



INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
INDUSTRIAL

MODELO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA
PRIMA PARA AGROINDUSTRIAL SURFRUT LTDA.

AUTOR:
TOMÁS HERMOSILLA ELÍAS DE QUIRÓS

Profesores Módulo:

Diego Lagos S
Sergio González R.
Jonathan Moya C.

Profesor Guía:

Eduardo Álvarez M.

CURICÓ - CHILE

2018

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Curicó, 2019

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento contiene el diseño de una plataforma de información para la planificación de abastecimiento de materias primas para Agroindustrial Surfrut Ltda., empresa ubicada en Romeral, Curicó. VII Región, Chile. El alcance de este proyecto se ha acotado a la planificación de largo plazo, es decir, de una temporada productiva (enero a diciembre).

En primera instancia, se presenta la empresa sobre la cual se ha desarrollado el proyecto, destacando las características clave del negocio, para luego realizar una descripción de la situación de estudio, en la cual se enfoca el proyecto. En este punto se revela la importancia de la gestión del costo de abastecimiento de materia prima, el cual presenta un peso relativo de un 40%, aproximadamente, sobre el costo total del producto, y en donde la planificación de abastecimiento carece de herramientas que permitan asegurar que se encuentra trabajando a mínimo costo, y más aún, se presentan propuestas de abastecimiento que superan los costos presupuestados para el área. En consecuencia, se presenta el objetivo general del proyecto, que es el desarrollo de un sistema de información para la planificación a largo plazo del abastecimiento de materias primas, utilizando un modelo matemático de programación lineal para asegurar un perfil de compra, uso de almacenamiento y transporte a mínimo costo.

Luego, se presenta el marco teórico que sustenta el desarrollo de la solución a la problemática presentada, en donde se utilizan conceptos de cadena de abastecimiento, resolución de problemas a través de modelos de programación matemáticos y desarrollo de proyectos asociados a tecnologías de información. Seguido a esto, se plantea la metodología a seguir para el desarrollo de la solución.

De esta forma, se presenta la formulación del modelo de programación lineal que permite planificar el abastecimiento de materias primas en Surfrut a mínimo costo, incorporando los parámetros y restricciones claves del negocio.

Luego, se desarrolla el modelo en un software de optimización que permite incorporar el modelo matemático y encontrar una solución óptima. Para este proyecto, se ha utilizado *IBM ILOG CPLEX Optimization Studio*.

Para cargar los parámetros del modelo, y luego presentar los resultados, se ha formalizado y desarrollado un prototipo de plataforma de información de planificación desarrollada en Excel a través del uso de *Visual Basic*. En ella, los usuarios pueden ingresar y modificar información y analizar los reportes del modelo.

Finalmente, se realiza la evaluación económica de la implementación del proyecto, la cual presenta un VAN de \$138.443.313, una TIR de 830%, y un período de recuperación de 1 año, con un escenario de sensibilidad de muy bajo riesgo. Por este motivo, se recomienda a Agroindustrial Surfrut Ltda., la realización del proyecto.

Tomás Simón Hermosilla Elías de Quirós (thermosilla14@alumnos.utalca.cl)
Estudiante Ingeniería Civil Industrial - Universidad de Talca
Agosto de 2018

Dedicado a mi familia

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a todos los que formaron parte de este interesante recorrido de pre grado, compañeros varios y amistades formadas en el proceso. Éste ha sido un camino que sin duda me ha entregado mucho, y de lo cual me encuentro eternamente agradecido.

A mi familia: Juan Pablo, Laura, Diego, Lucas y María Jesús, que nunca han dudado un segundo en estar cuando más los necesité, así como también cuando hubo que celebrar las pequeñas y grandes victorias. A quienes no elegí, pero, sin embargo, si tuviera que hacerlo, los elegiría una y otra vez.

Mención especial a Susana, por ser una gran compañera de vida y en especial en este proceso. Quien supo entregarme su apoyo y guía en momentos complicados, y con quien felizmente comparto los momentos de alegría, amor y descubrimientos de cada etapa de la vida.

A mis grandes amigos: Pedro, Javier, Juan, y a quienes se han sumado a lo largo de los años, y entregado una cuota de alegría, sabiduría, y energía a mi andar.

A mis padrinos, Aurea y Rafael, quienes formaron grandes momentos de mi infancia y adolescencia, y quienes han sido unos padres complementarios a lo largo de los años. Y pese a que los caminos nos mantengan un poco más alejados, el amor y el cariño siempre están ahí.

A los "viejos/amigos", Octavio, Drina y el gran grupo de amistad familiar, quienes han sabido ser oído y voz, en cada momento en que su especial sabiduría supo guiarme...

A Francisco (tío), Cecilia, Francisco (primo), Fernando y Felipe, quienes fueron por bastante tiempo, en mis inicios universitarios, mi familia más cercana y formaron grandes momentos de ésta y muchas etapas. Eternamente agradecido por todo lo entregado, sus risas, apoyo, sabiduría y cariño que en pequeñas cosas lo demostraban...

A una luz especial de vida (Luz), mujer de gran valor y siempre una gran guía de espíritu.

A la familia Surfrut, por ser una escuela complementaria y siempre han confiado en mí.

Por sobretodo, más que un pensamiento de agradecimiento de pre grado, y un logro individual, gracias a todos por formar parte de este camino que no ha terminado, sino que ha dado un paso a una nueva etapa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1.1. Lugar de aplicación	4
1.2. Descripción de la Situación de Estudio	5
1.3. Objetivos del proyecto	7
1.3.1. Objetivo General	7
1.3.2. Objetivos Específicos	7
1.4. Resultados Tangibles Esperados	7
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN	9
2.1. Marco Teórico	10
2.1.1. Administración de la Cadena de Suministro	10
2.1.2. Resolución de problemas a través de programación matemática	12
2.1.3 Desarrollo de proyectos de Tecnología de la Información	15
2.2 Metodología de Solución	18
2.2.1. Caracterización de los procesos y procedimientos	18
2.2.2. Desarrollo de la formulación de un modelo de abastecimiento de materia prima a través de programación lineal	18
2.2.3. Desarrollo del modelo de programación lineal utilizando un lenguaje de modelado algebraico (software)	18
2.2.4. Análisis de Resultados	19
2.2.5. Diseño de la plataforma de información para abastecimiento de materia prima	19
2.2.6. Evaluación económica de la implementación del proyecto	19
CAPÍTULO 3: FORMALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO	20
3.1 Formalización de los procesos actuales	21
3.1.1 Procedimiento del Sistema de Calidad: Abastecimiento Materias primas (PC 13.001)	21
3.2. Diagnóstico de la Situación	30
CAPÍTULO 4: FORMULACIÓN DEL MODELO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA	32
4. Formulación del Modelo de Abastecimiento de Materia Prima	33
4.1. Supuestos del Modelo	33
4.2. Definición de Conjuntos y Parámetros	34
4.3. Variables de Decisión	35

4.4. Función Objetivo	36
4.5. Restricciones del Modelo.....	36
CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL MODELO EN LENGUAJE DE MODELADO ALGEBRAICO	40
5.1. Software de Modelado Algebraico (COS)	41
5.2. Plataforma de Información.....	41
5.2.1. Tipos de materia prima	42
5.2.2. Proveedores.....	42
5.2.3. Demanda de materia prima por parte de la planta	42
5.2.4. Disponibilidad de materia prima por proveedor	43
5.2.5. Cámaras de frío o Bodegas de almacenamiento de materia prima	43
5.2.6. Precio de la materia prima	44
5.2.7. Presupuesto	44
5.3. Desarrollo del Modelo en OPL	45
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
6.1. Resultados del Modelo.....	48
6.2. Reporte de perfil de compra de materia prima.....	50
6.3. Reporte de uso de bodegas o cámaras de frío	50
6.3. Reporte de uso de presupuesto	51
CAPÍTULO 7: DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE INFORMACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	52
7.1. Formalización del Sistema de Información propuesto.....	53
7.1.1. Diagrama de Contexto Externo.....	53
7.1.2. Diagrama Contexto Interno	54
7.2. Desarrollo del Sistema de Planificación de Abastecimiento de Materias Primas.....	56
7.2.1. Diagrama de Flujo Procedimental de la planificación de abastecimiento de materias primas con el Sistema de Información	56
7.2.2. Requerimientos Funcionales.....	58
7.2.3. Requerimientos No Funcionales	59
7.2.4. Diseño del prototipo del sistema de información para abastecimiento de materias primas.....	60
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	71
8.1. Contexto de la Evaluación Económica de la Implementación del Proyecto.....	72
8.2. Inversión.....	72
8.3.1. Honorarios del diseñador del prototipo del Sistema de Información	72

8.3.2. Honorarios del desarrollador del Sistema de Información	73
8.3.3. Capacitación de uso del sistema	73
8.3.4. Mantenimiento del Sistema	73
8.3. Costos del Proyecto.....	73
8.4. Beneficios del Proyecto.....	74
8.5. Tasa de descuento del proyecto.....	75
8.6. Flujo de Caja del proyecto	75
8.7. Análisis de Sensibilidad del Proyecto	76
CONCLUSIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de dirección de la cadena de suministros.....	11
Figura 2: el triángulo de la planeación en relación a las principales actividades de logística/administración de la cadena de suministros.....	12
Figura 3: forma de modelar problemas de programación lineal utilizado por ILOG CPLEX	13
Figura 4: Pantalla de Interfaz de Usuario OPL.....	13
Figura 5: Sintaxis utilizada por OPL para el modelado de problemas de optimización	14
Figura 6: organigrama del área de Abastecimiento de Materias Primas	23
Figura 7: Pantalla de Modelado en OPL	45
Figura 8: Pantalla OPL de definición de función objetivo y restricciones	46
Figura 9: Simulación de costo de abastecimiento de materias primas (fruta) para Surfrut año 2018 realizado por la empresa	49
Figura 10: Diagrama de Contexto Externo Sistema de Planificación de Abastecimiento de MP	54
Figura 11: Diagrama de Contexto Interno Sistema de Abastecimiento de MP.....	55
Figura 12: Diagrama Procedimental Sistema de Información de Abastecimiento de MP ...	57
Figura 13: Menú de inicio del sistema.....	60
Figura 14: Módulo de Abastecimiento de Materias Primas	61

Figura 15: Módulo de demanda de materias primas.....	62
Figura 16: Módulo de proveedores de materia prima.....	63
Figura 17: Módulo de cámaras de almacenamiento de materias primas	64
Figura 18: Módulo de presupuesto	65
Figura 19: Menú de resultados del modelo de optimización.....	66
Figura 20: Reporte de perfil de compra de MP	66
Figura 21: Submenú de reporte "Uso de Cámaras"	67
Figura 22: Módulo de uso de cámaras. Inventario, ingreso y retiro de materia prima.....	68
Figura 23: Módulo de facturación de cámaras por período.....	68
Figura 24: Módulo de Uso de Presupuesto.....	69
Figura 25: Módulo de Composición de Costo asociado al perfil de compra	70
Figura 26: Comparativo de composición de costos de Abastecimiento de MP para el año 2016 y 2017	74
Figura 27: Evaluación Económica de la Implementación del Proyecto	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Etapas de un Proyecto de Software	17
Tabla 2: Documentos relevantes para los procesos actuales de abastecimiento de materia prima en Surfrut.....	21
Tabla 3: Glosario Procedimiento Abastecimiento Materias Primas Surfrut Ltda.	22
Tabla 4: Actividades desarrolladas por gerencias, relativas al abastecimiento de Materias Primas	24
Tabla 5: Seguimiento programa fitosanitario Pomáceas	25
Tabla 6: Seguimiento programa fitosanitario Berries.....	25
Tabla 7: Comparativo de costos de flete y frío.....	75
Tabla 8: Análisis de Sensibilidad de la Implementación del Proyecto.....	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Escenario de Sensibilidad del Proyecto disminuyendo un 83,5% los beneficios esperados

Anexo 2: Escenario de Sensibilidad del proyecto disminuyendo un 83% los beneficios del proyecto

GLOSARIO

- **MP:** materias primas
- **Abastecimiento de MP:** comprende el proceso de planificación de la obtención de materias primas, recepción y su posterior entrega a la planta productiva.
- **Programación Lineal:** campo de la optimización matemática dedicado a maximizar o minimizar una función lineal, denominada función objetivo, de tal forma que las variables de dicha función estén sujetas a una serie de restricciones expresadas mediante un sistema de ecuaciones o inecuaciones también lineales.
- **Packing:** embalaje. Referido en el proyecto hacia el lugar físico en el cual se realiza el proceso de pos cosecha de la fruta, que tiene por objeto embalar la fruta para ser exportada, quedando saldos al mercado nacional por defectos encontrados en el proceso.
- **IBM ILOG CPLEX Optimization Studio:** Software de optimización desarrollado por la empresa IBM, que utiliza como base el método Simplex (agregando más herramientas) para encontrar la solución a problemas de programación lineal.
- **Solución Factible:** hace alusión a uno o más puntos formados por valores de las variables de decisión de un problema de programación lineal, que logran satisfacer las restricciones del problema.
- **Solución Óptima:** refiere al mejor valor entregado por las soluciones óptimas evaluadas en la función objetivo. En algunos casos, podría ser más de una.
- **Perfil de Compra de MP:** hace referencia a la manera en que se deberá realizar el abastecimiento de materias primas en cuanto a su compra, variando los volúmenes de ésta a través de los períodos, con tal de satisfacer los requerimientos totales entregados en la suma de los períodos.

INTRODUCCIÓN

Cada temporada de planificación de ventas, la agroindustria se ve enfrentada a una problemática particular: abastecerse de materia prima para generar sus productos. Si bien es cierto, en Chile, la agricultura es una actividad que predomina en regiones como la VII, VIII y IX, pero los esfuerzos de los productores agrícolas apuntan a la exportación, por lo que realizan una planificación del cuidado de sus cultivos con tal de obtener el mayor porcentaje posible de ventas al comercio exterior, ya sea directamente o a través de terceros, bajo estrictas condiciones de calidad de materia prima (defectos, enfermedades, procedimientos, etc). Esto implica, que tanto la cantidad como la calidad de la materia prima disponible para la agroindustria sea precaria, debido a que los precios de venta para ambos difieren sustancialmente (la agroindustria paga aproximadamente un 25% de lo que paga el comercio exterior).

Bajo este escenario, las empresas agroindustriales deben competir entre ellas con la cantidad disponible de materia prima sobrante del mercado de exportación. Y entre estas, se encuentra la industria para jugo, puré, deshidratado y confitado de fruta, entre otras, quienes además poseen niveles de exigencia en parámetros de calidad distintos, según sus procesos lo requieran. Por ejemplo, el caso más relevante es la industria de jugo, quienes poseen casi nulos parámetros de calidad de fruta para sus procesos, y dada la demanda de sus productos, generan un volumen de compra muy alto respecto a la industria, siendo muy atractivos para los productores, y permitiéndoles manejar el precio de mercado de este tipo de materia prima (generando el precio base).

Por otro lado, el principal destino de los productos procesados, derivados de frutas y hortalizas chilenos, es Estados Unidos, concentrando cerca del 23% de las exportaciones (Chiletransforma, 2017), por lo que la tasa de cambio de moneda genera una incertidumbre considerable, ya que es un factor que no puede ser controlado por la industria. Dicho esto, los esfuerzos de la agroindustria por mejorar sus procesos y procedimientos con objeto de reducir sus costos y mejorar la competitividad en el negocio, son clave.

En el presente trabajo, se ha realizado un sistema de planificación de largo plazo (una temporada) de abastecimiento de materia prima para Agroindustrial Surfrut Ltda., empresa productora de fruta deshidratada, puré de fruta y marrasquino de cerezas, utilizando un modelo de programación lineal que permite a la empresa planificar la compra de materia prima, flete y posterior almacenamiento de la fruta, a mínimo costo.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se realiza la formalización del problema a resolver, mediante una descripción del lugar de aplicación del proyecto, contextualización de la problemática a través de la descripción de la situación de estudio, objetivo general y específicos del proyecto y los resultados tangibles esperados.

1.1. Lugar de aplicación

Agroindustrial Surfrut Ltda., es una empresa privada, procesadora y exportadora de frutas. Su estructura legal es una compañía limitada que forma parte de un Holding junto con las empresas: Purefruit, Agrícola Ana María, Agrícola Sarmiento, Surcrea, Surfresh, Surtrans y Terraustral.

Sus oficinas comerciales están ubicadas en Av. Hernando de Aguirre, número 1915, en la comuna de Providencia, Santiago. Su planta procesadora se encuentra ubicada en Avenida Ramón Freire 1390, Romeral, Curicó, Región del Maule.

La empresa cuenta con aproximadamente 500 empleados, de los cuales, aproximadamente el 95% trabaja en la planta procesadora. Sin embargo, para la temporada de Cerezas, Surfrut presta servicios de *packing* a COPEFRUT, en donde la cantidad de empleados aumenta a más del doble (por dos meses).

La estructura organizacional presenta 7 gerencias: General, Producción, Comercial, Adquisición de Materias Primas (en donde tiene foco el presente proyecto), Gestión Personas, *Supply Chain*, y Administración y Finanzas.

Los principales productos que vende la empresa, y sus ventas durante el año 2017 fueron:

- Manzana Deshidratada (Ingredientes, Retail): 18 Millones de Dólares (2.800 ton)
- Cerezas en Conservas (Marrasquino): 2,1 Millones de Dólares (528 ton)
- Puré de Fruta (Bulk, Doypack): 16,2 Millones de Dólares (9.500 ton)

Los principales destinos de sus productos son: Estados Unidos, Canadá, Europa, Japón y China (con diferentes distribuciones de venta por tipo de producto), siendo Surfrut uno de los tres procesadores de manzanas deshidratadas más grande del mundo.

1.2. Descripción de la Situación de Estudio

Debido a que la fuerza del mercado hacia las empresas agroindustriales implica optimizar sus procesos internos para mantener competitividad, es que se debe conocer la composición de costos de sus productos.

Para el caso de Surfrut, se ha realizado un levantamiento de información respecto a la composición de costos en base a los productos que generan un 80% de las ventas (modelo Pareto), teniendo en cuenta el plan de ventas. De aquí, se obtuvieron los SKU (*Stock Keeping Unit*) o código de artículo que luego fueron buscados en la base de datos que contienen las fórmulas para cada producto, que se encuentran hechas para unidades de producción en kilogramos y que ha sido cruzada con la base de datos que contiene el maestro de artículos para tener el costo unitario de cada componente. De esta manera, se cruza la información de ventas con la fórmula y el costo de los componentes, obteniendo la composición de costos para los productos principales en ventas. De aquí, se desprende que el costo se compone de la siguiente forma:

- Materia Prima: Promedio 39,9%, en algunos productos hasta el 80% del costo.
- Mano de Obra: Promedio 15,5%
- Insumos: 14,3%
- Materiales de embalaje: 13,3%
- Energía (electricidad y petróleo): 11,6%
- Repuestos: 3,9%
- Fluidos: 1,5%

De este análisis, se obtiene que la materia prima corresponde al principal costo de producción, por lo que es relevante conocer los procesos que se llevan a cabo para abastecer a la planta.

Si bien la empresa posee procedimientos específicos en lo que respecta al área de abastecimiento y operaciones de materias primas, el proceso de compra carece de un análisis exhaustivo que permita asegurar que el perfil de compra a presupuestar, corresponde al mínimo costo posible, ya que se trabaja mediante una planilla Excel que contiene los datos necesarios para el análisis, pero trabajada manualmente, iterando hasta encontrar un costo que se encuentre cerca del costo presupuestado para compra (costo estándar), y cumpliendo las restricciones de capacidad y otras que requiere este proceso (revisión manual).

Si se realiza una revisión al presupuesto de compra para el año 2018, es posible encontrar que existen diferencias significativas entre el costo estándar de materia prima (incluyendo frío y flete) contra el presupuesto actualizado a abril del presente año. Se encuentran variaciones en promedio de \$10 por kilogramo de materia prima (sobre el costo estándar), generando un déficit anual de \$300.000.000, aproximadamente (diferencia entre costo estándar y costo luego del plan de compra).

Es relevante mencionar que este proceso de compra posee distintas dimensiones que deben ser tomadas en cuenta, como la cantidad de materia prima requerida por la planta para cumplir sus promesas de embarque, los parámetros de calidad que requieren los procesos según cada unidad de negocio (parámetros promedio por productor y decisiones de postcosecha), capacidades y costos de guarda según proveedor de frío, costo de transporte, entre otras.

Por tanto, esta problemática da indicios de que puede ser resuelta mediante un modelamiento matemático que permita encontrar, según las restricciones asociadas al proceso, un perfil de compra y guarda óptimo, es decir, a mínimo costo. Además, debido a que los parámetros sobre los cuales debe correr esta simulación, son cargados anualmente al sistema de información, es posible generar un proceso automatizado que permita capturar estos valores y estructurarlos de manera de poder ser ingresados al software de simulación del modelo para encontrar al perfil de compra óptimo para cada temporada.

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1. Objetivo General

Diseñar una plataforma de información para la planificación de largo plazo del abastecimiento de materia prima para Agroindustrial Surfrut Ltda. (una temporada productiva), que permita generar un plan de compra, transporte y almacenamiento de materia prima a mínimo costo, a través de la utilización de un modelo de programación lineal.

1.3.2. Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general, se han propuesto los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar un modelo de programación lineal que permita encontrar el perfil de compra, transporte y almacenamiento de materia prima a mínimo costo y que cumpla con las restricciones del modelo de negocio
- Diseñar una plataforma de información que contenga los datos y estructura que requiere el modelo de abastecimiento de materia prima y que permita la creación de reportes para el manejo de los resultados
- Evaluar la factibilidad económica de la implementación del proyecto en Agroindustrial Surfrut Ltda.

1.4. Resultados Tangibles Esperados

Como resultado del proyecto, se consideran cuatro entregables:

1. Modelo de programación lineal que permite establecer una planificación de abastecimiento de materia prima a mínimo costo, considerando las restricciones del modelo de negocio.
2. Plataforma de información de abastecimiento de materia prima (prototipo en Excel).
3. Evaluación de factibilidad económica de la implementación del proyecto.

4. Manual de uso del sistema de apoyo a la planificación de abastecimiento de materia prima.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN

En el presente capítulo, se realiza un breve marco teórico con los conceptos abordados en el proyecto, y que son clave para el entendimiento tanto de la problemática como respecto a la propuesta de solución. Se abordan temas como la administración de la cadena de abastecimiento, la resolución de problemas a través de la programación matemática y desarrollo de proyectos asociados a tecnología de la información.

2.1. Marco Teórico

En primer lugar, para dar lugar al entendimiento del problema, se realiza una breve descripción respecto a la temática *Supply Chain Management* (manejo de la cadena de abastecimiento).

Para resolver la problemática de abastecimiento de materia prima a mínimo costo, se ha considerado la utilización de la herramienta de programación lineal a través del método ILOG CPLEX, lo que permite encontrar una solución óptima para el perfil de compra y guarda de materia prima en la empresa.

Por último, el desarrollo de proyectos asociados a tecnología de información posee una estructura que permite abordar temas como las necesidades del cliente, flujo de información (interacción de sistema con cliente), infraestructura requerida, entre otros puntos relevantes.

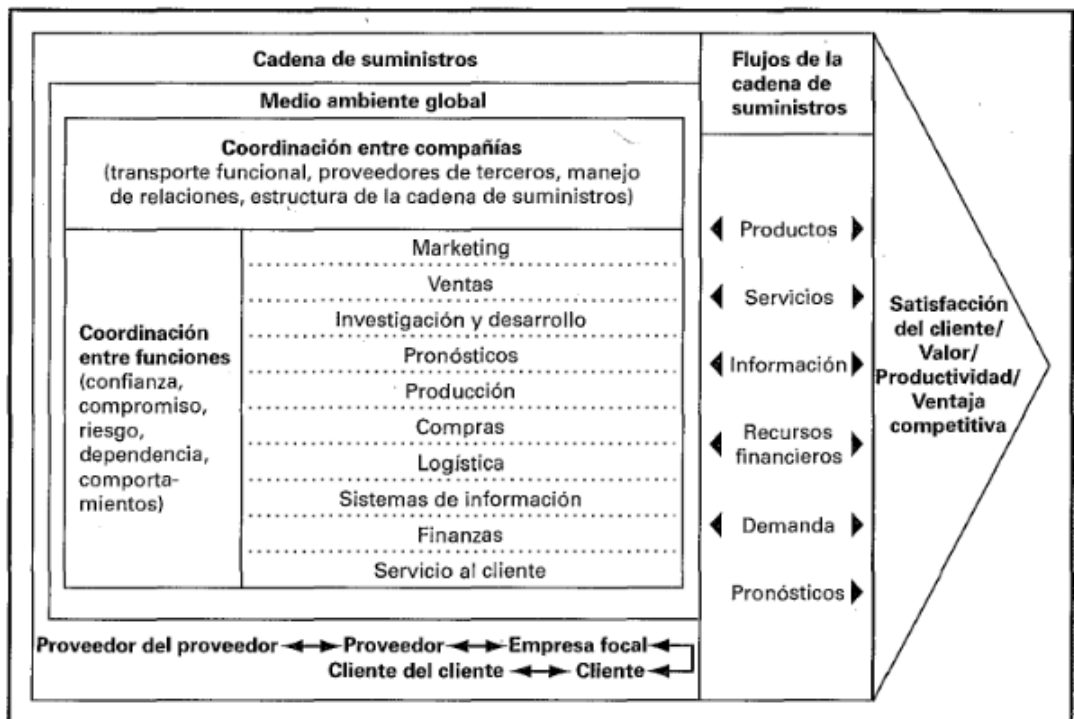
2.1.1. Administración de la Cadena de Suministro

La Cadena de Suministro (SC, por sus siglas en inglés: *Supply Chain*), abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros. (Ballou, 2004). Por otro lado, la Administración de la Cadena de Suministro (SCM, por sus siglas en inglés: *Supply Chain Management*) es la integración de estas actividades mediante mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministros para alcanzar una ventaja competitiva sustentable, como muestra la Figura 1 .

Las empresas gastan mucho tiempo buscando la manera de diferenciar sus productos de los de sus competidores. Cuando la administración reconoce que la logística y la cadena de suministros afectan a una parte importante de los costos de una empresa y que el resultado de las decisiones que toma en relación con los procesos de la cadena de suministros reditúa en diferentes niveles de servicio, está en posición de usar esto de manera efectiva para penetrar nuevos mercados, para incrementar la cuota de mercado y para aumentar los beneficios.

Una Supply Chain eficaz y eficiente permite reducir los costos y dar al negocio su enfoque competitivo. Muchas mejoras de la SC substituyen realmente la información para el inventario, y la información es considerablemente más barata que el inventario, por lo que permiten efectuarse aumentos importantes.

Figura 1: Modelo de dirección de la cadena de suministros

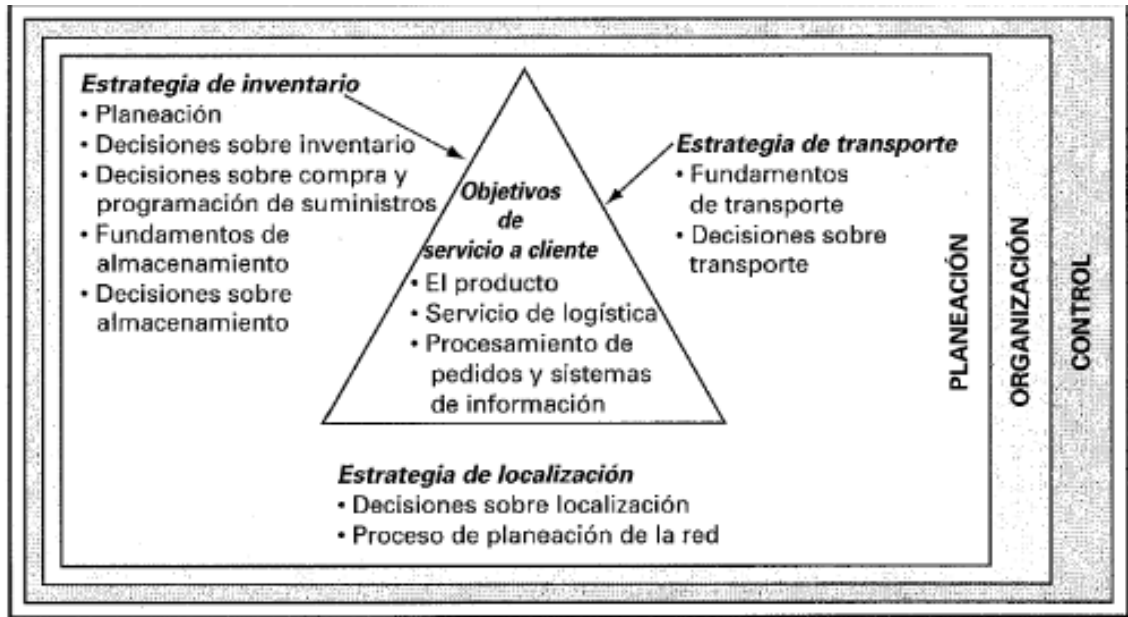


Fuente: *Defining Supply Chain Management, Journal of Business Logistics, Vol. 22, Núm 2, 2001.*

Para realizar un estudio de la dirección logística de manera sistemática se usan dos temas mediante los cuales se examina lo que hace la gerencia y las habilidades necesarias para realizarlo en un mundo técnicamente complejo. Primero, el trabajo de la dirección puede ser considerado como la realización de las tareas de planear, organizar y controlar para lograr los objetivos de la empresa. Planear, se refiere a decidir sobre los objetivos de la empresa; organizar, a juntar y acomodar los recursos de la empresa para alcanzar sus objetivos; y controlar, se refiere a medir el desempeño de la compañía y tomar las acciones correctivas cuando dicho desempeño no esté en línea con los objetivos. Segundo, los gerentes, tanto de nivel básico como de alto nivel, pasan gran parte del tiempo en la actividad de planeación. Para hacer una planeación efectiva es útil tener una visión de los objetivos de la empresa, tener los conceptos y principios para guiarse sobre cómo llegar hasta ahí, y tener las

herramientas que ayuden a seleccionar entre diferentes cursos de acción. Específicamente en la dirección logística, la planeación forma un triángulo importante de decisiones sobre localización, inventario y transporte, y el servicio al cliente es el resultado de estas decisiones, tal como muestra la Figura 2.

Figura 2: el triángulo de la planeación en relación a las principales actividades de logística/administración de la cadena de suministros



Fuente: (Ballou, 2004)

2.1.2. Resolución de problemas a través de programación matemática

ILOG CPLEX es una herramienta que permite resolver problemas de optimización lineal, comúnmente referenciado como Problemas de Programación Lineal (PPL), de acuerdo a la forma que muestra la Figura 3. (Alvarez Miranda, 2016)

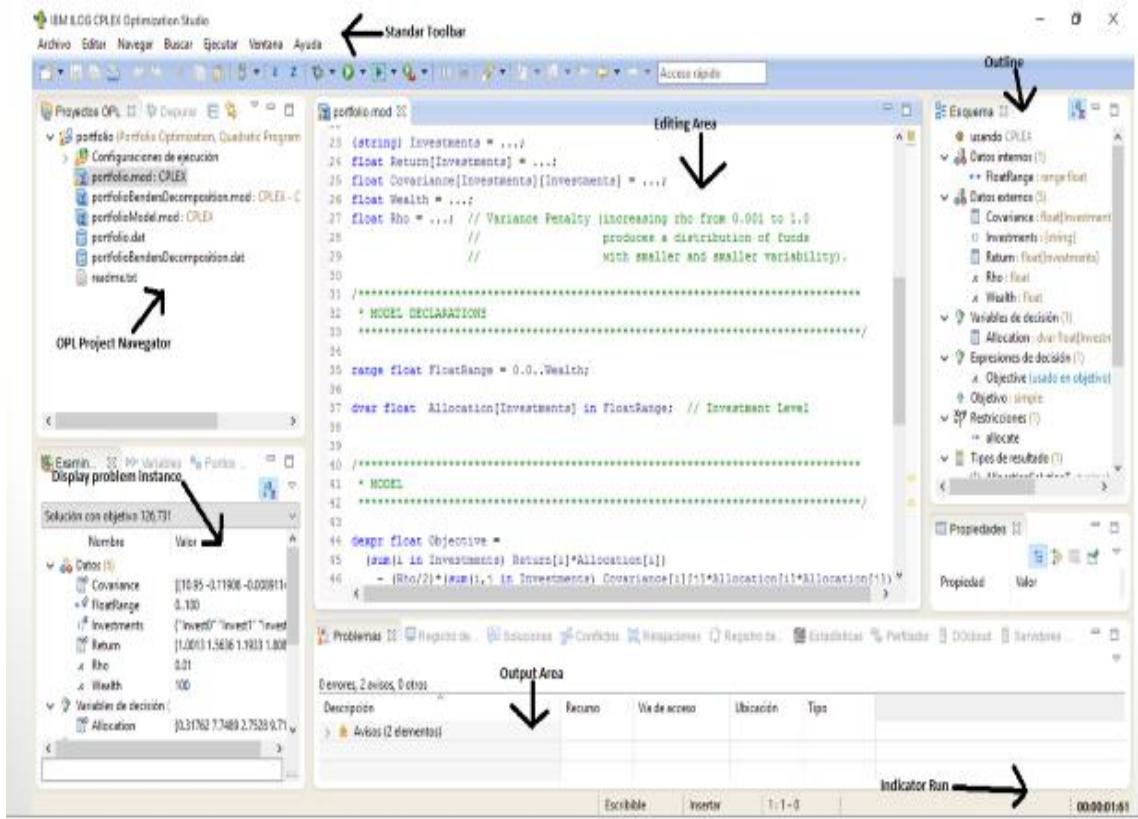
Por otro lado, OPL (*Optimization Programming Language*) es un lenguaje de modelado algebraico para problemas de optimización. Este es desarrollado y mantenido por ILOG. El interfaz de usuario es como muestra la Figura 4 .

Figura 3: forma de modelar problemas de programación lineal utilizado por ILOG CPLEX

Maximize (o Minimize)	$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$
subject to	$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq, = o \geq b_1$
	$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq, = o \geq b_2$
	...
	$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq, = o \geq b_m$
con estos límites	$l_i \leq x_i \leq u_i$
	...
	$l_n \leq x_n \leq u_n$

Fuente: Módulo de Programación Matemática impartido en Universidad de Talca. E. Álvarez, 2016.

Figura 4: Pantalla de Interfaz de Usuario OPL



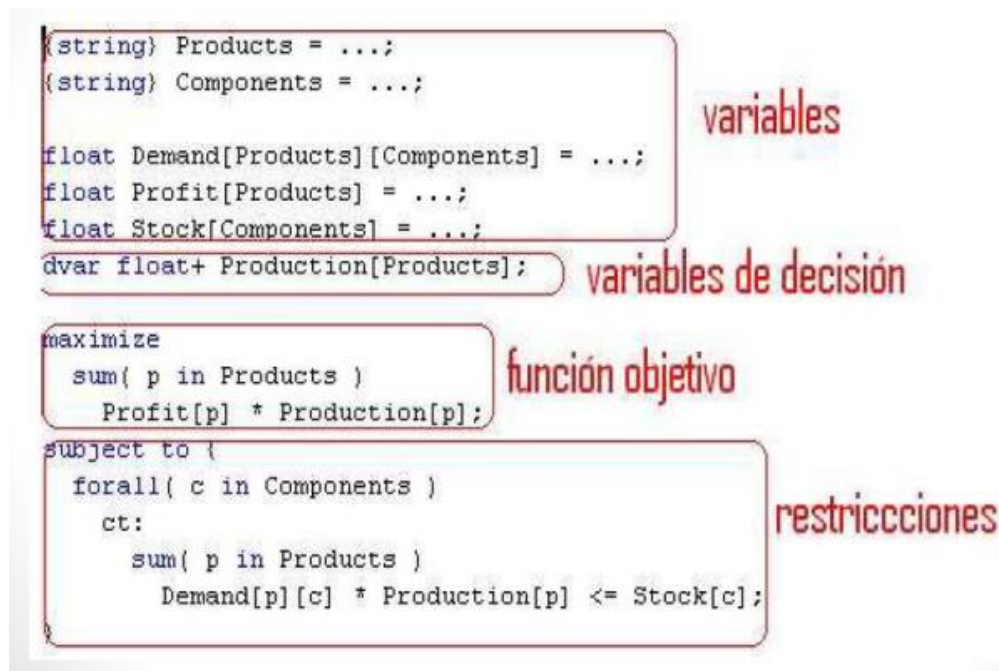
Fuente: Módulo de Programación Matemática impartido en Universidad de Talca. E. Álvarez, 2016.

La extensión de los archivos que utiliza *ILOG OPL Development Studio* son los siguientes:

- **Proyectos:** “Opl.”. Se encarga de relacionar los archivos de datos, modelo y configuración que contenga el proyecto.
- **Datos:** “Dat.”. Encargado de almacenar los datos que se utilizarán en un modelo. Este tipo de archivo también permite relacionar datos que se encuentren en una base de datos o en un archivo “.xlsx” (Excel).
- **Modelos:** “Mod.”. Contiene el modelado algebraico del problema a resolver.
- **Configuración:** “Ops.”. Contiene la configuración de CPLEX para el modelado a solucionar. La configuración debe tener asociado un archivo tipo “.mod” y “.dat”.

Además, utiliza una sintaxis bajo una estructura definida, como muestra la Figura 5.

Figura 5: Sintaxis utilizada por OPL para el modelado de problemas de optimización



Fuente: Módulo de Programación Matemática impartido en Universidad de Talca. E. Álvarez, 2016.

Al realizar este tipo de abstracción, el modelo se independiza de los datos, por lo tanto, se pueden variar los datos sin modificar el modelo. Esto es importante ya que el

volumen de datos (instancia) puede variar, por lo que sólo se deberán modificar los rangos entre los que se mueven los parámetros y variables.

2.1.3 Desarrollo de proyectos de Tecnología de la Información

Para analizar un proyecto de Software, independiente de si será adquirido o desarrollado, es necesario tener en consideración tres puntos básicos (Letelier, 2016):

a) Definición de Requerimientos

Un requerimiento es una condición o necesidad de un usuario para resolver un problema o alcanzar un objetivo. Este debe ser conciso, debe especificar el qué busca, realista, completo, consistente y verificable.

Además, los requerimientos pueden clasificarse en:

- ❖ **Funcionales:** Qué hará el sistema, cuándo lo hará. Son propios del asunto del problema. Es posible modelar este tipo de requerimientos mediante casos de uso, que representan la interacción entre un usuario y el sistema propuesto, donde el usuario, denominado actor, genera un estímulo y el sistema brinda una respuesta. Esto define los límites del sistema y las relaciones entre el sistema y su entorno.
- ❖ **No Funcionales:** Cómo debe ser el sistema. Relacionado no directamente a la función para la solución de la problemática. Ponen límites y restricciones al sistema. Algunos ejemplos de este tipo de requerimientos son: tipo de pantallas y dispositivos, sistemas operativos, velocidad y/o cantidad de atenciones, seguridad del sistema, usabilidad del sistema, integración con otros sistemas, soporte a base de datos, lenguaje de programación, disponibilidad del sistema y colores del sistema.

b) Búsqueda de Soluciones ya construidas

Luego de tener claridad respecto a los requerimientos del sistema, es posible buscar soluciones que ya se encuentren construidas, donde se puede utilizar la herramienta de *Benchmarking*, que se puede definir como el proceso sistemático y continuo para evaluar

comparativamente productos, servicios y/o procesos de trabajo en organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre un área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación.

Algunas ventajas del *Benchmarking* son:

- ❖ Información: descubre mejores prácticas y amplía marco de referencia
- ❖ Innovación: descubre nuevas formas de hacer
- ❖ Motivación: demuestra resultados tangibles y presenta un marco de referencia medible
- ❖ Concentración: ayuda a determinar prioridades

Además, es posible evaluar prácticas en distintos niveles, por lo que se puede encontrar *Benchmarking* de tipo:

- ❖ Interno: realizado al interior de la organización con el objetivo de encontrar formas de mejorar la eficiencia. Su realización es relativamente sencilla, ya que la información se encuentra disponible
- ❖ Competitivo: es la comparación directa de los estándares de la empresa con la competencia
- ❖ *World Class*: es la comparación de los niveles de la organización con empresas de clase mundial, es decir, con lo mejor que existe en el mundo.

c) **Definición de Prototipos**

Etapa en la cual se realiza un diseño preliminar del sistema requerido, en base a los requerimientos obtenidos en la primera etapa, y a la búsqueda de soluciones ya construidas. En esta fase, se obtiene un producto tangible donde es posible operar el sistema a una escala reducida (usualmente utilizando una muestra del universo de datos) con objeto de testear si el desarrollo del prototipo responde a los requerimientos de los usuarios y da solución al

problema u oportunidad original. El prototipo, por tanto, deberá ser escalable a la versión que utilizará la empresa, ya sea mediante desarrollo o la utilización de un sistema ya existente.

Por tanto, las etapas que deberá seguir un proyecto, para ser desarrollado o bien para ser adquirido, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Etapas de un Proyecto de Software

Etapas de Proyecto Software	
Desarrollo	Adquisición
Definir Requerimientos	Definir Requerimientos
Diseño lógico	Preparar Bases Propuestas
Construcción	Analizar Propuestas (base a requerimientos)
<i>Testing</i>	Implantación
Implantación	Puesta en Marcha
Puesta en Marcha	

Fuente: Módulo de Tecnologías de Información impartido en Universidad de Talca. José Letelier. 2016.

2.2 Metodología de Solución

Para dar respuesta a los logros esperados en el proyecto, es que el presente proyecto se estructura en seis etapas.

2.2.1. Caracterización de los procesos y procedimientos

En esta sección se analizarán los procedimientos actuales en la empresa, relativos al abastecimiento de materia prima. Esto incluye procesos físicos y de información, que permiten abastecer a la planta para dar respuesta a sus promesas de embarque con producto terminado a tiempo. Para ello, se establecerán entrevistas con los responsables de las actividades principales, salidas a terreno con los agrónomos (búsqueda y muestreo de calidad de proveedores) y revisión del sistema de gestión de calidad (procedimientos).

2.2.2. Desarrollo de la formulación de un modelo de abastecimiento de materia prima a través de programación lineal

Luego de tener toda la información que se requiere para realizar una planificación de abastecimiento de materia prima, se realizará la formulación de un modelo de programación lineal que permita encontrar una solución óptima (mínimo costo) dadas las restricciones que impone el modelo de negocio. Esta etapa incluye supuestos, parámetros, variables de decisión, función objetivo y restricciones del modelo.

2.2.3. Desarrollo del modelo de programación lineal utilizando un lenguaje de modelado algebraico (software)

En esta etapa, se utilizará la formulación del modelo obtenido previamente, estructurando la información de manera que el software sea capaz de leerla como un problema a optimizar. Para ello, será necesario obtener todos los datos requeridos para dar respuesta al problema, identificando los conjuntos y parámetros, definición de las variables de decisión y las restricciones.

2.2.4. Análisis de resultados del modelo

En esta sección, se presentarán los resultados del modelo y se contextualizará a la situación para dar una solución coherente a la problemática. Se mostrarán y explicarán los resultados de las variables y cómo éstas contienen la información respecto a las decisiones sobre el perfil de compra y guarda a planificar, permitiendo a la empresa y en especial a los asistentes de terreno (agronomos) entender el valor generado por el cierre de contratos con cada proveedor.

Por último, en esta etapa se establecerá un comparativo con el perfil de compra planificado a inicios de 2018, realizado por el Gerente de Abastecimiento de Materias Primas, con objeto de establecer el impacto del proyecto sobre los flujos presupuestados.

2.2.5. Diseño de la plataforma de información para abastecimiento de materia prima

En esta etapa, se realizará el diseño de la plataforma utilizando un prototipo en Microsoft Excel (con macros). El objetivo de ésta, será contener toda la información correspondiente a los valores de los parámetros y datos en la estructura que requiere el modelo de programación lineal. Además, esta plataforma contará con pantallas que permitan mostrar los resultados del modelo de manera didáctica y de fácil comprensión para poder ser utilizadas en la planificación de abastecimiento de materia prima.

2.2.6. Evaluación económica de la implementación del proyecto

En este capítulo, se realizará la evaluación económica de la implementación del proyecto para Agroindustrial Surfrut Ltda., en donde se considerarán los costos asociados a nivel de adquisición de software, capacitación del personal y gestor del proyecto. A nivel de ingreso, se realizará una estimación de beneficios percibidos por la gestión de abastecimiento sobre un escenario de compra estándar, sobre el cual se considerará lo realizado durante el presente año o períodos anteriores.

CAPÍTULO 3: FORMALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

En el presente capítulo, se realiza la formalización detallada de la problemática abordada, mostrando los procesos actuales en la empresa relativos al abastecimiento de materia prima, para luego establecer un diagnóstico de la situación a resolver.

3.1 Formalización de los procesos actuales

En esta sección, se realiza la formalización de los procesos que actualmente se llevan a cabo en la empresa, y que se encuentran relacionados con el abastecimiento de la materia prima.

Para ello, se utiliza la información contenida en los documentos presentados en la Tabla 2.

Tabla 2: Documentos relevantes para los procesos actuales de abastecimiento de materia prima en Surfrut

Documento	Tipo Documento	Descripción
PC. 13.001	Procedimiento	Contiene los procedimientos relativos al abastecimiento de materia prima en Surfrut

Fuente: elaboración propia a datos proporcionados por Agroindustrial Surfrut Ltda.

3.1.1 Procedimiento del Sistema de Calidad: Abastecimiento Materias primas (PC 13.001)

El objetivo de este procedimiento es establecer las acciones y tareas para asegurar que el Abastecimiento de Materias Primas en Surfrut sea realizado en forma planificada y bajo condiciones controladas para cumplir con los requisitos establecidos. También fijar las responsabilidades en cada una de las etapas del abastecimiento y sus interfaces con las distintas áreas de la organización.

Este procedimiento es aplicable para el abastecimiento de todas las materias primas que se procesan en Surfrut para elaborar productos deshidratados, puré, en conserva o frescos y a todos los responsables de este proceso.

- **Definiciones:**

En la Tabla 3, se presentan los conceptos que se utilizan de manera abreviada en el procedimiento, y que se relacionan mayormente con cargos de responsabilidad en el proceso..

Tabla 3: Glosario Procedimiento Abastecimiento Materias Primas Surfrut Ltda.

Abreviatura	Cargo / Significado
AA	Asistente Abastecimiento
AID	Agrónomo de Investigación y Desarrollo
AT	Asesores Técnicos
CC	Control de Calidad
EPR	Encargado Prevención de Riesgos
GG	Gerente General
GC	Gerente Comercial
GAMP	Gerente Abastecimiento Materias Primas
GAF	Gerente de Administración y Finanzas
GGP	Gerente de Gestión Personas
GO	Gerente de Operaciones
GSC	Gerente <i>Supply Chain</i>
JCMP	Jefe de Calidad Materias Primas
JOMP	Jefe de Operaciones Materias Primas
JPC	Jefe de Producción Conservas y Pulpas
JPD	Jefe de Producción Deshidratados
MP	Materia Prima
PPD	Planificadora Producción Deshidratado

Fuente: P.C. 13.001 (versión 19). Agroindustrial Surfrut Ltda. 2015

- **Responsabilidades y Autoridades**

Las responsabilidades de cada cargo son las siguientes:

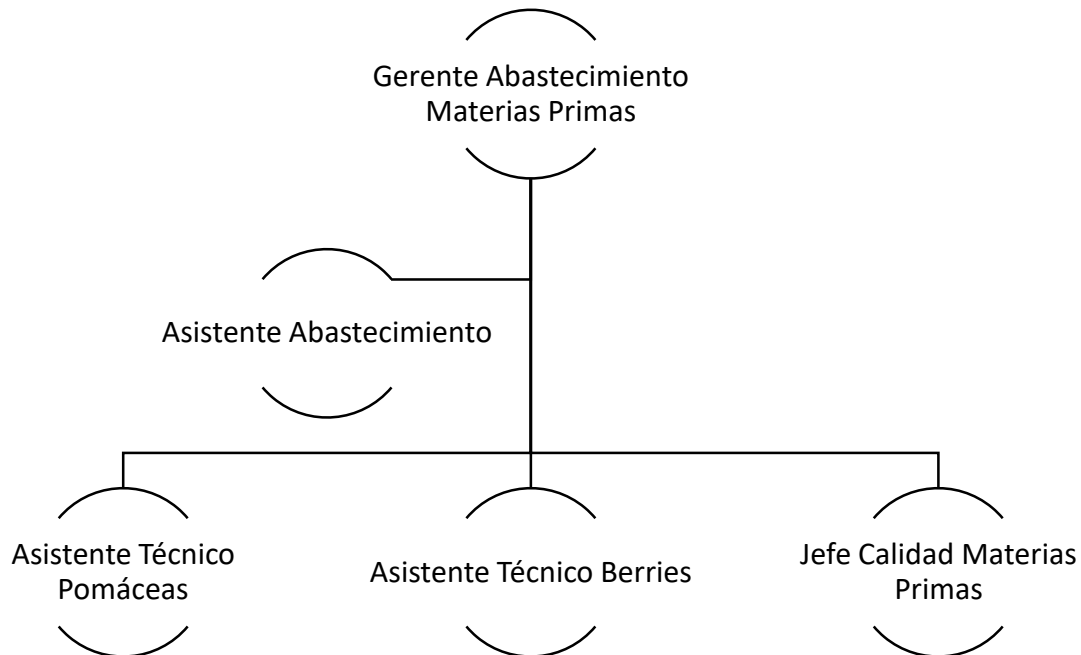
- ❖ GAMP: coordinar acciones para el abastecimiento permanente de la planta con las materias primas requeridas
- ❖ AT: ejecutar las acciones de asistencia técnica agrícola a los proveedores de materia prima
- ❖ AA: entregar asistencia integral a proveedores agrícolas, GAMP y AT

- ❖ JCMP: encargado(a) del análisis de calidad de materia prima y de coordinar su entrega a los procesos

- **Organización**

La organización del área responde a lo presentado en la Figura 6.

Figura 6: organigrama del área de Abastecimiento de Materias Primas



Fuente: P.C. 13.001 (versión 19). Agroindustrial Surfrut Ltda. 2015

- **Tipos de Abastecimiento de Materias Primas**

La fuente del abastecimiento puede ser mediante cultivos contratados con Productores Agrícolas o Compras Directas de productos en el mercado.

- **Evaluación de Proveedores Agrícolas**

El Objetivo es, al término de cada temporada hacer una evaluación de los Proveedores por producto. Esta será definida en cuanto a sus criterios anualmente.

- **Abastecimiento de Materias Primas Contratadas**

La Gerencia de Abastecimiento de Materias Primas es responsable de planificar el Abastecimiento de MP, con la colaboración de Gerencia de Producción y Gerencia Comercial. Esta Planificación queda documentada en el Programa Anual de Abastecimiento N°1. Este documento incorpora la información relevante (Tabla 4) de las tres áreas para el programa de producción anual y las posteriores modificaciones que se realicen de común acuerdo entre los responsables de las tres áreas.

El programa de abastecimiento y sus modificaciones posteriores se documentan con la fecha y la firma del GAMP, quien es responsable de almacenar el programa en planilla Excel.

Tabla 4: Actividades desarrolladas por gerencias, relativas al abastecimiento de Materias Primas

Área	Actividad
Comercial	Especificar tipos de MP, Indicar Especificaciones Técnicas, Volumen.
Producción	Necesidades volumen de MP y fechas de abastecimiento.
Abastecimiento	Procesar la información: Planificar producción agrícola, Contratación de Productores, Pedido de Compra.

Fuente: P.C. 13.001 (versión 19). Agroindustrial Surfrut Ltda. 2015

- **Visita a Proveedores Agrícolas**

Esto corresponde a una visita Técnico-Comercial. El AT debe dar las pautas técnicas de manejo, productos y entrega de información comercial pertinente, precios y condiciones.

Por cada visita en la cual existan recomendaciones técnicas o temas relevantes de conversación, el AT deberá dejar constancia en el Informe de Visita Técnica, la cual debe ser firmada por el Proveedor.

- **Información del Mercado**

El GAMP y los AT son los responsables de obtener información del mercado, competencia y Proveedores Agrícolas. Los AT y el GAMP, deben compartir y registrar la información de mercado, precios y otros. Esta información se almacena en una planilla digital bajo el nombre de “Avance de Compra”.

- **Flujo Cosecha**

El Flujo de Cosecha Semanal debe ser presentado por los AT al GAMP, en la Reunión de Coordinación de los días lunes a las 9:00 hrs.

- **Recomendaciones Técnicas a Proveedores Agrícolas**

Los AT deberán entregar recomendaciones técnicas al productor, de acuerdo al Programa Técnico aprobado por Surfrut, y deberá hacerlo mediante instrucción escrita en el Informe de Visita Técnica. Además, deberá hacer Estimaciones de Materia Prima y registrar éstas en Planilla Excel.

- **Programa Fitosanitario**

El seguimiento del Programa Fitosanitario, se realiza revisando los cuadernos de campo de los productores, tanto convencional como orgánico y transición, y la forma de revisar el cuaderno de campo está descrita en la IT 15.038, y los responsables para pomáceas y berries se describen en la Tabla 5 y Tabla 6. Se aplica para controles y orden de compra.

Tabla 5: Seguimiento programa fitosanitario Pomáceas

Pomáceas	RESPONSABLE	FECHA
<i>Manzana Deshidratada y Puré Peras Puré</i>	<i>Asesor Técnico pomáceas para Deshidratado y Puré.</i>	<i>Al inicio de cosecha 01/01 Al inicio de cosecha 01/01</i>

Fuente: P.C. 13.001 (versión 19). Agroindustrial Surfrut Ltda. 2015

Tabla 6: Seguimiento programa fitosanitario Berries

BERRIES	RESPONSABLE	FECHA
<i>Frambuesa Mora Frutillas</i>	<i>Asesor Técnico para Berries</i>	<i>Al inicio de cosecha 01/12 Al inicio de cosecha 01/12 Al inicio de cosecha 01/12</i>

Fuente: P.C. 13.001 (versión 19). Agroindustrial Surfrut Ltda. 2015.

- **Precios**

Negociar y acordar condiciones del negocio. El AT deberá acordar los puntos del negocio de acuerdo a la pauta de negociación.

- **Cierre de Negocio**

El AT cierra el negocio si está dentro del rango autorizado y se debe obtener aprobación del GAMP para cerrar condiciones fuera de rango y volver al punto de negociar y acordar condiciones. Esta negociación se cierra de palabra con el productor primeramente y luego se registra en un Contrato de Compraventa o en Orden de Compra, firmados por el Productor y el AT que cierra la negociación.

El AT debe conversar con el GAMP cualquier condición de negocio fuera del estándar establecido, de acuerdo a esta conversación el AT deberá confirmar a renegociar los puntos acordados con el GAMP con el Productor.

- **Órdenes de Compra o Contratos de la Materias Prima**

Preparar y entregar Ficha de Contrato, u Orden de Compra. El AT debe entregar a la AA las condiciones del negocio para la digitación en el sistema del pre-contrato el cual debe ser aprobado en el sistema por el GAMP.

- **Aprobar los Contratos de Materia Prima**

El GAMP aprobará o rechazará en el sistema los pre-contratos digitados. El plazo de aprobación o rechazo estará sujeto al Tipo de Productor y al aumento o disminución del Programa.

- **Imprimir Contrato para Notaría**

La AA debe imprimir y coordinar la firma del Contrato por parte del Productor en Notaría, cuando corresponda.

- **Solicitud de Anticipos**

Cada AT debe instruir a la AA, para preparar la información de la cuenta corriente del Productor, ésta es entregada al GAMP, para su aprobación por escrito y luego la AA procederá a la digitación de una solicitud de anticipo en el sistema para ser aprobada por el GAMP. Si el GAMP autorizara los anticipos, la AA deberá entregar Nómina a Finanzas para la emisión de cheques.

Por otra parte, si el GAMP no estuviera para la aprobación de los anticipos, ésta la realizará el Gerente de Finanzas, previo envío de la información por correo electrónico al GAMP y la respuesta de éste, confirmando este proceso.

- **Aprobación o Rechazo de Anticipos**

El GAMP deberá aprobar o no cada anticipo solicitado en el sistema.

- **Informar Situación de Anticipos**

Comunicar los anticipos no autorizados a los AT. La AA deberá imprimir el informe de anticipos no autorizados, he informar a cada AT al respecto, estos deberán conversar con el GAMP para resolver o conocer la situación del anticipo.

El GAMP pasa a estado autorizado los anticipos en el Sistema y la AA, chequea que la información sea la correcta.

- **Coordinación de Compras de Materia Prima**

El GAMP deberá liderar una reunión semanal de coordinación de materia prima, en la que participarán: GO, JPD, GSC, PPD, PCMP, GC y AA. En esta reunión se revisará:

- El Estado de Avance de las Contrataciones de Materias Primas
- Estado de las Recepciones
- Estado de las Estimaciones
- La información de mercado obtenida por los AT
- Programa Embarques
- Cuadraturas de Producción
- Programa de Almacenaje
- Programa Cámaras de Frío

Para ello se llevará un Registro de Acciones, por cada reunión de coordinación y este proceso será realizado por la AA.

- **Solicitud de Transporte**

El objetivo de este proceso, es coordinar el despacho y/o retiro de materia prima y bins, para ello el AT deberá informar directamente a OMP mediante una Solicitud de Fletes en Excel.

- **Recepción de Materia Prima**

El Área de Recepción de Materia Prima debe recepcionar la MP, obteniendo el peso de la MP y la distribución de envases.

- **Calidad de la Materia Prima**

El Departamento de calidad de materia prima deberá efectuar un control de calidad a cada lote de MP y digitarlo en el sistema.

- **Recepción no conforme de Materia Prima**

CC deberá informar al *JPD* si un lote arroja valores de calidad fuera de los límites establecidos para cada producto, mediante comunicación telefónica y luego por e-mail, de la MP no conforme.

- **Aprobar o rechazar Materia Prima no conforme e informar**

El *JPD* deberá aceptar o rechazar lotes de MP no conforme. Si el lote es aprobado deberá autorizarlo y CC digitará el análisis en el sistema y la recepción seguirá el curso normal. Si el lote es rechazado CC deberá informar del lote rechazado a la AA mediante la entrega de la guía del productor junto al *FO 12.137* y *FO12.004*.

La AA deberá informar inmediatamente vía teléfono respecto del lote rechazado para que el AT negocie e informe al Productor.

- **Mantención de Precios en Sistema**

El GAMP deberá digitar los precios de lista para cada producto en el sistema, el cual registrará para todos los lotes que no tengan condiciones especiales aprobadas en el sistema.

- **Aprobación de Precios Especiales**

El AT deberá solicitar a la AA digitar las variaciones de precio para cada Productor en el sistema.

La AA deberá digitar en el sistema la solicitud de bonificación de precio, la cual deberá ser entregada el día lunes de la semana siguiente a las recepciones para la aprobación del GAMP.

El GAMP deberá aprobar o rechazar la solicitud de bonificación de precios en el sistema, lo que se efectuará los días lunes previo a la reunión de coordinación. Con la aprobación de la variación de precio el sistema valora cada lote a los precios acordados y aprobados, utilizando este valor y no el precio de lista.

- **Preparar las Liquidaciones de Materia Prima**

La AA deberá preparar y revisar cada Pre-liquidación de MP, para lo cual adjuntará a la Pre-liquidación todas las recepciones de MP junto con la guía original del Productor. Revisará que la información de la Pre-liquidación coincida con la de cada lote o recepción.

- **Aprobación de Liquidaciones de Materia Prima**

El GAMP deberá aprobar o rechazar cada Pre-liquidación, revisando la información y documentación a más tardar el segundo día hábil del mes siguiente a la entrega de MP. Una vez aprobada firmará la Pre-liquidación.

- **Imprimir Liquidaciones**

El AA deberá imprimir la liquidación final de cada Productor una vez que el GAMP haya firmado la Pre-liquidación.

- **Facturación**

Dentro de los 4 primeros días hábiles del mes siguiente de las entregas de MP el Productor deberá facturar la MP de acuerdo a la Pre-Liquidación aprobada por el GAMP. Para lo cual será apoyado por la AA.

- **Verificación Pago Facturas a Productores**

La AA debe enviar la información de pago de productores al departamento de finanzas con los reportes de QAD 39.10.1 y 28.33, luego verificar que estos pagos se realicen.

3.2. Diagnóstico de la Situación

Como se ha descrito previamente, el procedimiento 13.001 contenido en el sistema de gestión de calidad contiene puntos relevantes a la hora de realizar una propuesta de abastecimiento de materias primas, pero carece de una formalidad que permita definirlo de manera adecuada y aún más, no condiciona su creación a criterios o políticas de la empresa, como reducción de costo, disminución de pérdidas, u otro motivo que la gerencia pueda plantear como un eje direccional en la decisión de abastecimiento.

Cabe destacar que, de acuerdo a la gestión realizada por esta área, para el presente año, se ha realizado una política de abastecimiento a mínimo costo de compra, apostando a generar un beneficio mayor en este ítem por sobre el aumento de costos de almacenamiento y transporte en consecuencia de esta decisión (ya que toda la fruta que ya ha sido comprada debe ser almacenada en cámaras de frío hasta su posterior uso).

Hasta la fecha, esta situación ha traído no solo complicaciones en cuanto a la búsqueda de proveedores de frío dentro del área (y poco margen de negociación por la necesidad de almacenar con materia prima ya comprada), sino también problemas respecto a la calidad de la materia prima al momento de ser procesada en la planta. Este último punto es relevante ya que el departamento de Control de Calidad realiza un muestreo de la fruta al momento de ingresar a la planta (previo a ser dirigido a las cámaras de frío), en donde se clasifica la materia prima de acuerdo a su duración estimada en cámaras, en las siguientes clasificaciones:

- Corto plazo: duración estimada máxima de 2 meses en cámara para ser procesada
- Mediano plazo: duración estimada máxima de 4 meses en cámara para ser procesada

- Largo plazo: duración estimada máxima de 6 a 7 meses en cámara para ser procesada

Con ésta información, se toman decisiones respecto al almacenamiento, ya que fruta que es clasificada como “corto plazo” no debe ser guardada junto a fruta clasificada como “largo plazo”, ya que la liberación de etileno a mayor tasa provocada por la primera, tiende a acelerar la tasa de liberación del mismo (madurez) a la materia de largo plazo, deteriorando la calidad de esta materia prima y disminuyendo su duración estimada en cámara antes de ser procesada; y además, la materia prima debe ser procesada antes de que pierda sus propiedades físico-químicas para evitar pérdidas al interior de la planta, ya que las máquinas se encuentran diseñadas para trabajar sobre cierto rango de parámetros de calidad, y de ser procesadas fuera de estos rangos, la eficiencia de producción disminuye sustancialmente (eliminación de fruta por defecto, cortes al producto por sobre madurez, entre otros).

Debido a este último punto, y en consecuencia de la decisión tomada por la gerencia de abastecimiento de materias primas en Surfrut, es que actualmente se encuentran con el problema de tener que cambiar los planes productivos enfocados al cumplimiento de las promesas de embarque, hacia la disminución de pérdidas de materia prima almacenada por problemas de calidad, que ya presenta problemas de sobre madurez. Es decir, no sólo existen pérdidas importantes en materia prima, sino también en costos de retraso de envíos a clientes por la modificación de los planes de producción.

Actualmente, según datos proporcionados por la gerencia de administración y finanzas, las pérdidas en materia prima por calidad (y almacenamiento) superan los \$170.000.000, y se estima una pérdida acumulada anual por este concepto, más una compensación a clientes por retraso en envío, de \$450.000.000.

Dicho esto, es posible sustentar que la creación de un modelo de abastecimiento a mínimo costo, que incorpore las variables clave del negocio (demanda, disponibilidad, calidad y costo), contribuiría a mejorar la rentabilidad del negocio.

CAPÍTULO 4: FORMULACIÓN DEL MODELO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

El presente capítulo, busca describir un modelo que permita establecer una modalidad de compra, abastecimiento y transporte de materia prima (fruta) a mínimo costo para Surfruit y Purefruit, que satisfice las necesidades de requerimiento por parte de la planta productiva.

4. Formulación del Modelo de Abastecimiento de Materia Prima

La lógica del procedimiento comienza desde la planificación de ventas (área comercial), en donde se establecen los distintos productos que deberán ser embarcados en una fecha determinada. Para ello, según la fórmula asociada a cada SKU, se puede estimar el tipo y cantidad de materia prima requerida para su producción. Por otro lado, es posible estimar una proyección de disponibilidad de materia prima para cada proveedor (huerto o packing) para cada período, que es posible actualizar a medida que transcurre el tiempo (por parte de los asesores técnicos). Es relevante mencionar que es posible determinar una proyección de precio por tipo de materia prima y período, que no justifica ser separado por proveedor, ya que se maneja un precio mercado (donde el poder de negociación de Surfrut es limitado, ya que existen otros entes demandantes con mayores volúmenes de compra). Además, existe un conjunto de bodegas (cámaras de frío) disponibles, con capacidades y tarifas conocidas (con restricciones específicas por contrato).

Debido a que la información previamente descrita puede variar a través del tiempo, es decir, se posee una mayor certeza a medida que se acerca el período de cosecha y, además, las condiciones pueden variar luego de haber una o más decisiones de compra, es que el modelo puede satisfacer una planificación de compra siempre a mínimo costo, independiente del tiempo de utilización. Es decir, existirá una planificación previa antes del período de cosecha, y si las condiciones cambian a través del tiempo, puede volver a correrse el modelo con el objetivo de establecer siempre una política de abastecimiento a mínimo costo.

4.1. Supuestos del Modelo

Debido a que el modelo plantea en sí, una aproximación a la realidad, es que debe explicitarse las condiciones de trabajo en las que opera esta formulación. Los supuestos utilizados son los siguientes:

- Para cada tipo de materia prima, existe una clasificación de corto, mediano y largo plazo, que viene dado por el estudio de los asesores técnicos y se expresa en la matriz de disponibilidad a través de la ponderación de calidad de productores.

- Se considera que la materia prima es comprada al inicio de cada período (esto no afecta mayormente el costo planificado, solo involucra decisiones de transporte y disponibilidad por semana de materia prima)
- El precio de la materia prima no depende de cada proveedor, sino que el precio es establecido por el mercado según tipo de fruta y período de compra
- Se considera que la materia prima es sacada de las cámaras al final de cada período cuando son demandadas por la planta

4.2. Definición de Conjuntos y Parámetros

El modelo cuenta con conjuntos y parámetros que contienen la información en la que el modelo se basa para obtener una solución. Para ello, se definen los siguientes supuestos:

- B : Conjunto de bodegas (cámaras de frío) disponibles [$b_1 =$ patio Surfrut; $b_2 =$ Surfrut Cámara 1; $b_3 =$ Surfrut Cámara 2; $b_4 =$ Sebafrut; $b_5 =$ Negrete, ...]
- $B_{nominal}$: {Subconjunto de B }. Conjunto de bodegas (cámaras de frío) que presentan un contrato de tarifa según la cantidad de materia prima ingresada.
- $B_{nonominal}$: {Subconjunto de B }. Conjunto de bodegas (cámaras de frío) que presentan un contrato de tarifa que varía según uso de la capacidad de la cámara.
- M : Conjunto de tipos de materia prima [$m_1 =$ manzana Fuji convencional corto plazo; $m_2 =$ manzana Fuji convencional mediano plazo; $m_3 =$ manzana Fuji convencional largo plazo; $m_4 =$ Manzana Granny corto plazo, ..., $m_{14} =$ manzana Royal Gala Orgánica corto plazo, ...]
- $M_{cortoplazo}$: {Subconjunto de M }. Conjunto de materias primas de corto plazo
- $M_{medianoplazo}$: {Subconjunto de M }. Conjunto de materias primas de mediano plazo
- $M_{largoplazo}$: {Subconjunto de M }. Conjunto de materias primas de largo plazo
- N : {Subconjunto de M }. Conjunto de materias primas agrupadas por variedad
- S : Conjunto de proveedores de materia prima [$s_1 =$ Productor 1; $s_2 =$ Productor 2; $s_3 =$ Productor 3, ..., $s_8 =$ Packing 1, ...]
- T : Período en meses ($t_1 =$ Enero ... $t_{12} =$ Diciembre)
- U : Tipos de clasificación de MP según calidad ($u_1 =$ corto plazo, $u_2 =$ mediano plazo, $u_3 =$ largo plazo)
- p_{mt} : Precio de la materia prima por tipo y período $\left[\frac{\$CLP}{kg} \right]$ [$p_{11} = 75, p_{2,1} = 80, p_{3,1} = 85, \dots, p_{14,1} = 260, \dots$]

- w_s : Costo de transporte de la materia prima (por kg) desde el proveedor s a la planta $\left[\frac{\$CLP}{kg}\right]$
- q_b : Costo de transporte de la materia prima (por kg) desde la cámara b a la planta $\left[\frac{\$CLP}{kg}\right]$
- d_{mt} : Demanda mensual por tipo de materia prima y período, por parte de la planta productiva $\left[\frac{kg}{mes}\right]$
- f_t : Presupuesto máximo por período $\left[\frac{\$CLP}{mes}\right]$
- v_b : Tarifa mensual de almacenamiento de materia prima por tipo de bodega (cámara) $\left[\frac{\$CLP}{bins*mes}\right]$
- h_b : Costo fijo mensual de almacenamiento de materia prima por tipo de bodega (cámara) $\left[\frac{\$CLP}{mes}\right]$
- g_b : Capacidad máxima de almacenamiento de materia prima por tipo de bodega (cámara) [bins]
- a_{mst} : Capacidad de venta de materia prima según tipo, proveedor y período $\left[\frac{kg}{mes}\right]$
- $MatrizPondCalidad_{su}$: Matriz de ponderación de calidad de MP según productor (expresada en %)

4.3. Variables de Decisión

El modelo contempla una serie de decisiones respecto a algunas variables que contienen la solución óptima del problema. Para ello, el modelo utiliza variables continuas y binarias, que corresponden a las siguientes:

- x_{mst} : Cantidad de materia prima (en kg) del tipo m a comprar al proveedor s en el período t
- $x_{total_{nst}}$: Cantidad de materia prima (en kg) del tipo n a comprar al proveedor s en el período t
- $usomitad_{bt} \in \{0,1\}$, donde $U_{bt} =$
1 si se utiliza la mitad de la capacidad de la bodega b en el período t ; $usomitad_{bt} =$
0 e. o. c
- $usototal_{bt} \in \{0,1\}$, donde $U_{bt} = 1$ si se utiliza la bodega b en el período t ; $usototal_{bt} =$
0 e. o. c
- $r_{mbt} \in \{0,1\}$, donde $r_{mbt} =$
1 si se almacena el tipo de materia prima m en la bodega b en el período t ; $r_{mbt} = 0$ e. o. c
- y_{mbt} : Cantidad de materia prima (en kg) del tipo m a almacenar en la bodega b en el período t
- z_{mbt} : Cantidad de materia prima (en kg) del tipo m a sacar de la bodega b en el período t
- I_{mbt} : Cantidad de materia prima (en kg) en inventario máximo del tipo m en la bodega b en el período t
- $zeta$: Variable utilizada para eliminar no – linealidad del problema

4.4. Función Objetivo

La solución del problema se plantea mediante la búsqueda de un valor de una ecuación que responda de la mejor manera a la problemática planteada.

Función Objetivo: Minimizar el costo total de compra, almacenamiento y transporte de materia prima.

$$\text{Min } C(X) + I(I) + L(X)$$

, donde:

- $C(x) = \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{m \in M} (x_{mst} * p_{mt})$: Costo de compra
- $I(y) = \sum_{t \in T} \sum_{b \in B_{nominal}} \sum_{m \in M} (I_{mbt} * v_b) + \sum_{t \in T} \sum_{b \in B_{nonominal}} (usomitad_{bt} * \frac{h_b}{2}) + \sum_{t \in T} \sum_{b \in B_{nonominal}} (usototal_{bt} * h_b)$: Costo de almacenamiento
- $L(x) = \sum_{t \in T} \sum_{m \in M} \sum_{s \in S} (x_{mst} * w_s) + \sum_{t \in T} \sum_{m \in M} \sum_{b \in B} (z_{mst} * q_b)$: Costo de transporte

4.5. Restricciones del Modelo

Las restricciones del modelo obligan a que, de existir una solución óptima, deba cumplir con ciertas características que son impuestas mediante el acercamiento del problema a la realidad del contexto. Es decir, cada restricción va acotando las soluciones factibles a un conjunto más reducido de puntos.

- Toda la demanda de materia prima por parte de la planta productiva debe ser cubierta para cada período (debe retirarse de las bodegas):

$$\sum_{b \in B} Z_{mbt} \geq d_{mt} \quad ; \forall m \in M, t \in T$$

Nota: Esta restricción exige que se deba sacar de las bodegas, en cada período, al menos la cantidad de fruta demandada por la planta (por cada tipo de fruta).

- Toda la materia prima que se compre debe ser almacenada en alguna bodega (cámara de frío) en cada período:

$$\sum_{s \in S} x_{mst} = \sum_{b \in B} y_{mbt} \quad ; \forall t \in T, m \in M$$

- El costo de compra, almacenamiento y transporte no puede exceder el presupuesto para cada período:

$$\begin{aligned} \sum_{m \in M} \sum_{s \in S} (x_{mst} * (p_{mt} + w_s)) + \sum_{b \in Bnominal} \sum_{m \in M} (I_{mbt} * v_b) + \sum_{b \in Bnonominal} (usomitad_{bt} * \frac{h_b}{2}) \\ + \sum_{b \in Bnonominal} (usototal_{bt} * \frac{h_b}{2}) + \sum_{s \in S} \sum_{m \in M} (x_{mst} * w_s) \leq f_t \quad ; \forall t \in T \end{aligned}$$

- La cantidad de materia prima a comprar a cada proveedor no puede exceder a su capacidad de venta (para agroindustria) en cada período:

$$x_{total_{nst}} \leq a_s \quad ; \forall s \in S, m \in M, t \in T$$

- La cantidad de materia prima según calidad, se asigna de acuerdo a la cantidad de materia prima total comprada al proveedor, ponderada por la matriz de calidad del proveedor (expresada en porcentaje de cada tipo):

$$x_{mst} = x_{total_{nst}} * MatrizPondCalidad_{su} \quad ; \forall s \in S, m \in M, n \in N, t \in T$$

- La cantidad de materia prima almacenada en cada bodega no puede exceder a su capacidad para cada período (aquí se incluye la materia prima comprada en el período, la ya almacenada y la demandada por parte de la planta):

$$\sum_{m \in M} I_{mbt} \leq g_b \quad ; \forall b \in B, t \in T$$

- Toda la materia prima sacada de cada bodega debe haber sido almacenada previamente:

$$z_{mbt} \leq I_{mbt} \quad ; \forall m \in M, b \in B, t \in T$$

- Toda la materia prima de corto plazo debe ser utilizada antes de k períodos:

$$\sum_{b \in B} y_{mbt} - \sum_t \sum_{b \in B}^{t+k} z_{mbt} = 0 \quad ; \forall t \in T, \quad \forall m: \{\text{corto plazo}\}$$

- Toda la materia prima de mediano plazo debe ser utilizada antes de k' períodos:

$$\sum_{b \in B} y_{mbt} - \sum_t \sum_{b \in B}^{t+k'} z_{mbt} = 0 \quad ; \forall t \in T, \quad \forall m: \{\text{mediano plazo}\}$$

- Toda la materia prima de largo plazo debe ser utilizada antes de k'' períodos:

$$\sum_{b \in B} y_{mbt} - \sum_t \sum_{b \in B}^{t+k''} z_{mbt} = 0 \quad ; \forall t \in T, \quad \forall m: \{\text{largo plazo}\}$$

- No pueden almacenarse en una misma bodega, materia prima de corto plazo con largo plazo:

$$I_{m'bt} - M * R_{m''bt} \leq 0 \quad ; \forall b \in B, m': \{\text{corto plazo}\} m'': \{\text{largo plazo}\}, t \in T$$

$$I_{m'bt} - M * R_{m'bt} \leq 0 \quad ; \forall b \in B, m': \{\text{corto plazo}\} m'': \{\text{largo plazo}\}, t \in T$$

$$R_{m'bt} + R_{m''bt} = 1 \quad ; \forall b \in B, m': \{\text{corto plazo}\}, m'': \{\text{largo plazo}\}, t \in T$$

- Restricción de inventario

$$I_{mb1} = y_{mb1} \quad \forall b \in B, m \in M, t = 1$$

$$I_{mbt} = I_{mb(t-1)} + y_{mbt} - z_{mb(t-1)} \quad \forall b \in B, m \in M t \in T \geq 2$$

- Restricción para fijar el uso de cámaras y contabilizar costo, utilizando la variable “zeta” para eliminar la no-linealidad del problema.

$$\sum_{m \in M} (g_b - I_{mbt}) * usototal_{bt} \leq \frac{g_b}{2} \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$\sum_{m \in M} (I_{mbt} - zeta) - g_b * usomitad_{bt} \leq 0 \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$usomitad_{bt} \leq 1 - usototal_{bt} \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$zeta \leq g_b * usototal_{bt} \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$zeta \leq \sum_{m \in M} I_{mbt} \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$zeta \geq \sum_{m \in M} I_{mbt} - (1 - usototal_{bt}) * g_b \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

$$zeta \geq 0 \quad ; \forall b \in B_{nonominal}, t \in T$$

CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL MODELO EN LENGUAJE DE MODELADO ALGEBRAICO

El presente capítulo, presenta la manera de introducir el modelo previamente descrito a un lenguaje de programación algebraico, utilizando para este caso optimization programming language (OPL), elaborado por IBM.

5.1. Software de Modelado Algebraico (COS)

El modelo descrito en el capítulo anterior ha sido desarrollado utilizando el software *IBM ILOG CPLEX Optimization Studio (COS)*, utilizando el lenguaje *optimization programming language (OPL)*, el cual permite introducir un modelo matemático de optimización en conjunto con la base de datos para ser resuelto mediante el motor *CPLEX*. *COS* acelera el desarrollo y el despliegue de modelos de optimización utilizando programación matemática y por restricciones. *COS* combina un entorno de desarrollo integrado que da soporte al lenguaje OPL y los solucionadores *CPLEX* y *CP Optimizer* de alto rendimiento.

5.2. Plataforma de Información

Para el funcionamiento del modelo a través de la utilización del software, debe existir una base de datos que permita a las variables tomar valores de acuerdo a las restricciones propuestas en ella en base a los parámetros definidos. Para esto, se ha utilizado una plantilla Excel, sobre la cual se ha generado la estructura de información. Cabe mencionar que esta información es susceptible de ser modificada para cada temporada para ser evaluado por el modelo cada vez que se requiera.

En esta plataforma, se encuentra información sobre:

- Tipos de materia prima
- Proveedores
- Demanda de materia prima por parte de la planta
- Disponibilidad de materia prima por proveedor
- Cámaras de frío o bodegas de almacenamiento de materia prima
- Precio de la materia prima
- Presupuesto

5.2.1. Tipos de materia prima

Para conocer los tipos de materia prima, se ha establecido una búsqueda en el sistema de información de Surfruit, donde se presentan los tipos de fruta demandados por la planta, estableciendo un filtro por aquellos que serán parte del alcance de este proyecto (manzana y pera, para Surfruit y Purefruit).

Se han detectado 42 tipos de materia prima distintas, entre manzanas y peras, las cuales se encuentran divididas en tres grupos para el caso de las compotas: convencional, *baby food* y orgánica; y en dos grupos para el caso de los productos deshidratados: convencional y orgánico. Sin embargo, es relevante mencionar que la calidad de esta materia permite realizar una segunda diferenciación, de acuerdo a su duración estimada para ser procesada por la planta de producción, es decir, sin perder sus parámetros de calidad mínima exigidos. De aquí, entonces, la materia prima se puede subdividir en: largo plazo, mediano plazo y corto plazo, lo cual será relevante para las decisiones de almacenamiento.

5.2.2. Proveedores

Se ha realizado una búsqueda de proveedores para Surfruit y Purefruit en el sistema de información de la empresa, tomando en cuenta aquellos con mayor probabilidad de encontrarse vigentes, es decir, con compras al menos dentro de los últimos cinco años.

De aquí, se desprende un listado de 127 proveedores, entre productores de huerto y *packings*. Es relevante mencionar que esta diferencia es clave al momento de evaluar la disponibilidad de la materia prima en el tiempo.

5.2.3. Demanda de materia prima por parte de la planta

Para poder encontrar la información relativa a la materia prima demandada por la planta, se ha utilizado la lógica del procedimiento expresado en la formulación del modelo desarrollado, en donde el plan de ventas gatilla los requerimientos de materia prima según la receta de cada producto terminado, que debe ser producido en un período determinado (promesas de embarque a clientes). Luego, esta matriz se ha cruzado con el maestro de

artículos del sistema de información de la empresa, en donde se encuentra la receta de cada producto definido por su *Stock Keeping Unit (SKU)*.

De esta manera, es posible determinar la cantidad de materia prima demandada por la planta según tipo y período.

5.2.4. Disponibilidad de materia prima por proveedor

La disponibilidad de materia prima por parte de cada proveedor varía de acuerdo a su giro (productor o *packing*), y de los tipos de fruta que tengan en sus plantaciones y ubicación geográfica para el caso de los productores.

Los productores presentan una disponibilidad de materia prima al inicio de la temporada (cosecha), en distintos períodos según tipo de materia prima, mientras que los *packing* presentan una disponibilidad tardía, ya que la fruta disponible para ser utilizada por la planta es aquella que no cumple con parámetros de exportación, y queda almacenada luego de ser procesada.

Por otro lado, la ubicación geográfica afecta los tiempos de cosecha de fruta de una misma variedad, por lo cual se encuentran curvas de disponibilidad trasladadas según la ubicación de productores.

Cabe señalar que la recolección de esta información por parte de la planta se encuentra en manos de los asesores técnicos de Surfrut, quienes se encargan de realizar visitas a los productores evaluando tanto disponibilidad como calidad de la materia prima, para poder establecer ofertas de compra.

5.2.5. Cámaras de frío o Bodegas de almacenamiento de materia prima

Para poder obtener el listado de los posibles lugares de almacenamiento de la materia prima comprada, se ha realizado la consulta a la persona encargada de trasladar la fruta desde las cámaras hacia la planta productiva.

Se ha obtenido un listado de 39 lugares de almacenamiento, dentro de las cuales se encuentran 9 internas (Surfrut), incluyendo patio, y el resto pertenecen a cámaras de frío de empresas ubicadas dentro de Curicó y sus alrededores.

Cabe señalar que cada cámara presenta capacidades definidas, tarifas de uso y restricciones especiales que son estipuladas por contrato. Además, la distancia de las bodegas a la planta determina un costo de transporte. Por otro lado, las bodegas internas presentan un costo de operación.

5.2.6. Precio de la materia prima

En cuanto a los precios de la materia prima, cabe señalar que Surfrut presenta un poder de negociación bajo respecto al precio de compra, debido a que sus volúmenes de compra son bastante menores frente a empresas como procesadoras de jugo, quienes utilizan la misma materia prima, y más aún, sin el nivel de restricciones especiales en cuanto a calidad que requiere Surfrut. Por este motivo, es que el precio de la materia prima depende finalmente del mercado, según su grupo (convencional, *baby food* o transición y orgánico), y esta información es obtenida a través de los asesores técnicos, quienes deben tener conocimiento de los movimientos de mercado y niveles de compra de la competencia.

5.2.7. Presupuesto

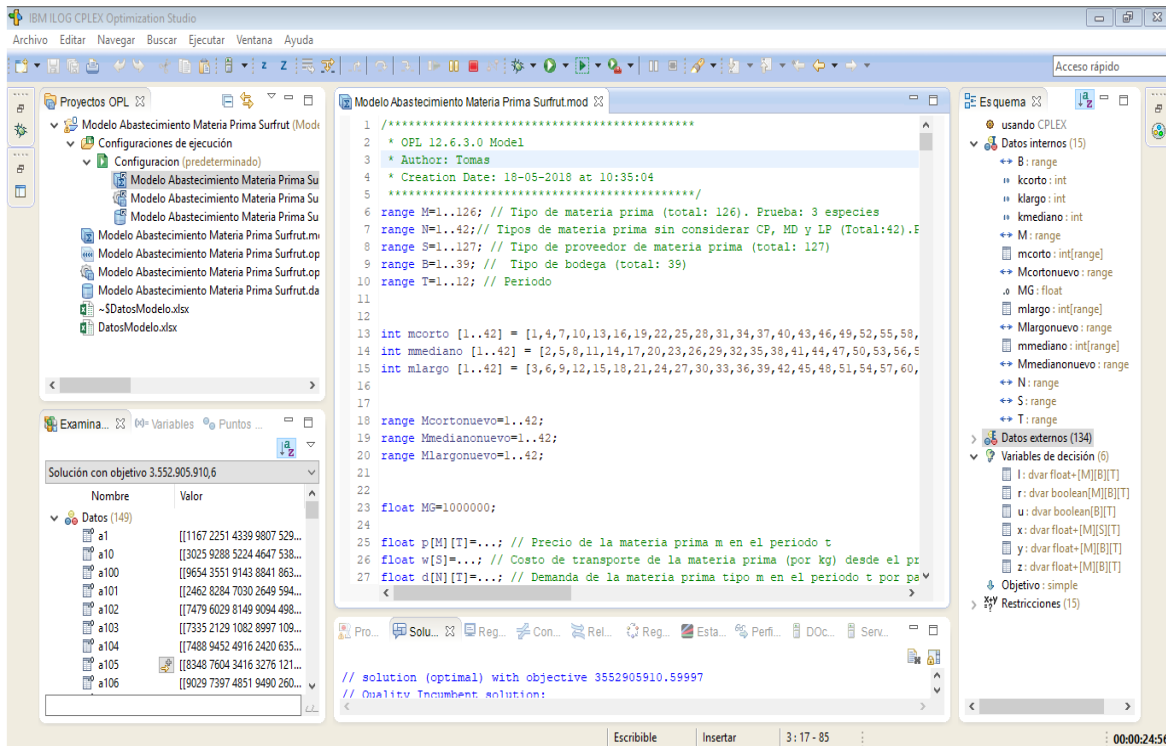
Para cada período, la gerencia de Administración y Finanzas, posee conocimiento del presupuesto disponible que permita a la empresa adquirir su materia prima sin dejar de cumplir con sus obligaciones financieras. Esto es clave para la decisión de compra, ya que la suma de los costos de compra, transporte y almacenamiento no deben superar los montos establecidos en cada período, restringiendo el conjunto de soluciones factibles.

Sin embargo, es relevante mencionar, que puede presentarse una situación a evaluar sin restricción presupuestaria, en donde se obtendrá un valor de la función objetivo (suma de costos) que puede ser comparada con el escenario restringido, para dar a la empresa una visión de proyecto de compra donde podrán definir holguras de presupuesto que permitan mejorar la utilidad final.

5.3. Desarrollo del Modelo en OPL

En la Figura 7 se presenta la interfaz de modelado en OPL de IBM ILOG CPLEX, en donde se puede observar cómo el modelo y la base de datos ha sido desplegada en este lenguaje para poder realizar el proceso de optimización mediante el software.

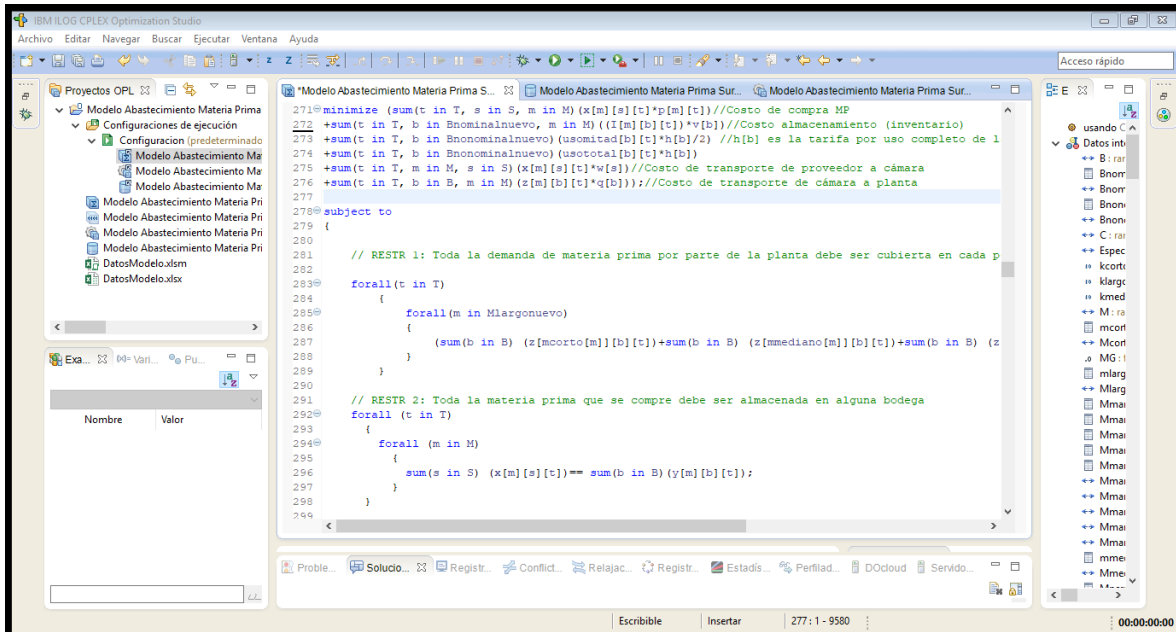
Figura 7: Pantalla de Modelado en OPL



Fuente: elaboración propia en base a proyecto OPL desarrollado en IBM ILOG CPLEX

Además, en la Figura 8 se presenta el despliegue de las variables de decisión, bajo distintos tipos de datos (flotantes o *booleanos*) con los parámetros que definen los rangos de su estructura. Por otro lado, la función objetivo que se encuentra compuesta por la minimización de la sumatoria de los costos de compra, transporte (tanto de compra a proveedores como de las cámaras a la planta) y almacenamiento. Por último, se presenta la estructura de la primera restricción del modelo.

Figura 8: Pantalla OPL de definición de función objetivo y restricciones



Fuente: elaboración propia en base a proyecto OPL desarrollado en IBM ILOG CPLEX

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados del modelo formulado y desarrollado mediante OPL en el software de optimización, realizando un comparativo respecto al proceso de compra de materia prima realizado en el presente período por parte de la empresa.

6.1. Resultados del Modelo

En base a los resultados obtenidos por el modelo, es posible encontrar información respecto a:

- Cantidad de materia prima a comprar del tipo “m”, al productor “s” en el período “t”.
- Cantidad de materia prima del tipo “m” a almacenar en la bodega (o cámara) “b” en el período “t”.
- Cantidad de materia prima del tipo “m” a extraer de la bodega “b” en el período “t” para ser procesada durante este período.
- Cantidad de materia prima del tipo “m” máxima en inventario en la bodega “b” en el período “t” (esta variable se fija mediante los valores de la cantidad de materia prima a almacenar y la cantidad a extraer durante cada período).

Se ha realizado una simulación utilizando datos de demanda y disponibilidad de materia prima del año 2018, para establecer un comparativo entre los resultados obtenidos y la gestión realizada actualmente en la empresa (sin utilizar el modelo), considerando proyecciones para la temporada (desde el mes de agosto en adelante).

Las proyecciones utilizadas por Surfrut para el año 2018, considerando la actualización de información real hasta junio del presente año, es decir, incorporando la gestión realizada por la empresa, alcanza un costo anual de abastecimiento de materia prima (fruta) de \$4.974.989.603 (pesos chilenos), calculados según la simulación presentada en la Figura 9. En ésta, se observan para las distintas clasificaciones de materia prima, según destino y especie, los costos imputados en el presupuesto anual (marcados en amarillo), y, por otro lado, los costos simulados (última columna) por la gerencia general, en donde existen diferencias significativas entre ambos resultados.

Por otro lado, habiendo realizado la simulación a través del modelo matemático de programación lineal propuesto, el costo anual de abastecimiento de materias primas es de \$5.074.859.350.

Figura 9: Simulación de costo de abastecimiento de materias primas (fruta) para Surfrut año 2018 realizado por la empresa

				Valores en Plan			Simulación JEA		
	Destino	Especie	Bins	Precio Plan all in	Precio all in Revisado	Precio MP	Frio x Kg	Flete x Kg	Precio all in
PureFruit	PF	Manzana B.Food	6.301	97,40	100,00	88,31	14,08	6,41	108,80
	PF	Manzana Conv	13.245	87,40	99,30	75,75	14,08	6,41	96,24
	PF	Manzana Org	8.830	220,00	230,00	210,83	14,08	6,41	231,32
	PF	Pera B.Food	600	97,40		85,00	14,08	6,41	105,49
	PF	Pera Conv	1.020	87,40		82,04	14,08	6,41	102,52
	PF	Pera Org	170	220,00		215,83	14,08	6,41	236,32
		Total		30.166					
Surfrut				Valores en Plan			Simulación JEA		
	Destino	Especie	Bins	Precio Plan all in	Precio MP	Frio x Kg	Flete x Kg	Precio all in	
	SF	Manzana Conv	56.731	97,40	99,30	84,94	14,08	6,41	105,43
	SF	Manzana Org	14.027	220,00	230,00	211,50	14,08	6,41	231,98
	Total		70.758						

Fuente: Planilla Compras MP 2018 Frío y Flete V3, Surfrut, 2018.

Ahora bien, si se comparan ambos valores, a primera instancia el modelo presenta un costo total esperado mayor al costo propuesto por la gerencia de abastecimiento actualmente, pero como ha sido expresado en la sección 3.2. Diagnóstico de la Situación, se encuentran pérdidas que superan los \$450.000.000 por la decisión tomada al momento de abastecer a la planta (por pérdidas por calidad de materia prima y costos de almacenamiento), por lo que el costo final de la solución propuesta a través del modelo, es menor al costo presentado actualmente, pudiendo generar una disminución de costos que, de haber utilizado el modelo, alcanzaría los \$350.130.253 para el año 2018.

Respecto al precio de la materia prima, se ha utilizado el mismo valor para cada uno de los períodos y tipos de fruta. La disponibilidad de materia prima, por su parte, ha sido simulada ya que la empresa no posee registros sobre este concepto, sino sólo de compra. Para ello se han considerado valores que, en la suma de todos los productores, supere la demanda por tipo de materia prima y período, con tal de no ser una restricción de factibilidad.

Con esta información, es posible establecer reportes de planificación que presenten la información de manera clara y con un sentido práctico para la gerencia de abastecimiento de materia prima y de finanzas. Estos reportes, son obtenidos a través de operaciones

matemáticas que utilizan como *input* los valores de las variables de decisión obtenidos. Estos reportes son los siguientes:

- Perfil de compra de materia prima
- Uso de bodegas o cámaras de frío
- Uso de presupuesto

6.2. Reporte de perfil de compra de materia prima

Este reporte utiliza como base los resultados de la variable de decisión $x[m][s][t]$, en donde se puede obtener información respecto a cuánta materia prima comprar a cada proveedor durante cada período, además poder conocer el flujo porcentual de compra durante cada período respecto al total demandado (lo que permite establecer métricas para los resultados de la gestión del área de abastecimiento) e incorporar los parámetros de costo y transporte de materia prima desde el productor hacia la planta, para poder calcular el costo unitario de materia prima por concepto de compra. Este reporte agrupa las áreas de interés que propone Surfrut, en la cual se separa por destino (Surfrut o Purefruit), y según sea materia prima para *Baby Food*, convencional u orgánica, tanto para manzanas como peras.

6.3. Reporte de uso de bodegas o cámaras de frío

Este reporte utiliza como base los resultados de las variables $y[m][b][t]$, $z[m][b][t]$ e $I[m][b][t]$. Es decir, la planificación permite conocer la cantidad de materia prima del tipo “m” que será almacenada, retirada y guardada en inventario en la bodega “b” durante el período “t”.

Además, es posible agrupar estos resultados obtenidos por proveedor de cámaras, con tal de encontrar la facturación esperada durante cada período por cada empresa (y poder comparar con temporadas anteriores).

Con esta información, es posible conocer la necesidad de uso de cámaras propias o externas a Surfrut, permitiendo a la empresa poder establecer contratos previos que tiendan a mejorar la tarifa por uso entregada.

6.3. Reporte de uso de presupuesto

Uno de los reportes interesantes para el área de finanzas, es el de uso de presupuesto. Éste, utiliza el resultado de todas las variables de decisión y parámetros de costo, agrupando los costos de compra de materia prima, transporte de fruta desde los proveedores hacia la planta, almacenamiento de materia prima y transporte de fruta desde las cámaras hacia la planta (y viceversa). Además, la suma de estos valores por período entrega el monto utilizado del presupuesto (siempre menor o igual al presupuesto dado del período) y la suma de todos los períodos entrega el costo total de abastecimiento de materia prima (fruta) por parte de la planta.

Además, es posible obtener con estos valores, el costo unitario por concepto de frío (almacenamiento) y por transporte, valores que pueden ser comparados con los que se encuentran en el presupuesto de la empresa.

Por último, observando la diferencia entre el presupuesto dado y el uso del presupuesto por período, es posible encontrar los períodos en donde podría entregarse una mayor flexibilidad presupuestaria y analizar los beneficios entregados corriendo nuevamente el modelo. Así, podría analizarse la ausencia de restricción presupuestaria contra la restricción parcial por período, entregando una mejor herramienta para la toma de decisiones por parte de la empresa.

CAPÍTULO 7: DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE INFORMACIÓN PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

En el presente capítulo, se realiza la formalización y diseño de la plataforma de información que contiene los parámetros que requiere el modelo de optimización, además de la estructura de los reportes entregados por el mismo.

7.1. Formalización del Sistema de Información propuesto

Se desarrolla una herramienta de apoyo a la planificación de abastecimiento de materias primas, que permite organizar la información contenida en el procedimiento de compra, transporte y almacenamiento de fruta para su posterior procesamiento en la planta productiva de Surfrut. El sistema involucra la gestión de la información relativa a los proveedores de materia prima y de almacenamiento de fruta (externos) además de la gestión interna de la empresa relativa al abastecimiento (área productiva, área de finanzas, área de abastecimiento de materias primas y gerencia general), expresadas en los diagramas de contexto relativos a cada aspecto.

Un diagrama de contexto facilita el entendimiento del alcance de un sistema de información de planificación, permitiendo visualizar cual es el rol que cumple cada área frente al sistema, tanto como emisor de información, como también receptor de información para la toma de decisiones. Dicho esto, es que cada área interactúa de manera diferenciada frente al sistema de planificación, generando una potente herramienta para mejorar la gestión dentro de la organización. Además, es posible integrar la relación del sistema con los agentes externos a la empresa lo que permite contar con información más precisa y actualizada que permita una mejor gestión.

7.1.1. Diagrama de Contexto Externo

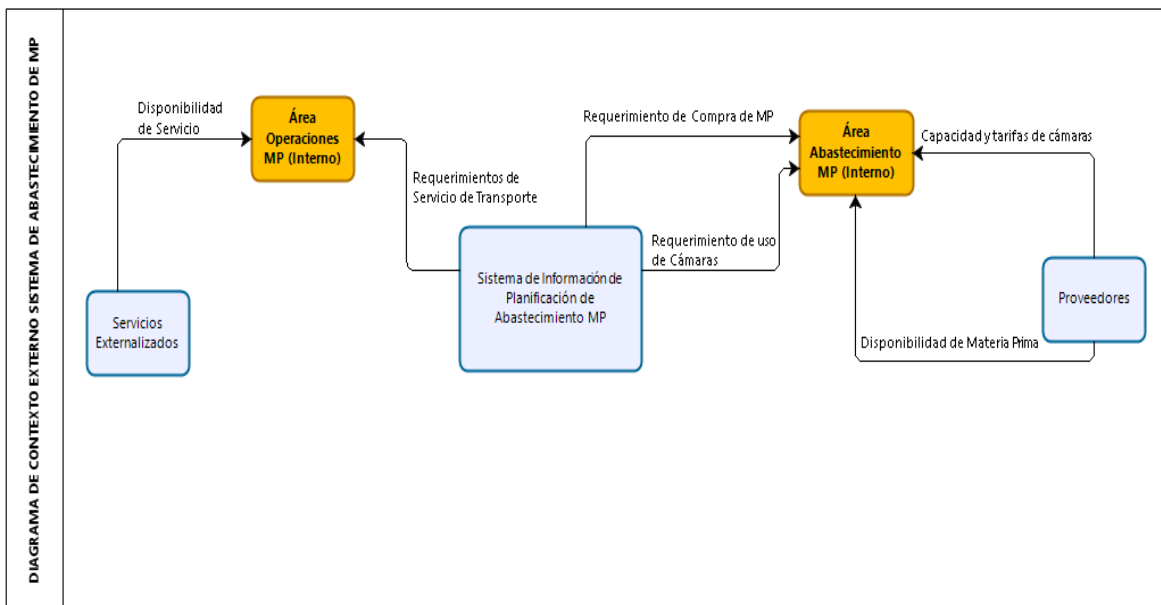
El sistema de planificación incluye las relaciones que posee la empresa con sus proveedores, relativos a la disponibilidad de materia prima y de cámaras de almacenamiento de la misma, además de los servicios externalizados relacionados a esta actividad. De esta manera, los agentes que componen el diagrama de contexto externo son:

- Proveedores: generan información relativa a la disponibilidad de materia prima, ya sea a través de productores o bien *packings*, además de entregar capacidad y tarifas de almacenamiento de la materia prima. A su vez, el sistema les provee de información relativa a los requerimientos de compra de materia prima y requerimientos de uso de frío. Esta comunicación se realiza mediante el área de Abastecimiento de Materias Primas.

- Servicios externalizados: generan información relativa a la disponibilidad de servicio de transporte y el sistema les provee información relativa a los requerimientos de uso de este servicio, por compra de materia prima (retirar en huertos o *packings*) o bien por traslado de fruta desde las cámaras hacia la planta (y viceversa). Esta comunicación se realiza mediante el área de Operaciones de Materias Primas.

La Figura 10 muestra gráficamente las relaciones entre las distintas entidades del sistema a nivel externo.

Figura 10: Diagrama de Contexto Externo Sistema de Planificación de Abastecimiento de MP



Fuente: elaboración propia.

7.1.2. Diagrama Contexto Interno

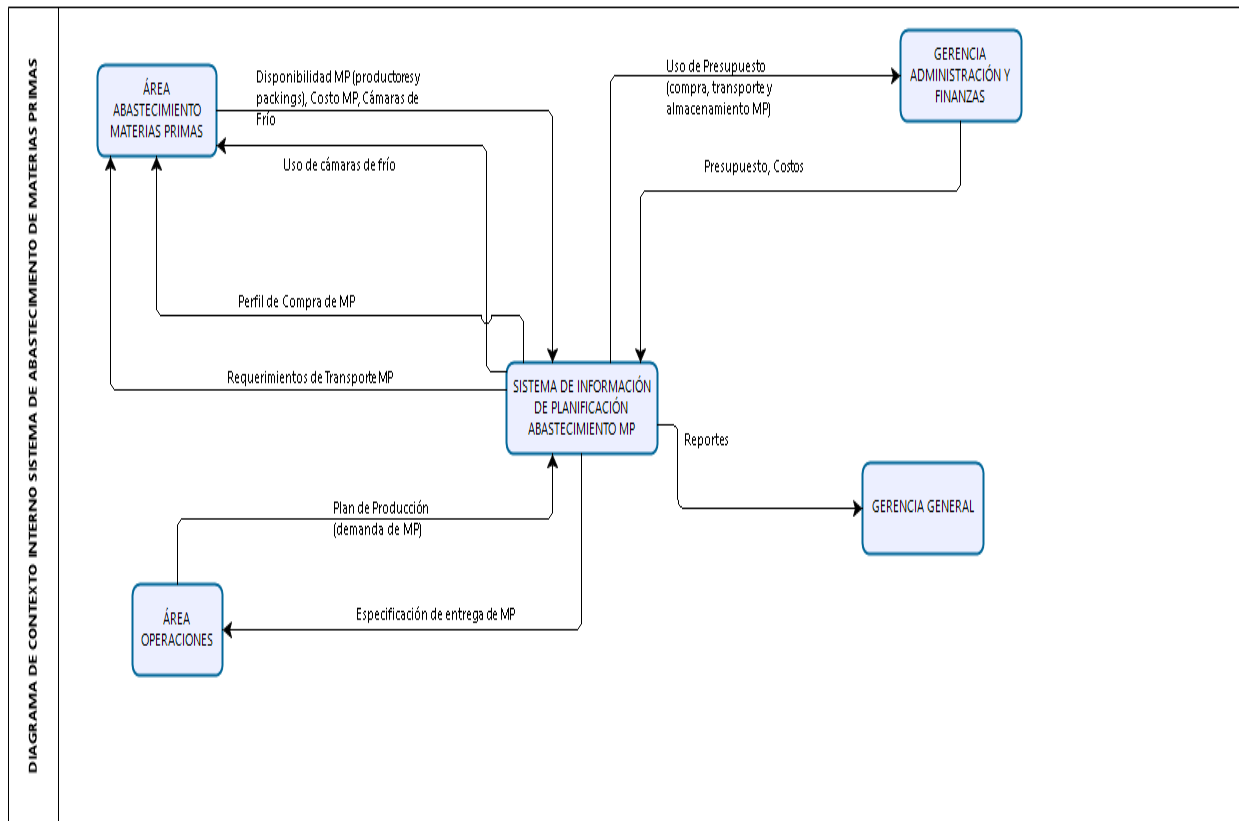
El diagrama de contexto interno, como muestra la Figura 11, integra las relaciones que existen entre las distintas entidades de la empresa con el sistema de información de planificación de abastecimiento de materias primas. Es decir, cada uno de estos agentes interactúa bidireccionalmente con el sistema.

De esta manera, es posible observar que el área de abastecimiento de materias primas aporta con la relación directa con los proveedores de servicios respecto a disponibilidad de materia prima y cámaras de almacenamiento. Por otro lado, el sistema le entrega información

respecto al perfil de compra óptimo, requerimiento de transporte de materias primas y al uso de las cámaras de frío.

Por otra parte, la gerencia de administración y finanzas posee una relación respecto al presupuesto que debe soportar el modelo a nivel restrictivo, y por su lado, el sistema le entrega el uso del presupuesto en cada uno de sus ítems (compra, transporte y almacenamiento) por período.

Figura 11: Diagrama de Contexto Interno Sistema de Abastecimiento de MP



Fuente: elaboración propia.

El área de Operaciones es quien entrega el plan de producción, proveniente del plan de ventas. Cabe destacar que, si bien este último es el iniciador de la demanda de materia prima, es el área de producción quien entrega la información requerida por el sistema de planificación de abastecimiento de materias primas, ya que la decisión respecto al mix de productos a ser procesados es quien gatilla finalmente la necesidad de materia prima a nivel temporal. Por su parte, el sistema entrega información a esta área respecto al tipo de materia

prima que será entregado de acuerdo a sus requerimientos. Por ejemplo, para un mismo pedido, puede ir fruta de largo plazo retirada previamente para vaciar una cámara o bien fruta de corto plazo que debe ser procesada para evitar sobre madurez. Esta información es útil para poder ajustar las máquinas según la calidad de materia prima ingresada con tal de maximizar la eficiencia de producción.

Por último, la gerencia general logra obtener reportes respecto a la información generada por el sistema, que colaboren con la toma de decisiones, como negociaciones previas con proveedores de cámaras de almacenamiento, decisiones de integración de productores a largo plazo, etc.

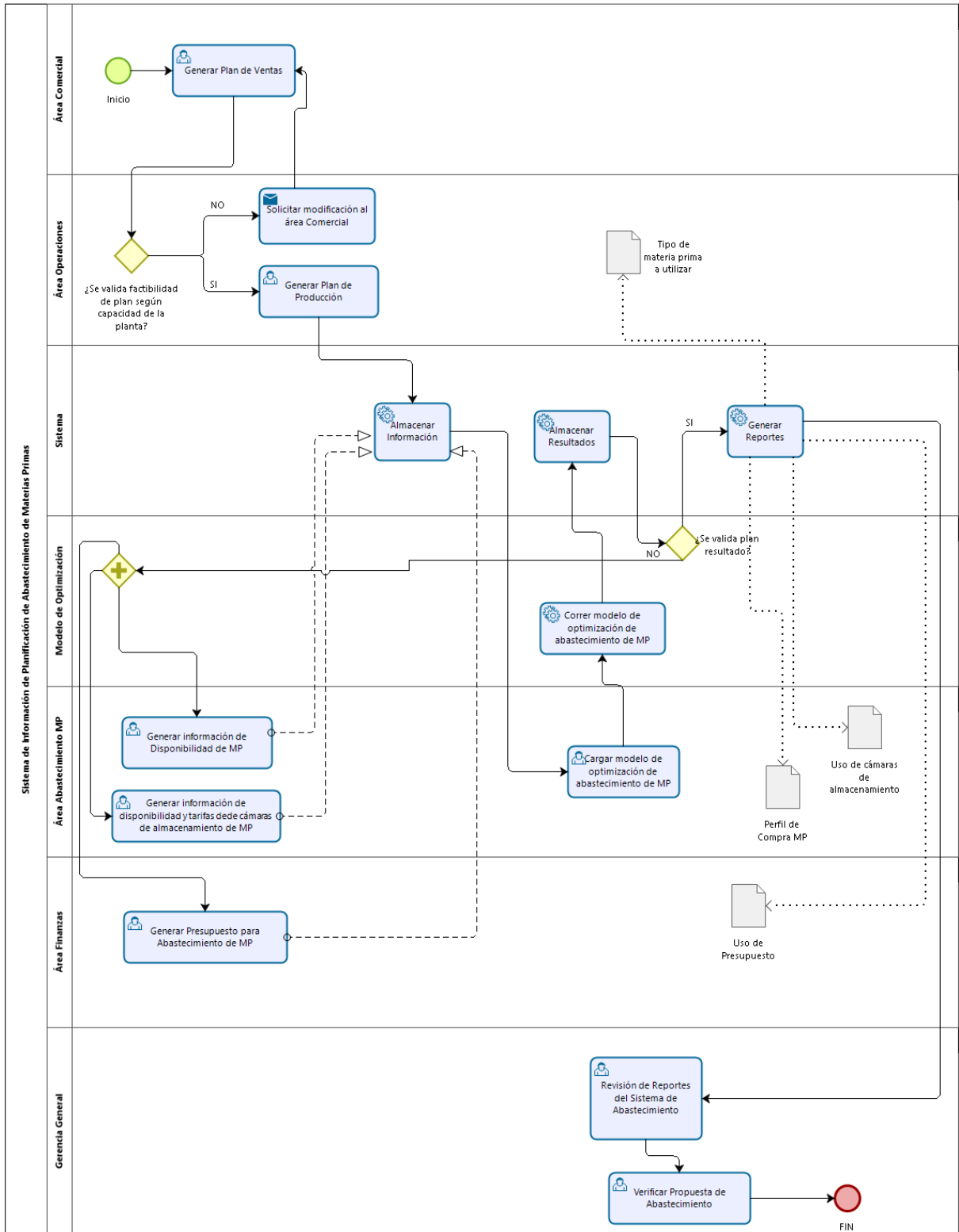
7.2. Desarrollo del Sistema de Planificación de Abastecimiento de Materias Primas

El sistema de planificación de abastecimiento de materias primas está enfocado a decisiones de largo plazo, es decir, considerando una temporada de producción completa, de enero a diciembre de cada año. Este sistema permite, entonces, proveer de información para poder tomar decisiones respecto a la organización de los recursos para toda la temporada. De esta manera, se presenta el procedimiento que permite entender el funcionamiento del sistema, desde la generación de información hasta los reportes respecto al uso de recursos.

7.2.1. Diagrama de Flujo Procedimental de la planificación de abastecimiento de materias primas con el Sistema de Información

Como se muestra en la Figura 12, el diagrama de procedimientos comienza con la creación del plan de ventas por parte del área comercial (temporalmente a finales de la temporada anterior). Con ello, el área de producción verifica este plan a través de un análisis de capacidad de la planta. En caso de no ser factible, se solicita modificar el plan al área comercial. En paralelo, el área de abastecimiento de materias primas ingresa la información relativa a la disponibilidad de fruta disponible en el mercado, y las capacidades y tarifas de las cámaras de almacenamiento. Además, el área de finanzas ingresa al sistema el presupuesto por período. Luego, en caso de que el área de producción apruebe el plan de ventas, ésta genera el plan de producción y es cargado al sistema como la demanda de materia prima requerida.

Figura 12: Diagrama Procedimental Sistema de Información de Abastecimiento de MP



Fuente: elaboración propia.

Con toda la información requerida y cargada al sistema, el área de abastecimiento de materias primas se encarga de cargar el modelo de optimización de materias primas en el software (en este caso IBM ILOG CPLEX *Optimization Studio*). El modelo se encarga de exportar los resultados al sistema, quien almacena estos datos y los presenta en su estructura de reportes, la que debe ser validada por el gerente de abastecimiento de materias primas. En caso de no validar el resultado, verifica los problemas y solicita al encargado respectivo de la generación de información que debe ser corregida. En caso de validar el resultado del plan, se procede a liberar la obtención de información de los reportes a las distintas áreas, dentro de las cuales se encuentra el uso del presupuesto (área finanzas), uso de cámaras de almacenamiento y perfil de compra de materia prima (área abastecimiento de MP) y tipo de materia prima a procesar (área producción).

7.2.2. Requerimientos Funcionales

El sistema de información para el abastecimiento de materias primas posee requerimientos funcionales, es decir, que se pueden modificar y que de ellos depende el sistema. Dentro de ellos podemos encontrar:

- **Registro de datos:** las diferentes entidades deben ser capaces de ingresar la información coherente a su área de responsabilidad, validando los parámetros, unidades de medida y detalles adicionales que sean de relevancia tanto para el manejo como el entendimiento de los datos
- **Modificación de datos:** además de poder registrar los datos, muchas veces al avanzar en el tiempo, se obtiene mayor certeza respecto a los datos a pronosticar, por lo cual el sistema debe soportar una modificación de los datos previo a ser cargado al modelo y posterior a su registro inicial.
- El sistema debe ser capaz de cargar los resultados obtenidos a través del software de optimización, es decir, validando tanto los datos de entrada como los de salida. Esto quiere decir que el software de optimización debe ser compatible con el sistema de información que contiene los datos y resultados.

- El sistema debe ser capaz de generar reportes en una estructura de fácil entendimiento para quienes deben tomar decisiones con la información contenida en él, además de ser exportables para trabajar con los softwares de uso común dentro de la empresa.

7.2.3. Requerimientos No Funcionales

Los requerimientos no funcionales se conocen como un conjunto de características de calidad, que es necesario tener en cuenta al diseñar un sistema. No son parte de la razón fundamental del producto, pero si son necesarios para hacer funcionar el producto de la manera deseada. Las entidades juegan un rol fundamental en el cumplimiento de estos atributos. Así, los requerimientos no funcionales con que cuenta el sistema son:

- **Seguridad:** quienes tienen acceso a la información, deben ingresar al sistema con clave de seguridad y acceso con un respaldo para evitar que no interactúen directamente con el sistema puedan modificar la información (u obtener beneficios con ella con perjuicio para la empresa) y presentar errores en la generación de resultados.
- **Usabilidad:** el sistema debe poseer una interfaz acorde al nivel de usuario que maneja el sistema, con tal de permitir que tanto el ingreso de información, como su extracción, no generen complicaciones que puedan perjudicar la toma de decisiones a partir de ésta. Este requerimiento puede ser medida en base a la cantidad de consultas al área de tecnologías de información (o desarrollador del software), y no debe superar 1 consulta por usuario por mes para quienes hayan superado el proceso de capacitación de uso del sistema.
- **Fiabilidad:** el sistema debe asegurar que existirá un respaldo de la información ante eventuales caídas del servidor, o pérdidas temporales de información por archivos maliciosos que ingresen al sistema operativo de algún terminal. Para esto, el sistema debe exportar los archivos a un disco duro protegido. La manera de corroborar este requerimiento es a través de la revisión del guardado de información cada 30 minutos en los tiempos de utilización del sistema (finales de una temporada e inicio de la siguiente).

7.2.4. Diseño del prototipo del sistema de información para abastecimiento de materias primas

Al ingresar al sistema, tal como muestra la Figura 13, se solicitan los datos de ingreso tales como el nombre de usuario y contraseña, que deben estar registrados previamente. En este punto, se valida que la información ingresada sea acorde a los usuarios registrados y que además se ingresen datos a los campos solicitados.

Figura 13: Menú de inicio del sistema

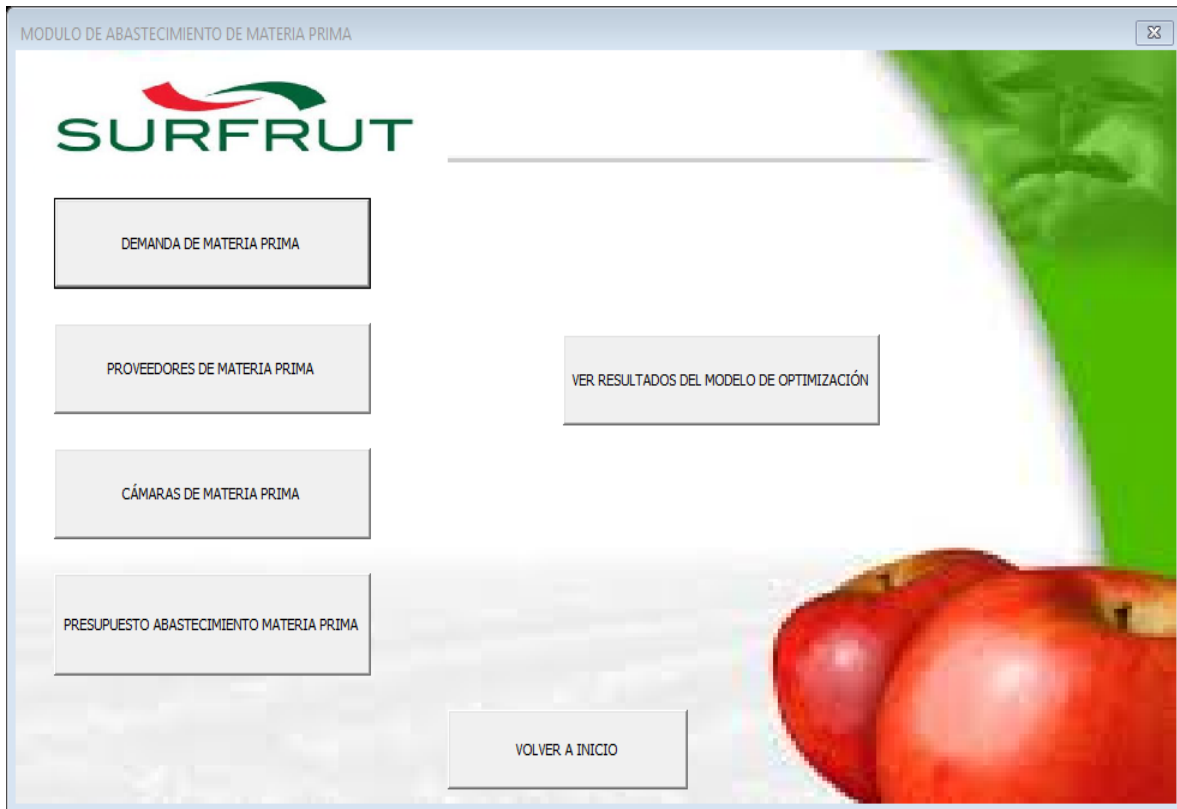
The image shows a login window titled 'INICIO'. At the top left is the 'SURFRUT' logo, which consists of a stylized red and green wave above the text 'SURFRUT'. Below the logo are two input fields: 'NOMBRE DE USUARIO :' followed by a text box, and 'CONTRASEÑA :' followed by a text box. At the bottom of the form are two buttons: 'INGRESAR' on the left and 'SALIR' on the right. The background of the window is a light green and white gradient with a close-up image of red apples in the bottom right corner.

Fuente: elaboración propia.

Al ingresar, se presenta el módulo general de abastecimiento de materias primas, como muestra la Figura 14, en donde se tienen por un lado los menús de ingreso de información, como lo son los de demanda, proveedores y cámaras de almacenamiento de materia prima, así como también el presupuesto de abastecimiento de materias primas.

Por otro lado, se encuentra el menú de reportes asociado a los resultados del modelo de optimización, con la información cargada previamente.

Figura 14: Módulo de Abastecimiento de Materias Primas



Fuente: elaboración propia.

Al ingresar al menú de demanda de materia prima, la cual deberá ser completada de acuerdo al plan de producción, se solicita seleccionar dos campos: destino, es decir, el uso que se le dará a la materia prima, y por otro lado la especie, que se relaciona con la variedad de materia prima a ingresar, como muestra la Figura 15. Cuando no existen datos, los campos relacionados a los períodos (de enero a diciembre), y el total, no arrojarán información. Pero, al haber ingresado datos previamente, el sistema arrojará la cantidad ingresada en los campos de cada período (y la suma total), la cual puede ser modificada pinchando el botón “modificar cantidad”.

En el menú de proveedores de materia prima, se presentan los datos respecto a la disponibilidad de materia prima, provenientes de los productores de huerto o bien de los *packings*. Esta información es clave para los resultados del modelo, ya que supone información que debe ser estimada, y su precisión afectará en gran medida a los resultados obtenidos.

Figura 15: Módulo de demanda de materias primas

DEMANDA DE MATERIA PRIMA

SURFRUT

VOLVER A MÓDULO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

DESTINO: Mz Convencional Desh

TIPO DE MATERIA PRIMA: Mz conv Braeburn p/desh

Cantidad Requerida

ENERO	:	0
FEBRERO	:	0
MARZO	:	450.000
ABRIL	:	450.000
MAYO	:	450.000
JUNIO	:	450.000
JULIO	:	450.000
AGOSTO	:	450.000
SEPTIEMBRE	:	225.000
OCTUBRE	:	225.000
NOVIEMBRE	:	0
DICIEMBRE	:	0
TOTAL	:	3.150.000

MODIFICAR CANTIDAD

Ayuda:
 *Para modificar la demanda de Materia Prima, asegúrese de escribirlo en el formato adecuado:
 >Ej.1.- 25.000
 >Ej.2.- 0
 >Ej.3.- 3.700
 NO INGRESAR LETRAS

Fuente: elaboración propia.

En este menú (proveedores de MP), como muestra la Figura 16, se solicitan dos campos, los que corresponden al proveedor y, por otro lado, al tipo de materia prima. Cuando el primer campo es seleccionado, se muestran los resultados de la matriz de ponderación de calidad del productor, que ha sido ingresada previamente, o bien se ingresa por primera vez (en este caso, se muestran en blanco los campos). Esta ponderación de calidad, indica la distribución de calidad de la materia prima que es entregada a la empresa, que puede ser estimada por los asesores técnicos a través de las visitas a los huertos, y/o a través de un historial de calidad obtenido por los informes realizados por el área de recepción de materias primas en los últimos años, obteniendo una ponderación representativa de cada productor, que permita estimar la cantidad de materia prima que el productor presenta para corto, mediano y largo plazo. Es decir, un proveedor que presente una distribución cargada al corto plazo, es de peor calidad que un productor que presenta una distribución con mayor participación de materia prima de largo plazo, ya que su fruta podrá ser almacenada durante

más tiempo en las cámaras de frío, permitiendo una mayor flexibilidad de gestión de abastecimiento.

Tanto la cantidad disponible de materia prima, como la ponderación de calidad del productor, pueden ser modificadas con los botones de modificación respectivos.

Figura 16: Módulo de proveedores de materia prima

PROVEEDORES DE MATERIA PRIMA

SURFRUT

PROVEEDOR: EXPORT.SAN ANDRES LTDA

TIPO DE MATERIA PRIMA: Mz Bfood Fuji

VOLVER A MÓDULO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

MESES	Cantidad Disponible
ENERO	0
FEBRERO	15.000
MARZO	70.000
ABRIL	70.000
MAYO	70.000
JUNIO	45.000
JULIO	20.000
AGOSTO	20.000
SEPTIEMBRE	20.000
OCTUBRE	
NOVIEMBRE	
DICIEMBRE	

MODIFICAR CANTIDAD

CALIDAD PRODUCTOR

CORTO PLAZO : 10%

MEDIANO PLAZO : 50%

LARGO PLAZO : 40%

MODIFICAR CALIDAD

Ayuda:
 *Para modificar la disponibilidad de Materia Prima, asegúrese de escribirlo en el formato adecuado:
 >Ej.1.- 25.000
 >Ej.2.- 0
 >Ej.3.- 3.700
 NO INGRESAR LETRAS

Fuente: elaboración propia.

Luego, el módulo de cámaras de almacenamiento de materia prima, permite ingresar o modificar la capacidad de cada una de las cámaras de frío, además de ingresar la tarifa por uso nominal (por cantidad de fruta ingresada), el costo por uso total de la cámara y el costo de transporte de materia prima desde la cámara hacia la planta, como muestra la Figura 17.

Cabe destacar, que el modelo incorpora decisiones particulares respecto a características de contrato que pueden diferir en sus tarifas. Por ejemplo, existen proveedores de cámaras de frío que utilizan rangos de tarifa: en caso de utilizar menos de la mitad de la capacidad de una cámara, se factura por la mitad del costo total, y en caso de sobrepasar la mitad, se realiza un cobro por el total de la capacidad de la cámara, independiente si se utilizó

en su totalidad o de manera parcial. Por otro lado, otros proveedores presentan una tarifa nominal. Cada subconjunto queda expresado en el modelo dentro de los parámetros de $B_{nominal}$ y $B_{nonominal}$.

Figura 17: Módulo de cámaras de almacenamiento de materias primas

Fuente: elaboración propia.

Se encuentra por otro lado el módulo relativo al presupuesto de abastecimiento de materia prima, área competente de la gerencia de administración y finanzas. En este módulo, como se presenta en la Figura 18, es posible ingresar y modificar la información relativa a los recursos monetarios disponibles para cada período con tal de cubrir las necesidades de aprovisionamiento de materia prima, generando un total de presupuesto anual como consecuencia del ingreso parcial a nivel mensual. Esta información será la restricción presupuestaria que utilizará el modelo de optimización para encontrar una solución factible al problema.

Figura 18: Módulo de presupuesto

PRESUPUESTO ABASTECIMIENTO MATERIA PRIMA

SURFRUT

VOLVER A MÓDULO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA

PRESUPUESTO DEL PERÍODO

ENERO	:	\$50.000.000
FEBRERO	:	\$300.000.000
MARZO	:	\$700.000.000
ABRIL	:	\$700.000.000
MAYO	:	\$700.000.000
JUNIO	:	\$800.000.000
JULIO	:	\$900.000.000
AGOSTO	:	\$1.000.000.000
SEPTIEMBRE	:	\$1.000.000.000
OCTUBRE	:	\$250.000.000
NOVIEMBRE	:	\$100.000.000
DICIEMBRE	:	\$100.000.000
TOTAL	:	\$6.600.000.000

MODIFICAR PRESUPUESTO

Ayuda:
 *Para modificar presupuesto, asegúrese de escribirlo en el formato adecuado:
 Ej: \$220.000.000
 NO INGRESAR LETRAS

Fuente: elaboración propia.

Al ingresar al menú “Ver Resultados del Modelo de Optimización”, el sistema presenta varios submenús, como muestra la Figura 19, que representan los reportes que son generados luego de cargar el modelo con los datos ingresados previamente.

Uno de los reportes generados es el perfil de materia prima, que indica cómo debe provisionarse la empresa de manera de satisfacer los requerimientos de materia prima demandados por la planta a mínimo costo. Este reporte puede ser presentado de manera porcentual, como muestra la Figura 20, o bien expresado en bins o kilogramos, según sea de mejor entendimiento por quienes deben trabajar con la información. Estos resultados, debido a la naturaleza del negocio, son separados por destino, ya sea para Surfrut como Purefruit.

Figura 19: Menú de resultados del modelo de optimización



Fuente: elaboración propia.

Figura 20: Reporte de perfil de compra de MP

PERFIL DE COMPRA DE MATERIA PRIMA

Unidades en kg Porcentual
 Unidades en bins

VOLVER A RESULTADOS DEL MODELO

DESTINO	ESPECIE	DEMANDA ANUAL [kg]	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PF	Manzana B.Food	2.347.913	0,00%	2,61%	9,44%	21,93%	16,61%	17,89%	31,52%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PF	Manzana Conv	4.900.000	0,00%	0,00%	0,00%	25,51%	0,00%	25,51%	24,49%	0,00%	24,49%	0,00%	0,00%	0,00%
PF	Manzana Org	3.280.000	0,00%	15,90%	20,94%	4,16%	0,00%	21,95%	0,00%	23,32%	13,72%	0,00%	0,00%	0,00%
PF	Pera B.Food	240.000	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PF	Pera Conv	410.000	0,00%	0,00%	84,15%	15,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PF	Pera Org	70.200	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SF	Manzana Conv	21.010.000	0,00%	0,00%	8,64%	12,54%	17,88%	12,40%	16,66%	16,42%	15,47%	0,00%	0,00%	0,00%
SF	Manzana Org	5.190.000	0,00%	7,28%	13,59%	4,56%	12,72%	12,72%	12,72%	10,98%	25,43%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL PUREFRUIT :		11.248.113												
TOTAL SURFRUIT :		26.200.000												

Fuente: elaboración propia.

En el menú “Uso de Cámaras”, se presentan dos submenús que poseen diferentes objetivos, como se presenta en la Figura 21. El primero, tiene por objeto ser utilizado para la gestión interna de la empresa, y poder conocer el uso que se le dará a cada cámara y el segundo se relaciona con la facturación estimada de cada proveedor.

Figura 21: Submenú de reporte "Uso de Cámaras"




Fuente: elaboración propia.

Por tanto, el módulo relativo al uso de cámaras permite estimar de antemano cómo será el flujo de materia prima en cada período por cada cámara, conociendo el inventario máximo (que será facturado) por período, además de lo que ingresará y lo que será retirado, como muestra la Figura 22, información que puede ser presentada en kilogramos o en bins, indistintamente.

De esta manera, es posible generar el reporte de facturación de cámaras por período, como se muestra en la Figura 23. Con esta información, complementada con el uso de cámaras por período, es posible realizar negociaciones previas con los proveedores de cámaras con objeto de disminuir las tarifas mediante contratos de uso.

Figura 22: Módulo de uso de cámaras. Inventario, ingreso y retiro de materia prima

INVENTARIO FINAL DEL PERÍODO POR CÁMARA



Unidades en kg
 Unidades en bins

VOLVER A USO DE CÁMARAS


PROVEEDOR : CÁMARA :

	INVENTARIO DEL PERÍODO	INGRESO	RETIRO
ENERO	0	0	0
FEBRERO	0	0	0
MARZO	780	780	368
ABRIL	780	368	780
MAYO	780	780	593
JUNIO	780	593	780
JULIO	780	780	558
AGOSTO	780	558	780
SEPTIEMBRE	780	780	0
OCTUBRE	780	0	780
NOVIEMBRE	0	0	0
DICIEMBRE	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 23: Módulo de facturación de cámaras por período

FACTURACIÓN POR CÁMARAS PARA ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA



VOLVER A USO DE CÁMARAS

PERÍODO

CÁMARAS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SURFRUT	\$0	\$0	\$16.317.000	\$16.317.000	\$16.317.000	\$16.317.000	\$16.317.000	\$16.317.000	\$16.317.000	\$10.187.100	\$0	\$0
AGROFRIO	\$0	\$0	\$0	\$13.227.000	\$650.000	\$15.677.000	\$12.443.000	\$18.577.000	\$14.743.000	\$0	\$0	\$0
LA GREDIA	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
NEGRETE	\$0	\$3.800.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$13.300.000	\$0	\$0
SEBAFRUT	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
SOTOFRUT	\$0	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$1.850.000	\$0	\$0
TRANSFRUT	\$0	\$0	\$0	\$1.950.000	\$1.950.000	\$1.950.000	\$1.950.000	\$1.950.000	\$1.950.000	\$1.950.000	\$0	\$0
VICENTE HERNANDEZ	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
TOTAL :	\$0	\$5.650.000	\$31.467.000	\$46.644.000	\$34.067.000	\$49.094.000	\$45.860.000	\$51.994.000	\$48.160.000	\$27.287.100	\$0	\$0

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se cuenta con el reporte de uso de presupuesto, en el cual se detalla la manera en la que el modelo presupuestó utilizar el presupuesto ingresado con tal de encontrar una solución factible y a mínimo costo total, como muestra la Figura 24. Además, se presenta el valor de la función objetivo, representada en el modelo como el costo total de abastecimiento de materias primas.

Figura 24: Módulo de Uso de Presupuesto

	PRESUPUESTO	COSTO TOTAL PERÍODO	COSTO COMPRA MP	COSTO ALMACENAMIENTO MP	COSTO TRANSPORTE PROVEEDOR A PLANTA	COSTO TRANSPORTE CÁMARAS A PLANTA
ENERO	\$50.000.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
FEBRERO	\$300.000.000	\$196.092.500	\$189.458.300	\$5.650.000	\$984.200	\$0
MARZO	\$700.000.000	\$504.656.120	\$460.658.601	\$31.467.000	\$10.730.593	\$1.799.926
ABRIL	\$700.000.000	\$507.756.500	\$430.518.730	\$46.644.000	\$22.396.520	\$8.197.250
MAYO	\$700.000.000	\$550.299.320	\$490.678.800	\$34.067.000	\$21.879.420	\$3.674.100
JUNIO	\$800.000.000	\$784.441.370	\$699.968.000	\$49.094.000	\$26.339.620	\$9.039.750
JULIO	\$900.000.000	\$745.049.300	\$667.480.000	\$45.860.000	\$27.995.200	\$3.714.100
AGOSTO	\$1.000.000.000	\$769.626.390	\$685.826.000	\$51.994.000	\$22.486.640	\$9.319.750
SEPTIEMBRE	\$1.000.000.000	\$984.225.320	\$903.680.000	\$48.160.000	\$28.612.000	\$3.773.320
OCTUBRE	\$250.000.000	\$32.712.530	\$0	\$27.287.100	\$0	\$5.425.430
NOVIEMBRE	\$100.000.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
DICIEMBRE	\$100.000.000	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
COSTO TOTAL RESULTADO		\$5.074.859.350				

Fuente: elaboración propia.

Por último, se encuentra el módulo relativo a la composición de costo de abastecimiento de materia, en donde se presenta el costo unitario (por kg o bins) de abastecimiento “all in”, y desagregado por ítem (compra, almacenamiento y transporte), como muestra la Figura 25. Esta información es clave para la gerencia ya que permite establecer un comparativo directo respecto al presupuesto general, el cual se ha realizado bajo la misma estructura.

Para el caso simulado, es posible mencionar que el costo propuesto en el presupuesto general es menor al generado por el modelo, lo cual podría interpretarse como una deficiencia a la hora de establecer el presupuesto, o bien que el rango de error presupuestario presenta

una flexibilidad alta. Este comportamiento es acorde a los resultados obtenidos actualmente por la empresa (costo unitario real mayor al presupuestado).

Figura 25: Módulo de Composición de Costo asociado al perfil de compra

COSTO ASOCIADO AL PERFIL DE COMPRA

SURFRUT

Unidades en kg
 Unidades en bins

VOLVER A RESULTADOS DEL MODELO

DESTINO	ESPECIE	DEMANDA ANUAL [kg]	PRECIO PLAN ALL IN	PRECIO MP	ALMACENAMIENTO (FRÍO)	FLETE	PRECIO ALL IN
PF	Manzana B.Food	2.347.913	\$ 97,4	\$ 85,8	\$ 9,1	\$ 5,3	\$ 100,2
PF	Manzana Conv	4.900.000	\$ 87,4	\$ 89,8	\$ 9,1	\$ 6,1	\$ 105,
PF	Manzana Org	3.280.000	\$ 220,	\$ 217,3	\$ 9,1	\$ 4,9	\$ 231,3
PF	Pera B.Food	240.000	\$ 97,4	\$ 98,	\$ 9,1	\$ 6,	\$ 113,1
PF	Pera Conv	410.000	\$ 87,4	\$ 71,6	\$ 9,1	\$ 5,3	\$ 85,9
PF	Pera Org	70.200	\$ 220,	\$ 229,3	\$ 9,1	\$ 4,9	\$ 243,4
SF	Manzana Conv	21.010.000	\$ 97,4	\$ 93,1	\$ 9,1	\$ 5,5	\$ 107,7
SF	Manzana Org	5.190.000	\$ 220,	\$ 221,5	\$ 9,1	\$ 5,4	\$ 236,

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se propone la evaluación económica de implementar el proyecto en Agroindustrial Surfrut Ltda., la cual incorpora la inversión, costos y beneficios, con objeto de analizar la factibilidad económica a través del uso de indicadores como el VAN, TIR y el período de recuperación de la inversión.

8.1. Contexto de la Evaluación Económica de la Implementación del Proyecto

La evaluación económica del proyecto, genera como resultado la factibilidad en cuanto a su rentabilidad. Así, para ser generada, se establecen las distintas partidas que componen la estructura de un flujo de caja. Es relevante mencionar que para el análisis de los resultados obtenidos se han utilizado los siguientes indicadores:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Período de Recuperación de la Inversión

8.2. Inversión

Para efectos de la implementación del proyecto, es posible mencionar los siguientes ítems, relativos a inversión:

- Honorarios del Diseñador del Prototipo del sistema de información para el abastecimiento de materias primas
- Honorarios del Desarrollador del Sistema de Información (ámbito de TI)
- Capacitación de uso del sistema a los entes involucrados en su funcionamiento e interpretación para la toma de decisiones
- Costo por mantenimiento del sistema

8.3.1. Honorarios del diseñador del prototipo del Sistema de Información

Para efectos del diseño del sistema, debe considerarse el levantamiento de información, diagnóstico de la situación, propuesta de solución y desarrollo del prototipo según los requerimientos funcionales y no funcionales. Para ello, se considera a un Ingeniero Civil *trainee*, con honorario mensual (requerimiento a tiempo completo) por 5 meses, con una tarifa mensual de \$750.000. Es decir, a un costo total de \$3.750.000.

8.3.2. Honorarios del desarrollador del Sistema de Información

Respecto a este ítem, debe considerarse el uso del prototipo desarrollado en el punto anterior, adaptado al software de uso común en la empresa, ya sea programado mediante HTML o bien adaptándose al ERP utilizado actualmente (QAD para el caso de Surfrut, desarrollado en C++). Esta actividad debe ser desarrollada por un Ingeniero Informático o bien por un Ingeniero Civil con especialidad en tecnologías de información que maneje el uso de la programación en alguno de estos lenguajes, con experiencia en el rubro. Para ello, se considera un honorario mensual (a tiempo completo) por 2 meses, con una tarifa mensual de \$950.000, es decir, un costo total de \$1.900.000.

8.3.3. Capacitación de uso del sistema

Sobre este ítem, se considera un período de capacitación de 1 mes previo al uso del sistema, más un período de apoyo de 1 mes durante el uso del sistema por primera vez. Esta labor puede ser desarrollada por un Ingeniero Civil Informático *trainee* (o Civil que maneje el uso del lenguaje de programación requerido) que tenga conocimiento respecto al desarrollo del software. Para ello, se considera un honorario mensual de \$500.000, utilizando al personal a medio tiempo (capacitación efectiva de quince días). Este concepto genera un costo total de \$1.000.000.

8.3.4. Mantenimiento del Sistema

Para asegurar el buen funcionamiento del sistema, se considera una visita semestral a la empresa para reparar posibles problemas o realizar mejoras al mismo, con un costo de \$250.000 por visita, durante los dos primeros años posteriores a la implementación. Esto genera un costo total de \$1.000.000 (en dos años).

8.3. Costos del Proyecto

Para poder realizar la implementación del proyecto, deben considerarse la compra del software de optimización: *IBM CPLEX Optimization Studio* u otro de similares características, para ser utilizado libremente por la empresa. La empresa proveedora de este

programa, utiliza una modalidad de licencia anual, a un costo de \$11.627,00 dólares, según cotización presentada por ejecutivo de la firma.

Para correr el modelo, debido a la naturaleza de la solución propuesta, no se requiere una inversión mayor en cuanto a servidores o equipos con capacidades mayores a las que manejan los usuarios del sistema.

8.4. Beneficios del Proyecto

Si bien no existe una fuente generadora de ingresos de manera directa, es posible encontrar beneficios a través de la disminución de costos al utilizar el modelo de optimización de abastecimiento de materia prima y sus reportes en el sistema de información para la toma de decisión en cada arista del problema.

Para ello, se considera una estimación de beneficios acorde a un porcentaje del ahorro percibido por la diferencia entre la utilización del modelo de optimización y al costo promedio de abastecimiento de materia prima, eliminando el costo de compra de materia prima (ya que la variación mercado podría esconder problemas de gestión) de los últimos tres períodos (2016,2017 y 2018 con proyección).

Para el cálculo, se ha utilizado información proveniente del reporte gerencial de enero del año 2018, en el cual se plantean los costos unitarios de flete y frío para el año 2016 y 2017, como se presenta en la Figura 26, complementado con la solución actual ya presentada.

Figura 26: Comparativo de composición de costos de Abastecimiento de MP para el año 2016 y 2017

Comparativo de evolución Costo Estándar Manzana 2017 – 2016.										
	Costos Real 2017 (\$/kg)				Costos Real 2016 (\$/kg)				Variación	
	Mat. Prima	Flete	Frío	Total	Mat. Prima	Flete	Frío	Total	Año 17 v/s 16 (\$)	
Mz. Conv. Desech.	76.8	6.6	14.2	97.6	81.9	6.9	12.6	101.4	-3.8	
Mz. Conv. Puré	62.7	6.6	14.2	83.5	64.9	6.9	12.6	84.4	-0.9	
Mz. Org. Desech.	242.8	6.6	14.2	263.6	307.5	6.9	12.6	327.0	-63.5	
Mz. Org. Puré	231.5	6.6	14.2	252.2	301.0	6.9	12.6	320.5	-68.3	
Mz. BF. Puré	75.1	6.6	14.2	95.9	71.9	6.9	12.6	91.4	4.5	

Fuente: reporte gerencial Surfrut, área Abastecimiento MP. Enero 2018.

Por tanto, si se considera una demanda fija de materia prima para los tipos de materia prima propuestos en el comparativo previo, es posible obtener un costo total de flete y frío como se plantea en la Tabla 7.

Tabla 7: Comparativo de costos de flete y frío

Destino	Especie	Kg	Flete+Frío 2016	Flete+Frío 2017	Flete+Frío 2018	Flete+Frío Resultado Modelo
PF	Manzana B.Food	2.347.913	20,8	19,5	20,49	\$ 14,4
PF	Manzana Conv	4.900.000	20,8	19,5	20,49	\$ 15,2
PF	Manzana Org	3.280.000	20,8	19,5	20,49	\$ 14,0
SF	Manzana Conv	240.000	20,8	19,5	20,49	\$ 14,6
SF	Manzana Org	410.000	20,8	19,5	20,49	\$ 14,5
Total		36.727.913				

	2016	2017	2018
COSTO TOTAL	\$ 232.500.590	\$ 217.969.304	\$ 229.017.461
PROMEDIO 3 PERÍODOS			\$ 226.495.785
COSTO FLETE+FRÍO RESULTADO MODELO			\$ 163.529.393
Diferencia			\$ 62.966.391

Fuente: elaboración propia en base a datos otorgados por Surfrut.

Es decir, se podría considerar un beneficio anual por implementación del proyecto de \$62.966.391 pesos chilenos.

8.5. Tasa de descuento del proyecto

La tasa de descuento utilizada para la implementación del proyecto es la designada por el holding de Surfrut, que corresponde a un 6,7%. A este valor, la empresa evalúa sus proyectos, ya que se considera como la tasa de rentabilidad promedio de retorno del negocio.

8.6. Flujo de Caja del proyecto

Con los datos necesarios para la evaluación económica, se ha realizado un flujo de caja puro, considerando el escenario propuesto previamente en cuanto a beneficios, costos e inversión, bajo un horizonte de planificación a tres años (período en el cual podría implementarse completamente el sistema). El resultado de la evaluación se muestra en la Figura 27, e indica que el proyecto, evaluado a tres años, genera un VAN positivo, de \$138.443.313, junto a una TIR de 830% y un período de recuperación de la inversión de 1 año. Por tanto, es posible mencionar que el proyecto es económicamente rentable.

Figura 27: Evaluación Económica de la Implementación del Proyecto

Año	0	1	2	3
INGRESOS				
Beneficios Proyecto		\$62.966.391	\$62.966.391	\$62.966.391
COSTOS FIJOS				
Licencia Software Optimización		\$ -7.658.705	\$ -7.658.705	\$ -7.658.705
UTILIDAD		\$55.307.686	\$55.307.686	\$55.307.686
INVERSIÓN				
Honorarios Diseñador Sistema	\$ -3.750.000			
Honorarios Desarrollador Sistema	\$ -1.900.000			
Capacitación Sistema	\$ -1.000.000			
Mantenimiento del Sistema		\$ -500.000	\$ -500.000	
Flujo	\$ -6.650.000	\$ 55.307.686	\$ 54.807.686	\$ 54.807.686
Valor Actual	\$ -6.650.000	\$ 51.834.757	\$ 48.140.725	\$ 45.117.831
Valor Actual Acumulado	\$ -6.650.000	\$ 45.184.757	\$ 93.325.483	\$ 138.443.313
VAN	\$138.443.313			
TIR	830%			
PRI	1			
TREMA	6,7%			

Fuente: elaboración propia.

8.7. Análisis de Sensibilidad del Proyecto

Debido a que las variables de inversión y costo del proyecto presentan una variabilidad poco significativa en los resultados de la evaluación económica del proyecto, es relevante realizar un análisis de sensibilidad a la variable que presenta mayor impacto sobre los flujos.

Por este motivo, es que se la variable sensibilizada ha sido el beneficio anual del proyecto. Si los beneficios del proyecto, es decir, el impacto de la implementación del proyecto presenta disminución respecto al estimado, es posible encontrar un escenario de holgura máxima para factibilidad económica al disminuir este concepto en un 83,33%. Es decir, si el impacto del beneficio anual alcanza sólo un 16,67% de lo esperado, el proyecto presenta un VAN igual a cero, es decir, sería indiferente (económicamente hablando) la realización del proyecto. Los resultados del escenario de sensibilidad se presentan en la Tabla 8. Por tanto, es posible afirmar que el proyecto presenta una factibilidad económica positiva, con bajo riesgo de presentar pérdidas, por lo que es recomendable realizar el proyecto.

Tabla 8: Análisis de Sensibilidad de la Implementación del Proyecto

Indicador Escenario	Escenario estimado	Escenario de máxima sensibilidad para rentabilidad (Disminución 83,33% Beneficios)
VAN	\$ 138.443.313	\$ 0
TIR	830%	6,7%
PRI	1	3

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Considerando el diagnóstico observado en el área de Abastecimiento de Materias Primas en Agroindustrial Surfrut Ltda., es posible afirmar que pese a que existen procedimientos documentados respecto a actividades relacionadas al abastecimiento (en el Sistema de Gestión de Calidad), no se encuentra formalizado el procedimiento como tal, y aún más, estas actividades carecen de relación con los ejes direccionales de la gerencia. Por este motivo, es que, para el presente año, se realizó un aprovisionamiento bajo el enfoque de abastecimiento a corto plazo, en donde la gerencia de materias primas apostó a generar mayor beneficio sobre el costo de almacenamiento y transporte. El problema se presentó no solo por el aumento de las facturas de almacenamiento, sino también por la pérdida de materia prima ante el eventual deterioro de sus propiedades, debido a la poca flexibilidad en la gestión de guarda por exceso de flujo al inicio de la temporada. Por este motivo, es que se deja en claro que debe realizarse una propuesta de mejora para el abastecimiento de materias primas en la empresa.

La solución propuesta, a través de la utilización de un modelo matemático de programación lineal que permite realizar un plan de abastecimiento a mínimo costo (compra, transporte y almacenamiento), es capaz de generar información clave para anteceder los requerimientos de almacenamiento, decisiones de compra y posibilidad de negociar tarifas que permitan disminuir en mayor medida los costos involucrados. Como esta información, además, está contenida en un software de fácil manejo para los usuarios (prototipo en Excel), permite una mayor fluidez de información entre las distintas entidades que interactúan con el sistema.

Por último, la evaluación económica del proyecto presenta un escenario positivo, con una baja inversión y costos fijos, pero un alto beneficio expresado a través de una disminución de costos respecto al promedio de costo de abastecimiento de los períodos anteriores. De esta forma, habiendo sensibilizado el proyecto, éste genera flujos positivos disminuyendo hasta en un 83% los beneficios esperados, permitiendo así recomendar la realización del proyecto para la empresa Surfrut.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Miranda, E. (2016). Módulo Programación Matemática impartido en Universidad de Talca. Curicó, Chile.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson Educacion Inc.
- Chiletransforma. (Agosto de 2017). Agroindustria para el desarrollo: Maule. *Maule Alimenta Al Mundo*. Maule.
- Letelier, J. (2016). Módulo Tecnologías de Información impartido en Universidad de Talca. Curicó. Chile
- Ruz, J.J.(2012) Introducción a la programación matemática. Máster universitario en Ingeniería de Sistemas y Control
- Miranda, Miguel. EDUCA (2003) Programación Lineal y su entorno.
- Zhong, Yiqing, Aghezzaf, El-Houssaine (2012). Modeling and solving the multi-period inventory routing problem with constant demand rates.
- Goic, Marcel. (2005). Modelamiento de Problemas de Programación Lineal con Variables Binarias.

ANEXOS

Anexo 1: Escenario de Sensibilidad del Proyecto disminuyendo un 83,5% los beneficios esperados

Año	0	1	2	3
INGRESOS				
Beneficios Proyecto		\$10.389.455	\$10.389.455	\$10.389.455
COSTOS FIJOS				
Licencia Software Optimización		\$ -7.658.705	\$ -7.658.705	\$ -7.658.705
UTILIDAD				
		\$2.730.750	\$2.730.750	\$2.730.750
INVERSIÓN				
Honorarios Diseñador Sistema	\$ -3.750.000			
Honorarios Desarrollador Sistema	\$ -1.900.000			
Capacitación Sistema	\$ -1.000.000			
Mantenimiento del Sistema		\$ -500.000	\$ -500.000	
Flujo	\$ -6.650.000	\$ 2.730.750	\$ 2.230.750	\$ 2.230.750
Valor Actual	\$ -6.650.000	\$ 2.559.278	\$ 1.959.395	\$ 1.836.359
Valor Actual Acumulado	\$ -6.650.000	\$ -4.090.722	\$ -2.131.327	\$ -294.968
VAN				\$-294.968
TIR				4%
PRI				3
TREMA				6,7%

Fuente: elaboración propia.

Anexo 2: Escenario de Sensibilidad del proyecto disminuyendo un 83,33% los beneficios del proyecto

Año	0	1	2	3
INGRESOS				
Beneficios Proyecto		\$10.501.237	\$10.501.237	\$10.501.237
COSTOS FIJOS				
Licencia Software Optimización		\$ -7.658.705	\$ -7.658.705	\$ -7.658.705
UTILIDAD				
		\$2.842.532	\$2.842.532	\$2.842.532
INVERSIÓN				
Honorarios Diseñador Sistema	\$ -3.750.000			
Honorarios Desarrollador Sistema	\$ -1.900.000			
Capacitación Sistema	\$ -1.000.000			
Mantenimiento del Sistema		\$ -500.000	\$ -500.000	
Flujo	\$ -6.650.000	\$ 2.842.532	\$ 2.342.532	\$ 2.342.532
Valor Actual	\$ -6.650.000	\$ 2.664.042	\$ 2.057.580	\$ 1.928.379
Valor Actual Acumulado	\$ -6.650.000	\$ -3.985.958	\$ -1.928.378	\$ 0
VAN				\$0
TIR				6,7%
PRI				3
TREMA				6,7%

Fuente: elaboración propia.