos de confitería, pasando por etapas como tostado, descascarillado, molienda, conchado, templado y moldeado.
8. **Industria láctea y procesamiento de leche.** Dedicada al procesamiento y transformación de leche en productos lácteos como queso y yogur, involucrando procesos como pasteurización, fermentación, cuajado, maduración y envasado.
9. **Industria de refinación de aceites.** Refina aceites comestibles de fuentes vegetales como oliva y girasol. Las etapas incluyen extracción, neutralización, desgomado, decoloración y desodorización.
10. **Industria azucarera y refinación de azúcar.** Especializada en la producción y refinación de azúcar de fuentes como caña de azúcar, abarcando procesos de extracción, clarificación y evaporación.
11. **Industria del envase y embalaje.** Los envases y embalajes cumplen funciones específicas según el tipo de producto. Ofrecen protección contra impactos y contaminantes, garantizando la calidad y frescura de los productos. Incluyen recipientes, bolsas, cajas, latas y botellas.

Dada la diversidad y complejidad de estas industrias, nos centraremos solo en los casos de la industria láctea, la de aditivos químicos, los empaques corrugados, así como la de condimentos y sazadores, para revisar cómo impactan las características de cada una de ellas en el suministro y control de inventarios.

En términos generales, las ramas de las industrias que suministran ingredientes para la industria alimentaria tienen características comunes, tales como:

- **Estacionalidad de la materia prima.** Los ingredientes están disponibles según las temporadas de cosecha.

- **Necesidad de procesos tecnológicos.** Requieren de tecnología específica para su obtención y conservación.
- **Período de utilización limitado.** Los ingredientes tienen un tiempo de vida útil limitado.
- **Requisitos de almacenamiento y transporte controlados.** Necesitan condiciones especiales para preservar sus propiedades.
- **Regulaciones y tiempos de importación.** La importación puede estar sujeta a regulaciones gubernamentales y tiempos de espera.
- **Procesos adicionales.** Algunos ingredientes necesitan preparaciones adicionales antes de su uso en la industria alimentaria.

Estas características tienen un impacto significativo en el nivel de inventario necesario para mantener el funcionamiento de la cadena de suministro. Los principales aspectos cubiertos por los inventarios son:

- Cobertura de la demanda entre temporadas de producción.
- Tiempo de reposición de inventario.
- Tiempo requerido para la logística de importación.
- Dimensionamiento de lotes económicos de compra.
- Vida útil de los ingredientes.
- Escasez de opciones de abastecimiento local.

Las consecuencias del nivel de inventario requerido para mantener el funcionamiento de la cadena de suministro son:

- Requerimientos de capital de trabajo.
- Necesidad de espacios amplios y controlados para el almacenamiento.
- Riesgo de caducidad de los ingredientes almacenados.
- Posibilidad de daños a las mercancías durante el almacenamiento.

Acotando lo anteriormente expuesto, estas características y las consecuencias asociadas afectan directamente a la gestión de inventarios y a los aspectos logísticos y financieros de la cadena de suministro en la industria alimentaria. Es necesario tener en cuenta estos factores para asegurar un abastecimiento eficiente y mantener la calidad de los productos.

2.6.1 Características de la industria láctea

La industria láctea se caracteriza por diversas particularidades que la distinguen en el ámbito de la producción de alimentos. De acuerdo con Wijnands et al, (2010) algunas de las características más relevantes son:

1. ***Materia prima.*** La industria láctea utiliza como materia prima principal la leche, obtenida de animales como vacas, cabras y ovejas. Esta leche puede ser procesada de diferentes formas para la elaboración de productos lácteos variados.
2. ***Procesamiento y transformación.*** La leche es sometida a procesos de pasteurización, homogeneización y separación, entre otros, con el fin de obtener productos lácteos de calidad y seguros para el consumo. Estos procesos pueden incluir la separación de la crema, la estandarización de la grasa, la fermentación y la maduración.
3. ***Diversidad de productos.*** La industria láctea ofrece una amplia gama de productos, que incluyen leche pasteurizada, leche en polvo, queso, yogur, mantequilla, helado y otros derivados lácteos. Cada uno de estos productos tiene sus propias características y procesos de elaboración específicos.
4. ***Cadena de frío.*** La mayoría de los productos lácteos requieren condiciones de almacenamiento y transporte controladas, especialmente en lo que respecta a la temperatura. La cadena de frío es esencial para garantizar la conservación de los productos y preservar su calidad.
5. ***Estacionalidad de la producción.*** Aunque la industria láctea opera durante todo el año, existe una estacionalidad en la producción de leche, ya que la disponibilidad de pastos y la reproducción de los animales influyen en la cantidad de leche producida. Wijnands, (2010) indica en su reporte que en México los meses de junio a noviembre son los meses en donde la producción de leche es superior al

promedio anual, este dato obtenido de las estadísticas del 2006 al 2008, coinciden con los datos reportados por La Cámara Nacional de la Industria Láctea en su página de internet, en su apartado de Estadísticas del Sector Lácteo 2011 al 2021. (<https://www.canilec.org.mx/estadisticas/>)

Este aspecto puede afectar la planificación y la gestión de la cadena de suministro.

6. **Regulaciones y estándares de calidad.** La industria láctea está sujeta a regulaciones estrictas en cuanto a la calidad, seguridad y etiquetado de los productos. Se establecen normativas para garantizar la inocuidad alimentaria, el bienestar animal y la trazabilidad de la leche y sus derivados.
7. **Consumo local e internacional.** Los productos lácteos se consumen tanto a nivel local como a nivel internacional. Algunos países tienen una fuerte tradición en la producción y consumo de productos lácteos, mientras que otros dependen de la importación para satisfacer la demanda interna. A este respecto Gökirmakli , et al (2017) cita lo siguiente: “En la actualidad, la industria láctea ha desarrollado una variedad de productos lácteos que responden a las demandas específicas de los consumidores. Estos incluyen alimentos lácteos con un menor contenido de sodio, leche hidrolizada de lactosa y leche con menor contenido de grasa. Además, se han introducido productos lácteos ultra pasteurizados y fermentados para satisfacer la necesidad de una mayor duración de almacenamiento y variedad. Se espera que en el futuro, los productos tradicionales de la industria láctea, como la leche líquida y concentrada, los polvos de leche, los ingredientes proteicos de la leche, y los productos de grasa de la leche, como la crema y la mantequilla, continúen siendo disponibles. Sin embargo, es probable que estos productos se diversifiquen aún más, incluyendo la producción de ingredientes nutricionales y bioactivos de mayor valor, como aislado de proteína de suero, concentrados de proteína de leche en polvo y otros compuestos bioactivos”

Estas características hacen de la industria láctea una industria dinámica y versátil, que requiere de tecnología, expertos y estándares de calidad elevados para ofrecer productos lácteos de alta calidad y seguridad alimentaria. De acuerdo con Robledo, (2018) “La importación de leche en polvo tiene mucha relevancia debido a que ésta es utilizada como materia prima para elaborar diferentes productos lácteos en sustitución de la leche fresca

que se produce en México”. En la Figura 22 se puede observar los principales productos lácteos importados a México como ingredientes de la cadena de suministro de la Industria Alimentaria durante los años 2012 al 2016.

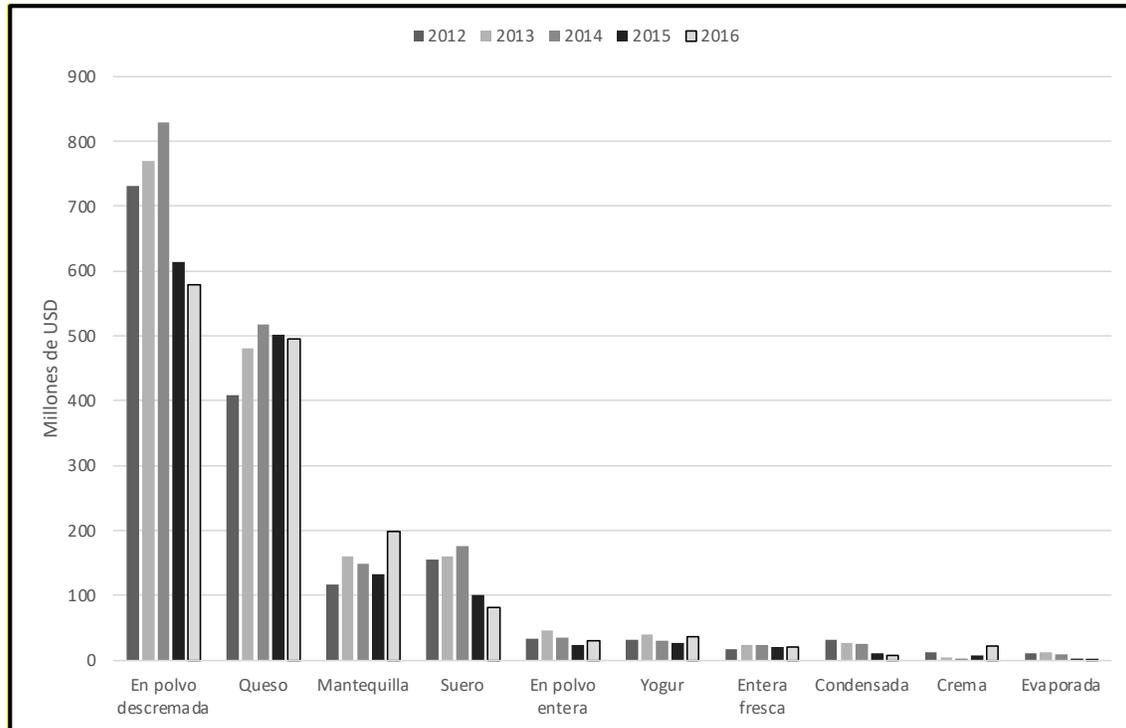


Figura 22. Importación de productos lácteos en México

Tomado de Robledo, (2018).

Según las estadísticas reportadas por la Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC) para el período de 2010 a 2021, en el año 2021, México importó productos lácteos por un valor de 2,299 millones de dólares, mientras que exportó productos lácteos por un valor de 560 millones de dólares. Esto resulta en un déficit comercial en el sector lácteo de 1,739 millones de dólares.

Las cifras publicadas por CANILEC mantienen consistencia con las tendencias previamente reportadas por Robledo en 2018. El valor de las importaciones de productos lácteos expresadas como participación porcentual se distribuyó de la siguiente manera:

Leche en polvo con un 40%, Quesos con un 24%, Caseinatos con un 10%, Fórmulas infantiles con un 7%, Lactosueros con un 6%, Helados con un 5%, Grasa butírica con un 4%, Lactosa con un 2%, Leche fluida con un 1% y Yogurt con un 1%.

(Tomado de <https://www.canilec.org.mx/estadisticas/> , septiembre 2023.)

Contrastando lo anterior, en la Figura 23 se muestran los principales productos lácteos exportados por los EE. UU. en el año 2015 (Cessna, et al, 2016), siendo la leche descremada en polvo el principal producto importado a México, quien en la gráfica representa el destino principal de las exportaciones reportadas en el gráfico, con el 25%., el reporte citado comenta que el rápido consumo de los productos lácteos en México ha sido cubierto por las exportaciones de EE. UU.

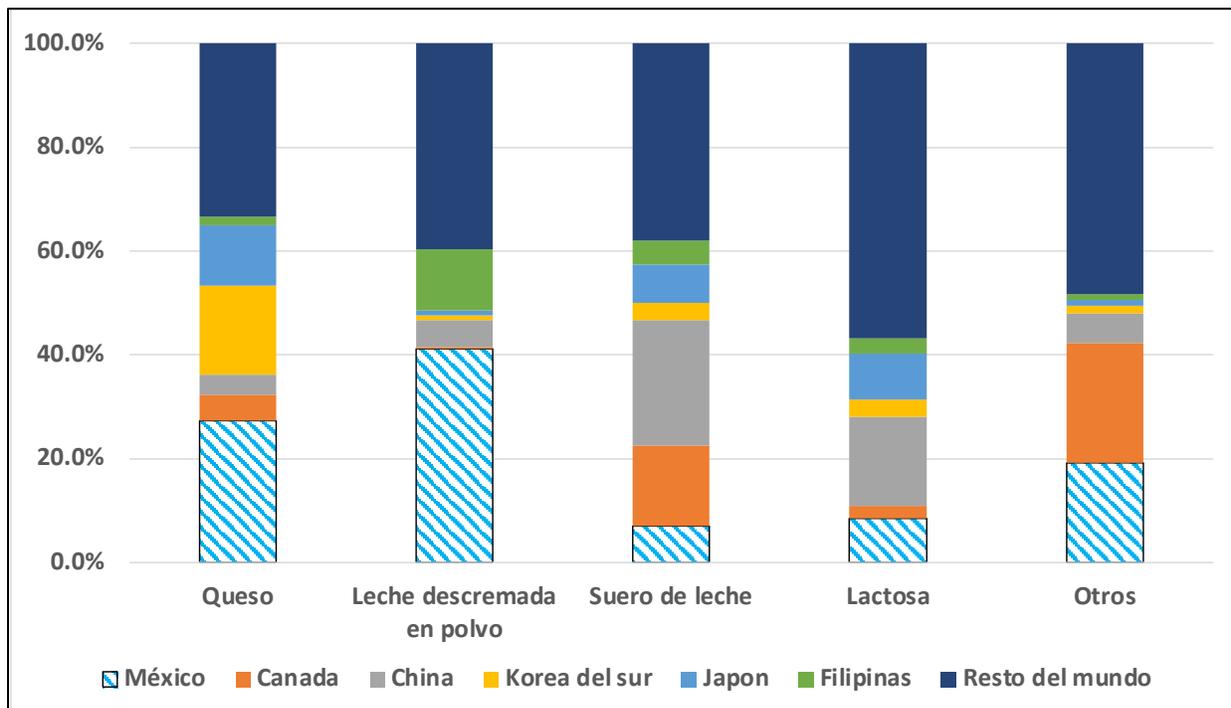


Figura 23. Exportaciones de productos lácteos de EE. UU. en 2015

Adaptado de Cessna, (2016).

Wijnands et al, (2010) menciona como Estados Unidos ha logrado convertirse en uno de los principales productores de queso a nivel mundial debido a varias razones y ventajas tecnológicas que posee. A continuación se mencionan algunas de ellas:

1. **Recursos lácteos.** Estados Unidos cuenta con una abundante producción de leche, lo que proporciona una base sólida para la producción de queso. El país tiene una gran cantidad de granjas lecheras y una larga tradición en la industria láctea, lo que le permite disponer de una gran cantidad de leche de alta calidad.
2. **Escala de producción.** La capacidad de producción a gran escala es una ventaja clave de Estados Unidos. El país tiene una infraestructura y una industria alimentaria altamente desarrollada que permite la producción eficiente de grandes volúmenes de queso. Esto le da una ventaja competitiva en el mercado global.
3. **Innovación tecnológica.** Estados Unidos ha invertido significativamente en investigación y desarrollo en el sector lácteo. Se han desarrollado técnicas y tecnologías avanzadas para mejorar la producción, el procesamiento y la calidad del queso. La implementación de equipos modernos y procesos de vanguardia ha permitido aumentar la eficiencia y la consistencia en la producción.
4. **Variedad y calidad.** Estados Unidos produce una amplia variedad de quesos, desde los tradicionales como cheddar, mozzarella y suizo, hasta variedades más especializadas y artesanales. Esto se debe a la diversidad de culturas lácticas y estilos de producción en el país. Además, se han establecido altos estándares de calidad y seguridad alimentaria, lo que ha contribuido a la confianza de los consumidores tanto a nivel nacional como internacional.
5. **Infraestructura de distribución.** La red de distribución altamente desarrollada de Estados Unidos permite el transporte eficiente de los productos lácteos en todo el país y a nivel internacional. Esto facilita la llegada oportuna y en condiciones adecuadas de los quesos a los mercados nacionales e internacionales, lo que fortalece su competitividad.
6. **Exportaciones.** Estados Unidos ha establecido una sólida presencia en el mercado global de queso mediante la exportación de sus productos a diversos países. Esto se debe a su capacidad para producir grandes volúmenes de queso de alta calidad de manera consistente y a precios competitivos.

Estas son solo algunas de las razones y ventajas tecnológicas que han permitido a Estados Unidos convertirse en uno de los principales productores de queso a nivel mundial. Es importante tener en cuenta que la industria láctea es compleja y está influenciada por múltiples factores, incluyendo políticas agrícolas, demanda del mercado y preferencias de los consumidores.

En la Figura 24 se muestra los millones de libras producidas durante los años 2019 al 2022 y cuyos datos estadísticos son publicados por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), en la gráfica se puede apreciar el volumen de la producción en comparación con los otros productos elaborados.

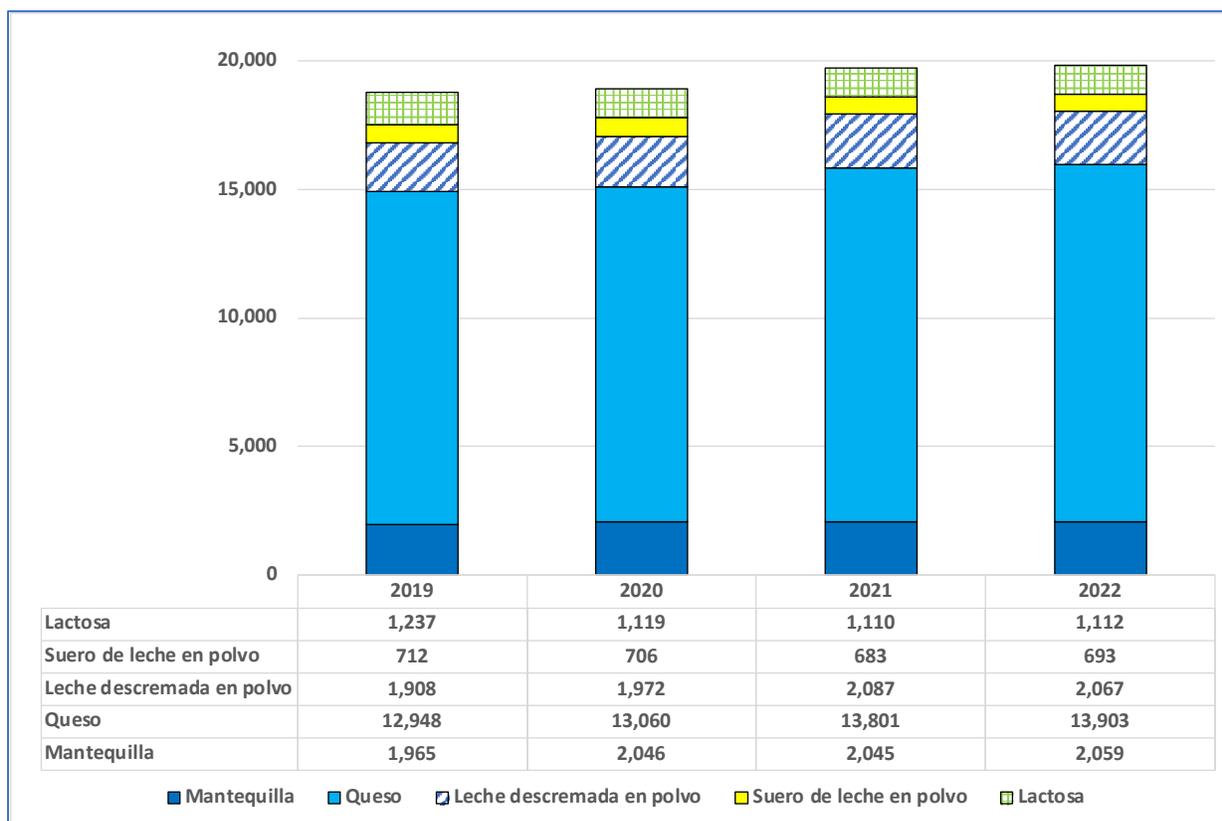


Figura 24. Productos lácteos elaborados por los Estados Unidos

Tomado de: <https://www.ams.usda.gov/mnreports/dywweeklyreport.pdf>, Julio 2023.

En el caso de México la industria láctea no cuenta con las condiciones que le permitan competir con economías que apoyan con subsidios la producción de leche y su procesamiento para producir especialidades de mayor valor agregado. Lácteo S. (2012),

De acuerdo con las investigaciones de Wijnands et al, (2010), “México es un importador neto de productos lácteos, de los cuales la leche en polvo representa el 45% del valor de importación. De todos los productos lácteos, los EE. UU. suministra más del 55% “

Si bien contar con la cercanía de los Estados Unidos para el suministro de ingredientes y derivados lácteos es una solución, es importante tener en cuenta que los tiempos de elaboración de los productos están sujetos a los tiempos de fabricación y a los ciclos de producción de los fabricantes. Especialmente cuando se requiere un producto especializado, como un queso añejado, la planificación debe ser compleja y considerar un nivel de inventario suficiente para cubrir las variaciones en la demanda.

La dependencia de ingredientes lácteos importados puede tener un impacto significativo en los niveles de inventario de una industria alimentaria. La disponibilidad de estos ingredientes está sujeta a factores como regulaciones gubernamentales, tiempos de transporte y distancia desde el lugar de origen. Estas variables pueden generar tiempos de espera más largos y mayor incertidumbre en la cadena de suministro, lo que a su vez puede requerir niveles de inventario más altos para hacer frente a períodos de escasez o retrasos en el suministro.

2.6.2 La industria de aditivos químicos

La industria de aditivos químicos se especializa en la producción y suministro de sustancias químicas, que encuentran aplicación en una diversidad de sectores, incluyendo el alimentario, farmacéutico, cosmético y químico. Las características distintivas de esta industria son:

1. **Variedad de Productos.** Esta industria proporciona un amplio rango de productos como colorantes, conservadores, antioxidantes, emulsionantes,

edulcorantes, acidulantes y espesantes, entre otros, cada uno con un propósito y aplicación específica.

2. **Funcionalidad y Mejora de Propiedades.** Los aditivos químicos aportan funciones específicas a productos terminados, mejorando aspectos como apariencia, sabor, textura, estabilidad, conservación y propiedades intrínsecas.
3. **Cumplimiento Normativo.** Los aditivos están sujetos a regulaciones rigurosas, debiendo adherirse a estándares de calidad y recibir aprobación de entidades competentes previo a su comercialización.
4. **Investigación y Desarrollo.** Hay un fuerte enfoque en I+D para innovar y optimizar aditivos, alineándose con demandas de consumidores e industrias.
5. **Capacidades de Formulación y Personalización.** Se formulan y adaptan aditivos conforme a especificaciones de clientes, aptos para distintos procesos y aplicaciones.
6. **Seguridad y Salud Ocupacional.** Se prioriza la seguridad, colaborando con entidades reguladoras y de salud, y se promueve el manejo adecuado de aditivos.
7. **Innovación Tecnológica.** La industria capitaliza avances como biotecnología, nanotecnología y procesos de ingeniería para realzar la eficiencia y calidad de sus aditivos.

Estas características subrayan la naturaleza evolutiva y especializada de la industria de aditivos químicos. Como señalan Smith & Hing-Shum (2011), los aditivos derivan de síntesis de materiales naturales o reacciones químicas específicas. Los procesos involucran purificación, fraccionamiento, separación y síntesis para producir el aditivo deseado.

En la industria alimentaria, los aditivos químicos son vitales, mejorando calidad, conservación y características de alimentos. La oferta y demanda de estos aditivos pueden fluctuar según demanda, capacidad productiva y regulaciones. Si se depende fuertemente de ciertos aditivos, los inventarios podrían ajustarse para garantizar suministro constante y prevenir interrupciones productivas.

2.6.3 Características de la industria del envase y embalaje

La industria del envase y embalaje, especializada en la producción y suministro de materiales y soluciones, cumple múltiples funciones esenciales. A partir de las reflexiones de varios expertos, podemos identificar y agrupar sus características y roles clave en:

1. **Diversidad y Adaptabilidad de Productos.** Tanto Robertson (2016) como Marsh & Bugusu (2007) destacan la amplia variedad de soluciones, que van desde cajas y bolsas hasta botellas y latas, adaptándose siempre a las necesidades específicas del producto y del consumidor.
2. **Funcionalidad, Protección y Conservación.** Esta industria garantiza la seguridad, calidad y preservación de los productos a lo largo de toda la cadena de distribución. Los envases informan al consumidor y, al mismo tiempo, protegen los alimentos contra daños, contaminación y factores externos (Robertson, 2016; Marsh & Bugusu, 2007).
3. **Innovación, Desarrollo y Personalización.** Robertson (2016) y Dani (2015) coinciden en que la industria está en constante evolución, buscando nuevos materiales de empaque, tecnologías y soluciones personalizadas para reforzar la identidad de marca y mejoren la experiencia del usuario.
4. **Sostenibilidad y Medio Ambiente.** Robertson (2016) y Dani (2015), hacen énfasis en la creciente priorización de soluciones sostenibles que minimicen el impacto ambiental, reduzcan el desperdicio y consideren el ciclo de vida del empaque.
5. **Eficiencia Logística y Distribución.** La industria se orienta hacia una gestión óptima de recursos, desde el diseño del empaque pensando en su almacenamiento y transporte hasta su manejo y protección durante el tránsito (Robertson, 2016; Dani, 2015).
6. **Información, Trazabilidad y Autenticidad.** Además de proporcionar información vital sobre los productos, los sistemas avanzados de empaque integran tecnologías de rastreo para garantizar su seguimiento y autenticidad. Robertson, (2016); Dani, (2015); Regattieri, (2007).

7. **Cumplimiento Normativo.** La industria presta atención rigurosa a las regulaciones que abarcan seguridad, higiene, etiquetado, entre otros aspectos críticos (Robertson, 2016).

Estas características consolidadas reflejan la importancia estratégica de la industria del envase y embalaje, demostrando su adaptabilidad a las cambiantes necesidades del mercado y las exigencias medioambientales. La elección adecuada de materiales y soluciones es esencial para garantizar la presentación, conservación y protección adecuada de los productos.

2.6.4 Industria de especias, hierbas y sazónadores

La industria de especias, hierbas y sazónadores se dedica a la producción, procesamiento y comercialización de ingredientes utilizados para realzar el sabor, aroma y calidad de los alimentos. A continuación, de acuerdo con Nurdjannah (2012), las principales características de esta industria son:

1. **Variedad de productos.** La industria de especias, hierbas y sazónados ofrece una amplia gama de productos, incluyendo especias, como pimienta, canela, nuez moscada, clavo de olor, y hierbas, como albahaca, orégano, romero, tomillo, entre otros. También se incluyen mezclas de especias y sazónadores, como curry, adobos, condimentos y mezclas para salsas.
2. **Importancia en la gastronomía.** Las especias, hierbas y sazónados desempeñan un papel fundamental en la gastronomía, agregando sabores únicos, aromas distintivos y mejorando la calidad de los platos. Estos ingredientes permiten la creación de perfiles de sabor diversos, adaptados a diferentes culturas culinarias y preferencias gastronómicas.
3. **Procesamiento y producción especializada.** Las especias, hierbas y sazónados requieren de procesos especiales para su producción y conservación. Esto incluye la recolección en el momento adecuado de las plantas, el secado, la

molienda o trituración, y el envasado adecuado para preservar su frescura, sabor y aroma.

4. **Origen geográfico específico.** Muchas especias y hierbas son originarias de regiones específicas del mundo y se asocian con tradiciones culinarias y culturas particulares. Algunas especias, como la canela de Ceilán o el azafrán de Irán, tienen una procedencia geográfica distintiva que influye en su calidad y reconocimiento.
5. **Demandas de calidad y pureza.** La industria de especias, hierbas y sazonados se rige por estándares de calidad y pureza. Los consumidores y las industrias alimentarias buscan productos libres de contaminantes, adulteraciones o mezclas indeseadas. La trazabilidad y la garantía de calidad son aspectos esenciales en esta industria.
6. **Uso en diferentes sectores.** Además de su uso en la gastronomía, las especias, hierbas y sazonados también se utilizan en la industria alimentaria en la producción de alimentos procesados, productos cárnicos, aderezos, salsas y condimentos. También se pueden encontrar aplicaciones en la industria farmacéutica, cosmética y de productos naturales.
7. **Tendencias de salud y bienestar.** En los últimos años, ha habido un aumento en la demanda de especias, hierbas y sazonados debido a la creciente conciencia sobre los beneficios para la salud y el bienestar que ofrecen. Muchos de estos ingredientes se valoran por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, digestivas y por sus aportes nutricionales.

Parthasarathy (2008) añade que la industria ha visto un crecimiento en la investigación de las relaciones estructura-actividad de los componentes de las especias. Estos compuestos, afirma, tienen una significativa importancia en campos culinarios, industriales y farmacológicos, destacando la presencia de compuestos bioactivos en hierbas y especias. Esta industria, con su naturaleza especializada y diversa, juega un papel esencial en la configuración de experiencias culinarias, respondiendo continuamente a las tendencias y necesidades cambiantes de los consumidores.

En el Cuadro 12 se muestran los principales productores de especias con lo cual se muestra la complejidad de la logística en el suministro de este tipo de ingredientes en la Cadena de Suministro.

Cuadro 12. Principales países productores de especias

Tomado de Nurdjannah, et al, (2012).

Especias	Parte(s) Comestible(s)	Origen Principal
Allspice	Baya, Hoja	Jamaica, México
Anís	Fruto	México, Países Bajos, España
Albahaca	Hoja	Francia, Hungría, EE. UU., Yugoslavia
Alcaravea	Fruto	Dinamarca, Líbano, Países Bajos, Polonia
Cardamomo	Fruto	India, Guatemala
Apio	Fruto	Francia, India
Cerefolio	Fruto	EE. UU.
Chile	Fruto	Etiopía, India, Japón, Kenia, México, Nigeria, Pakistán, Tanzania, EE. UU.
Canela	Corteza	Sri Lanka
Casia	Corteza	China, Indonesia, Vietnam del Sur
Clavo	Capullo	Indonesia, Malasia, Tanzania
Cilantro	Fruto	Argentina, India, Marruecos, Rumania, España, Yugoslavia
Comino	Fruto	India, Irán, Líbano
Eneldo	Fruto	India
Hinojo	Fruto	Argentina
Fenogreco	Fruto	India
Ajo	Bulbo	Argentina
Jengibre	Rizoma	India, Jamaica, Nigeria, Sierra Leona
Laurel	Hoja	Portugal, Turquía
Mejorana	Hoja	Chile, Francia, Líbano, México, Perú
Menta	Hoja, brote terminal	Bulgaria, Egipto, Francia, Alemania, Grecia, Marruecos, Rumania, Rusia, Reino Unido, Yugoslavia
Mostaza	Semilla	Canadá, Dinamarca, Etiopía, Reino Unido
Nuez moscada	Arilo, semilla	Granada, Indonesia
Cebolla	Bulbo	Argentina, Rumania
Orégano	Hoja	Grecia, México
Pimentón	Fruto	Bulgaria, Hungría, Marruecos, Portugal, España, Yugoslavia
Perejil	Hoja	Bélgica, Canadá, Francia, Alemania, Hungría
Pimienta negra	Fruto	Brasil, India, Indonesia, Malasia, Sri Lanka
Amapola	Semilla	Países Bajos, Polonia, Rumania, Rusia
Romero	Hoja, brote terminal	Francia, España, EE. UU., Yugoslavia
Azafrán	Estigma	España
Salvia	Hoja	Albania, Yugoslavia
Sésamo	Semilla	China, El Salvador, Etiopía, Guatemala, India, México, Nicaragua
Anís estrellado	Fruto	China, Vietnam del Norte
Estragón	Hoja	Francia, EE. UU.
Tomillo	Hoja	Francia, España
Cúrcuma	Rizoma	China, Honduras, India, Indonesia, Jamaica
Vainilla	Fruto/Vainas	Indonesia, República Malgache, México

La cadena de suministro que requiera utilizar en sus formulaciones algunas de especias, hierbas y chiles secos, requieren de un servicio adicional para eliminar los agentes patógenos, según Nurdjannah, et al, (2012) “La irradiación de hierbas y especias ofrece

una buena oportunidad para aumentar la vida útil y mejorar la calidad y seguridad microbiana sin alterar los atributos naturales de sabor de las especias.

Esta técnica se practica ampliamente en América del Norte y Europa para descontaminar las especias importadas. La irradiación, junto con buenas prácticas agrícolas y de fabricación, ayuda a producir especias limpias y de alta calidad, libres de residuos químicos y pesticidas. Al ser un proceso no térmico, no afecta los delicados compuestos de aroma y sabor de las especias. El riesgo de contaminación posterior al tratamiento se puede eliminar al someter las especias preenvasadas a irradiación.

Se pueden aplicar dosis bajas de irradiación (<1 K.Gy) para inhibir la germinación en cebollas, ajos, jengibre, etc., dosis medias (1-10 K.Gy) para eliminar microorganismos que causan deterioro y patógenos alimentarios, y dosis altas (>10 K.Gy) para esterilizar alimentos con requisitos especiales y alimentos estables sin refrigeración.”

En el caso de México el uso de irradiación en alimentos está regulada en la NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SSA1-1993, Bienes y servicios. Irradiación de alimentos. Dosis permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios. La industria de chiles secos y molidos se dedica a la producción, procesamiento y comercialización de chiles secos, así como a la producción de chiles molidos o en polvo.

A continuación, se presentan algunas características de esta industria:

1. **Variación de chiles.** La industria de chiles secos y molidos ofrece una amplia variedad de chiles, que varían en términos de especies, variedades, niveles de picor y sabores. Algunos ejemplos comunes incluyen chiles jalapeños, chiles serranos, chiles habaneros, chiles guajillo, chiles pasilla, entre otros. Cada tipo de chile tiene sus propias características de sabor y nivel de picor.
2. **Importancia en la gastronomía.** Los chiles secos y molidos son ingredientes fundamentales en muchas cocinas alrededor del mundo, especialmente en la cocina mexicana, asiática y latinoamericana. Aportan sabores únicos, aromas distintivos y un nivel de picor que añade intensidad y complejidad a los productos.

3. **Procesamiento y producción especializada.** El proceso de producción de chiles secos implica la cosecha de los chiles en su punto óptimo de madurez y posterior secado, ya sea al sol o utilizando métodos de deshidratación artificial. Una vez secos, los chiles pueden ser molidos para obtener chiles en polvo o se pueden utilizar enteros en diferentes preparaciones culinarias.
4. **Escala.** La producción de chiles secos y molidos puede variar desde pequeñas operaciones a nivel local hasta grandes empresas que abastecen mercados nacionales e internacionales. Además, existen regiones específicas conocidas por su producción y variedades particulares de chiles.
5. **Grados de picor y calidad.** Los chiles se clasifican en diferentes grados de picor, que pueden medirse en la escala de Scoville. Esto implica que algunos chiles tienen un nivel de picor suave, mientras que otros son extremadamente picantes. La calidad de los chiles secos y molidos depende de su sabor, aroma, textura, nivel de picor y ausencia de contaminantes o impurezas.
6. **Usos culinarios y aplicaciones.** Los chiles secos y molidos se utilizan en una amplia gama de preparaciones culinarias, como salsas, adobos, marinados, condimentos, guisos y como ingredientes en platos tradicionales. También se pueden encontrar en productos procesados como salsas picantes, snacks, aderezos y productos de comida rápida.
7. **Demanda y tendencias.** La industria de chiles secos y molidos ha experimentado un crecimiento constante debido a la creciente popularidad de la comida picante y la diversificación de las preferencias gastronómicas. Además, la búsqueda de sabores auténticos y el interés por la comida étnica han impulsado la demanda de chiles secos y molidos en diferentes mercados.

Estas características definen la naturaleza especializada y diversa de la industria de chiles secos y molidos, que representa un eslabón clave para algunos de los productos de la industria alimentaria.

La información publicada en internet por el Gobierno de México SAGARPA, (2017), la producción nacional de chiles es de 3.2 millones de toneladas, con un crecimiento anual promedio del 4.82% (2003-2016), siendo las principales variedades cultivadas las de

árbol, habanero, bell, ancho y Anaheim. La demanda interna es cubierta con el 70% de la producción y el resto se destina a la exportación, principalmente a EE. UU.

Especias, hierbas, sazónadores y chiles secos. Estos ingredientes, que aportan sabores y características distintivas a los alimentos, suelen tener particularidades en su cadena de suministro. Por ejemplo, las especias, hierbas y chiles secos a menudo están sujetos a estacionalidad en su cosecha y disponibilidad, lo que puede requerir niveles de inventario más altos para cubrir las temporadas en las que no están disponibles. Además, la calidad, frescura y vida útil limitada de estos ingredientes pueden requerir una gestión cuidadosa de los inventarios para evitar pérdidas y asegurar una oferta constante.

2.7 Conceptos básicos de los modelos de simulación

El modelado de simulación, como describe Lowe (2002), es un proceso mediante el cual se utiliza la simulación por computadora para comprender proyectos, sus objetivos y los costos/resultados esperados. Estos programas permiten explorar diversos escenarios "¿qué pasaría sí?" para encontrar el resultado óptimo.

Aportando una perspectiva más amplia, Robinson (2014) nos introduce al tema de la simulación y presenta una serie de conceptos fundamentales:

1. Simulación. Se trata de una técnica que crea un modelo matemático o lógico de un sistema real para explorar diferentes escenarios y condiciones. Su utilidad radica en comprender el comportamiento de sistemas complejos y evaluar estrategias y decisiones.

2. Modelado de Sistemas. Es el proceso de crear un modelo matemático o lógico de un sistema real. Este modelo representa el comportamiento del sistema y permite analizar diversas situaciones.

3. Variables. Los elementos que pueden cambiar y afectar el comportamiento del sistema se llaman variables. Pueden ser cuantitativas o cualitativas.

4. Datos. La información utilizada para construir y validar el modelo de simulación proviene de diversas fuentes, como mediciones, encuestas y estudios de mercado.

5. Experimentación. Este proceso emplea el modelo de simulación para explorar diferentes situaciones y evaluar estrategias y decisiones. Permite comprender cómo el sistema reacciona ante eventos o situaciones diferentes.

6. Validación. Es el proceso de asegurarse de que el modelo de simulación refleje con precisión el comportamiento del sistema real, comparando los resultados de la simulación con datos reales y ajustando el modelo según sea necesario.

7. Verificación. Implica asegurarse de que el modelo de simulación esté programado correctamente y funcione según lo previsto.

8. Análisis de Resultados. Es la revisión y comprensión de los resultados de la simulación, lo que permite identificar patrones y tendencias en el comportamiento del sistema y evaluar la efectividad de diferentes estrategias y decisiones. Robinson (2014) destaca que la simulación es especialmente útil en la resolución de problemas complejos que no pueden analizarse fácilmente mediante métodos analíticos convencionales. Su versatilidad la hace útil en situaciones donde se deben evaluar decisiones o escenarios en sistemas complejos, explorar situaciones hipotéticas o futuras, y probar estrategias de mitigación de riesgos. En resumen, la simulación es una herramienta valiosa que se puede aplicar en diversas situaciones y contextos para comprender sistemas complejos y tomar decisiones informadas (Robinson, 2014, p. 3-4).

2.8 Modelos de simulación para el abasto de materiales

Robinson (2014) destaca que el diseño de un modelo de simulación está intrínsecamente vinculado a la naturaleza del producto, la complejidad de la cadena de suministro y los objetivos específicos del proceso de abastecimiento. En el ámbito de la planificación del abastecimiento de materiales en la industria alimentaria, se disponen de diversos modelos de simulación para abordar las variaciones en la demanda.

A continuación, se describen algunos de los principales modelos :

1. **Modelos de Pronóstico de Demanda.** Estos modelos emplean datos históricos de ventas y otros factores relevantes para anticipar la demanda futura de un producto. Pueden variar en complejidad, desde métodos simples como el promedio

móvil o la regresión lineal hasta enfoques más sofisticados como el análisis de series de tiempo.

2. **Simulación de Monte Carlo.** Utilizando una técnica de simulación de probabilidad, este modelo crea múltiples escenarios posibles de demanda basados en datos históricos y otros factores que puedan influir, como eventos estacionales o promociones especiales. Posteriormente, se analizan los resultados para identificar los escenarios más probables y tomar decisiones informadas.
3. **Modelos de Simulación de Inventario.** Estos modelos emplean datos de la demanda histórica y prevista, los tiempos de entrega de los proveedores y otros factores relevantes para determinar el nivel óptimo de inventario. Su objetivo es satisfacer la demanda del producto y minimizar los costos asociados.
4. **Modelos de Simulación de Cadena de Suministro.** Estos modelos integran datos de la demanda, el inventario y otros factores a lo largo de toda la cadena de suministro, desde el proveedor hasta el cliente final. Facilitan la simulación de diversos escenarios y la evaluación de la efectividad de diferentes estrategias en abastecimiento, producción y distribución.

2.9 Características del modelo de simulación

De acuerdo con Law, et al, (2007). El modelo de simulación es una herramienta útil para la toma de decisiones y para evaluar diferentes escenarios y condiciones. Para que un modelo de simulación sea efectivo, debe cumplir con ciertas características.

- Preciso para reflejar la realidad y proporcionar resultados útiles.
- Válido, debe representar los procesos y sistemas de manera precisa y completa.
- Consistente, debe ser coherente con los datos y con los resultados obtenidos.
- Flexible para adaptarse a diferentes situaciones y escenarios,
- Simplicidad, el modelo sea fácil de entender y utilizar.
- Adaptable para permitir la incorporación de nuevas variables

- Eficiente en el uso de recursos, la calidad del modelo impacta en la precisión y fiabilidad de los resultados, y por lo tanto en la calidad de las decisiones que se toman con base en dichos resultados.

2.10 Procedimiento para el diseño de modelos de simulación

Robinson (2014) propone un procedimiento estructurado para diseñar un modelo de simulación, cuyas etapas son:

1. Objetivos del Modelo. Es fundamental establecer claramente las metas del modelo de simulación y definir las preguntas específicas que se esperan resolver con su ayuda.

2. Variables Clave. Se deben determinar las principales variables que inciden en el comportamiento del sistema modelado, como demanda, capacidad productiva, y tiempos de espera.

3. Estructura del Modelo. Es esencial definir cómo interactúan las variables entre sí, incluyendo relaciones de causa y efecto.

4. Selección de Software. Se debe elegir el software de simulación más adecuado, teniendo en cuenta su funcionalidad, experiencia de usuario y coste.

5. Validación. Es crucial asegurarse de que el modelo refleje la realidad y que sus resultados sean precisos y consistentes.

6. Implementación y Uso. Una vez validado, se puede emplear el modelo para hacer predicciones y responder a las cuestiones planteadas inicialmente.

En una línea similar, Maria (1997) sugiere una secuencia más detallada para el desarrollo de un modelo de simulación:

- Identificación del problema.
- Formulación del problema.
- Recopilación y procesamiento de datos reales.
- Desarrollo del modelo.
- Validación del modelo.

- Documentación para futuras referencias.
- Elección del diseño experimental.
- Establecimiento de condiciones para las corridas de simulación.
- Ejecución de las corridas.
- Interpretación y presentación de resultados.
- Recomendaciones basadas en los hallazgos.

Ambos enfoques destacan la importancia de la claridad en los objetivos, la validación del modelo y la interpretación adecuada de los resultados para tomar decisiones informadas.

2.11 Recomendaciones para la selección del software

En su obra, Robinson (2014) en el capítulo 3 proporciona directrices para seleccionar el software más adecuado para un modelo de simulación. Estas consideraciones se pueden resumir de la siguiente manera:

1. **Funcionalidad.** En primer lugar, es crucial que el software sea capaz de manejar eficazmente las características y requisitos del modelo, incluyendo la complejidad de los datos y la dinámica de su comportamiento.
2. **Experiencia.** La familiaridad con el software es un factor determinante. Si ya se tiene experiencia previa con un software, puede ser conveniente continuar utilizándolo. De lo contrario, es fundamental que el proceso de aprendizaje del nuevo software sea intuitivo y eficiente.
3. **Soporte y documentación.** La disponibilidad de un equipo de soporte sólido y una documentación adecuada son esenciales. Esto garantiza que se puedan resolver dudas y problemas de manera efectiva y que el proceso de aprendizaje sea más sencillo.
4. **Costo.** El análisis de costos es un aspecto fundamental. Se debe determinar si la inversión en el software es justificable y económicamente viable.

5. **Integración.** La capacidad del software para integrarse con otras herramientas utilizadas previamente es un aspecto que puede aumentar la eficiencia en el flujo de trabajo.

Seleccionar el software de simulación adecuado es un proceso meticuloso. Robinson (2014), sugiere elaborar una lista de verificación que permita evaluar las opciones disponibles y seleccionar el software que mejor se ajuste a las necesidades y requisitos del caso.

2.12 Uso de hojas de cálculo en los modelos de simulación

En su obra, Robinson (2014) destaca las hojas de cálculo como herramientas potenciales para el desarrollo de modelos de simulación. A pesar de su popularidad y amplio uso en el análisis de datos y la toma de decisiones en diversos campos, Robinson señala algunas limitaciones que podrían afectar la precisión y fiabilidad de los modelos.

En particular, destaca la susceptibilidad de las hojas de cálculo a errores, especialmente debido a la complejidad de las fórmulas y la necesidad de mantenerlas constantemente actualizadas. Además, Robinson advierte sobre la falta de adecuación de estas herramientas para modelos de gran envergadura y complejidad, ya que su manejo y modificación pueden volverse complicados. Otra cuestión resaltada es que las hojas de cálculo a menudo carecen de la flexibilidad y la capacidad de visualización requeridas para modelos avanzados de simulación.

Robinson concluye que, aunque estas herramientas son adecuadas para modelos de simulación simples y de menor escala, se recomienda prudencia en su uso para sistemas más elaborados. En lugar de confiar exclusivamente en ellas, sugiere considerar software de simulación especializado con funcionalidades avanzadas, más apto para abordar sistemas complejos.

CAPITULO III. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

3.1 Estudio de Caso

El caso estudiado inicia con el interés de una empresa productora de empaques de cartón corrugado en aplicar los conceptos comentados en el presente trabajo para el desarrollo de un modelo de simulación, con el cual analizar posibles escenarios de variaciones en la demanda estimada y, con esta herramienta realizar ajustes en el plan de suministro para optimizar el nivel de inventarios, sin afectar el nivel de servicio a los clientes.

La planeación del abastecimiento de papel, por ser la materia prima que representa alrededor del 80% de gasto anual, se realiza por medio de un modelo desarrollado en una hoja de cálculo y el cual requiere ingresar manualmente al modelo, cada uno de los embarques programados, para poder cuantificar la cantidad de cada una de las variedades de papel a requerir, esta cantidad es calculada, con base en el consumo promedio de las últimas 13 semanas. El abasto de papel solo puede ser adquirido con los proveedores autorizados, siendo el tiempo total de entrega de 10 semanas, por ser un producto de importación.

El reporte de Planeación de Compras de papel se actualiza mensualmente. Este proceso ocurre después de conciliar los datos de los inventarios con los resultados del inventario físico, garantizando así que la información utilizada esté verificada y alineada. Utilizando estos datos conciliados y los saldos de las órdenes de compra pendientes, se puede determinar el volumen de papel a adquirir mensualmente. Posteriormente, este volumen se desglosa semanalmente, planificando los embarques necesarios a partir de la semana N+11 dentro del horizonte de planeación. Para otros materiales necesarios en la producción, se solicitan replicando el lote de la última compra realizada.

En el caso de los productos comercializados, que no eran fabricados en la planta de Querétaro, se adquirieron lotes económicos de compra siempre y cuando estos no representaran más de 3 meses del consumo estimado. Esto implicaba la necesidad de

desarrollar una fuente de abasto alterna que tuviera la capacidad de fabricar lotes de menor cantidad y que estuviera dentro del rango de precio para competir con otras opciones en el mercado.

A continuación, en el Cuadro 13, se presenta la evolución del número de ítems adquiridos en el caso analizado, desde el año 2016 hasta el 2019.

Cuadro 13. Total de materiales adquiridos por categoría 2016 a 2019.

Material	2016	2017	2018	2019
Papel	46.3%	58.5%	36.5%	95.1%
Misceláneos	34.1%	29.3%	24.3%	19.5%
Comercialización	19.6%	75.6%	119.5%	80.4%
TOTAL	100.0%	163.4%	180.4%	295.1%

3.2 Características del proceso de planeación

3.2.1 Particularidades

Se utilizan dos sistemas para administrar su operación, en este contexto es como se controla el proceso de planeación. El primer sistema está diseñado para el manejo de la operación de la planta, registrando los ingresos de los materiales adquiridos, los consumos de los materiales utilizados por la planta y la facturación de los ítems comercializados. La ilustración de la Figura 25 muestra en forma esquemática, la forma en que operan los dos sistemas. Ambos sistemas funcionan de forma independiente y cada sistema cuenta con sus propios protocolos de validación. Para poder transferir la información de un sistema a otro, se desarrollaron programas que toma de las bases de datos del Sistema de Manufactura, la información para poderla traducir a las unidades del Sistema Financiero. Es decir, como cada sistema cuenta con sus propias unidades y forma de identificar los materiales, estos requieren de ser traducidos a la unidad que maneja el Sistema Financiero, por esta razón se requiere de una interfase que pueda traducir los datos del Sistema de Manufactura al Sistema Financiero. En la Figura 25 la interfase es

representada con una flecha continua que comunica los datos entre un sistema a otro, en forma punteada se ilustra los ingresos que en forma manual se requiere realizar, para aquellos casos en que el programa de interfase no logre transmitir los datos.

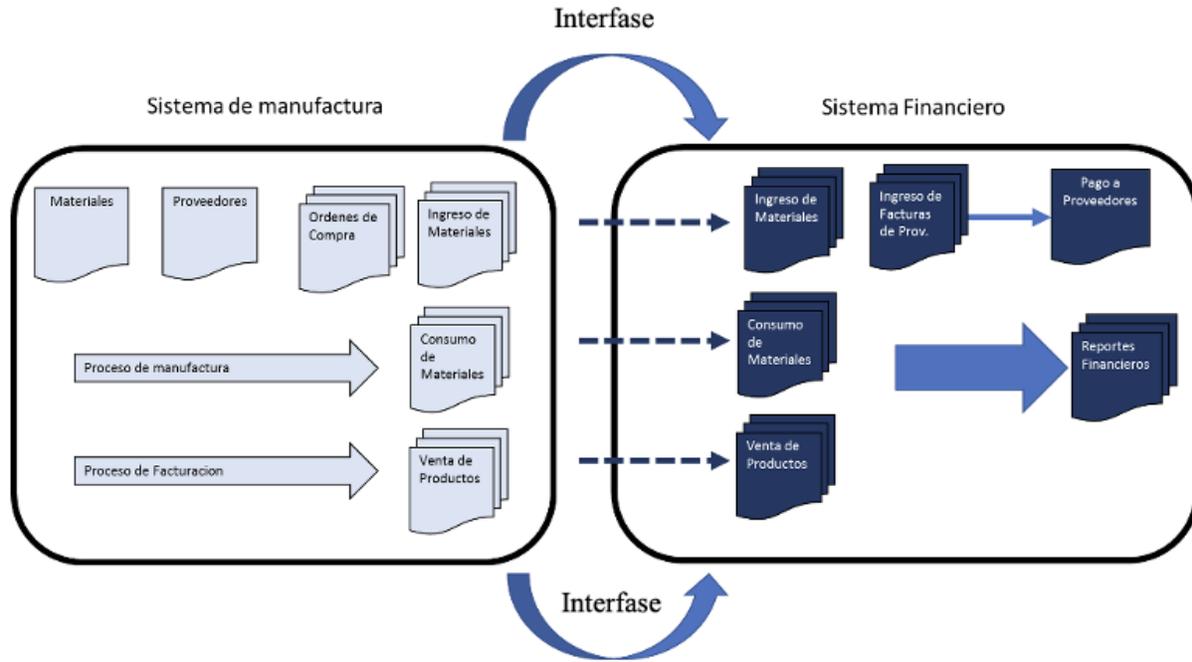


Figura 25. Proceso de los sistemas de manufactura y financiero.

Ejemplo de lo mencionado, son las unidades en que el Sistema de Manufactura maneja el papel, ejemplo de ello es el peso unitario por rollo de papel, este peso es registrado en libras y el precio del papel es expresado en dólares por MSF (peso del papel en libras por cada mil pies cuadrados) y la unidad que maneja el Sistema Financiero son STN (Toneladas cortas).

La interfase desarrollada trasmite la siguiente información entre sistemas: órdenes de compra generadas, ingresos de materiales en órdenes de compra y consumo de materiales.

El funcionamiento de la interfase es intermitente, se activa al término de los procesos financieros realizados por las actividades del cierre contable de cada mes y, es desactivado un día antes de iniciar las actividades de cierre de mes, por este motivo el proceso requiere

de hacer manualmente los ajustes, por los ingresos y consumos no identificados, mientras estuvo inactiva la interfase.

3.2.2 Proceso de conciliación de inventarios y consumos

Para validar la exactitud de la información del Sistema de Manufactura, al cierre de cada mes, se comprueba que la existencia de cada material en el almacén coincida con la información registrada en el sistema. En la Figura 26 se muestra el algoritmo para la validación del inventario.

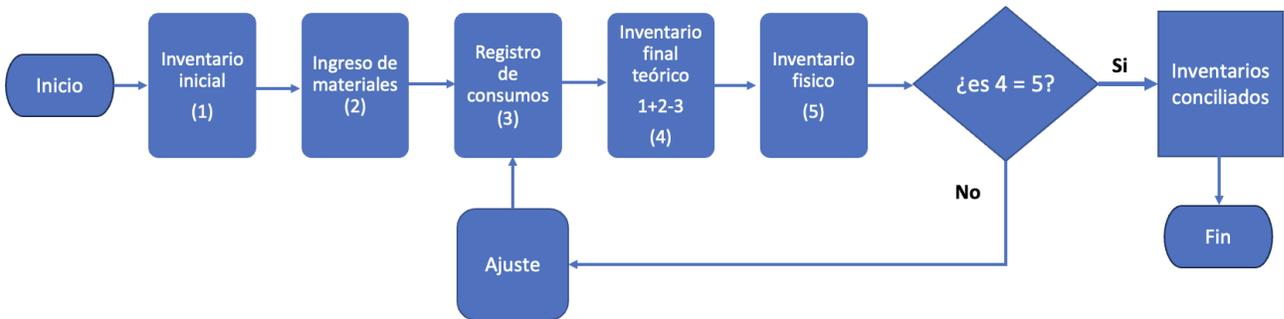


Figura 26. Proceso de verificación de inventarios

Una vez concluido el proceso de verificación del inventario físico y el teórico, se procede con el proceso de conciliación de los Inventarios y Consumos del Sistema de Manufactura con los registrados en el Sistema Financiero. El proceso inicia extrayendo de ambos sistemas la información indicada en la Figura 27 y se compara la información de ambos sistemas, para identificar las discrepancias que existen en los ingresos y consumos transferidos al Sistema Financiero durante el mes. Identificada la discrepancia se procede con el ajuste correspondiente, siendo autorizado previamente por el Contralor de la Planta. Esta es la forma en que es conciliada la información en ambos sistemas.

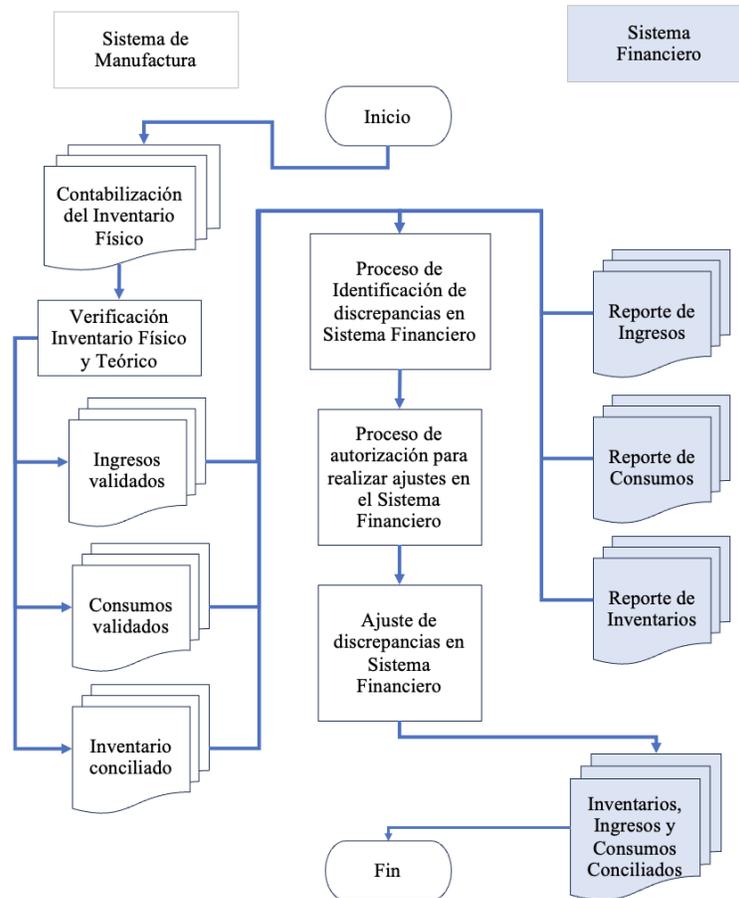


Figura 27. Proceso de conciliación de inventarios y consumos

3.3 Proceso de planeación

En el caso específico de la planta Querétaro, el proceso de cálculo que está definido en el Sistema de Manufactura para la planeación de materiales, no cubren las particularidades de la forma de operar de la planta y, por lo tanto, se tomó la decisión, de realizar el cálculo en forma manual, utilizando un modelo desarrollado en una hoja de cálculo. A continuación, se muestra en la Figura 28 el proceso de planeación, basado en la demanda pronosticada con el consumo de los últimos 3 meses.

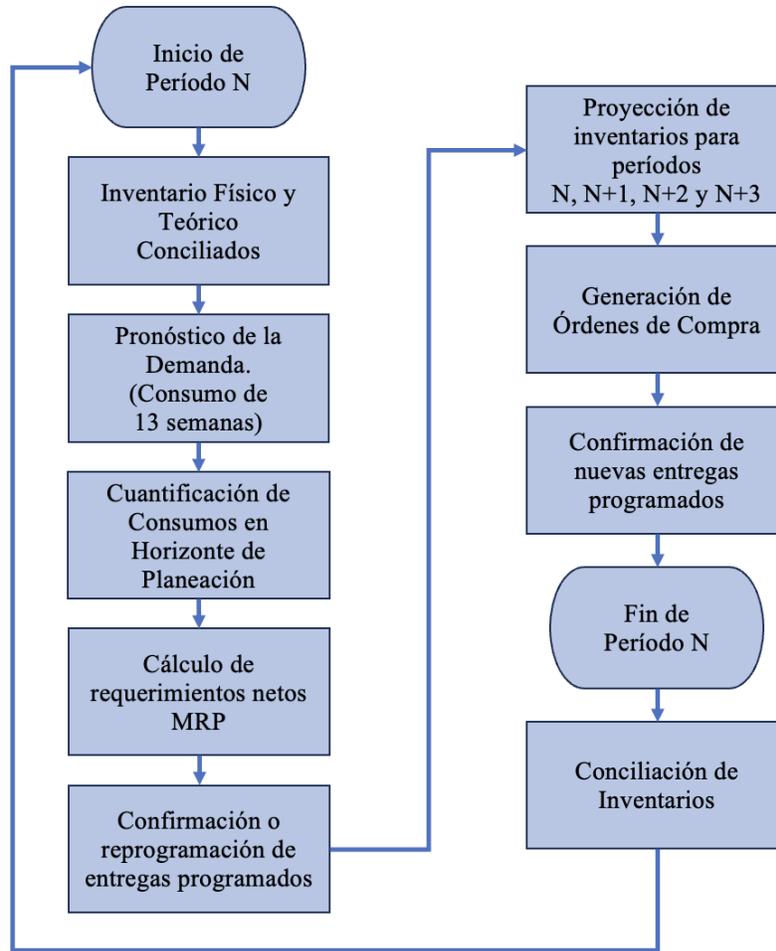


Figura 28. Proceso de Planeación

Dado que los cálculos del modelo mencionado se realizan en forma manual, se requiere obtener la información del sistema para poder alimentar al modelo con los datos requeridos, para poder planear la compra de materiales. El inicio de este proceso empieza con la información del inventario al inicio de cada mes, dicha información se encuentra disponible en el reporte de inventarios del Sistema de Manufactura, el reporte puede ser exportado a una hoja de cálculo, para cuantificar los requerimientos netos a adquirir para cubrir la demanda estimada.

Posteriormente se identifica la cantidad que ha ingresado de papel en las órdenes de compra del sistema, para cuantificar el saldo de las cantidades próximas a recibir, de acuerdo con las órdenes generadas con anterioridad.

El reporte “Recibo de materiales”, detalla cada una de las unidades recibidas por orden de compra y factura emitida por el proveedor. Para concluir este proceso se cuantifica los consumos programados por la planta, con base en la demanda estimada.

Para calcular la cantidad de papel por adquirir, el modelo desarrollado utiliza el promedio de consumo de las últimas 13 semanas, para proyectar el consumo de los meses siguientes y de acuerdo con la diferencia entre la cantidad total por consumir y la cantidad del inventario confirmado al término del mes. El resultado obtenido descuenta las órdenes de compra pendientes por recibir, para cuantificar la cantidad total de papel por adquirir con nuevas órdenes de compra. El modelo calcula la cantidad de material requerido, para alcanzar el inventario objetivo.

El Cuadro 14 muestra la forma en que se procesa la información del Sistema de Manufactura, para realizar la planeación de materiales, la información de los inventarios y saldos en las órdenes de compra, son exportados a una hoja de cálculo, para su procesamiento. Para mostrar cómo funciona el modelo de planeación para la compra de papel en el cuadro referido se muestra un caso ideal, en donde las compras realizadas reponen el consumo constante por período.

Cuadro 14. Modelo de planeación.

	mes N				mes N+1				mes N+2				mes N+3			
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
Inv. Inicial	240%	140%	440%	340%	240%	140%	440%	340%	240%	140%	440%	340%	240%	268%	296%	324%
Factor semanal																
Consumo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cons. Acumulado	100%	200%	300%	400%	100%	200%	300%	400%	100%	200%	300%	400%	100%	200%	300%	400%
Ingresos	0%	400%	0%	0%	0%	400%	0%	0%	0%	400%	0%	0%	128%	128%	128%	0%
Inv. Final	140%	440%	340%	240%	140%	440%	340%	240%	140%	440%	340%	240%	268%	296%	324%	224%

Para mostrar en forma gráfica, como el modelo planea las cantidades por adquirir a partir de la semana 10, la gráfica mostrada en la Figura 29, se elaboró con base en el modelo de planeación de punto de reorden, mostrado por Simini, (1982) en la página 369 de su libro. En la gráfica se muestra como para cada uno de los 3 primeros periodos, la cantidad adquirida, está reponiendo la magnitud del consumo, que para este ejemplo es constante

para todos los periodos. Al ser el consumo constante, el inventario al inicio de los siguientes meses es del 250% del valor de consumo de referencia.

A partir de la semana 13, las cantidades que repone el consumo del mes se dividieron en tres partes para mostrar como a partir de esas semanas, la planeación de los materiales puede adaptarse a necesidades más específicas, como en este caso se ilustra poder recibir el total de los embarques, a lo largo de tres semanas.

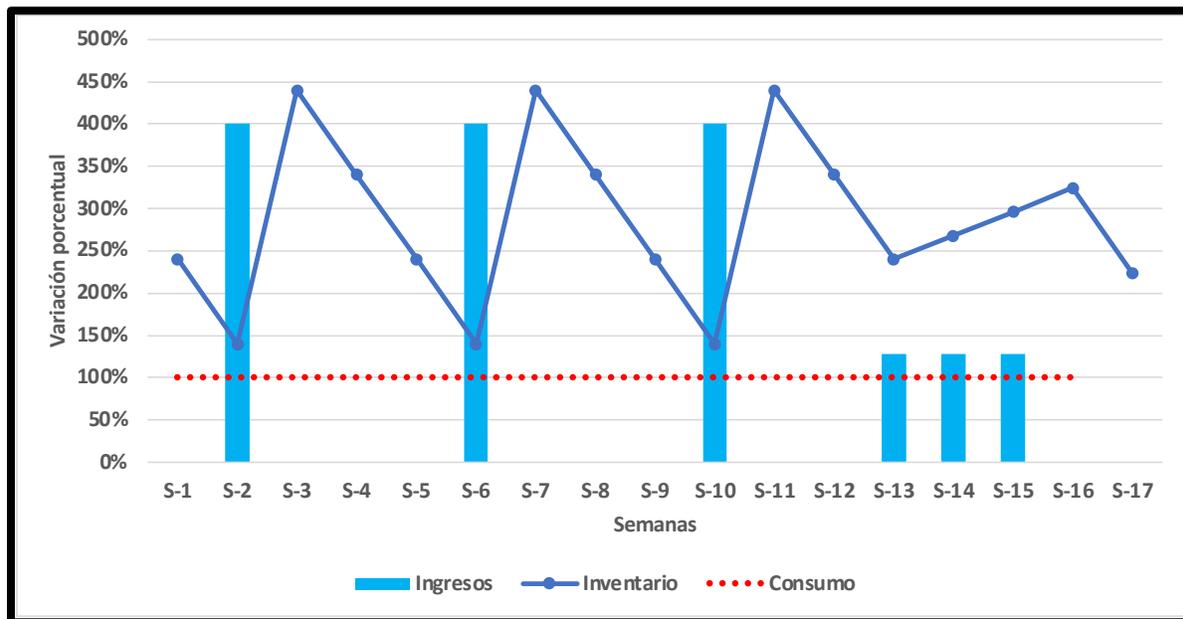


Figura 29. Modelo de planeación

A continuación, en el Cuadro 15 se presenta un caso real, el cual muestra la forma como los consumos reales de cada período pueden variar con respecto al consumo estadístico. En el modelo mostrado, la variación proyectada del consumo mensual es ajustada por el factor semanal, este factor es expresado en forma porcentual y con ello se modifica el consumo estadístico semanal, el cual como se indicó previamente, es el promedio de consumo de las últimas 13 semanas.

Cuadro 15. Modelo de planeación con variaciones en el consumo semanal

Concepto	mes N				mes N+1				mes N+2				mes N+3			
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
Inv. Inicial	240%	140%	424%	244%	144%	44%	336%	236%	136%	16%	428%	328%	228%	320%	270%	330%
Factor semanal			80%			-40%			20%					110%		
Consumo	100%	100%	180%	100%	100%	60%	100%	100%	120%	100%	100%	100%	100%	210%	100%	100%
Cons. Acumulado	100%	200%	380%	480%	100%	160%	260%	360%	120%	220%	320%	420%	100%	310%	410%	510%
Ingresos	0%	384%	0%	0%	0%	352%	0%	0%	0%	512%	0%	0%	192%	160%	160%	0%
Inv. Final	140%	424%	244%	144%	44%	336%	236%	136%	16%	428%	328%	228%	320%	270%	330%	230%

En la Figura 30 se muestra el comportamiento del modelo, el inventario objetivo al inicio de cada período (S-1, S-5, S-9 y S-13) es la variación porcentual de 250%, con respecto al valor del consumo de referencia. Las variaciones en los consumos de las semanas S-3, S-6, S-9 y S-14, causan que los inventarios proyectados el inicio de los períodos N+1 y N+2, sean menores al objetivo planteado, por las variaciones en las semanas S-3, S-6 y S-9. De esta manera, el modelo permite simular varias situaciones con las cuales proyectar el consumo de los próximos meses y las cantidades a recibir del material, para reponer los inventarios al nivel deseado.

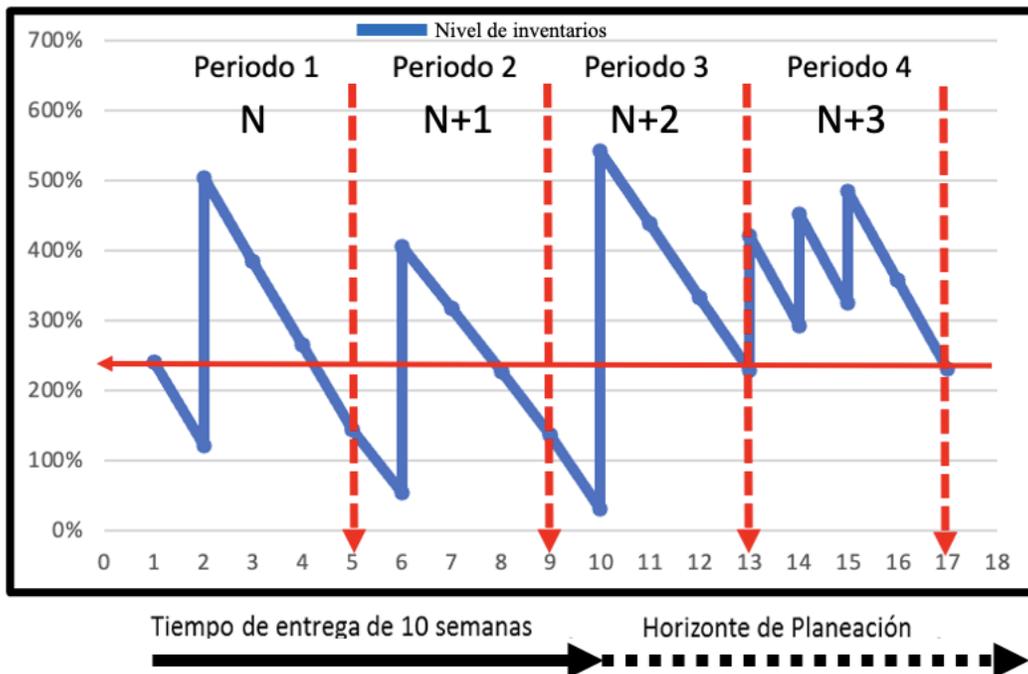


Figura 30. Representación del Modelo de Planeación

3.3.1 Generación de órdenes de compra

En la Figura 31 se ilustra la interacción entre el Sistema de Manufactura y el Sistema Financiero, en el proceso de compra y control de inventarios, en ella se indica que el cálculo de los requerimientos de materiales es realizado por el Proceso de Planeación, el cual se realiza en forma manual, el resultado de este proceso son las requisiciones para las próximas compras de materiales, esta actividad se identifica como MRP, el tiempo de entrega para el caso del abasto del papel es de 10 semanas, (tiempo que transcurre entre el envío de la orden de compra al proveedor y el material es entregado en planta.

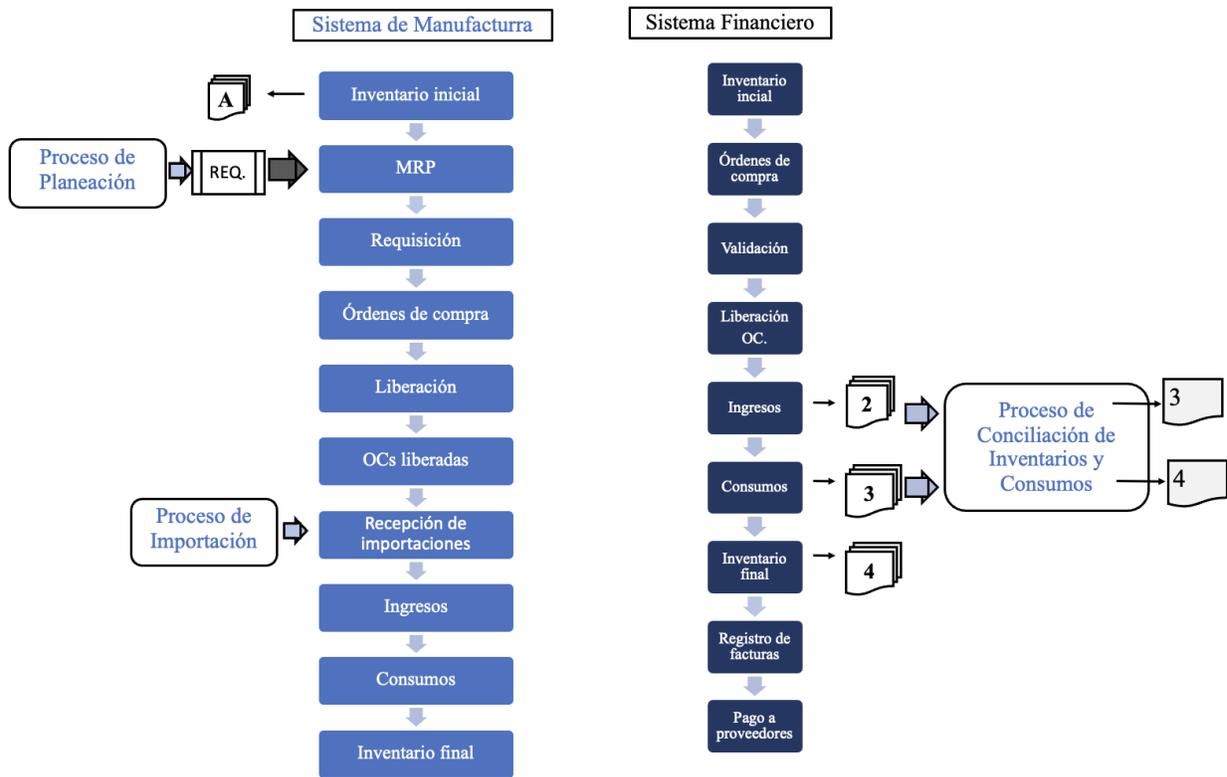


Figura 31. Flujo de información del proceso de Compras

La interacción entre los sistemas se realiza por medio del proceso de Interfase, mencionado en párrafos anteriores y se representa en línea punteada, este proceso extrae los datos de las bases de datos del Sistema Financiero, los procesa para traducirlos a las

unidades que maneja el Sistema Financiero, de esta manera Órdenes de Compra, Ingresos y Consumos generados en el Sistema de Manufactura, son transmitidos al Sistema Financiero. Además, se esquematiza la interacción con los procesos de Planeación de Requerimientos, el proceso de Conciliación de Inventarios y el Sistema de Importaciones, todos ellos contribuyen con el proceso de administrar una Orden de Compra en el Sistema de Manufactura,

La cantidad requerida, se ingresa primero como Requisición en el Sistema de Manufactura y esta al momento de ser aprobada, el programa de interfase, la procesa para generar la misma orden de compra, en el Sistema Financiero (en ambos sistemas, se asigna un número consecutivo único para cada orden de compra generada). La orden de compra en el Sistema Financiero también requiere de ser aprobada por la Gerencia de Planta y una vez realizado lo anterior, el comprador puede enviar al proveedor vía electrónica el documento aprobado. El ingreso de mercancías y el consumo de materiales se realizan en el Sistema de Manufactura, como parte del proceso de compra, el proceso de facturación de los productos elaborados y comercializados, son registrados en el Sistema de Manufactura, sin embargo, el ingreso de facturas de proveedores para el trámite de pago se realiza en el Sistema Financiero.

Para validar que la información generada en el Sistema de Manufactura ha sido transmitida en forma correcta al Sistema Financiero, se requiere de un proceso de validación adicional, para confirmar la precisión de la información transmitida. Aunque este proceso se hace por medio de la interfase, se requiere hacer ajustes manuales, indicados en el diagrama con los números 3 y 4, como resultado del proceso de conciliación.

3.3.2 Proceso de Importación

El proceso de importación de mercancías se detalla en la Figura 32 el cual se gestiona en otro sistema, sin interacción con el Sistema de Manufactura, este proceso termina registrando en dicho sistema, la información del Pedimento y la digitalización de los documentos generados durante la tramitación de la importación de mercancías, la cual es requerida para poder dar ingreso a las mercancías en el Sistema de Manufactura

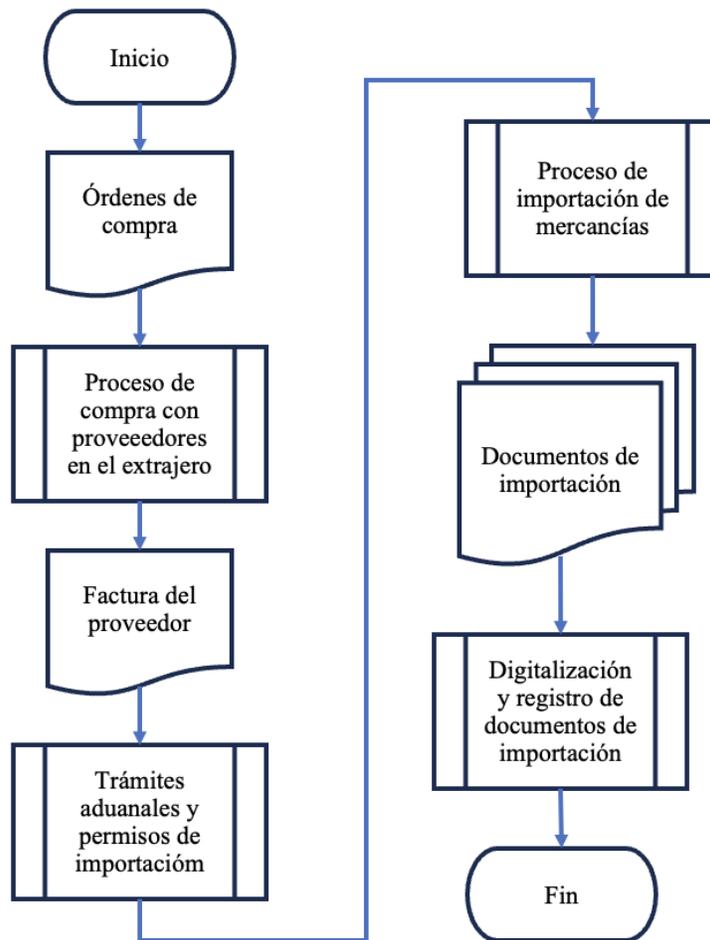


Figura 32. Diagrama de Flujo del proceso de Importación.

3.4 Cuantificación de los recursos empleados

En el Cuadro 16 se presenta un resumen de la operación del año 2019. Esta operación se caracterizó por haber generado 426 órdenes de compra, con un promedio de 2 líneas por orden, lo que refleja que gran parte de las órdenes de compra se elaboraron para cada entrega específica. Durante esta operación, se incorporaron 17 nuevos proveedores y 74 nuevos materiales, lo que requirió actividades administrativas, como tramitar su alta en los sistemas, registrar los parámetros de operación en el sistema y brindar capacitación a los proveedores en el proceso administrativo.

Cuadro 16. Perfil de la operación administrada durante 2019.

2019		
Concepto	Sistemas Manufactura & Financiero	Comentarios de la operación durante 2019
Proveedores	55	17 nuevos proveedores incorporados
Materiales	202	74 nuevos materiales incorporados
OC-Ln. Generadas	734	426 Órdenes de Compra generadas
Ingresos de materiales	1,186	11,473 registros generados

En la Figura 33 se evaluó el tiempo empleado para realizar las actividades a lo largo del proceso de abastecimiento y se muestra la participación de cada una de ellas en forma porcentual. La gráfica revela de manera significativa que se destina tiempo, a lo largo del día, para realizar actividades de comida y ajustes de tiempo. Esto indica que el tiempo efectivo diario utilizado para la planeación y control de inventarios es del 75%.

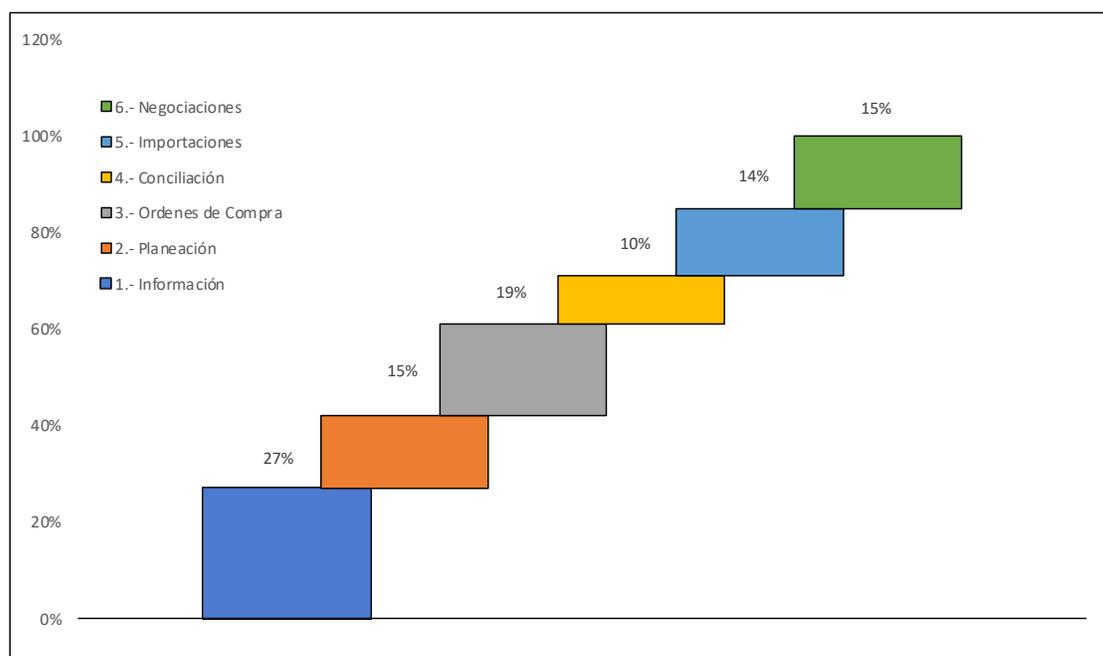


Figura 33. Gráfica del Perfil de la operación administrada durante 2019.

3.5 Limitaciones para resolver

3.5.1 Dos sistemas en el proceso de manufactura

La principal limitación observada en el proceso descrito es el tiempo empleado en el proceso de planeación y generación de órdenes de compra. La particularidad de manejar dos sistemas que trabajan en forma independiente impone invertir el doble de esfuerzo para generar una orden de compra. En forma específica, aunque el programa que traduce del sistema de manufactura los datos de la orden de compra y los ingresa al sistema financiero, este proceso genera la orden de compra en una sola moneda (dólares americanos), por lo que es necesario modificar la moneda y el precio, en las órdenes de compra para las compras acordadas en moneda nacional.

Sin lugar a duda, existe un valor monetario que limita la implementación de un solo sistema, a lo largo de toda la operación y el riesgo de afectar la operación al intentar integrar la totalidad de la operación en un solo sistema, es una tarea compleja y que implica muchos cambios. Por esta razón, esta opción queda fuera del presente trabajo.

3.5.2 Conciliación de sistemas

Considerando el hecho de que es necesario promover que el trabajo de ambos sistemas se realice de la manera óptima, la tarea de conciliar la información de ambos sistemas es un proceso constante que debe ser realizado. Aunque el proceso cuenta con un programa que transmite la información entre el Sistema de Manufactura y el Financiero, se quiere dedicar tiempo y esfuerzos para verificar que los inventarios disponibles en el Sistema de Manufactura coincidan con el inventario físico en el almacén, además se requiere verificar que los ingresos y consumos transmitidos por la interfase al Sistema Financiero, sean precisos y los inventarios entre los dos sistemas estén conciliados.

La tendencia que podemos observar en los sistemas con que son administradas las operaciones de las empresas, es la disponibilidad de herramientas para poder exportar la información de los sistemas, para que esta pueda ser procesada y analizada por el usuario.

Este es uno de los puntos que han motivado el presente trabajo, pues en la etapa de exploración, se detectó que todos los usuarios que consultaban la información de los sistemas no contaban con una plantilla en la cual colocar la información consultada y extraer de ella, el dato que requerían, Este proceso requiere de ser realizado todos los días, lo cual es una actividad que demanda tiempo y el esfuerzo para formatear e ingresar las fórmulas requeridas cada vez, que es generado el reporte. Para solucionar este punto se elaboró una plantilla para colocar la información importada de los sistemas y junto con las fórmulas necesarias, realizar el cálculo del dato requerido.

A continuación en la Figura 34, se ilustra el proceso comentado.

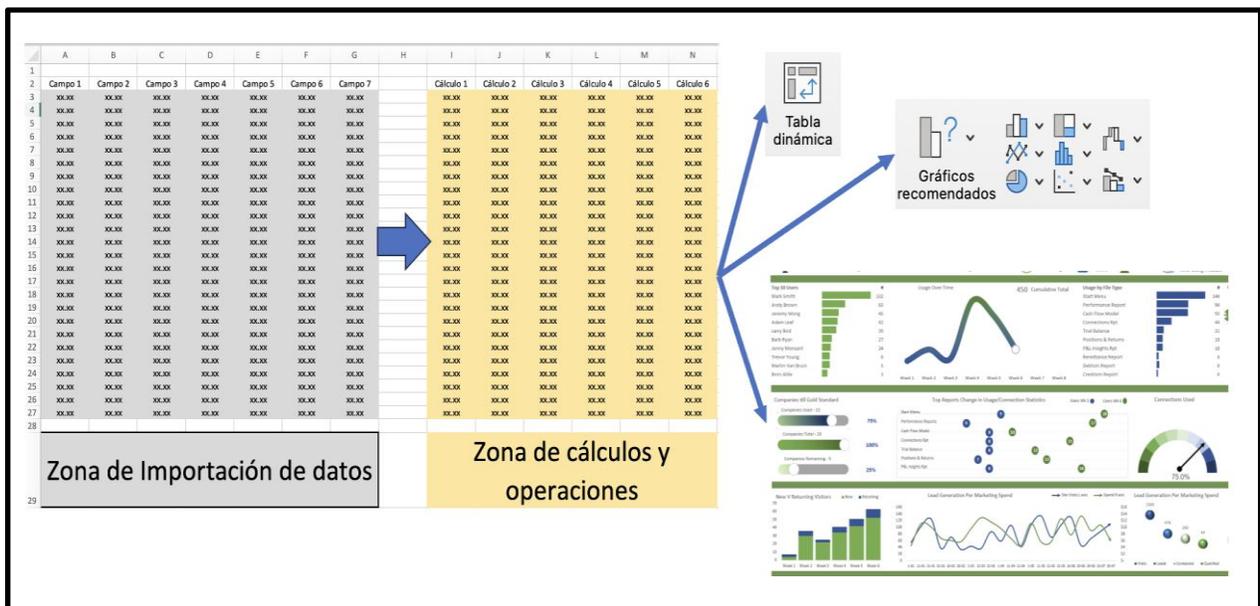


Figura 34. Proceso de elaboración de Plantillas

3.5.3 Proceso de planeación

El proceso de planeación en el Sistema de Manufactura involucra el uso de módulos para la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP). Sin embargo, es importante destacar que en el caso de la planta de Querétaro, solo está disponible la versión estándar de estos módulos. Por lo tanto, la opción de desarrollar una versión personalizada de acuerdo con las necesidades específicas de la planta queda fuera del alcance de este

trabajo. En lugar de eso, se ha dado prioridad al desarrollo de soluciones utilizando hojas de cálculo. Esto se debe a que estas hojas permiten aprovechar recursos gráficos que mejoran la presentación y el análisis de la información. Como ejemplo de esta metodología, la Figura 35 presenta un gráfico que muestra el consumo acumulado de los últimos tres meses, utilizando datos extraídos del sistema. Esta información es fundamental para la actualización de la demanda base.

En la Figura 35, se observa una representación gráfica de la variación porcentual acumulada en comparación con el consumo mensual promedio de los meses analizados. Este gráfico revela una variación que alcanza el 34% en relación con el promedio mensual de consumo. Esta variabilidad tiene un impacto significativo en los modelos de planeación y suministro de materiales.

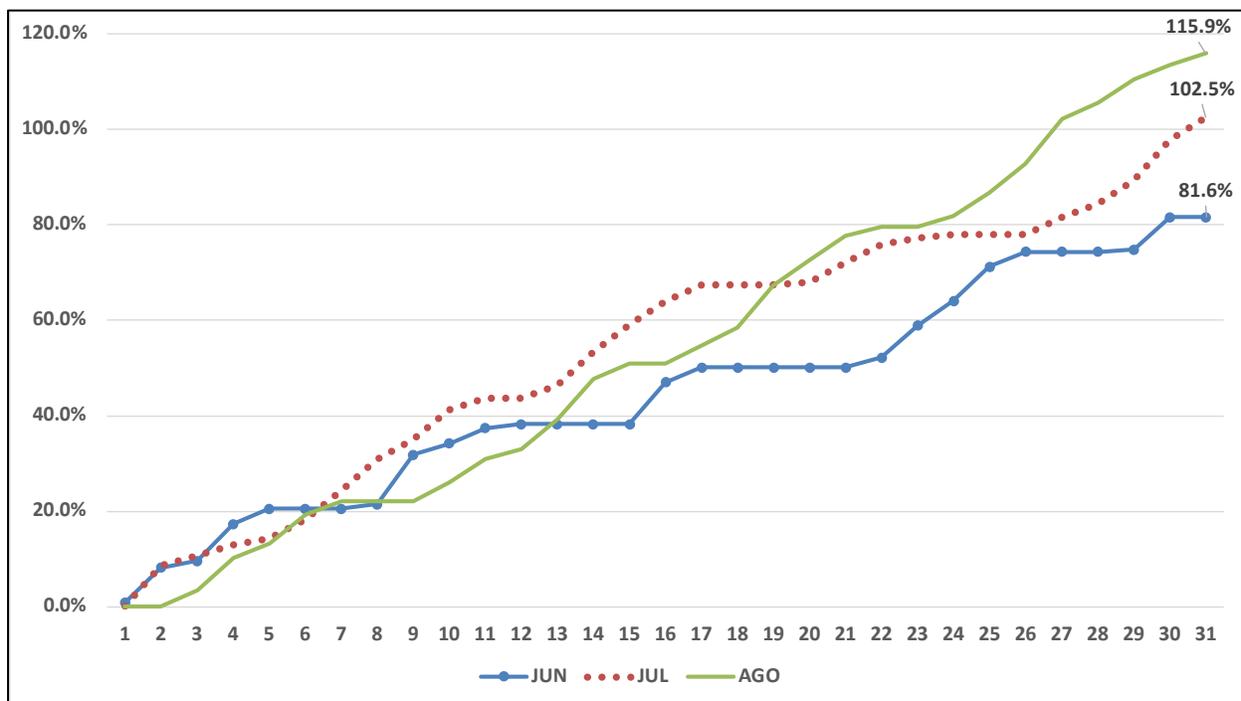


Figura 35. Gráfica del consumo diario acumulados de papel

3.5.4 Soluciones identificadas

Para evaluar de forma cualitativa las soluciones identificadas, se caracterizó el impacto que puede tener en la operación, los costos de implementación de cada solución y la probable factibilidad de poderla realizar. Los atributos calificativos usados son Muy Alto; Alto; Medio y bajo.

En resumen, las principales soluciones identificadas para resolver las limitaciones detectadas se muestran en el Cuadro 17, con sus respectivas evaluaciones cualitativas. Para visualizar los resultados obtenidos, se construyó la gráfica de la Figura 36, en donde el eje horizontal representa la factibilidad del proyecto, lo cual significa que un valor cercano al origen del eje es un proyecto de baja factibilidad y entre más alejado este, es un proyecto de mayor factibilidad para ser implementado. En el caso del eje vertical, se representa el costo de la solución, a mayor alejamiento del origen el costo es mayor. Con el tamaño de cada esfera, se caracteriza el beneficio aportado por cada una de las soluciones.

Cuadro 17. Categorización de alternativas de solución.

#	Solucion	Costo	Factibilidad	Impacto
1	Uso de un solo Sistema	Muy Alto	Baja	Muy Alto
2	Implementacion de proceso MRP	Alto	Baja	Alto
3	Mejora de Interfase	Medio	Alta	Medio
4	Mejora Modelo de Planeacion	Bajo	Alta	Alto
5	Capacitacion de Personal	Bajo	Alta	Alto

Para ilustrar el análisis realizado, en la Figura 36 se muestran cuatro cuadrantes, en el primer cuadrante se ubican las Opciones #1 y #2, las cuales son las de mayor impacto en la operación, pero que por el momento es baja la probabilidad para su implementación. Las soluciones de mayor factibilidad se ubican en el cuarto cuadrante, siendo las opciones #4 y #5, las de menor costo para solucionar la problemática planteada.

Comentado lo anterior, en el Cuadro 18 se muestra un análisis para identificar las fortalezas y oportunidades del caso expuesto, así como las debilidades y amenazas a ser consideradas. El análisis ubica al modelo de simulación como la opción más factible para alcanzar los objetivos planteados.

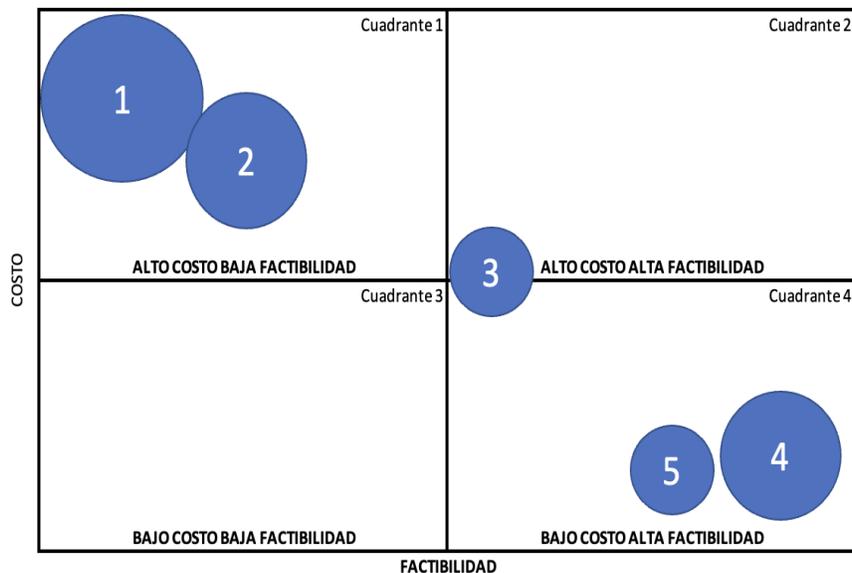


Figura 36. Gráfica alternativas de solución.

Cuadro 18. Análisis FODA del caso analizado.

<p>Fortalezas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Empresa líder en el ramo de empaques corrugados 2 Fuente de suministro de Papel Certificada 3 Verificación de Inventarios al cierre de cada mes 4 Preferencia de Clientes y Consumidores 5 Confiabilidad en el suministro de Papel 6 Comunicación con Clientes clave <hr/> <p>Oportunidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Ser la opción de suministro más eficiente y competitiva 2 Sustentabilidad de los productos elaborados 3 Reducir tiempo para la verificación de Inventarios 4 Desarrollo de nuevos productos 5 Coordinación de embarques para asegurar abasto. 6 Regular abasto ante cambios en la demanda estimada 	<p>Debilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> A Uso de dos sistemas para administrar la operación B Los reportes de consulta no están automatizados C Funcionamiento de Interfase D Conciliación de Inventarios y Consumos E Tiempo de entrega de papel de 10 semanas F Planeación de Papel al inicio de cada mes <hr/> <p>Amenazas</p> <ol style="list-style-type: none"> A Los sistemas requiere de constante verificación B Baja productividad en cada generación de los reportes de consulta C Distracción de recursos para supervisar y corregir Interfase D Incremento de errores en el funcionamiento de la Interfase E Incremento de inventario ante demoras en las entregas F Inventarios altos para compensar variaciones de consumo
--	--

3.6 Estrategia desarrollada

El Modelo de Simulación resultó ser la herramienta con la cual reducir el nivel de inventarios, al ajustar el plan de suministro ante las variaciones de consumo estimadas, esto permitió dar solución a la oportunidad número 6, indicada en el Cuadro 18.

Además, se contribuyó a mejorar el proceso de la extracción y consulta de información con el desarrollo de una base de datos para poder traducir los códigos de los materiales entre un sistema y otro, esto contribuyó a reducir el tiempo empleado en el proceso de extracción de la información, pues al complementar la plantilla de extracción con la base de datos elaborada, se logró elaborar el reporte de consulta, con identificadores con los cuales facilitar el análisis de la información.

En la Figura 37 se muestran los pasos realizados para implementar las mejoras propuestas.

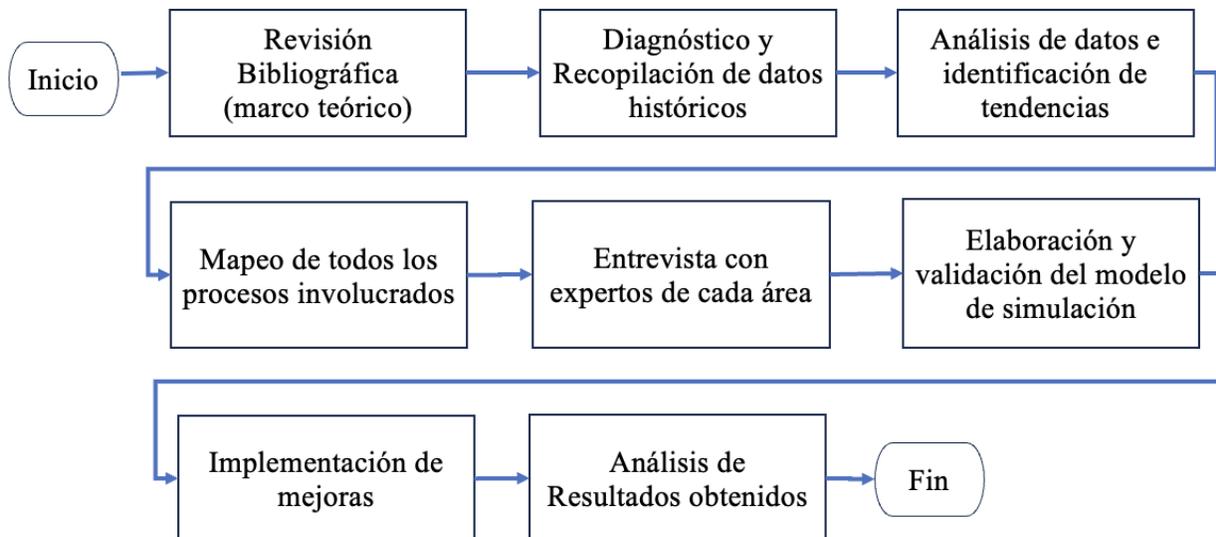


Figura 37. Proceso desarrollado para implementar las propuestas de mejora

3.6.1 Proceso de conciliación de inventarios y consumos

Situación inicial:

- La administración de la operación está soportada por dos sistemas, en la cual la conciliación de los inventarios y consumos en los dos sistemas es un proceso indispensable al final de cada mes.
- El proceso de conciliación de inventarios se realizaba en forma manual, sub-totalizando los lotes de cada sistema, para poder compararlos e identificar las discrepancias por ajustar.
- Los ajustes se realizan en el sistema financiero, pues los datos transferidos por la interfase pueden contener inconsistencias, por lo que es requerido realizar el ajuste manual.
- El proceso se realiza al final de mes, cuando las actividades de producción se suspenden para realizar el inventario físico y conciliar los sistemas.

Mejoras realizadas:

- Se elaboró una plantilla en la cual incorporar la información de ambos sistemas y mediante una base de datos, se identificó las equivalencias entre los códigos de materiales para poder comparar los datos registrados.
- Con la información integrada, se identificaron las discrepancias del Sistema Financiero con la información registrada en el Sistema de Manufactura y con ello se corrigieron las inconsistencias generadas por la interfase, principalmente en los consumos reportados.
- Esta mejora contribuyó a reducir el tiempo empleado para el proceso de conciliación.
- También la información integrada contribuyó a reducir el tiempo empleado para recolectar e integrar la información para el proceso de planeación.
- En la Figura 38 se muestra en forma esquemática el proceso desarrollado para la extracción e integración de la información de ambos sistemas.

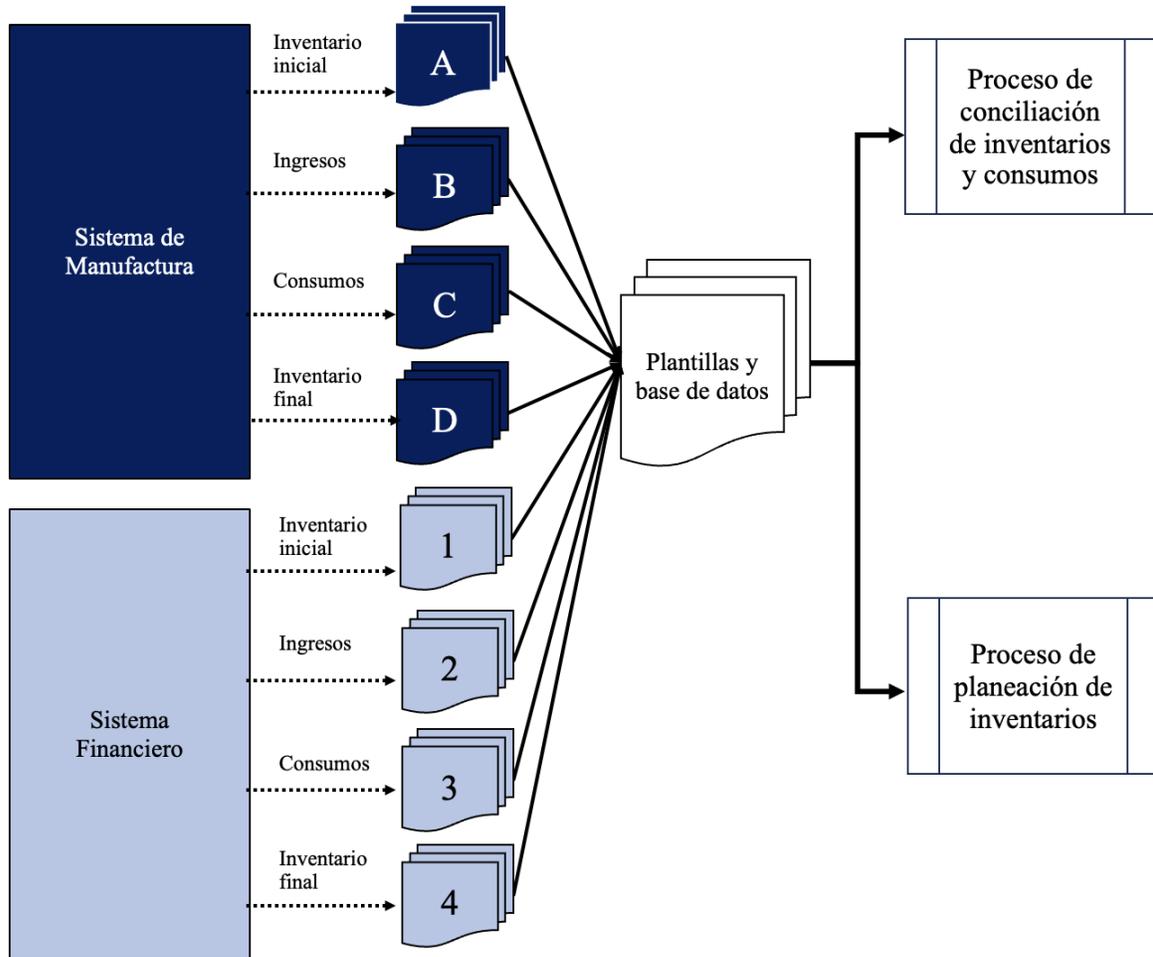


Figura 38. Proceso para la integración y consulta de la información

3.6.2 Proceso de planeación de materiales

Situación inicial:

- La cuantificación de los insumos por adquirir se realizaba al inicio de cada mes, con los datos de los inventarios conciliados. El cálculo realizado se basa en el consumo promedio de las últimas 13 semanas, con el cual era determinada la demanda base de las compras del mes $N+3$.
- El insumo de mayor impacto en el nivel de inventarios es la compra de papel Kraft, con un tiempo de entrega de 10 semanas más el tiempo de importación.
- La planeación de materiales se realizaba con un modelo en Excel para las compras de papel Kraft y para el resto de los materiales, el proceso de compra se realiza mediante los conceptos de máximos, mínimos y punto de reorden de cada material, al inicio de cada mes.
- Tanto la conciliación de inventarios como la planeación de materiales se realizaba en forma manual, formateando los reportes exportables de los sistemas y desarrollando los cálculos cada vez, en que son generados los reportes.

Mejoras realizadas:

- El proceso de integración de la información permitió procesar diariamente la información de Sistema de Manufactura para la Planeación y seguimiento de los inventarios, con la cual se alimentó al reporte de planeación en donde se incorporaron las fórmulas para realizar la proyección de inventarios para cada mes/semana de producción.
- En la Figura 39 se muestra el Proceso de Planeación, incluyendo las mejoras realizadas. Se incorporó al proceso de Planeación el Modelo de Simulación, el cual permitió realizar los ajustes a la demanda base, en función de las nuevas situaciones que afectan la demanda (el modelo se detalla en el siguiente punto).

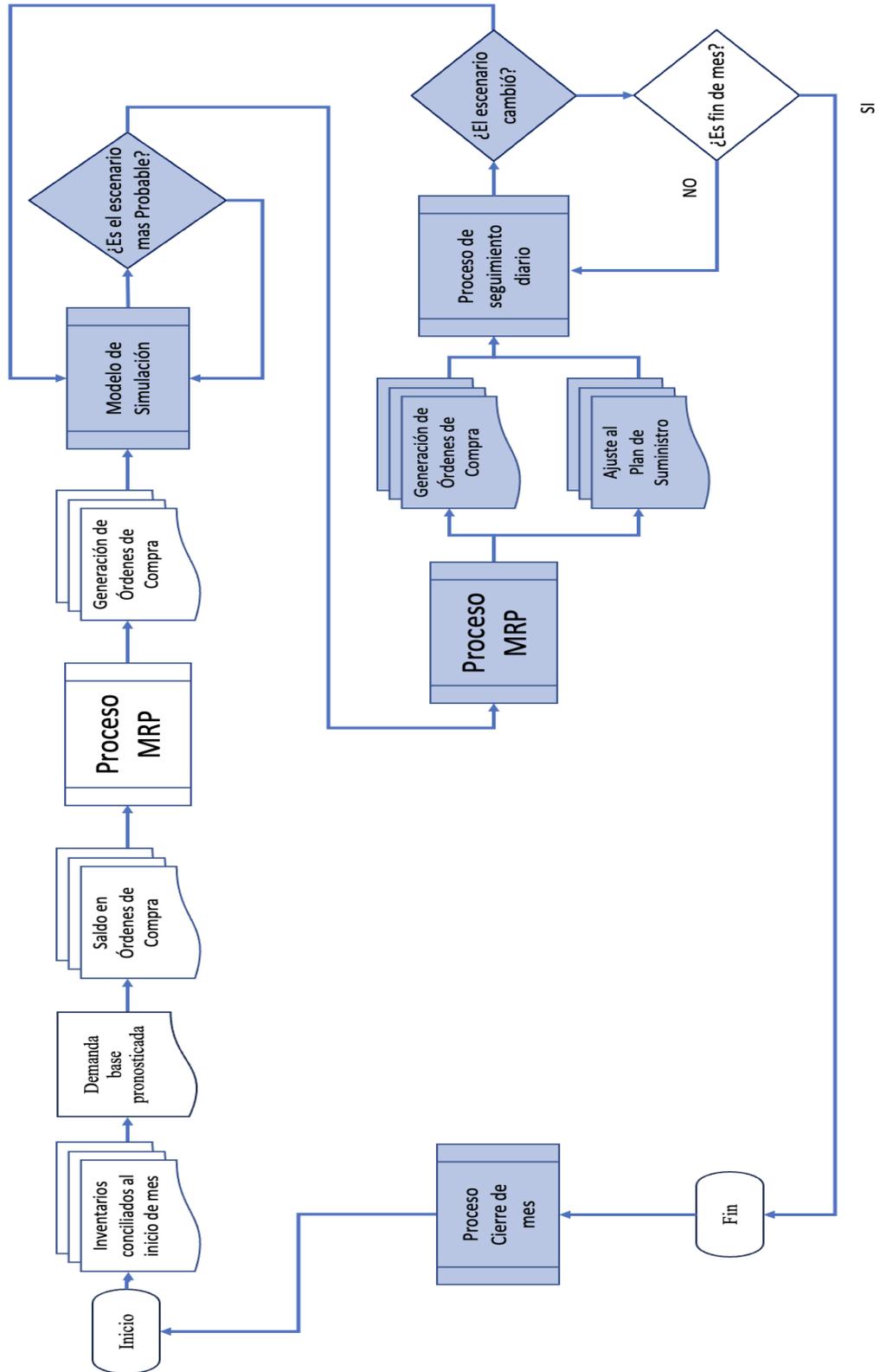


Figura 39. Mejora del Proceso de Planeación

- En la Figura 40, se presenta un ejemplo conceptual de la forma en que fue construido el Reporte de Planeación, con el monitoreo diario de los inventarios y consumos, mostrando como variación porcentual al consumo de la demanda base de cada material.

Mes : N											
Planeación mensual							Seguimiento diario				
Item	Inventario Inicial	Consumo Demanda Base	Consumo ajustado Modelo de Simulación	Entregas Programadas	Nivel objetivo de Inventario	Inventario Final estimado	Nota 1	Entregas Recibidas	Consumo Acumulado	Inventario Actual	Nota 2
Item A	60%	100%	85%	85%	50%	60%	*	40%	50%	50%	
Item B	120%	100%	85%	100%	150%	135%	*	0%	110%	10%	*
Item C	240%	100%	85%	0%	200%	155%		0%	90%	150%	*

Mes : N + 1							
Planeación mensual							
Inventario Inicial	Consumo Demanda Base	Consumo ajustado Modelo de Simulación	Entregas Programadas	Ajuste al MRP	Nivel objetivo de Inventario	Inventario Final estimado	Nota 3
45%	100%	105%	105%	5%	50%	45%	*
110%	100%	105%	90%	55%	150%	95%	*
140%	100%	105%	100%	65%	200%	135%	*

Mes : N + 2							
Planeación mensual							
Inventario Inicial	Consumo Demanda Base	Consumo ajustado Modelo de Simulación	Entregas Programadas	Ajuste al MRP	Nivel objetivo de Inventario	Inventario Final estimado	Nota 4
45%	100%	115%	130%	-10%	50%	60%	
95%	100%	115%	110%	60%	150%	90%	*
135%	100%	115%	200%	-20%	200%	220%	*

Mes : N + 3							
Planeación mensual							
Inventario Inicial	Consumo Demanda Base	Consumo ajustado Modelo de Simulación	Entregas Programadas	Ajuste al MRP	Nivel objetivo de Inventario	Inventario Final estimado	Nota 5
60%	100%	90%	120%	-40%	50%	90%	*
90%	100%	90%	150%	0%	150%	150%	
220%	100%	90%	100%	-30%	200%	230%	

Figura 40. Reporte de Planeación con horizonte de 3 meses

- El reporte permitió dar un seguimiento al proceso en que se va desarrollando el consumo diario y compararlo con la última versión del Modelo de Simulación.
- El modelo proyectó los consumos de los meses (N, N+1, N+2 y N+3).
- El modelo permitió disgregar las entregas de papel durante las 4 semanas de cada mes, lo cual permitió programar un flujo más continuo en las recepciones en planta.
- El modelo desarrollado permitió mejorar el tiempo de entrega del resto de los materiales al comunicar a los proveedores el plan de entrega de los próximos tres meses.
- Para el resto de los materiales, se redujo los niveles de inventarios al sustituir el concepto de compra de reposición de inventarios, por el de cuantificar la cantidad mínima por comprar, en la semana en que se requiere reponer el inventario.
- La disponibilidad para extraer diariamente la información del sistema y dar seguimiento a los consumos acumulados, permitió identificar variaciones que afectan al nivel de inventarios y con ello poder tomar una decisión sobre las siguientes entregas programadas.
- Si se requería modificar al escenario establecido, el proceso se retornaba al punto del Modelo de Simulación, para hacer las investigaciones y ajustes necesarios.
- Si no era necesario hacer ajustes en el escenario establecido, el proceso se ejecuta diariamente hasta el cierre de mes, en el cual el Proceso de Planeación, se inicia nuevamente.

La información obtenida fue implementada en el plan de abasto y suministro para realizar las reprogramaciones en las compras programadas y la generación de nuevas órdenes de compra para los próximos meses (N+1, N+2 y N+3).

3.6.3 Desarrollo del Modelo de Simulación

Situación inicial:

- **Pronóstico de Demanda.** Se basa en el análisis del consumo y las tendencias observadas en el último año. A partir de estos datos, se define el objetivo de crecimiento para el año siguiente.
- **Comunicación de Planes de Venta.** Los clientes comparten sus planes de venta con anticipación de forma informativa. Sin embargo, las promociones que pueden influir en la demanda solo se comunican en el momento en que se ejecutan, y esto se refleja en los pedidos realizados.
- **Flujo de Información sobre Pedidos.** La estimación de los pedidos de los clientes es proporcionada por el ejecutivo de ventas, mientras que la información operativa es suministrada por el equipo encargado del servicio al cliente.
- **Variabilidad en el Pronóstico.** Las proyecciones de ventas pueden tener una variabilidad de hasta el 20%.
- **Manejo de Variaciones de Demanda.** Las fluctuaciones en la demanda se gestionan mediante el ajuste de los niveles de inventario.

Mejora realizada al proceso:

- Se elaboró un modelo estadístico para representar la demanda base estimada, la cual recopiló los datos históricos del consumo de los últimos dos años, identificando la estacionalidad del consumo de los clientes y los principales eventos que modificaron la tendencia del consumo y la desviación de las estimaciones previas.
- Se incluyó información estratégica sobre las promociones por realizar, lanzamiento de nuevos productos y los incrementos de inventarios en los canales de distribución, análisis de la etapa en que se encuentran cada producto en su ciclo de venta, así como los factores de mercado que determinan su demanda.
- La demanda base determinada es complementada con el análisis de los factores externos, los riesgos en la cadena de suministro y las acciones emprendida por los

competidores de los clientes. Los datos proyectados fueron ajustados con la opinión de los expertos de ventas y los de manufactura, para tener una proyección más representativa del consumo estimado.

- El modelo desarrollado permitió inicialmente elaborar el estimado anual de consumo para el año 2020, el cual sirvió de base para las negociaciones anuales con los proveedores y confirmar la capacidad disponible para los meses de mayor demanda.

En la Figura 41 se presenta el diagrama de flujo del modelo de simulación y como resultado de este ejercicio se presenta el consumo histórico de papel de los años 2017 al 2019.

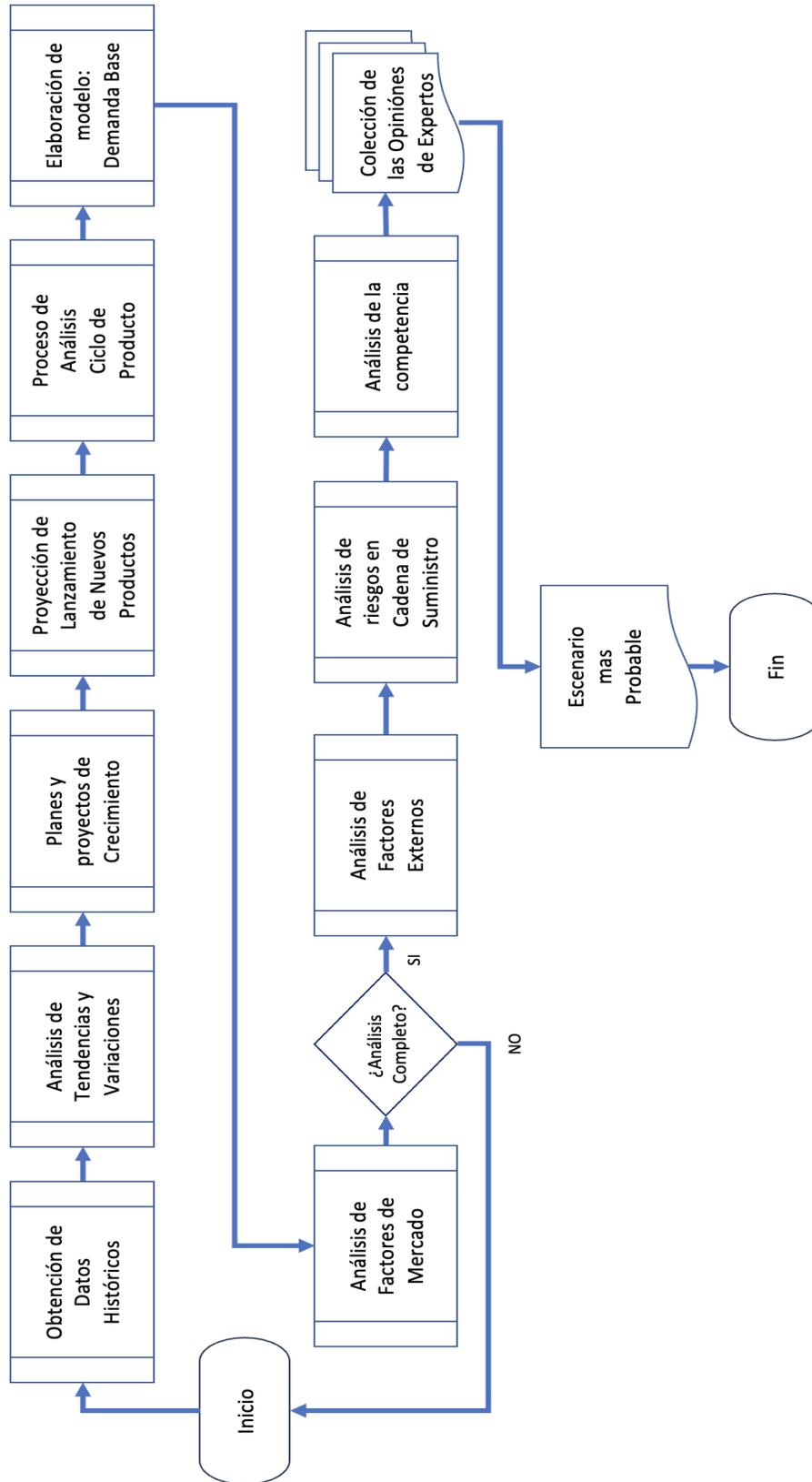


Figura 41. Proceso de Simulación

En la Figura 42 en la línea punteada se representa la demanda proyectada para el año 2020.

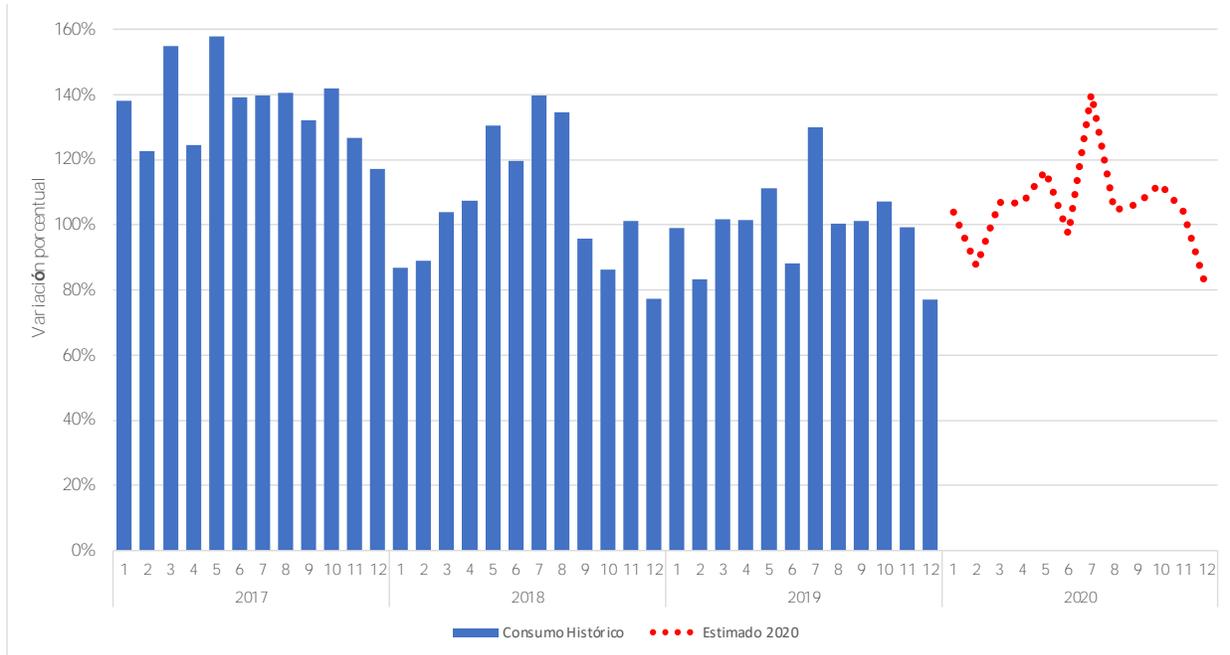


Figura 42. Consumo mensual de papel 2017 al 2020

Los datos expresados en la Figura 42 son las variaciones porcentuales del consumo promedio del 2019, la demanda base proyectada para el 2020 incluye la estacionalidad estimada por los expertos de ventas. Como resumen de lo anterior, en el Cuadro 19 se puede identificar que el crecimiento planteado para el año del 2020, el cual era del 6%, con respecto a los datos del año 2019.

Cuadro 19. Tendencia anual del consumo de papel

Año	# veces	% Variación
2017	16.35	136%
2018	12.73	106%
2019	12.00	100%
2020	12.67	106%

Al inicio del año 2020, se llevaron a cabo varios ejercicios para ajustar la demanda base, sin embargo las restricciones impuestas para enfrentar la pandemia de COVID-19 impactaron significativamente a la operación. La medida del cierre de actividades no esenciales fue un factor extraordinario que impactó de gran manera al consumo estimado, dando como resultado la disminución del 50% en el consumo base. No obstante, algunos clientes que continuaron operando aumentaron su consumo en un 10%.

El impacto de esta situación extraordinaria impactó a todas las cadenas de suministro, a este respecto entre los comentarios publicados el estudio realizado por Barman et al. (2021) resaltó que la pandemia de COVID-19 tuvo un efecto considerable en la cadena de suministro de alimentos a nivel global, perturbando tanto la oferta como la demanda y generando preocupaciones sobre la seguridad alimentaria.

En el mismo contexto, Serpil et al. (2020) informaron que durante una pandemia, mantener un flujo ininterrumpido de suministro en el sector agrícola y alimentario, uno de los sectores críticos junto con la salud, es fundamental para prevenir una crisis alimentaria y reducir el impacto negativo en la economía global. Aunque no se han observado problemas significativos en las cadenas de suministro de alimentos hasta ahora, la incertidumbre persiste en medio de un futuro inestable. Por lo tanto, Serpil indica que es imperativo que cada país sea consciente de la gravedad de la situación y tome medidas ajustadas a la propagación de la pandemia. Además, la cadena de suministro debe demostrar la suficiente flexibilidad para abordar los desafíos en la distribución de alimentos.

En la Figura 43 se muestra en la gráfica de barras, el consumo real hasta el mes de agosto y en las líneas mostradas se presentan:

- La demanda base inicial, estimada antes de finalizar el 2019.
- El consumo promedio de las últimas 13 semanas, con el cual se compra el papel.
- La demanda ajustada por el modelo de simulación.

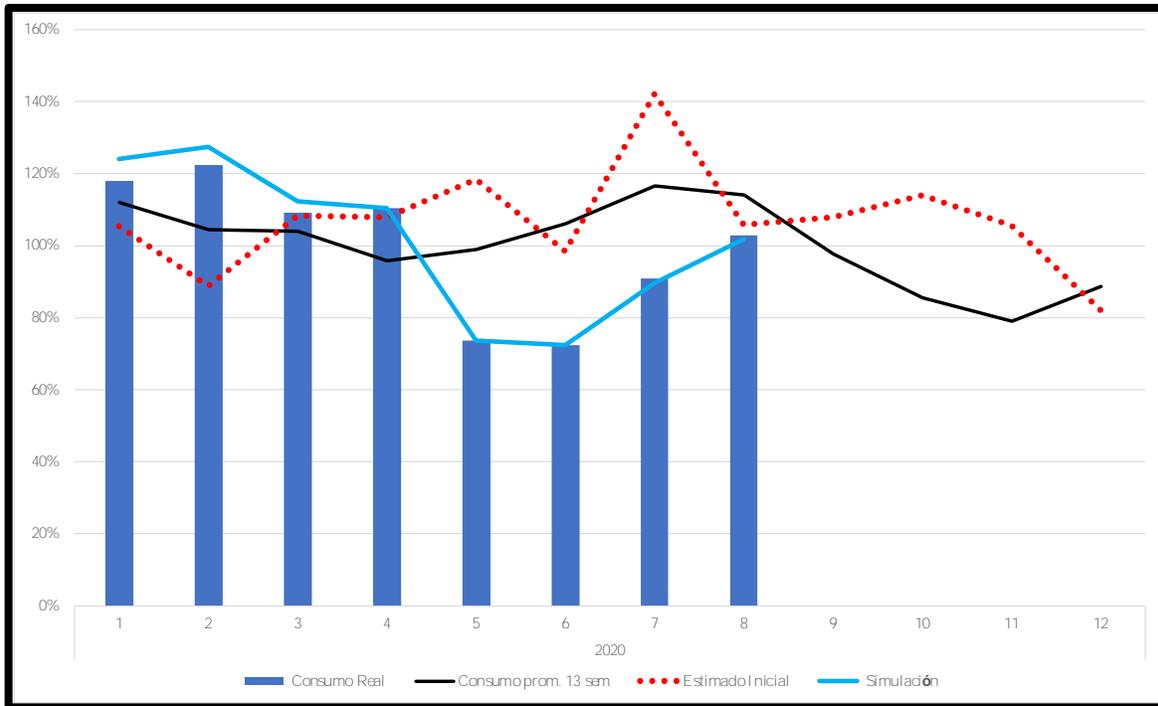


Figura 43. Ajustes de las estimaciones del consumo para el año 2020

Como se puede notar en la gráfica, los meses de menor consumo fueron los meses de mayo y junio, lo cual significó la cancelación y reprogramación de las compras realizadas en los meses anteriores y con un escenario completamente diferente al que se planeó.

Esta situación demandó una mayor comunicación con los clientes, la constante actualización sobre las disposiciones decretadas por las autoridades por la pandemia y las acciones desarrolladas en el ámbito internacional.

Además, con el paulatino incremento de las actividades productivas, el escenario de simulación continuó actualizándose, el foro en donde se tomaban las decisiones era multidisciplinario e involucró a diferentes niveles de la organización, para establecer el escenario sobre el cual basar el suministro de materiales.

Esta situación de emergencia demandó la revisión y análisis para identificar las cantidades óptimas de pedido, la confirmación de los puntos de reorden y los niveles de inventario de seguridad necesarios para cada escenario.

El resultado del impacto en el nivel de inventarios se muestra en el siguiente apartado, sin embargo cabe destacar que el proceso desarrollado para poder extraer la información de los sistemas permitió procesar la información y poder tomar decisiones oportunas para garantizar la operación de la planta ante el entorno restrictivo de la pandemia del COVID19, a principios del 2020.

Es importante destacar que la opinión de los expertos contribuyó significativamente para elaborar los escenarios en los cuales se ajustó el plan de suministro.

3.7 Resultados obtenidos

3.7.1 Proceso de conciliación de inventarios

- Se logró realizar el proceso de conciliación de inventarios en un menor tiempo, reduciéndose en un 50% el tiempo dedicado a la extracción de la información hasta la identificación de los ajustes a realizar para eliminar las discrepancias.
- Las discrepancias ajustadas fueron previamente aprobadas por la Contraloría de la Planta y los ajustes realizados, tuvieron una discrepancia menor al 0.1% en los meses reportados del año 2020.
- En la Figura 44 se muestra la reducción en el tiempo dedicado al proceso de conciliación, además se muestra la reducción en el tiempo dedicado a la obtención de la información y del proceso de planeación, los cuales tuvieron una reducción del 44% y 33% respectivamente, esto fue la contribución del desarrollo de plantillas y base de datos, para construir los reportes detallados anteriormente, el resultado total de esta reducción en el tiempo dedicado al proceso de abastecimiento fue del 27%

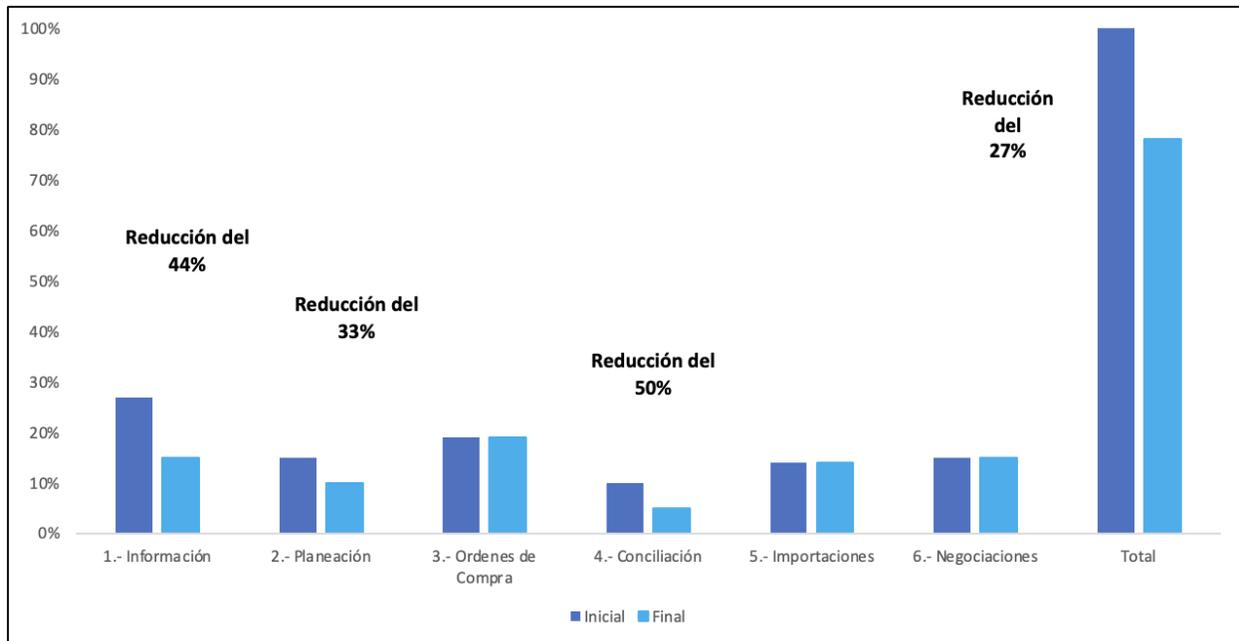


Figura 44. Reducciones de tiempo en el Proceso de Abastecimiento

3.7.2 Pronóstico de la demanda

- El Modelo de Simulación incorporó al proceso de planeación, información más precisa, que consensaba la opinión de los expertos del área, sobre la magnitud de la demanda a cubrir, en el corto plazo.
- El modelo permitió reflejar la situación de emergencia que representó la suspensión de las actividades “no esenciales” durante el inicio de la pandemia de COVID19, durante los meses de abril, mayo, junio y julio del 2020.
- El error de pronóstico, medido como la diferencia absoluta entre el valor pronosticado y el valor real de consumo, se muestra en la Figura 45 para cada mes. El valor de error de pronóstico es mostrado como la variación porcentual con respecto al consumo promedio del 2019.

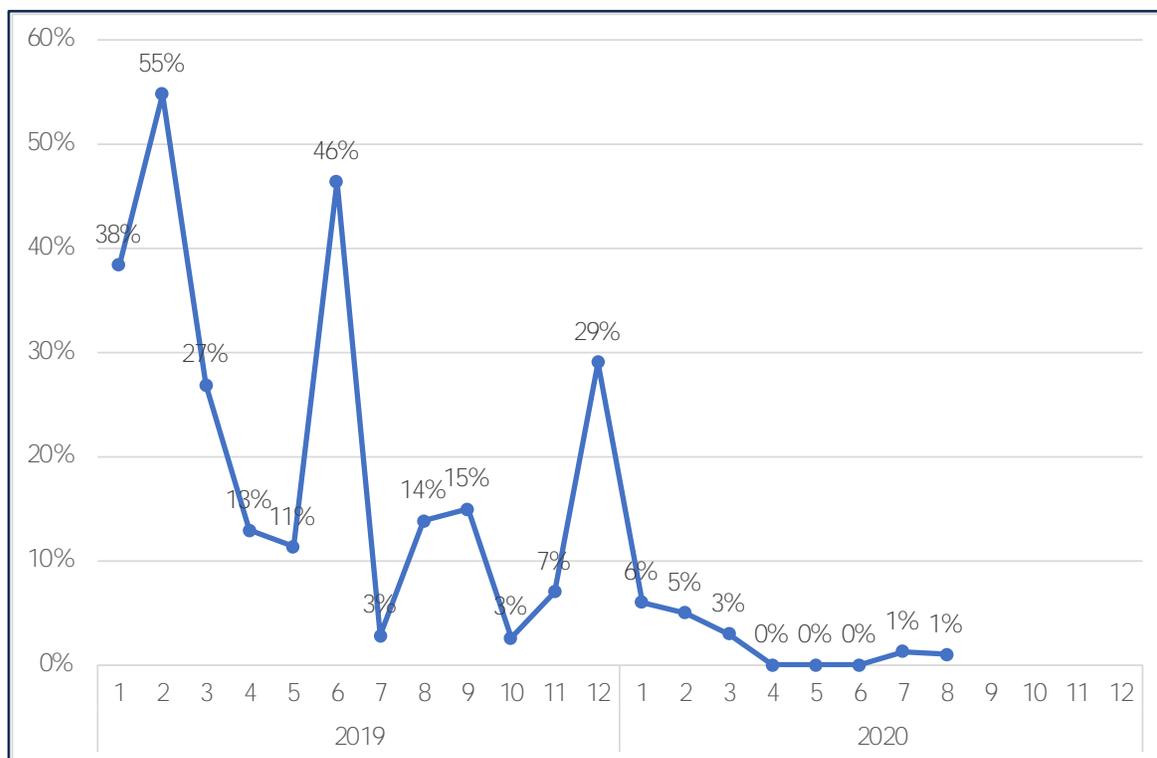


Figura 45. Error de pronóstico 2019 y 2020

Nota: El error de pronóstico acumulado del 2019 fue de 22% y de 16% para el año 2020.

3.7.3 Planeación y Suministro de Materiales

- La base de datos desarrollada permitió integrar la información del sistema de manufactura y se logró reducir el tiempo empleado para recopilar, formatear y calcular la compra de los materiales requeridos por el proceso.
- El modelo desarrollado permitió elaborar el reporte de planeación diariamente, en lugar de una vez al mes, con lo cual se identificó las variaciones entre el consumo real y el estimado para poder reprogramar las próximas entregas planeadas.
- Se logró reducir el nivel de inventarios durante el período de prueba.
- La tendencia de los valores obtenidos muestra un comportamiento decreciente.
- La reducción del nivel de inventarios no afectó el nivel de servicio al cliente, el cual se mantuvo al 100%.

Durante el período de prueba se logró reducir el nivel de inventario en un 23%, al promediar el nivel de inventario obtenido durante todo el período de prueba y expresarlo como la variación porcentual con el valor inicial.

Para identificar la tendencia de los datos obtenidos, se aplicó el método de Mínimos Cuadrados. Según Chapra, et al. (2011), la "mejor" línea que puede trazarse entre los datos es aquella en la cual la diferencia entre el valor real y el propuesto en la línea trazada sea lo menor posible.

Para ilustrar este concepto, la Figura 46 presenta la ecuación de la recta propuesta y la distancia entre la recta y el valor individual. En este sentido, Felder, et al. (2020, pp. 608) coinciden al indicar que: “La mejor línea a través de los datos es la que minimiza la suma de los cuadrados de los residuos”.

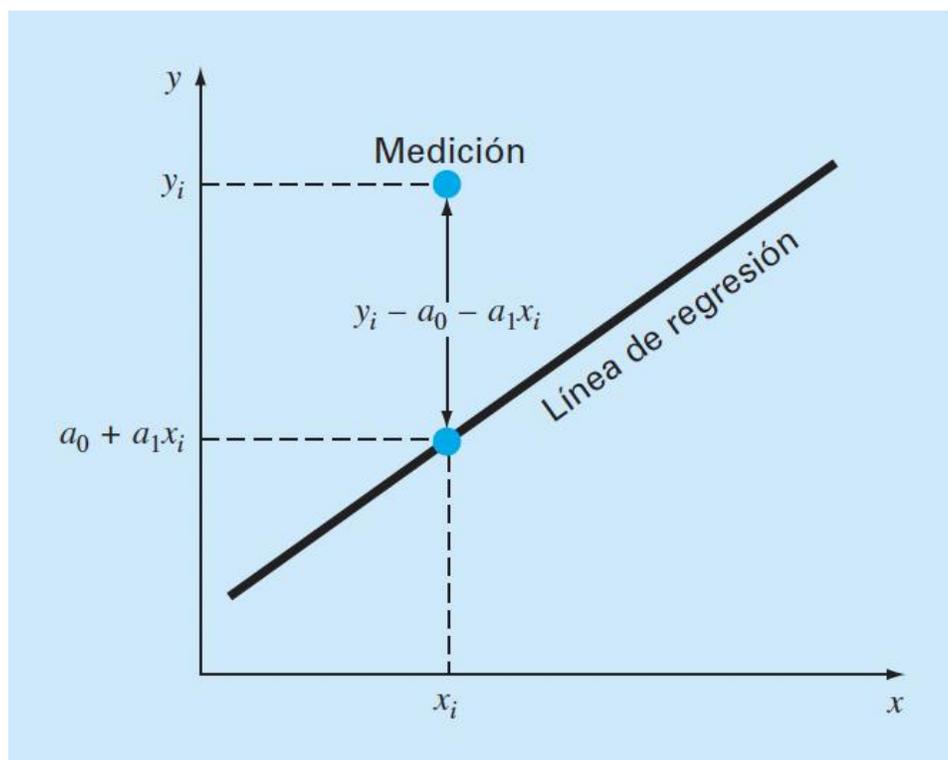


Figura 46. El residuo en la regresión lineal

Tomado de Chapra, et al, (2011) pp.471

De acuerdo con Chapra, et al, (2011) la fórmula para calcular el Coeficiente de Correlación se presenta a continuación:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (1)$$

En donde:

X_i = mediciones realizadas,

Y_i = variable independiente.

Chapra, et al, (2011) nos indica que el Coeficiente de Correlación (r) varía entre los valores de [-1, 1], indicando que los valores cercanos a la unidad tienen una gran correlación, al ser mínima la distancia entre los valores observados y la recta que representa el comportamiento de los datos.

Chapra precisa que mientras el Coeficiente de Correlación mide la fuerza y dirección entre los valores y la recta, el Coeficiente de Determinación (R^2) mide la variabilidad entre los valores y la recta, este coeficiente varía entre [0, 1].

En la Figura 47 se muestran los valores de los inventarios al inicio de cada período, expresados como variación porcentual con respecto al valor del inventario total del primer período, los datos de cada período agrupan el inventario de tres categorías:

- Papel, incluye cada una de las especificaciones adquiridas de papel.
- Misceláneos, agrupó el inventario de todos los materiales auxiliares en el proceso de manufactura.
- Comercializados, incluyo el inventario de todos los productos terminados adquiridos para su venta.

En la gráfica referida se muestra en línea discontinua los valores totales de inventario en cada período y en la línea continua se muestra la línea de tendencia, la cual se obtuvo por el Método de Mínimos Cuadrados.

Los resultados obtenidos son:

Pendiente = **-0.0676**

Coefficiente de Determinación $R^2 = 0.914$

Coefficiente de Correlación $r = 0.956$

El valor negativo para la pendiente de -0.0676 , lo cual confirma la tendencia de reducción y un coeficiente de correlación del 0.956 nos muestra la cercanía de los datos a la recta.

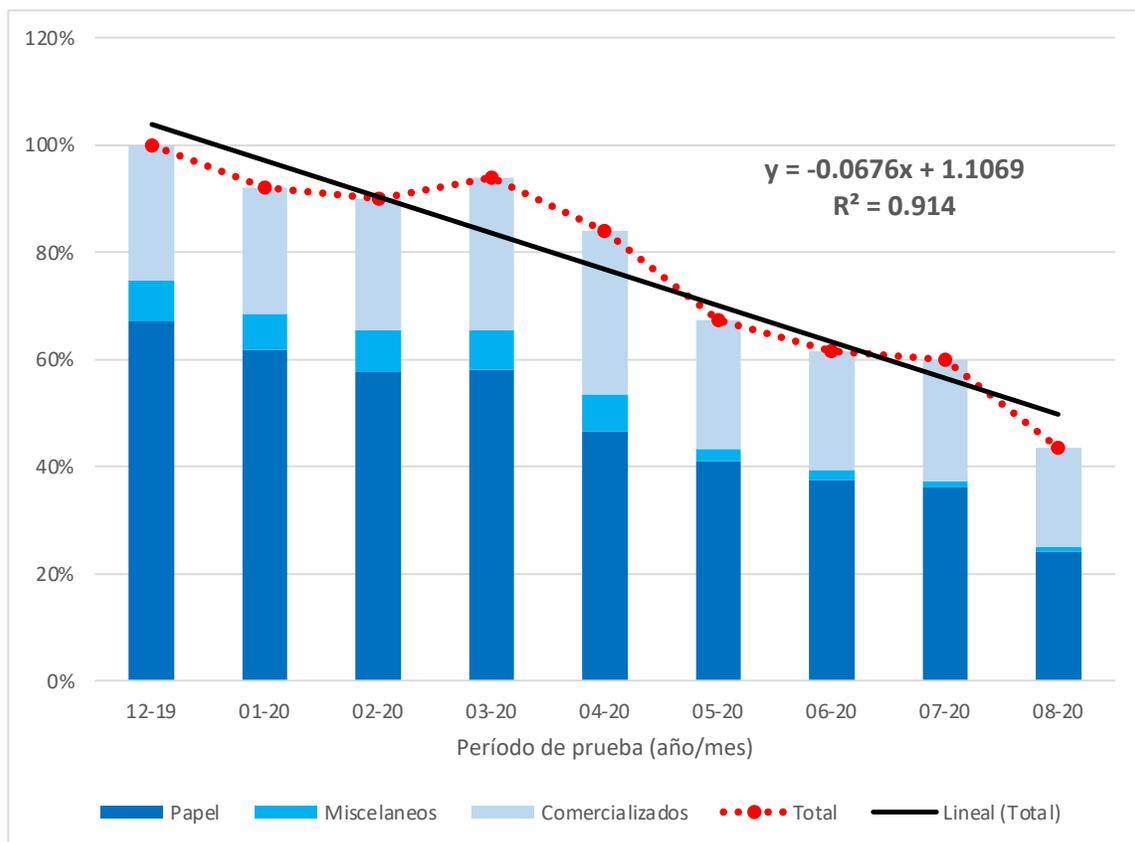


Figura 47. Nivel de inventarios 2020.

En la Figura 48 se muestra el nivel de servicio al cliente, el cual se mantuvo al 100% desde el inicio del período de prueba. De igual forma que la gráfica anterior, el valor del

inventario de todos los productos terminados se expresan como variaciones porcentuales con respecto al inventario del período inicial. El valor promedio del inventario de producto terminado durante el período de prueba se incrementó en un 4% con respecto al valor inicial. En la gráfica se incluye la línea de tendencia obtenida por el método de mínimos cuadrados con una pendiente de 0.004 y un factor de correlación del 0.249. Cabe mencionar que el dato de los inventarios de producto terminado, se presentan como referencia y están fuera del alcance del presente trabajo.

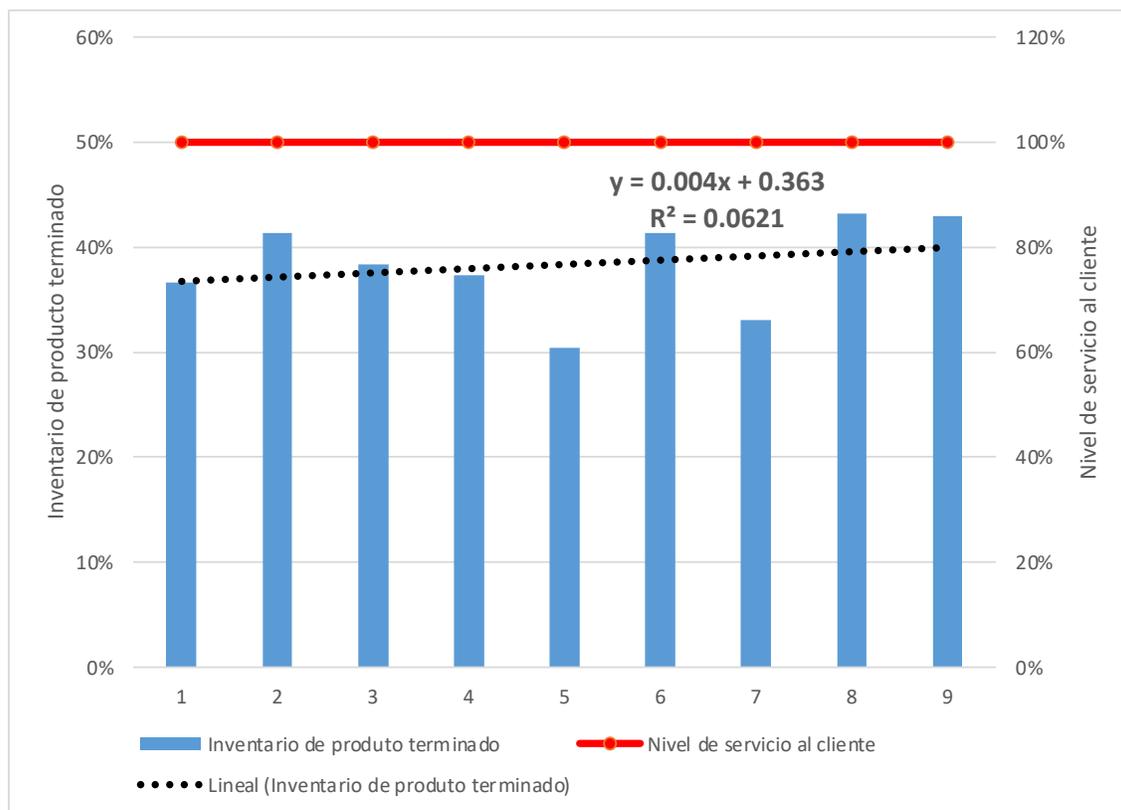


Figura 48. Nivel de servicio al cliente

3.7.4 Principales características del modelo desarrollado

El modelo desarrollado fue planeado para cuantificar las cantidades de papel requeridas para cubrir las variaciones de la demanda y lograr reducir el nivel de inventarios en forma consistente sin afectar el nivel de servicio al cliente. Así como planear el reabastecimiento de los lotes económicos de compra de cada uno de los materiales auxiliares requeridos por

el proceso. Se adaptó el modelo para considerar el tiempo de entrega de las importaciones de papel y los tiempos límite para la cancelación de pedidos, así como la reducción en los mínimos de compra de los productos terminados adquiridos para su comercialización, esto último como resultado del desarrollo de proveedores alternos.

Se estructuró el modelo para actualizar diariamente el reporte de planeación con la información de los consumos reales del sistema, para detectar desviaciones contra el consumo estimado, lo cual permitió ante las variaciones de la demanda real, tomar las decisiones para la reprogramación de entregas y la generación de nuevas órdenes de compra. El software seleccionado permitió ampliar la capacitación de los usuarios en el uso de las herramientas disponibles para el manejo de bases de datos, los resultados obtenidos del modelo fueron precisos y congruentes con la información del sistema y los cálculos habituales para la planeación de materiales. El modelo permitió ante una situación imprevista, como lo fue la suspensión de actividades laborables durante el inicio de la pandemia de COVID19, cancelar y reprogramar pedidos para no incrementar el nivel de inventarios.

3.8 Conclusiones

Las conclusiones del desarrollo e implementación de un modelo de simulación para analizar variaciones en la demanda, como herramienta para planear y controlar los inventarios en la empresa fabricante de empaques de cartón corrugado, son las siguientes:

- a) Este estudio se propuso mejorar el proceso de planeación de materiales y abasto en la empresa. Con un objetivo claramente definido, el modelo no sólo alcanzó la meta establecida, sino que además aportó mejoras al proceso de conciliación de inventarios y consumos. Específicamente, se obtuvo una reducción en el nivel de inventario de un 23% sin afectar el nivel de servicio al cliente, que se mantuvo al 100%. Esta eficiencia en la gestión de inventarios fue corroborada por una tendencia decreciente a lo largo del período de prueba, y respaldada por un factor de correlación de 0.956.

- b) Además, se optimizaron los procesos operativos, se mejoró la estimación de la demanda basándose en datos históricos y se introdujo un modelo de simulación para anticiparse a las variaciones del mercado, siendo incluyente al incorporar al modelo, las opiniones de los expertos del área. Esta adaptabilidad del modelo fue clave, como se demostró durante eventos imprevistos como la suspensión de actividades por la pandemia de COVID-19 en el año 2020.

- c) La integración de datos en una plantilla de Excel facilitó una reducción del 50% en el tiempo de conciliación de inventarios y consumos. Además, el proceso desarrollado para procesar y analizar la información importada de los sistemas contribuyó a una eficiencia adicional, resultando en una reducción del 27% en el tiempo total dedicado al proceso de planeación y abastecimiento.

- d) Este proyecto no solo resolvió problemas operativos inmediatos, sino que sentó las bases para estimar el comportamiento de la demanda, de una forma más informada y eficiente. La herramienta desarrollada permite destacar a las proyecciones del modelo de simulación como la base con la cual tomar decisiones más acertadas para controlar el flujo de materiales y por consecuencia lograr la reducción de inventarios. Mirando hacia el futuro, se recomienda seguir adaptando y mejorando esta herramienta, explorando integraciones con otras plataformas y sistemas, y ampliar su alcance para abordar otros desafíos operativos que puedan surgir. La empresa ahora cuenta con una base sólida para enfrentar desafíos futuros y mantener su competitividad en el mercado.

3.9 Próximas mejoras en el proceso desarrollado

- a) Automatizar la actualización de los reportes desarrollados, con el uso de los comandos disponibles en Excel.
- b) Identificar en el sistema principal, aquellos recursos disponibles en el sistema para la planeación de inventarios y que no son utilizados.
- c) Incorporar al proceso de planeación, las mejores prácticas que otras unidades de la empresa estén utilizando y sean compatibles con las particularidades del proceso local.
- d) Solicitar al área correspondiente, el desarrollo de un programa que ejecute el proceso de extracción de la información y pueda estar disponible al inicio de cada día.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aday, S., & Aday, M. S. (2020). Impact of COVID-19 on the food supply chain. *Food Quality and Safety*, 4(4), 167–180.
- Alfonso, G. C. (2004). Enfoque Prácticos para Planeación y Control de Inventarios. Editorial Trillas.
- Alicke, K. N. U. T., Hoberg, K., & Rachor, J. Ü. R. G. E. N. (2019). The supply chain planner of the future. *Supply Chain Management Review*, 23(3), 40-47.
- Ballou, R. H. (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. Pearson educación.
- Barman, A., Das, R., & De, P. K. (2021). Impact of COVID-19 in food supply chain: Disruptions and recovery strategy. *Current Research in Behavioral Sciences*, 2, 100017.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2008). Food chemistry. Springer Science & Business Media.
- Bourlakis, M. A., & Weightman, P. W. (Eds.). (2008). Food supply chain management. John Wiley & Sons.
- Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (Eds.). (2012). Food processing handbook. Weinheim, Germany: Wiley-VCH.
- Briz, J., & de Felipe, I. (2016). Título: La cadena de valor agroalimentaria. Análisis internacional de casos reales.
- Buffa, E. S., Taubert, W. H., & Suarez, E. L. (1975). Sistemas de producción e inventario: planeación y control (No. 658.4032 B8y 1972). Limusa Wiley.
- Cessna, J., Kuberka, L., Davis, C. G., & Hoskin, R. (2016). Growth of US Dairy Exports. United States Department of Agriculture.
- Chapman, S. N. (2006). Planificación y control de la producción. Pearson educación.
- Chapra, S. C., Canale, R. P., Ruiz, R. S. G., Mercado, V. H. I., Díaz, E. M., & Benites, G. E. (2011). *Métodos numéricos para ingenieros*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Peter, M. (2008). Administración de la cadena de suministro. Pearson educación.

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., Matus, R. T., Benítez, M. A. M., & Muñoz, H. H. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (Vol. 6). México: Mcgraw-hill.
- Cuatrecasas Arbós, L. (1996). *Gestión económico-financiera de la empresa*. España: Edición de la UPC, S.L
- Dalkey, N., & Helmer, O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, 9(3), 458-467.
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (Eds.). (2007). *Fennema's food chemistry*. CRC press.
- Dani, S. (2015). *Food supply chain management and logistics: From farm to fork*. Kogan Page Publishers.
- De, S., & Pesquera, Y. (2003). Análisis de estacionalidad de la producción y precios en el mercado de productos hortofrutícolas y frijol.
- Delgado de Cantú, G. M. (2001). *Historia Universal: De la era de las revoluciones al mundo globalizado*. AWLI.
- Dergal, S. B., Rodriguez, H. B., & Morales, A. A. (2006). *Química de los alimentos* (No. 04; TX354 B3 2006.). Pearson educación.
- Española, R. A. (2023). *Diccionario de la lengua española*, 23^o ed.,[versión 23.3 en línea]. Recuperado en, 17.
- Felder, R. M., Rousseau, R. W., & Bullard, L. G. (2020). *Elementary principles of chemical processes*. John Wiley & Sons.
- Gökirmakli, Ç., & Bayram, M. (2017). Recent And Expected Trends For Dairy Industry. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 38-43.
- Gupta, S., & Starr, M. (2014). *Production and operations management systems*. CRC Press.
- Holguín, C. J. V. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Universidad del Valle.
- Lácteo, S. (2012). Análisis del sector lácteo en México.
- Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological forecasting and social change*, 73(5), 467-482.
- Law, A. M., Kelton, W. D., & Kelton, W. D. (2007). *Simulation modeling and analysis* (Vol. 3). New York: Mcgraw-hill.

- Lowe, D. (2002). *The dictionary of transport and logistics*. Kogan Page Publishers.
- Maria, A. (1997). Introduction to modeling and simulation. In *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation* (pp. 7-13).
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging—roles, materials, and environmental issues. *Journal of food science*, 72(3), R39-R55.
- Maxwell, J. C. (2011). *The 5 levels of leadership: Proven steps to maximize your potential*. Hachette UK.
- Michiel, L., Harold, F., & England Wilbur, B. (1992). *Administración de Compras y Materiales* Editorial CECSA.
- Norma Oficial Mexicana. (2010). NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados - información comercial y sanitaria.
- NORMA Oficial Mexicana. (1993). NOM-033-SSA1-1993, Bienes y servicios. Irradiación de alimentos. Dosis permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios.
- Nurdjannah, N., & Bermawie, N. (2012). *Handbook of herbs and spices*.
- Parkhi, S., Joshi, S., Gupta, S., & Sharma, M. (2015). A Study of Evolution and Future of Supply Chain Management. *AIMS International Journal of Management*, 9(2).
- Pascual, F. T., & Gómez-Cuétara, P. Instituto Tomás Pascual Sanz. (2012). *Retos medioambientales de la industria alimentaria*.
- Parthasarathy, V. A., Chempakam, B., & Zachariah, T. J. (Eds.). (2008). *Chemistry of spices*. Cabi.
- Patel, N. M., & Deshpande, V. A. (2015). Supply chain management for food processing industry—a review. *Supply Chain Management*, 4(12).
- Regattieri, A., Gamberi, M., & Manzini, R. (2007). Traceability of food products: General framework and experimental evidence. *Journal of food engineering*, 81(2), 347-356.
- Render, B., & Heizer, J. (1996). *Administración de operaciones*. México. Ed. Prentice Hall.
- Robertson, G. L. (2016). *Food packaging: principles and practice*. CRC press.
- Robinson, S. (2014). *Simulation: the practice of model development and use*. Bloomsbury Publishing.

- Robledo Padilla, R. (2018). Producción de leche en México y el impacto de las importaciones de leche en polvo.
- Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International journal of forecasting*, 15(4), 353-375.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2022). The handbook of logistics and distribution management: Understanding the supply chain. Kogan Page Publishers.
- SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Café mexicano.
- Samson, D., & Singh, P. J. (2008). Operations management: An integrated approach. Cambridge University Press.
- Sánchez, J. V. (2014). Gestión de la logística en la empresa. Ediciones Pirámide.
- Simini, J. P. (1982). DeCoster and Schafer," Management Accounting: A Decision Emphasis", (Book Review). *The Accounting Review*, 57(4), 834.
- Solleiro, J. L., & del Carmen Valle, M. (2003). *Estrategias competitivas de la industria alimentaria*. Plaza y Valdes.
- Smith, J., & Hong-Shum, L. (2011). Food additives data book. John Wiley & Sons.
- Turoff, M., & Linstone, H. A. (2002). The Delphi method-techniques and applications.
- Waters, D., & Rinsler, S. (2014). Global logistics: new directions in supply chain management. Kogan Page Publishers.
- Wijnands, J. H., Gutierrez, B. A., Poelarends, J. J., & van der Valk, O. M. (2010). Business opportunities in the Mexican dairy industry (No. 397). LEI Wageningen UR.
- World Health Organization. (2011). Codex Alimentarius: general standard for food additives. Codex Alimentarius: general standard for food additives.
- Wu, C., & Barnes, D. (2011). A literature review of decision-making models and approaches for partner selection in agile supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 17(4), 256-274.
- Zhong, R., Xu, X., & Wang, L. (2017). Food supply chain management: systems, implementations, and future research. *Industrial management & data systems*, 117(9), 2085-2114.