

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN - CHILE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN  
APLICADAS A UNA PLANTA PESQUERA**

Por

**FRANCISCO JAVIER JARAMILLO MENDEZ**

Profesor Guía:

**Dr. Eduardo Javier Salazar Hornig**

**Concepción, Diciembre de 2016**

Tesis presentada a la

**Dirección de postgrado**

**Universidad de Concepción**



Para optar al grado de

**MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **RESUMEN**

## **EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN APLICADAS A UNA PLANTA PESQUERA**

**Francisco Javier Jaramillo Mendez**

**Diciembre 2016**

**PROFESOR GUÍA: Dr. Eduardo Javier Salazar Hornig**

**PROGRAMA: Magíster en Ingeniería Industrial**

En el presente trabajo se desarrolla un modelo de simulación que apoya la toma de decisiones en los procesos de abastecimiento, almacenaje, la planificación y programación de la producción de corto y mediano plazo en una empresa pesquera productora de harina y aceite de pescado de la más alta calidad en base a sardina común del pacífico sur. Para la realización de este trabajo fue necesario recopilar datos en forma empírica, para así generar un modelo que sea representativo de la situación real. Para su elaboración se generaron estrategias de producción, en base a la aceptación, tratamiento y producción de la pesca, para esto fue necesario determinar todos los costos e ingresos por el procesamiento de materia prima, obteniendo los puntos de equilibrio para la producción de harina de pescado cuando se generan costos de almacenamiento y cuando no se generan. Se concluye que esta herramienta de simulación es útil para definir la mejor estrategia entre las probadas, la que permite generar una mayor utilidad y darle mayor utilización al sistema productivo, estableciendo que recepcionar toda la materia prima y almacenarla durante 6 horas antes de procesar genera una mayor rentabilidad que el resto de las estrategias, a pesar de incurrir en costos de almacenamiento. Finalmente este trabajo incorpora la característica de alimento perecedero de la pesca, la variable estocástica de la industria y los parámetros operacionales de la planta pesquera.

Palabras Claves: Planificación, Estrategias de producción, simulación, pesquera, alimento perecedero, abastecimiento de materia prima.

# **ABSTRACT**

## **EVALUATION OF PRODUCTION STRATEGIES APPLIED TO A FISHING PLANT**

**Francisco Javier Jaramillo Mendez**

**December 2016**

**THESIS SUPERVISOR: Dr. Eduardo Javier Salazar Hornig**

**PROGRAM: Magíster en Ingeniería Industrial**

In this thesis is developed a simulation model to support the decision making process in supply, storage, planning, and short-term and medium-term production programming for a Fishery Company, that produces fish flour and high quality fish oil based on pacific sardine.

In order to complete this thesis, it was necessary to gather data empirically, to generate a model able to represent reality. Production strategies were developed based on acceptance, treatment, and production: Every cost and income involved in raw material processing was assessed and equilibrium points were determined in two cases: if storage cost are generated and if not.

This tool resulted useful in defining the best strategy among all strategies tested; generating more profits and exploits the productive system. It was established that Taking in all raw material and storing it for 6 hours before process, generates more profits that any other strategy, even if storage costs are involved. Finally this model also considers fish as perishable food; it incorporates the stochastic factor of the industry, and operational settings of the fishery plant.

Keywords: Planning, Strategies of production, simulation, fishing, perishable food, supply of raw material.

# TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ABSTRACT.....	iii
LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
Capítulo 1 : INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Origen del tema.....	2
1.2 Objetivo general y específico .....	3
Capítulo 2 : DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO .....	5
2.1 Descripción de la empresa.....	5
2.2 Sistema productivo .....	6
2.2.1 Producción.....	6
2.2.2 Procesos.....	8
2.2.3 Planta de tratamiento de riles .....	10
Capítulo 3 : ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN Y SIMULACIÓN .....	12
3.1 Planificación del abastecimiento de materia prima. ....	12
3.2 Tratamiento de productos perecederos .....	13
3.3 Simulación de sistemas.....	15
Capítulo 4 : DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN.....	19
4.1 Determinación de la cantidad mínima de materia prima a procesar $Q_0$ .....	19
4.1.1 Parámetros.....	20
4.2 Materiales y otros costos asociados a la producción .....	22
4.3 Costos relacionados y cargos a la producción .....	24
4.4 Costos de insumos utilizados en producción .....	25
4.5 Determinación de ingresos.....	39

4.6 Determinación de costos fijos.....	40
4.7 Punto de equilibrio.....	40
4.8 Costos de almacenamiento de materia prima.....	42
Capítulo 5 : EVALUCIÓN DE ESTRATEGIAS de PRODUCCIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN.....	44
5.1 Elementos de un modelo de simulación.....	44
5.2 Objetivo y alcances del modelo .....	45
5.3 Análisis y recopilación de datos .....	45
5.4 Descripción del modelo .....	50
5.4.1 Medidas de desempeño .....	52
5.4.2 Locaciones.....	52
5.4.3 Entidades .....	53
5.4.4 Duración de la corrida de simulación.....	53
5.4.5 Determinación del número de réplicas.....	53
5.5 Validación del modelo .....	54
Capítulo 6 : ANALISIS DE ESTRATEGIAS.....	55
6.1 Planificación de producción mediante estrategia 1.....	55
6.2 Planificación de producción mediante estrategia 2.....	56
6.3 Planificación de producción mediante estrategia 3.....	57
Capítulo 7 : CONCLUSIONES.....	63
REFERENCIAS .....	66
ANEXOS .....	70
Anexo 1: Representación del modelo en Excel .....	70
Anexo 2: Regresiones lineales .....	75
Anexo 2.1: Regresión lineal materiales de producción vs materia prima.....	75

Anexo 2.2: Regresión lineal ropa de trabajo vs materia prima .....	76
Anexo 2.3: Regresión lineal trabajadores eventuales vs materia prima.....	77
Anexo 2.4: Regresión lineal costos relativos a la producción vs materia prima.....	77
Anexo 3: Costos incurridos debido a la producción .....	78
Anexo 4: Determinación punto de equilibrio .....	79
Anexo 4.1: Consumo eléctrico maquinas utilizadas en producción.....	79
Anexo 4.2: Determinación de punto de equilibrio .....	83
Anexo 5: Datos utilizados en modelo de simulación.....	88
Anexo 6: Resultados de variables por escenario .....	89



## Lista de Tablas

Tabla 4.1: Rendimiento por producción .....	20
Tabla 4.2: Precios de venta de productos .....	21
Tabla 4.3: Precio de insumos.....	21
Tabla 4.4: Costos asociados a la producción.....	23
Tabla 4.5: Cargos a la Producción.....	24
Tabla 4.6: Áreas del sistema productivo para el consumo eléctrico .....	26
Tabla 4.7: Potencia eléctrica de la planta productiva .....	27
Tabla 4.8: Composición química obtenida por laboratorio .....	31
Tabla 4.9: Composición y flujos calculados en laboratorio .....	32
Tabla 4.10: Procesos que involucran consumo de combustible .....	33
Tabla 4.11: Valores ingresados al balance de energía.....	35
Tabla 4.12: Vapor requerido en procesos.....	35
Tabla 4.13: Consumo de vapor de procesos.....	37
Tabla 4.14: Utilización agua de producción.....	38
Tabla 4.15: Cantidad de insumos por tonelada de harina de pescado .....	38
Tabla 4.16: Cantidad de insumos por tonelada de materia prima (MP).....	39
Tabla 4.17: Costos de insumos por cantidad de materia prima (MP).....	39
Tabla 4.18: Insumos utilizados en el almacenamiento de materia prima.....	42
Tabla 4.19: Costo de insumos de medida de mitigación .....	43
Tabla 5.1: Validación del modelo (Fuente: Elaboración propia) .....	54
Tabla 6.1: Medidas de desempeño para estrategia 1 .....	56
Tabla 6.2: Medidas de desempeño para estrategia 2 .....	56
Tabla 6.3: Medidas de desempeño para estrategia 3A .....	57
Tabla 6.4: Medidas de desempeño para estrategia 3B .....	58
Tabla 6.5: Medida de desempeño para estrategia 3C.....	58
Tabla 6.6: Análisis de confianza para variables de decisión .....	62

## Lista de Figuras

Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso productivo.....	7
Figura 2.2: Procesos y flujos en la producción.....	8
Figura 2.3: Diagrama de sistema de tratamientos de riles.....	11
Figura 4.1: Análisis del punto de equilibrio.....	20
Figura 4.2: Costos relacionados a la producción.....	25
Figura 4.3: Etapas con cambios físicos del proceso.....	29
Figura 4.4: Balance de materia al sistema productivo.....	30
Figura 4.5: Balance de materia en los secadores.....	36
Figura 4.6: Determinación del tamaño mínimo del lote de producción.....	41
Figura 4.7: Determinación del $Q_0$ con costos de almacenamiento.....	43
Figura 5.1: Histograma tiempo entre arribos.....	47
Figura 5.2: Prueba bondad de ajuste arribo de materia prima.....	47
Figura 5.3: Histograma cantidad de materia prima.....	48
Figura 5.4: Prueba bondad de ajuste cantidad de materia prima.....	49
Figura 5.5: Prueba Kolmogorov Smirnov cantidad de materia prima.....	49
Figura 5.6: Diagrama de recepción de pesca.....	50
Figura 5.7: Modelo lógico de simulación.....	51
Figura 6.1: Costos incurridos por aplicación de estrategias.....	59
Figura 6.2: Porcentaje de utilidad generado por aplicación de estrategias.....	59
Figura 6.3: Utilidad generada por aplicación de estrategias.....	60
Figura 6.4: Utilidad por cada tonelada de pesca procesada.....	61
Figura 6.5: Intervalos de confianza para utilidad.....	61



# CAPÍTULO 1 : INTRODUCCIÓN

El sector pesquero Chileno ha operado por muchos años mediante la captura de peces y algas en gran parte de la costa chilena, permitiendo el desarrollo de las industrias de harina de pescado, conservas, congelados, deshidratados, ahumados y secado de algas. Sin embargo, en los últimos años se ha estancado el desarrollo productivo e incluso disminuido la captura de peces, lo que ha hecho vulnerables a ciertas empresas de la industria pesquera. Esto se debe a diversos factores, como son las regulaciones ambientales y políticas, bajo índice de *captura por nivel de esfuerzo*, baja biomasa en ciertos sectores, alta variabilidad de la recepción de materia prima, entre otros.

Las regulaciones a la industria pesquera han sido cada vez más severas, debido a la sobreexplotación de los recursos marinos de los últimos años. La introducción de periodos de veda, la creación de cuotas de pesca y variaciones económicas del mercado, han hecho que la captura por parte de pescadores industriales y artesanales sea cada vez más escasa, es por esto que la materia prima que llega a la planta productiva es incierta, generando distorsiones en la planificación de la producción y en la estimación de lotes a producir (Wiff & Quiñones, 2004).

Con los costos productivos como el petróleo, agua potable, etc., cada vez más altos, surge el cuestionamiento de si es recomendable producir harina y aceite de pescado bajo las condiciones actuales, o si existe una estrategia de gestión recomendable para la toma de decisiones en cuanto a la adquisición de materia prima, dado el ambiente dinámico de los arribos de barcos artesanales y el desconocimiento de la cantidad de pesca que estos pueden traer.

La materia prima utilizada para la elaboración de harina y aceite de pescado es un producto perecedero (conserva sus propiedades solo durante un espacio de tiempo determinado), el pescado se conserva en hielo alrededor de 14 días, dentro de los cuales los dos primeros días prácticamente no hay pérdida de la calidad (FAO, 2016), por lo que generar estrategias para la administrar la pesca es fundamental, debido a que si no se procesa inmediatamente se perderá la calidad del producto final lo que conlleva a una disminución del precio de venta, o un aumento en los costos por tratar la materia prima para que no pierda la calidad, como la utilización de hielo, agua dulce y cámaras refrigerantes. Ambas alternativas descritas proponen una disminución del margen de contribución del producto final.

## 1.1 Origen del tema

El presente trabajo de tesis está orientado a la industria pesquera, específicamente en las empresas productoras de harina y aceite de pescado, con alto valor agregado, las cuales se basan en la pesca realizada por pescadores artesanales mediante el arribo de barcos a sus instalaciones. Chile, junto a Perú son los principales productores de harina de pescado del mundo, por lo que tienen la misión de generar herramientas de mejoramiento de la gestión operacional de sus plantas productivas.

Para el análisis fue tomada como base la empresa Lota Protein S.A., ubicada en la región del Biobío, específicamente en la comuna de Lota, la cual inicia sus operaciones en el año 1995, presidida por el señor José Simón Gundelach Hernández, produciendo harina de pescado a partir de la compra de materia prima a pescadores artesanales de la zona y las capturas de su flota industrial.

Actualmente la planta productiva no cuenta con un sistema de gestión que apoye el proceso de toma de decisiones para el recibimiento de la pesca. Por lo tanto, es necesario resolver bajo condiciones aceptar la materia prima traída por los pescadores artesanales, esto en un ambiente dinámico, debido a la aleatoriedad de los intervalos de tiempo entre arribos de materia prima y a la cantidad de materia prima que trae cada barco.

Por condiciones propias de la industria, la producción de harina y aceite de pescado debe hacerse con pesca lo más fresca posible. Dejar materia prima a la espera del sistema productivo involucra un aumento de los costos operacionales, para mantener la calidad de la pesca, dada la característica del alimento perecedero. Sin embargo, este objetivo está en conflicto con múltiples restricciones, como es la llegada de barcos con materia prima, los cuales arriban indistintamente a la planta, junto con la cantidad de pesca que estos traen, donde estas variables al ser aleatorias dificultan el cumplimiento del objetivo de forma eficiente.

La forma de almacenar la materia prima toma un rol relevante en este análisis, debido a que si se mantiene más tiempo la pesca, se debe suministrar recursos para mantener la calidad de esta, lo que provoca un aumento de los costos productivos. Otra alternativa es no invertir recursos en mantener la pesca, lo que implica una disminución de la calidad del producto, generando una disminución del precio de venta. Ambas opciones dan como resultado una disminución del margen de ganancia para la empresa, por lo tanto es fundamental generar una herramienta de gestión para la toma de decisiones de la adquisición de materia prima.

En primera instancia se debe determinar cuál es la cantidad mínima de materia prima que se puede procesar para no incurrir en pérdidas. Luego evaluar distintas alternativas (excluyentes), de acuerdo a la utilidad que genera cada una de ellas al procesar la pesca. Cada una de estas alternativas guía el comportamiento de decisión del área de producción con respecto a la adquisición de materia prima y al posterior procesamiento de esta.

## **1.2 Objetivo general y específico**

### **Objetivo general**

Desarrollar un sistema de gestión productivo basado en un modelo de simulación para apoyar la toma de decisiones en la adquisición y manejo de la materia prima antes de la producción.

### **Objetivos específicos**

Para el cumplimiento del objetivo general, es necesario llevar a cabo los siguientes objetivos específicos:

- Modelar estadísticamente la cantidad de materia prima que trae cada barco.
- Modelar estadísticamente el tiempo entre llegada de barcos con materia prima.
- Determinar la cantidad mínima de materia prima con la que se puede procesar para no incurrir en pérdidas.
- Desarrollar un plan y/o programa de gestión productiva mediante un modelo de simulación de los arribos de materia prima.

La materia prima es un producto perecedero, por lo que mientras mayor tiempo pasa, esta se va descomponiendo en mayor medida, por lo que es necesario invertir recursos para mantener la calidad de los productos. Por lo tanto para desarrollar lo descrito anteriormente, se realizaron 3 alternativas operacionales. Las alternativas excluyentes son:

- Aceptar y recibir la materia prima traída por los barcos artesanales, solo cuando esta iguale o supere la cantidad establecida como mínima ( $Q_0$ ) para no generar pérdidas por procesar y producir harina y aceite de pescado, procesándola de inmediato. Esta opción no involucra costos de mantener la calidad de la materia prima.
- Aceptar y recibir la materia prima traída por los barcos artesanales independiente de la cantidad, acumulando esta hasta igualar o superar la cantidad establecida como mínima ( $Q_0$ ).

El mantener la materia prima una cierta cantidad de tiempo implica incurrir en costos para no perjudicar la calidad que los clientes exigen.

- Aceptar y recibir la materia prima traída por los barcos artesanales independiente de la cantidad, la que será acumulada una cierta cantidad “t” de tiempo. Para esta estrategia se probaran diferentes valores para el parámetro “t”, con el fin de establecer cual da un mejor resultado. Esta estrategia involucra el costo de mantención de la materia prima.

La hipótesis planteada en el presente trabajo establece que existe una estrategia de producción, que puede llegar a genera una mayor utilidad en función de cómo se procesa y no de la cantidad de pesca procesada.

La herramienta de simulación desarrollada permite evaluar las tres alternativas descritas, mediante la utilidad que genera cada una de ellas, con lo cual se podrá optar por la mejor alternativa.



## CAPÍTULO 2 : DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO

En este capítulo se presenta una descripción de la empresa donde se desarrolla esta tesis, junto con una presentación del sistema productivo.

### 2.1 Descripción de la empresa

La presente tesis se desarrolla enfocada en la industria pesquera, especialmente en las empresas que se dedican a la producción de harina y aceite de pescado mediante el arribo de barcos artesanales. Para la obtención de información fue necesario seleccionar una empresa pesquera con las características descritas, es por esto que el presente trabajo se desarrolla en la compañía Lota Protein S.A.

Lota Protein S.A. es una empresa pesquera ubicada en la región del Biobío, específicamente en la comuna de Lota, la cual inicia sus operaciones en el año 1995, presidida por el señor José Simón Gundelach Hernández, produciendo harina de pescado a partir de la compra de materia prima a pescadores artesanales de la zona y las capturas de su flota industrial. Posteriormente, el año 2000, ingresa a la propiedad de la empresa el grupo Noruego Koppernaes, quienes incorporan tecnología de punta, adquiriendo el 100% de la compañía el año 2004. Para el año 2013, Lota Protein S.A. pasa a formar parte de "TripleNine Group", compañía pesquera conformada en un 50% por la empresa pesquera Vedde AS, perteneciente al grupo Noruego Koppernaes, y en igual proporción por la empresa Danesa TripleNine.

Lota Protein S.A. actualmente produce y vende harina y aceite de pescado de la más alta calidad, a fin de satisfacer con los altos estándares de la industria de alimento animal en Chile y el resto del mundo, entregando garantías de un producto de excelencia, trazable, homogéneo y en óptimas condiciones de higiene microbiológica, manteniendo siempre una constante preocupación por el cuidado y preservación del medio ambiente, de las comunidades con las cuales interactúa y de las condiciones laborales de sus trabajadores.

La empresa consta de los Departamentos de Materia Prima, Mantención, Administración, Producción y Ventas, los cuales son descritos a continuación:

- **Materia Prima:** Departamento encargado de la adquisición de materia prima, a través de la flota industrial “Santa María” y pescadores artesanales. Se encarga de generar contratos

y asegurar el cumplimiento de éstos. Tiene una injerencia directa en la utilidad de la empresa, ya que maneja el precio del pescado, el cual es el mayor costo del producto.

- **Mantenimiento:** Departamento encargado de planificar e implementar la mantención de la planta, del banco industrial y la zona de descarga. Este es uno de los departamentos con mayor relevancia, porque dada la naturaleza de la industria, existen ocasiones en el que no es posible producir, tiempo que es utilizado en realizar mantenciones preventivas, para evitar fallas en los momentos de operación y minimizar las pérdidas.
- **Administración:** Departamento encargado del control financiero y contable, junto con la gestión organizacional, el cual entrega reportes contables a la empresa matriz, debiendo consolidar la información de todas las áreas.
- **Producción:** Departamento encargado de las operaciones productivas, incluyendo además de la producción y operación del sistema productivo, el control de los costos de energía, del tiempo extra, entre otros.
- **Ventas:** Consta de distintas sub áreas, correspondientes a productos terminados (que involucra costos de inventario y de transporte), ventas (módulo en el cual se agrupa la información de cantidades vendidas y de ingresos obtenidos por las ventas) y laboratorio (encargado del control de calidad de los productos terminados durante los procesos productivos).

## 2.2 Sistema productivo

Para la producción de harina y aceite de pescado, las empresas pesqueras cuentan con plantas que poseen equipos que han sido seleccionados entre los mejores fabricantes del mundo, garantizando una operación con altos rendimientos de producción y niveles de calidad.

El sistema productivo se puede caracterizar por dos grandes áreas, la primera y más importante es la producción de harina y aceite de pescado y la segunda es la planta de tratamientos de residuos (planta riles).

### 2.2.1 Producción

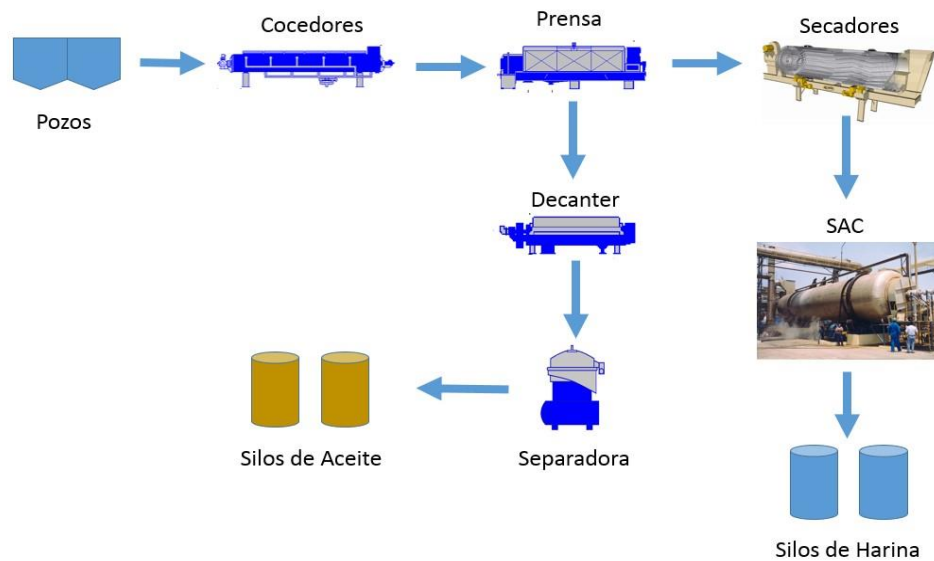
El sistema productivo contempla la descarga de materia prima en el pontón, el cual es un tipo de embarcación usado como plataforma flotante, que sirve como sistema de absorción de materia prima, la que es traída por barcos artesanales e industriales, mediante un sistema de

arribo de materia prima. Este arribo es de forma aleatoria tanto en su llegada como en la cantidad que traen. Posteriormente, esta materia prima es trasladada a los pozos de descarga mediante una cinta transportadora, donde se almacena la materia prima esperando ser llevada al proceso productivo.

Una vez que la materia prima ha llegado a los pozos de almacenamiento, con la información correspondiente de especie y cantidad adquirida de cada Flota, el Laboratorio de Control de Calidad se encarga de realizar un primer análisis a la materia prima, para determinar la condición de ésta y, posteriormente, verificar la calidad y parámetros operacionales del proceso, hasta la obtención de la harina.

La pesca recibida, es analizada para medir su grado de frescura a través de la determinación del TVN (Nitrógeno Total Volátil). Este índice cuantifica las bases nitrogenadas producidas durante el proceso de deterioro del pescado, y por consiguiente discrimina la calidad del producto final.

Una vez almacenada una cantidad suficiente de materia prima en los pozos, esta es llevada a los distintos procesos del sistema productivo en donde son utilizados, los cuales son: pozos de almacenamiento, cocedores, prensas, decaners, separadores, purificadores, secadores de conducción, secador de aire caliente, enfriador, silos de harina y de aceite y calderas. En la Figura 2.1 se puede observar el diagrama de flujo del proceso productivo, destacándose los procesos y los flujos de los productos existentes.



**Figura 2.1: Diagrama de flujo del proceso productivo (Fuente: Elaboración propia)**

## 2.2.2 Procesos

La producción de harina y aceite de pescado consta de diversos procesos productivos de alta complejidad, los cuales se pueden observar en la Figura 2.2, partiendo de la recepción de la materia prima, hasta la obtención de harina y aceite de pescado de la más alta calidad.

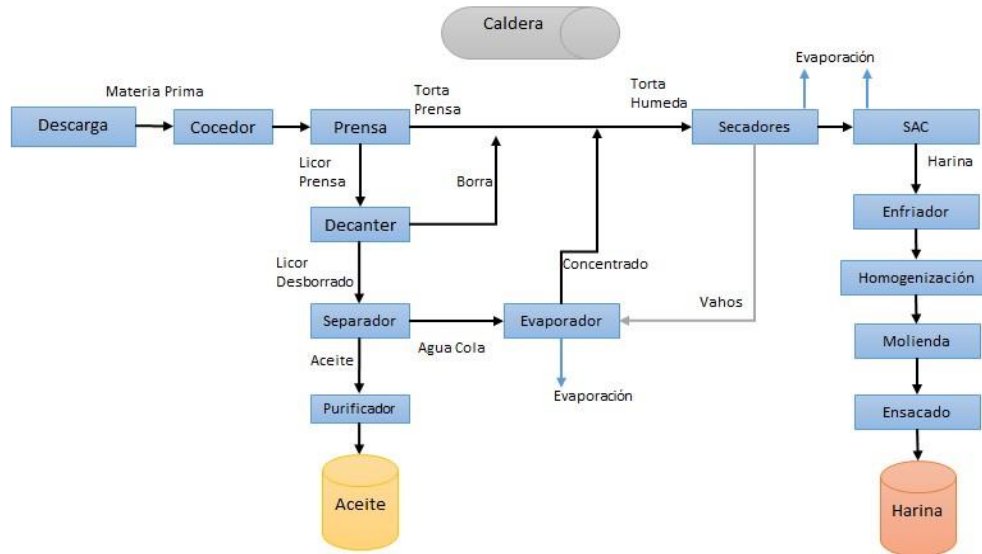


Figura 2.2: Procesos y flujos en la producción (Fuente: Lota Protein S.A.)

**Descarga:** El transporte de pescado desde las embarcaciones a la planta, debe hacerse con el menor daño posible, de tal forma de evitar el destroz del pescado. El proceso está conformado por un bombeo al vacío con agua, en el cual la materia prima, a través de una tubería, es vertida en un tamiz vibratorio para la separación del agua, posteriormente es transportada por una rastra metálica hacia la tolva de pescado, donde es pesado y distribuido a los pozos de almacenamiento.

**Cocción:** Una vez alcanzada una cantidad suficiente de pescado, se procede mediante tornillos a alimentar los cocedores, en donde se aplica un proceso de cocción a la materia prima, con el aporte indirecto de vapor saturado generado por la caldera, el cual tiene tres objetivos: esterilizar la materia prima para detener la actividad microbiológica, coagular las proteínas, y liberar los lípidos retenidos intramuscular e intermuscular de la materia prima.

**Prensado:** Una vez obtenida la cocción de la materia prima, esta se traslada al proceso de prensado, en donde se genera la primera separación de fase, la fase sólida, llamada torta prensa, con mínima cantidad de agua y grasa la cual es llevada a los secadores; y la fase líquida, llamada



licor prensa que en su mayoría es aceite y agua con una baja concentración de sólido, la cual se traslada al decanter.

**Decanter:** Es la operación que utiliza la fuerza centrífuga para separar los diversos componentes que tiene el licor de prensa como son la grasa, sólidos solubles e insolubles y agua, en razón a su diferencia de densidades. Como resultado de esta filtración se genera una borra, la cual tiene una importante cantidad de sólido, la que se junta con la torta prensa. La otra parte de la filtración del decanter se llama licor desbarrado, el que sigue su proceso hacia una nueva filtración.

**Separación y purificación:** Es el proceso encargado de generar la última filtración del aceite, donde el licor saliente del decanter es separado en agua cola y aceite de pescado; el primero contiene una gran cantidad de proteínas solubles, sólidos insolubles, vitaminas, minerales, trazas de grasas, y residuos provenientes de la descomposición proteica del aceite de pescado; el segundo casi sin material sólido ni restos de agua, pasa a un proceso de purificación para así transformarse en aceite de pescado de alta calidad. El agua cola saliente es llevada a la planta evaporadora.

**Planta evaporadora:** El agua cola saliente de la separadora es llevado a la planta de evaporación, con el fin de eliminar el vapor del soluto no volátil, el cual es del tipo de película descendiente, utilizando el vapor generado en los equipos de secado para obtener ahorros energéticos, reduciendo así los costos de petróleo fuel oil. La salida de la planta evaporadora es un concentrado de harina de pescado, el cual en su totalidad se agrega a la torta prensa y a la borra del decanter antes de la entrada a los secadores, aportando una gran cantidad de proteínas solubles y otros minerales.

**Secado:** El objetivo es deshidratar la torta húmeda, la que está compuesta por la torta prensa obtenida de la prensa, la borra proveniente del decanter y el concentrado de la planta evaporadora. Los secadores son de dos tipos, el primero por el que pasa la harina de pescado funciona por conducción y corresponde a un tambor rotatorio, también llamado secadores de tambor rotatorio, los que son calentados por vapor proveniente de la caldera; luego pasa a los secadores de aire caliente (SAC), el cual funciona por convección y tiene el mismo fin que los secadores anteriores, quitar la humedad que la harina de pescado posee hasta ese momento.

**Enfriado:** Después del secado, la harina sale con la humedad deseada, pero no a una temperatura conveniente para ser envasada inmediatamente, por lo que se ingresa a un equipo

denominado enfriador, el cual es un cilindro en cuyo interior gira un eje con paletas radiales que agitan y hacen avanzar la harina, la que se enfría con un gran flujo de aire que circula a contracorriente impulsado por un ventilador.

**Homogenización:** Se uniformiza el producto saliente, para lo cual se utiliza molinos de martillo.

**Molienda:** El objetivo de la molienda, es la reducción del tamaño de los sólidos hasta que se satisfagan las condiciones y especificaciones de los compradores. La molienda es de suma importancia, dado que una buena apariencia granular, incidirá favorablemente en la aceptación del producto en el mercado.

**Antioxidantes:** Finalmente la harina de pescado se estabiliza mediante la adición de antioxidantes, para evitar la oxidación al ser un producto que absorbe humedad, agregándose específicamente etoxiquina, el cual es un compuesto químico que inhibe el efecto de la oxidación.

Luego de todos estos procesos, la harina puede ser pesada y envasada en sacos, para generar el producto terminado.

### 2.2.3 Planta de tratamiento de riles

Área destinada a los tratamientos de efluentes, en la cual se realiza un proceso de purificación del agua, para así poder ser vertidos al mar, ayudando a la regulación de contaminantes introducidos al mar. Este sistema contempla los siguientes procesos:

**Separación de sólidos:** El efluente es sometido a procesos unitarios, para eliminar ciertos elementos que trae consigo y que pueden afectar en la depuración posterior.

**Desgrasado:** Este proceso se realiza en la cámara desgrasadora, con el propósito de remover el exceso de aceites y grasas presentes, con el fin de facilitar el desempeño posterior.

**Homogenización en ecualización:** Tiene el propósito de homogenizar el contenido orgánico y de sólidos. Durante este proceso se agita el fluido, mediante inyección de aire, generando un buen mezclado y elimina olores que se puedan desprender del estanque.

**Separación mediante sistema DAF y decanter:** Consiste en un sistema fisicoquímico de coagulación y floculación de materia orgánica, que separa los flóculos generados a través de flotación por aire disuelto. Una vez que se formaron los flóculos y estos se encuentran flotando, se someten a una remoción mediante un barredor superficial.

**Post ecualización:** Una vez que el flujo sale del sistema DAF se mezcla con aguas de baja carga contaminante.

**Revalorización de los lodos generados:** El lodo obtenido por el DAF contempla entre un 2 y un 4% de sólidos en masa, el cual si es pasado por el proceso de decanter, puede alcanzar incluso un 20% de sólido, originando que el agua residual que sale de este proceso tenga una concentración de sólido muy baja.

La Figura 2.3 muestra el diagrama del sistema de tratamiento de riles.

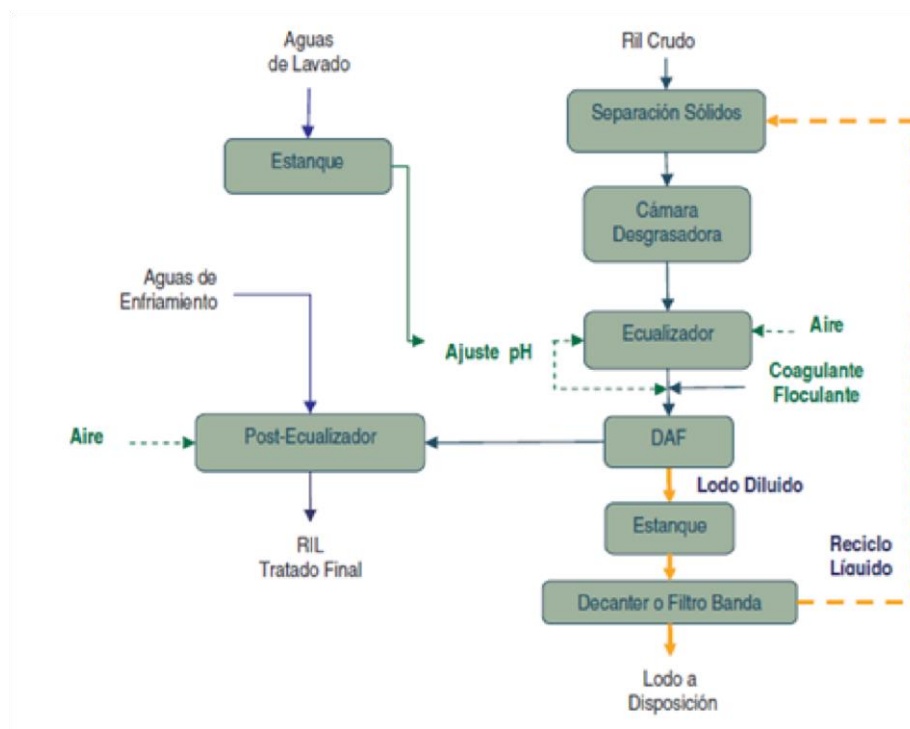


Figura 2.3: Diagrama de sistema de tratamientos de riles (Fuente: Lota Protein S.A.)

# CAPÍTULO 3 : ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN Y SIMULACIÓN

La planificación de la recepción de materia prima en la industria pesquera se define como las actividades y cantidades a ser recibidas en un horizonte de tiempo para así abastecer el sistema productivo. Pueden existir diversas estrategias de recepción y tratamiento de la materia prima, sin embargo, delinear una estrategia eficiente, se traducirá en beneficios de los recursos utilizados en la producción, calidad del producto y mayores utilidades.

## 3.1 Planificación del abastecimiento de materia prima.

Generar un modelo de planificación del abastecimiento se centra en determinar los recursos productivos, el volumen de producción y el tiempo que se asigna a este procedimiento. Existe una serie de actividades involucradas en este proceso, sin embargo, la dinámica propia de la industria y el efecto externo ha influido negativamente para las empresas. Dadas las legislaciones impuestas y la sobreexplotación de los recursos pesqueros, se ha generado una incertidumbre tanto en la cantidad de materia prima recibida por los pescadores artesanales como en la llegada de estos a la planta productiva, generando distorsiones en la planificación.

Existe evidencia de que las especies pesqueras están en peligro de extinción, así como lo muestra (M Dourojeanni et al., 2014) donde se proyecta una clara disminución del recurso pesquero, y exponen las severas consecuencias de este hecho, poniendo en riesgo la producción proteínica del pacífico sur. Los autores postulan que si las autoridades no toman un rol relevante en este ámbito la costa del pacífico sur podría perder uno de sus principales recursos, la pesca. Una de las principales causas a la incapacidad general para gestionar la industria pesquera del mundo de manera sostenible, es el desconocimiento de la cantidad total de extracción de pesca. Leitão et al. (2014) hace referencia a las capturas ilegales, no declaradas y no reglamentadas, las cuales al no estar cuantificadas se desconoce su impacto global de estas. Lo anterior es un tema crucial en la pesca, desde los puntos económicos, ambientales y de manejo del recurso, esto implica que las estadísticas oficiales de aterrizaje sólo representan una parte de lo que se extrae del medio marino.

Wiff & Quiñones (2004) discutieron la generación de modelos pesqueros, donde se incorporan una gran cantidad de variables, con objetivo de minimizar las distorsiones generadas en la evaluación.

Sin embargo, mencionan que una variable no incorporada en ningún modelo es la integración del factor ambiental, en donde se ha concluido que el incremento individual y la captura por nivel de esfuerzo (CPNE) pueden marcar la economía pesquera de los últimos años. La incorporación de modelos estocásticos ambientales implica una disminución de la incertidumbre en la evaluación, sin embargo, se presenta la dificultad de incorporar los multiparámetros que expliquen dicha variabilidad.

Uno de los principales problemas existentes es el de la adquisición de materia prima, provocada por limitaciones de las condiciones naturales y por el nivel operacional de cada empresa, donde existe heterogeneidad productiva dependiendo del tamaño de la flota pesquera de cada empresa. Peña et al (2003) desarrollaron un estudio donde concluyeron que barcos grandes tienen mayor capacidad de captura pero sus costos de manejo y control suben considerablemente en comparación a barcos pequeños, los que demuestran mayores niveles de eficiencia, lo que es denominado captura por esfuerzo. Esto puede tener repercusiones importantes al incorporar este análisis a la disminución de la pesca en los últimos años.

Si se trata de la industria de alimentos, no se puede generar un modelo si a lo mencionado anteriormente, no se involucran sus características físico-químicas (porcentaje de grasa, rendimiento de pesca a harina de pescado, etc.), dejando así cubiertas todas las aristas de la producción, asumiendo un abastecimiento. Ordaz (2004) propuso un modelo determinístico de producción mediante un análisis financiero que involucra características físico-químicas de la pesca. Sin embargo, a este análisis no se le incorporo características claves de la cadena logística, como los arribos de pesca o la característica perecedera del pescado.

### **3.2 Tratamiento de productos perecederos**

Uno de los principales problemas dentro de la investigación es que el pescado pierde su calidad a medida que transcurre el tiempo, si este no se almacena de buena manera. El pescado es altamente perecedero y la temperatura es transcendental en la determinación de su vida útil. La frescura es uno de los atributos más importantes a la hora de evaluar la calidad de este.

Surge entonces la necesidad de medir la frescura del pescado. Algunos estudios indican que se puede medir los microorganismos mediante un control microbiológico (Estevao & Pucci, 2000), generando indicadores de puntos críticos de la producción de alimentos, que favorecen el control de la calidad medida en base a la frescura del pescado.

Los microorganismos pueden multiplicarse en los alimentos y su supervivencia, desarrollo o inactivación está influenciada tanto por algunos factores intrínsecos como extrínsecos. La pérdida de calidad y el deterioro de los productos de pesca son principalmente el resultado de la acción bacteriana y de la presencia de microorganismos patógenos. El pescado por sus características intrínsecas y su composición, constituye un medio que favorece el desarrollo de bacterias en presencia de factores extrínsecos óptimos (altas temperaturas). Por éste motivo el pescado es un alimento perecedero de corto tiempo de vida comercial, lo que ocasiona pérdidas económicas para las empresas que intervienen en el comercio del mismo y no implementan buenas prácticas de elaboración.

Estevao & Pucci (2000) propusieron medidas preventivas y de control para minimizar los riesgos microbiológicos, principalmente en las etapas de recepción y almacenamiento. Para la recepción de materia prima se corre el riesgo de descomposición y contaminación, proponiendo medidas de control microbiológico a toda la pesca recibida y descartar mediante observación visual el pescado descompuesto. Por otro lado, para las cámaras de almacenamiento se debe controlar la temperatura de la misma, agregando hielo sobre la materia prima de modo que la temperatura del pescado no sea mayor a los 5°C. Además es importante el control del tiempo de almacenamiento en la cámara, el cual no debe superar los cinco días. Otros autores indican que el tiempo de almacenamiento no debe superar los 2 días (FAO, 2016), dadas las estrategias a utilizar ninguna supera el día.

Ahora surge el cuestionamiento de cómo medir el avance microbiológico de la pesca, ya que sin esto no se sabrá con certeza la calidad que posee. Shumilina et al (2015) evaluaron la capacidad de la técnica de espectroscopio por resonancia magnética nuclear, para monitorear diferentes metabolitos y procesos bioquímicos que tienen lugar en filetes de salmón de cultivo. Los metabolitos monitoreados incluyeron aminoácidos, dipéptidos, azúcares, vitaminas, aminos biogénicas, así como diferentes productos de la degradación de ATP (adenosina trifosfato). Uno de los índices que aumenta con el tiempo en la fase de almacenamiento del pescado y se utiliza ampliamente como un indicador de frescura comercial, es el “k-index”, incluso en algunos

mercados, los valores  $k$  se utilizan como criterios de calidad para determinar el límite de consumo de pescado crudo y refrigerado. El  $k$ -index se define como el porcentaje de la cantidad de inosina e hipoxantina con respecto a la cantidad total de ATP.

El estudio realizado revela las fortalezas y la conveniencia del enfoque para monitorear los diferentes procesos bioquímicos que ocurren durante el almacenamiento de la pesca, con enfoques cualitativos y cuantitativos, para así caracterizar los metabolitos que determinan la calidad del pescado. Se encontró una buena correlación entre el aumento del  $k$ -index y la formación de aminas biógenas no deseadas. Por otro lado, existen otros estudios que establecen mediciones mediante el enfoque de resonancia magnética nuclear (Laghi et al, 2014), llegando a resultados similares.

Existen técnicas de modelación de rutas para transporte de productos perecederos, con el objetivo de trasladarlo desde un punto inicial hasta uno final, con la menor pérdida de la calidad del producto. Los principales modelos establecidos son de creación de rutas mediante medición GPS (Arcos et al., 2008) o algún mecanismo de control, evaluando técnicas de minimización del tiempo y de la ruta, sin embargo, una de las limitaciones de este tipo de modelos es el estado de la infraestructura vial. En los últimos años se han creado modelos que incorporan componentes estocásticas entre sus variables (Gonzalez et al., 2015). Estos últimos modelos han generado un particular interés con sus mejores resultados y por la incorporación de condiciones reales, sin embargo tienen un aumento en la complejidad de resolución.

### **3.3 Simulación de sistemas**

Una de las técnicas de la investigación de operaciones aplicada a sistemas complejos es la simulación, definida como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema (Shannon & Bernal, 1988).

Naylor (1996) ha definido etapas para realizar una simulación de sistemas, definiendo siete etapas denominadas claves:

- Definición del problema: Analizar un sistema formal que se desea simular, con el fin de obtener información de variables del sistema y posibles resultados.
- Formulación del modelo: Se debe definir todas las variables del sistema, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo necesarios para definirlo.
- Recolección de datos: Definir los datos requeridos, los que pueden ser obtenidos mediante información histórica o experimental.
- Implementación computacional del modelo: En algún software disponible implementar las variables y datos del modelo, para obtener la información requerida.
- Validación: Para validar los resultados obtenidos se puede comparar su exactitud con datos históricos.
- Experimentación: Se experimenta con el modelo para obtener los resultados requeridos.
- Interpretación: Finalmente se interpretan los resultados obtenidos por medio de la simulación y se puede concluir en base a ellos.

Una simulación es un modelo que imita la realidad (Banks, 1998), para así probar estrategias sin tener que realizarlas, principalmente aplica a problemas reales.

Existen diferentes estudios que tratan de simulación de sistemas, todos aplicados a procesos que involucran variables estocásticas. Ortiz-Vargas & Montoya-Torres (2012) proponen que un modelo que incorpore estrategias de colaboración en la cadena de suministro contribuirá a mejorar el rendimiento global y local de sus miembros, de esta forma se estudia el impacto de compartir la información entre un proveedor y un fabricante. Para lo anterior se utilizó simulación de eventos discretos, evaluando diferentes indicadores de desempeño para las actividades. Se compararon situaciones en las que no se comparte información, aquellas en las que se comparte parcialmente y en las cuales está disponible toda la información desde el instante inicial. Los resultados muestran que las estrategias de colaboración entre miembros de la cadena de suministro no siempre producen resultados positivos para todos los indicadores, y a diferencia de lo que se podría pensar en primera instancia, se observó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las mejores estrategias de programación de cada escenario de colaboración. Esto se debe, principalmente, a no saber cómo y qué tipo de información considerar al instante de tomar decisiones y a la alta variabilidad de los componentes aleatorios analizados.



Bueno-Aguilar et al. (2011) evaluaron nuevas políticas operacionales en una planta productora de harina de maíz, mediante un modelo de simulación que incorpora el arribo de camiones con materia prima, el procesamiento de la materia prima y la generación del producto. Se probaron dos políticas, la primera es procesar un solo tipo de grano (tipo 1 o tipo 2) en ambas líneas de producción y la segunda política es procesar el primer tipo de grano que llega a la planta, permitiendo la recepción de la que corresponda. Este trabajo muestra que la mayor variabilidad se produce en la recepción de la materia prima, llegando a una diferencia incluso superior al 12% de la cantidad procesada.

Lo anterior muestra que la mayor variabilidad en los procesos se debe a la recepción de materia prima y no necesariamente al funcionamiento de la planta productiva. Esto lo confirma Pérez et al. (2006), quienes simularon el proceso de producción para la obtención de harina y aceite de maíz. Sus resultados fueron comparados con datos reales provenientes de una planta en operación obteniéndose desviaciones inferiores al 2% de los flujos máxicos en todas las etapas del proceso del balance de materia.

Para el análisis de la calidad de los alimentos, Van der Vorst et al., (2009) dieron un nuevo enfoque integrado hacia la logística y la sustentabilidad, poniendo en práctica su método, mediante un entorno de simulación; generaron un modelo robusto, que incorporó la calidad de los alimentos, indicadores de sustentabilidad y modelos de simulación de eventos discretos, con el fin de analizar y diseñar nuevas cadenas de abastecimiento de alimentos.

Por otro lado, Pehrsson et al., (2013) diseñaron técnicas de modelamiento de costos que incorpora la simulación de eventos discretos con la optimización multiobjetivo, donde se concluyó que la combinación de los datos de ingeniería de producción, costos y optimización de tecnología producen información útil para la toma de decisiones en el desarrollo del sistema de producción.

Otros autores han utilizado la simulación para estudiar los tiempos de entrega (MRP) bajo la incertidumbre de estos (Dolgui & Ould-Louly, 2002). El problema planteado buscaba minimizar los tiempos de espera y los costos de mantenimiento, mediante una formulación matemática se propuso un modelo Markoviano que permitió encontrar una política de control óptima en casos particulares.

En el área de abastecimiento Chiang et al. (2009) analizaron las cadenas de abastecimiento para un periódico norteamericano, que se distribuye a hogares y empresas. Los autores combinaron la simulación con heurísticas que tiene por objetivo la eficiencia y robustez de las soluciones, dadas las condiciones estocásticas del problema. La implicancia de este estudio radica en que, a pesar de encontrar una solución factible al problema original, la alta variabilidad de las condiciones perjudica su implementación, afectando la calidad de la solución encontrada.

La simulación de sistemas también sirve para comparar un sistema actual con una mejora en este (Aqlan et al., 2014), con el fin de determinar el comportamiento de tiempos muertos, rendimientos o utilización de recursos, en base a esto se utilizará simulación como herramienta para determinar qué sistema será mejor para producir harina y aceite de pescado.



## **CAPÍTULO 4 : DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN**

El objetivo de este capítulo es diseñar diferentes estrategias aplicadas al abastecimiento de materia prima para la industria pesquera. Para generar las estrategias es necesario establecer cuál es la cantidad mínima de materia prima a procesar para no incurrir en pérdidas por producir harina y aceite de pescado, definida como  $Q_0$ , con el objetivo de incorporar esta información en algunas de las estrategias. Posteriormente se debe analizar los tipos de embarcaciones, la cantidad de materia prima que trae cada uno y la frecuencia con la que estas recalcan. Finalmente con la información obtenida, diseñar tres planes o programas de abastecimiento y procesamiento de la materia prima, mediante un modelo de simulación, para así definir la estrategia que genera mayores beneficios económicos.

### **4.1 Determinación de la cantidad mínima de materia prima a procesar $Q_0$**

El objetivo de esta sección es establecer la cantidad mínima de materia prima a ser procesada con el fin de no incurrir en pérdidas por el procesamiento de esta. Para lo anterior es necesario generar parámetros productivos e involucrar todos los costos e ingresos asociados a la utilización del sistema productivo.

Por lo tanto, es necesario el cálculo del consumo de diversos ítems involucrados en la producción, con el objetivo de determinar la cantidad mínima de materia prima a procesar, para así igualar los ingresos con los costos que se incurren. No fueron incluidos los costos administrativos, ni cualquiera que no tenga por objetivo mantener la planta productiva en condiciones aptas. Junto a esto, también fueron determinados los ingresos por venta de productos. El punto donde los ingresos y los costos se igualan se denominará  $Q_0$  y será utilizado para modelar las estrategias de producción.

La Figura 4.1 muestra el análisis gráfico de la determinación del punto de equilibrio, donde se observa que para una cierta cantidad de pesca  $Q_0$  los ingresos y los costos totales de procesar materia prima se igualan, por lo tanto, al procesar cualquier cantidad inferior a  $Q_0$  se incurrirá en pérdidas, y por el contrario, cualquier cantidad superior a esta generará ganancias.

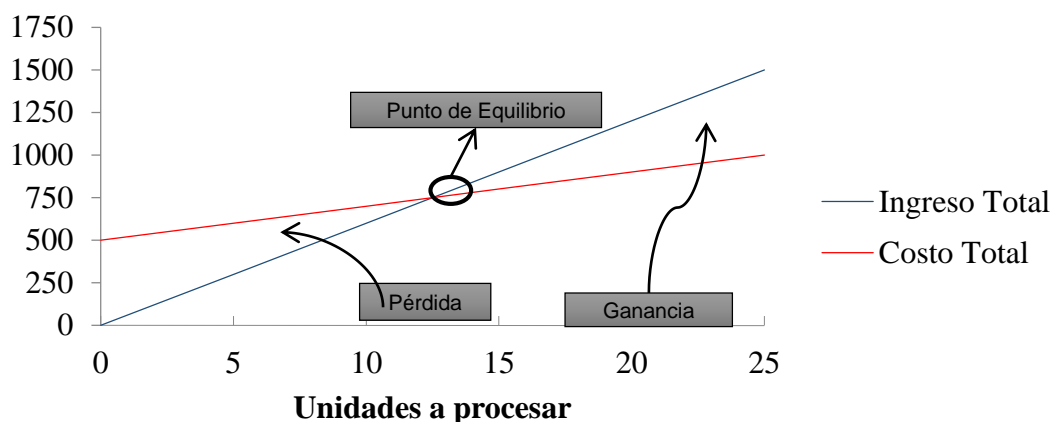


Figura 4.1: Análisis del punto de equilibrio (Fuente: Contabilidad para la gestión)

#### 4.1.1 Parámetros

Para lo descrito anteriormente se necesita identificar ciertos parámetros, los que sirven para determinar los costos variables, los costos fijos y los ingresos.

**Especie:** Para el caso analizado se utilizó solo como materia prima la Sardina, esto debido a que se quiere estudiar la variabilidad de la llegada de materia prima, la que está dada por el arribo de barcos pesqueros, los cuales solo traen esta especie (Sardina). Este supuesto es bastante realista, debido a que más del 95% de la materia prima procesada es Sardina.

**Rendimientos:** La Tabla 4.1 contiene la información de los rendimientos de los productos y de las calderas, utilizados en el sistema productivo. Específicamente, se presentan los rendimientos para la Sardina, determinados en base a la cantidad de materia prima procesada y la cantidad de harina y aceite producida por esta misma. Por otro lado se muestra el rendimiento conjunto de las dos calderas utilizadas en el sistema productivo, determinados en base a la cantidad de petróleo fuel oil utilizado y la cantidad de vapor generado.

Genero	Tipo de Rendimiento	Especie	
		Sardina/Anchoveta	Jurel
Producto terminado	Rendimiento Harina ( $\eta_H$ )	21%	24%
Producto terminado	Rendimiento Aceite ( $\eta_A$ )	4%	4%
Proceso	Rendimiento Calderas ( $\eta_C$ )	89,0%	

Tabla 4.1: Rendimiento por producción (Fuente: Laboratorio Lota Protein S.A.)

**Precio de venta:** Estos son los dólares por tonelada de producto que se debe pagar. En la Tabla 4.2 se muestra para este estudio, los precios de harina y aceite de pescado, obtenidos a partir de la especie Sardina.

Producto	Precio (US\$/Ton)
Harina de pescado (PV <sub>H</sub> )	1490
Aceite de pescado (PV <sub>A</sub> )	1550

**Tabla 4.2: Precios de venta de productos (Fuente: Lota Protein S.A.)**

**Precio de compra:** Este parámetro contiene la información del precio que se debe cancelar a los pescadores artesanales por adquirir la materia prima. Para el presente estudio se utilizó el precio de compra (PC) de 180 dólares por cada tonelada de pesca recibida.

**Costo de insumos y suministros:** La Tabla 4.3 contiene la información del precio de los insumos utilizados en la producción, este valor es referencial y fue calculado en base a los precios promedios de los últimos 12 meses.

Insumo	Precio
Petróleo fuel oil (CFo)	366 \$/Kg Fo
Electricidad (CKWh)	46 \$/KWh
Agua Producción (CAg)	333 \$/m <sup>3</sup> Ag
Ácido Nítrico (CAN)	451 \$/Kg AN
Antioxidantes (CA)	3330 \$/Kg An
Sal Plus (CSP)	1157 \$/Kg SP
Soda Caustica (CSo)	170 \$/Kg SC
Maxi Sacos (CMS)	6530 \$/MS
Diésel (CDi)	435 \$/lt

**Tabla 4.3: Precio de insumos (Fuente: Lota Protein S.A.)**

**Sobretiempo:** Contiene la información de la utilización de sobretiempo en el proceso productivo. Para esta instancia se utiliza la opción con sobretiempo, siendo la más común en el momento de producción. Se tiene la opción de ingreso sin sobretiempo, lo que cambia ciertas condiciones del modelo, las que serán analizadas en el desarrollo de este trabajo.

## 4.2 Materiales y otros costos asociados a la producción

Los materiales de producción hacen referencia a los costos generados por la utilización de diversas herramientas productivas y por la utilización de ropa de producción. Los otros costos asociados a la producción son costos extras por procesar materia prima, los que corresponden a los costos extras de casino, incurridos en sobretiempos, los costos de horas extras y los trabajadores eventuales.

Para determinar los costos incurridos en herramientas de producción, ropa de trabajo y trabajadores eventuales, se utilizaron los costos históricos incurridos en estos, generando una proporción de los costos por cada unidad de materia prima procesada.

Los materiales de producción corresponden a diversos utensilios requeridos en la producción, por lo tanto, si existe mayor cantidad de materia prima procesada será necesario una mayor cantidad de materiales, incurriendo en mayores costos. Por otro lado, la ropa de trabajo es el vestuario necesario que utilizan los trabajadores para operar la planta productiva, la cual se tiene que cambiar cada cierta cantidad de tiempo, es por esto que si se procesa mayor cantidad de materia prima, se incurrirá en mayor tiempo productivo, lo que implica mayor cantidad de ropa de trabajo. Por último, se incorporó el costo incurrido en contratar trabajadores eventuales, dado que se observó que en los periodos con mayores niveles de producción, se contrata mayor cantidad de trabajadores eventuales.

La relación entre estos costos y la materia prima no es directa, esto debido a que si se procesa cierta cantidad de materia prima no se sabrá con certeza los costos incurridos, es más, si se procesa dos veces la misma cantidad de materia prima, se incurrirá en costos distintos, pero ambos en un mismo rango, esto principalmente porque estos costos están relacionados a factores en función de trabajadores, como los costos de alimentación, horas extras, ropa de trabajo y materiales, por lo que no se cuantifica en directa relación con la materia prima, a diferencia de insumos utilizados para la producción de harina y aceite de pescado.

Por lo tanto, se optó por generar una relación estadística para calcular los costos de los ítems incluidos. Al realizar una regresión lineal del tipo  $\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x$ , donde  $\hat{y}$  representa la estimación del costo del ítem al procesar  $x$  unidades de materia prima,  $\beta_0$  el costo fijo,  $\beta_1$  la tasa de relación costo-materia prima, y  $x$  es la cantidad de materia prima procesada. De esta regresión se obtuvo para las herramientas de producción, la ropa de trabajo y el costo de los trabajadores eventuales

un  $R^2$  superior al 0,8, 0,7 y 0,88 respectivamente. El resultado de la regresión para materiales de producción fue  $\text{MatProd} = 0 + 3,55\text{MP}$ , con un valor-p igual de 0,0001. Por otro lado, el resultado obtenido para ropa de trabajo fue  $\text{RopTrab} = 0 + 1,67\text{MP}$ , con un valor-p de 0,002 y finalmente para los trabajadores eventuales fue  $\text{TrabEve} = 4228 + 1,94\text{MP}$ , con un valor-p de 0,0001. Dado que se obtuvieron resultados con un valor-p menor a 0,05, existe evidencia estadística de que la relación entre el costo de estos ítems y la cantidad de materia prima procesada es significativa. Los resultados de la regresión son presentados en el Anexo 2.

Los costos extras de casino y alimentación se generan solo cuando se trabaja con sobretiempo, correspondiendo a la alimentación de los trabajadores que deben quedarse trabajando más tiempo del establecido. Este costo se determinó mediante los costos de colaciones entregadas por el casino en sobretiempo, las cuales son entregadas cada dos horas, por lo que al conocer que cada hora se procesan 68 toneladas de materia prima, se generó una relación que determina los costos de alimentación por cada unidad de materia prima procesada.

Las horas extraordinarias también son costos que solo se incluyen cuando se trabaja con sobretiempo, correspondiendo a la cantidad de dinero pagado a los trabajadores por trabajar fuera del horario regular. Para determinar los costos incurridos en las horas extras, se necesitó la información del pago por cada hora extra a los trabajadores, sabiendo también que en una hora se procesan 68 toneladas de materia prima, se generó una relación que determina los costos por tonelada de materia prima procesada para el sobretiempo.

Los costos determinados anteriormente son utilizados para determinar el punto de equilibrio que existe entre los costos y los ingresos de procesar pesca para producir harina y aceite de pescado. La Tabla 4.4 contiene la determinación de todos los costos mencionados anteriormente por toneladas de materia prima procesada.

Ítem	Costo (US\$/TonMP)
Materiales Producción (MatPro)	3,55
Ropa de Trabajo (RopTrab)	1,67
Casino y Alimentación	1,3
Horas Extras	2,6
Trabajadores Eventuales	1,9

**Tabla 4.4: Costos asociados a la producción (Fuente: Lota Protein S.A.)**

### 4.3 Costos relacionados y cargos a la producción

Los cargos a la producción son bonos y aportes realizados por la organización para los trabajadores y para la empresa matriz respectivamente. Estos aportes se realizan por cada tonelada de harina de pescado producida. Ambos se calculan en base a dólares por cantidad de producto, como lo muestra la Tabla 4.5.

Cargos	Costo
Servicio del Grupo	15,00 US\$/Ton H
Bonos PT_H	10,77 US\$/Ton H
Bonos MP	1,36 US\$/Ton MP

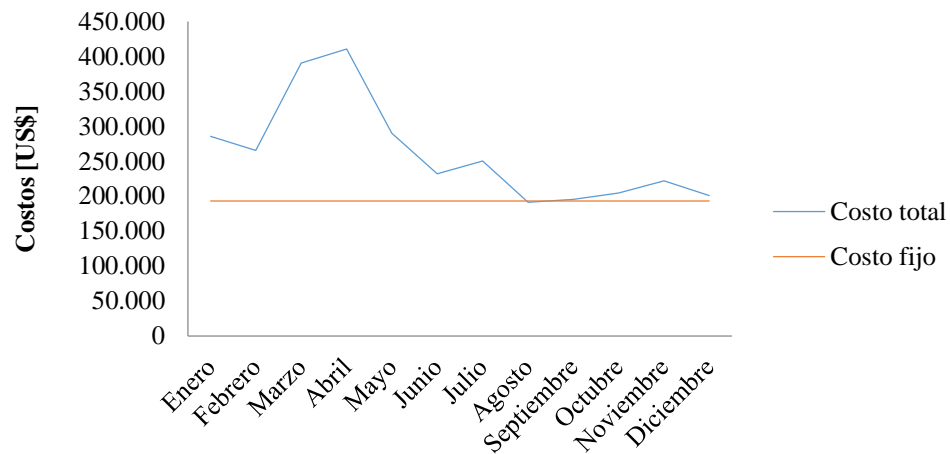
**Tabla 4.5: Cargos a la Producción (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Por otro lado se encuentran los costos relativos a la producción, cuya naturaleza radica en la necesidad de mantener la planta productiva en condiciones para procesar, incluyendo además las remuneraciones de los trabajadores de producción y mantención, y los costos asociados a mantener productos terminados.

En el Anexo 3 se muestran los ítems de costos incurridos debido a la producción. Estos costos no siempre se incurren en el momento en que el sistema productivo está operando, sin embargo, durante los periodos de producción se registra un aumento, por lo que se consideró que existe una parte fija y una parte variable en relación a la materia prima procesada. Para determinar la parte variable y fija, se observaron los meses en los cuales no se registra producción, registrando los costos incurridos en esos meses como fijos.

La Figura 4.2 muestra los costos relacionados a la producción por mes, donde la línea azul representa el costo total, y la línea roja indica los costos fijos, la cual intercepta a los costos en los meses donde no se procesa materia prima.





**Figura 4.2: Costos relacionados a la producción (Fuente: Elaboración propia)**

Según lo mostrado, los costos variables, que son representados por la diferencia de los costos totales (línea azul) con los costos fijos (línea roja), se prorratearon en las unidades procesadas en ese periodo de tiempo, obteniendo como resultado US\$16,5 por tonelada de materia prima.

Para comprobar que existe la relación entre los costos relacionados a la producción y la materia prima procesada, se generó una regresión lineal, donde se utilizaron 24 datos mensuales, cuyos resultados se muestran en el Anexo 2. Los datos analizados muestran un valor p menor a 0,05 tanto para la constante como para la pendiente, lo que significa que estadísticamente la relación es significativa.

#### **4.4 Costos de insumos utilizados en producción**

Los insumos utilizados en la producción de harina y aceite de pescado, basado en que la pesca es la materia prima, son principalmente la energía eléctrica utilizada en las máquinas, el petróleo que alimenta las calderas, el agua potable que utilizan ciertas máquinas y otros insumos menores como antioxidantes, ácido nítrico, sacos, etc.

##### **Determinación del costo variable de la energía eléctrica**

Para determinar el costo de la energía eléctrica, fue necesario estimar, en primera instancia, el consumo eléctrico, para lo cual se estudió cada área del sistema productivo para intensificar el trabajo, generándose 8 divisiones, las que se presentan en la Tabla 4.6.

---

Áreas del sistema Productivo

---

Pozos y Descarga

Cocedores y Prensa

Planta Aceite

Planta Evaporadora

Caldera

Secadores y Enfriadores

Molienda

Planta Riles

---

**Tabla 4.6: Áreas del sistema productivo para el consumo eléctrico (Fuente: Elaboración propia)**

Una vez dividido el sistema productivo, se estudió el consumo, en Kilowatt, de las diversas máquinas de cada área. Esta información se recopiló en forma sistemática en base a las estipulaciones reales de cada motor de cada máquina. Es necesario aclarar que para la determinación del consumo eléctrico, solo fueron consideradas las áreas que consumen electricidad en el proceso productivo, dejando fuera del análisis el consumo eléctrico de edificios administrativos, iluminación y otras áreas que no tienen fines productivos. La potencia eléctrica total de cada área  $j$  del sistema productivo se calcula como lo muestra la Ecuación 4.1, donde  $n$  es el número de máquinas de cada sistema  $j$ .

$$\text{Potencia eléctrica área } j = \sum_{i=1}^{n_j} \text{Potencia } ij, \forall j \quad (4.1)$$

En el Anexo 4.1 se muestra la potencia eléctrica de todas las máquinas involucradas en las áreas mencionadas anteriormente. En la Tabla 4.7 se muestra la potencia eléctrica total de cada área y el total de potencia de la planta.

Área	Potencia Eléctrica (KW)
Pozo almacenamiento	90
Cocedores y prensa	176,5
Planta Aceite	794,5
Planta Evaporadora	407,9
Caldera	182,5
Secadores y Enfriador	572,6
Molienda	214,6
Planta Riles	488,67
<b>Total Potencia Planta</b>	<b>2.927</b>

**Tabla 4.7: Potencia eléctrica de la planta productiva (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Sin embargo, las máquinas no utilizan completamente esta potencia, por lo que se utilizó un porcentaje de ocupación del sistema de motores de acuerdo a la velocidad del proceso, lo cual se realizó a través de pruebas experimentales, las que consisten en hacer funcionar el sistema productivo por 4 horas y luego comparar el potencial teórico y el real obtenido del medidor, estas pruebas se realizaron en 10 ocasiones, mediante pruebas en días y turnos distintos, como resultado se obtuvo una utilización del 90%, con un error del 3%.

Una vez calculada la potencia eléctrica se puede determinar la energía consumida, si asumimos una hora de proceso productivo, se obtiene de la siguiente forma:  $2.634 \text{ [KW]} \times 1 \text{ [h]} = 2.634 \text{ [KW h]}$ .

El resultado obtenido, muestra la energía eléctrica consumida en una hora de proceso, a lo que debe agregarse la velocidad del proceso definida como 68 toneladas por hora, generando una relación entre el consumo eléctrico y la materia prima procesada, en la misma cantidad de tiempo. Esta relación se obtuvo en base a la potencia del sistema y la velocidad de este, como se muestra en la ecuación 4.2.

$$\text{Consumo KWh} = \frac{\text{Potencia eléctrica del sistema}}{\text{Flujo másico}} = \frac{2.634 \text{ [KW]}}{68 \left[ \frac{\text{TonMP}}{\text{h}} \right]} = 38,7 \left[ \frac{\text{KWh}}{\text{TonMP}} \right] \quad (4.2)$$

Finalmente, el resultado de la ecuación 4.2 es utilizado para determinar el costo de la energía eléctrica, lo que se multiplica por el costo unitario de la energía y se divide por el valor del dólar, obteniendo de esta manera, el costo variable del consumo eléctrico de acuerdo a la materia prima procesada. Existe un consumo fijo de energía eléctrica, el que se muestra en la ecuación 4.3.

$$\text{Costo Fijo Energía Eléctrica} = 137.842 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{Año}} \right] \quad (4.3)$$

### **Determinación del costo variable del petróleo.**

El petróleo es el principal insumo utilizado por el sistema productivo. Para determinar el costo incurrido en petróleo, es necesario estimar los consumos de petróleo para los distintos niveles de materia prima. Este insumo es utilizado para la alimentación de las calderas con que cuenta el sistema productivo.

Cabe destacar que el consumo de petróleo no es directo, consumiéndose en base a transformaciones realizadas por la caldera, donde el petróleo alimentado se transforma en vapor, el cual es requerido en diversos procesos productivos. Dado lo anterior, al determinar el consumo de vapor requerido por el sistema productivo, es posible obtener el consumo de petróleo total.

Para la determinación de vapor utilizado, fue necesario generar un balance de materia y energía, los cuales se utilizan para cuantificar los flujos de materia y energía con su alrededor para un determinado proceso o entre procesos.

La materia prima posee características físico químicas, llamada composición química, las que son distintas para la sardina (Valls & Paredes, 2010), anchoveta (Díaz & Salgado, 2006) y jurel (Medina & Arancibia, 2002). Para este caso se utilizará solo Sardinas, estas características son divididas en tres categorías y se le asigna un porcentaje, en base al peso de cada una de ellas, las que se describen a continuación:

- **Sólido:** Es la cantidad de materia solida encontrada en la pesca. Se encuentra relacionado a la cantidad de proteínas que contiene la materia prima, esta depende de la especie de pescado.
- **Grasa:** Es la cantidad de grasa que contiene el pescado, la que idealmente se transforma en aceite de pescado.

- **Agua:** Es la cantidad de agua que posee la pesca, durante el proceso productivo se intenta evaporar la mayor cantidad de agua.

El sistema productivo tiene por objetivo transformar la parte sólida de la materia prima en harina de pescado, la grasa en aceite de pescado, y evaporar la mayor cantidad de agua, para ser utilizada como alimentación de energía en la planta evaporadora. Esto se realiza en varias etapas con la mayor calidad posible, con el objetivo de aumentar el precio del producto (Aliaga et al., 2001). Las etapas productivas de la industria de fabricación de harina y aceite de pescado se muestran en la Figura 4.3, la que incorpora solo los procesos en donde se realizan cambios físicos.

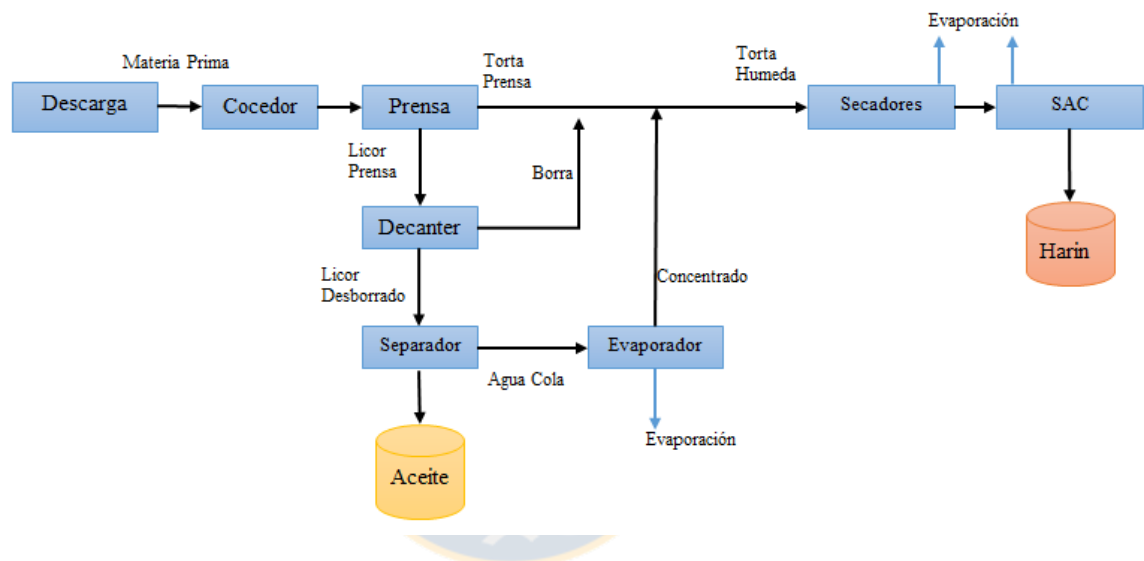


Figura 4.3: Etapas con cambios físicos del proceso (Fuente: Elaboración propia)

A continuación, se presenta la implementación del balance de materia y energía, con el cual es posible determinar el consumo de vapor, para calcular posteriormente el consumo de petróleo, con el fin de obtener el costo variable del petróleo.

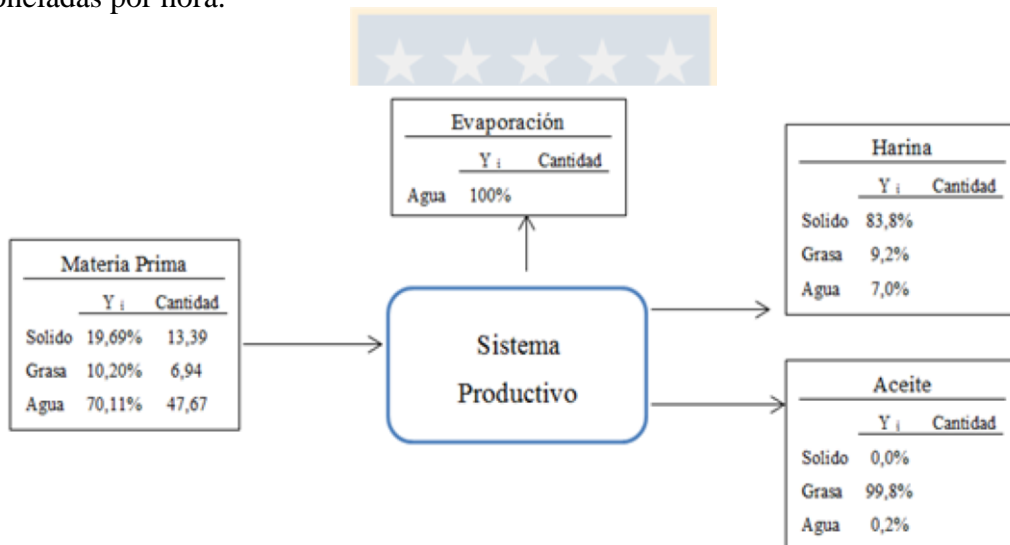
### Balance de materia

Para realizar el balance de materia fue necesario especificar ciertos parámetros de entrada, los que hacen relación a las características físico químicas en las distintas etapas del proceso productivo. Para analizar las características de entrada de las especies no fue necesario conocer la composición porcentual de las tres características, pues basta con conocer dos de estas, dado que todas deben sumar un 100%. Para la realización del balance de materia, fue necesario estudiar las dos características de la materia prima más fáciles de medir, el porcentaje de agua

y el porcentaje de aceite, cuyos resultados para la Sardina/Anchoveta fueron de 70.11% y 10.20% respectivamente.

Como cualquier procedimiento de balance de materia, es necesario determinar una base de cálculo, el que para este caso en particular, corresponde a la velocidad con la cual opera la planta, es decir, 68 toneladas de materia prima por hora de proceso.

En primera instancia, se analizó el sistema productivo como un solo proceso, en el cual entra materia prima a una cierta velocidad de flujo másico, y sale del sistema, harina y aceite de pescado como producto, sin embargo, también sale agua evaporada en las diversas etapas del proceso. Por lo tanto, el balance de materia del sistema completo queda determinado como se muestra en la Figura 4.4, el cual es completado con la información de las composiciones conocidas y el flujo másico de entrada para un proceso tipo de sardina, a una velocidad de 68 toneladas por hora.



**Figura 4.4: Balance de materia al sistema productivo (Fuente: Elaboración propia)**

Como este es un proceso estacionario y sin reacción química, se aplicó la ecuación de balance respectiva, en base a la composición de grasa y de sólido, como se muestra en las ecuaciones 4.4 y 4.5.

$$\dot{m}_{MP} * Y_{Sólido,MP} = \dot{m}_{evaporación} * Y_{Sólido,Evap} + \dot{m}_{harina} * Y_{Sólido,Har} + \dot{m}_{aceite} * Y_{Sólido,aceite} \quad (4.4)$$

$$\dot{m}_{MP} * Y_{Grasa,MP} = \dot{m}_{evaporación} * Y_{Grasa,Evap} + \dot{m}_{harina} * Y_{Grasa,Har} + \dot{m}_{aceite} * Y_{Grasa,aceite} \quad (4.5)$$

Donde  $m_{mp}$ ,  $m_{harina}$  y  $m_{aceite}$  es el flujo másico de la materia prima, de la harina de pescado y del aceite de pescado, respectivamente, medidas en toneladas por hora. Dado que el flujo evaporado contiene solo agua, el porcentaje de sólido y grasa para este flujo es igual a cero.

Para determinar el costo del petróleo como insumo en la producción de harina y aceite de pescado, es necesario generar un balance de materia del flujo indicado en la Figura 4.4, junto con el de todas las corrientes incluidas en el proceso. Los cálculos de todos los flujos se encuentran en el Anexo 4. Sin embargo, para generar un balance de materia del sistema completo fue necesario utilizar composiciones químicas de algunas corrientes incluidas en el sistema, las que fueron medidas en laboratorio. La Tabla 4.8 muestra la composición química de las corrientes que fueron analizadas.

Corriente (j)	$Y_{Sólido,j}$	$Y_{Grasa,j}$	$Y_{Agua,j}$
Materia Prima	-	10,2%	70,11%
Torta Prensa	-	-	46,6%
Borra Decanter	-	3,6%	66,1%
Agua Cola	5,7%	0,5%	-
Concentrado	-	-	68,6%
Entrada SAC	-	-	38,5%
Aceite	-	99,8%	0,2%
Harina	-	9,2%	7,0%

**Tabla 4.8: Composición química obtenida por laboratorio (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Lo indicado en la Tabla 4.8 fueron los valores obtenidos en laboratorio, los espacios vacíos no significa que no tengan valor, simplemente se obtuvo mediante otro método o no fue necesario obtener.

Como resultado del balance de materia, mostrado en Anexo 4, se obtuvo la composición y el flujo de cada corriente involucrada en el sistema productivo. Los resultados se muestran en la Tabla 4.9.

Los valores mostrados en la Tabla 4.8 y Tabla 4.9, resultan útiles para determinar la cantidad de energía utilizada en los procesos del sistema productivo. Con la información determinada mediante el balance de materia, es posible generar un balance de energía, con el fin de estimar

el consumo de vapor de los procesos productivos, y posteriormente determinar el costo de petróleo requerido en estos.

Corriente (j)	$Y_{Sólido,j}$	$Y_{Grasa,j}$	$Y_{Agua,j}$	$\dot{m}_j$ [Ton/hr]
Licor Prensa	11,0%	11,7%	77,3%	52,02
Torta Prensa	48,0%	5,4%	-	15,98
Licor Desborrado	4,9%	14,2%	80,9%	39,55
Borra Decanter	30,3	-	-	12,47
Agua Cola	-	-	93,9%	34,07
Concentrado	29,1%	2,3%	-	6,67
Torta Húmeda	38,1%	4,2%	57,7%	35,12
Entrada SAC	55,5%	6,1%	-	24,14
Aceite	0,0%	-	-	5,48
Harina	83,8%	-	-	15,98
Flujo Evaporación SAC	-	-	100%	8,16
Flujo Evaporación Secado	-	-	100%	10,99

Tabla 4.9: Composición y flujos calculados en laboratorio (Fuente: Lota Protein S.A.)

### Balance de energía

La planta pesquera utiliza como uno de sus principales recursos energéticos calderas pirotubulares, donde el agua se evapora al contacto con los tubos calientes, producto de la circulación de los gases de escape. Para determinar el consumo energético del proceso, es necesario conocer en profundidad el sistema productivo y saber cuáles procesos requieren alimentación de energía por parte de la caldera.

Al estudiar el diagrama de flujo de la planta productiva, fue posible determinar cuáles son los procesos que involucran consumo de combustible, los que se muestran en la Tabla 4.10.



Proceso	Requerimiento energético
Secado	Deshidratar la Harina de pescado
Limpieza CIP	Movilizar flujo CIP
Agua Cola Cocedores	Movilizar agua cola a cocedores
Intercambiador Calor Licor Prensa	Generar flujo de calor
Evaporación SAC	Generar
Intercambiador Calor Agua-Sangre	Generar flujo de calor
Intercambiador de Petróleo	Generar flujo de calor
Puesta en Marcha	Movilizar flujo en maquinas
Agua de Maniobra	Movilizar flujo dentro de separadora

**Tabla 4.10: Procesos que involucran consumo de combustible (Fuente: Elaboración propia)**

Para generar un balance de energía, es necesario definir el calor específico, que es la cantidad de energía que se debe suministrar a una unidad de masa de una sustancia determinada para elevar su temperatura en un grado centígrado. Específicamente para un sistema cerrado como el resuelto, el proceso isométrico se puede expresar según la ecuación 4.6.

$$\Delta H = \dot{m} C_p (T_2 - T_1) \quad (4.6)$$

**Cocción:** Este proceso consiste en la cocción de la materia prima con el aporte indirecto del vapor generado por la caldera, el que tiene por propósito coagular las proteínas y que se genere un rompimiento de las células adiposas, las cuales deben pasar al aceite y al agua. La temperatura y el tiempo de cocción no es un tema definido por completo, dependerá del criterio del operador encargado, pero se estima que se debe alcanzar entre 90 y 95° Celsius.

Utilizando la ecuación 4.6 y los parámetros de temperatura deseada y entalpía del proceso, se determinó el flujo de vapor requerido para calentar el pescado y el agua cola involucrados en esta operación. En el Anexo 4 se describen las ecuaciones para llegar al cálculo del flujo de vapor requerido.

Para determinar el consumo de vapor de los procesos de intercambiador de calor del licor prensa, limpieza CIP, intercambiador de calor agua sangre, calefactor de fuel oil, intercambiador de calor de placas, calefactor agua de maniobra, secado y puesta en marcha es necesario utilizar ecuaciones similares a las ya utilizadas. En primera instancia, se debe calcular el flujo de calor

requerido por la operación, el que se determina mediante la ecuación 4.6, con el cual se puede obtener el flujo de vapor con la entalpía estipulada para cada operación. A continuación se describe cada etapa:

**Intercambiador de calor licor prensa:** El licor prensa debe ser ingresado a un intercambiador de calor, el cual es un dispositivo diseñado para transferir calor, con el fin de entrar al decanter a una mayor temperatura.

**Limpieza CIP:** El sistema CIP consiste en la eliminación de residuos orgánicos del sistema de procesamiento, siendo un sistema de lavado automático sin desmontaje de equipos de producción, por lo que necesita energía para circular por los equipos. El flujo de limpieza alimentado al sistema es entregado por especificaciones técnicas.

**Intercambiador de calor agua sangre:** Al igual que el licor prensa, el agua sangre debe ser ingresado a un intercambiador de calor, con el fin de aumentar su temperatura para ser ingresado al sistema. Normalmente este corriente representa un 12% de la alimentación de la materia prima.

**Intercambiador de petróleo:** El combustible debe ser calefaccionado para un mejor uso de la caldera.

**Intercambiador de calor de placas:** El aceite de pescado resultante del proceso productivo, es ingresado al intercambiador de calor de placas, debido a que estos son diseñados para flujos con bajas partículas sólidas.

**Calefactor agua de maniobra:** El agua de maniobra es utilizada para el proceso de la separadora, donde se alimenta agua para levantar con presión la máquina y generar una separación. Por requerimientos técnicos del calefactor, el flujo es constante.

Según la Tabla 4.11, los valores del flujo al cual se desea cambiar la temperatura en toneladas por hora, el calor específico a presión constante ( $C_p$ ), la temperatura inicial ( $T_i$ ), temperatura final ( $T_f$ ) y la entalpía para cada etapa mencionada anteriormente.

Etapa	Flujo [Ton/hr]	C <sub>p</sub> [Kcal/Kg°C]	T <sub>i</sub> [°C]	T <sub>f</sub> [°C]	Entalpía [Kcal/Kg]
Cocción	68	0,87	12	95	504
Limpieza CIP	20,4	1,0	75	95	540
Intercambiador Calor Licor Prensa	52,02	0,87	90	98	535
Intercambiador Calor Agua-Sangre	8,16	0,9	40	80	516
Calentar Petróleo	3,0	0,45	30	60	525
Intercambiador de calor de placas	5,48	0,9	40	80	516
Agua de Maniobra	3,0	1,0	12	90	540

**Tabla 4.11: Valores ingresados al balance de energía (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Con los valores de la Tabla 4.11 y de forma similar a lo realizado en el proceso de cocción que se muestra en el anexo 4.2 se determinó el vapor requerido en los procesos para aumentar su temperatura, los cuales se presentan en la Tabla 4.12.

Etapa	Vapor Requerido [KgVap/hr]
Cocción	11.877
Limpieza CIP	756
Intercambiador Calor Licor Prensa	676
Intercambiador Calor Agua-Sangre	604
Calentar Petróleo	77
Intercambiador de calor de placas	382
Agua de Maniobra	433

**Tabla 4.12: Vapor requerido en procesos (Fuente: Elaboración propia)**

**Secado:** El objetivo es deshidratar la torta húmeda, la que contiene la torta prensa, el concentrado de la planta evaporadora y la borra de decanter, como se observa en la Figura 4.5. Por lo tanto, la principal tarea es disminuir la humedad, con el objetivo de reducir el crecimiento microbiológico.

Sólo es posible reducir la humedad aplicando energía, la que es suministrada por la caldera. Para este proceso la aplicación de energía consta de dos partes, la primera es para aumentar la temperatura, de igual manera que los casos anteriores, existiendo ahora una segunda etapa, que consta de la evaporación del agua contenida en la torta húmeda.

La masa que entra al secador corresponde al total de la torta húmeda, como se observa en la Figura 4.5 y es a esta, a la que se le debe subir la temperatura, a un calor específico de la torta húmeda de 0,45 Cal/gr°C y una entalpía de vaporización para el agua de 539 cal/gr, el vapor requerido para pasar de 70°C a 98°C es 15.741 KVap/Hr. El detalle de este cálculo se puede encontrar en el Anexo 4.

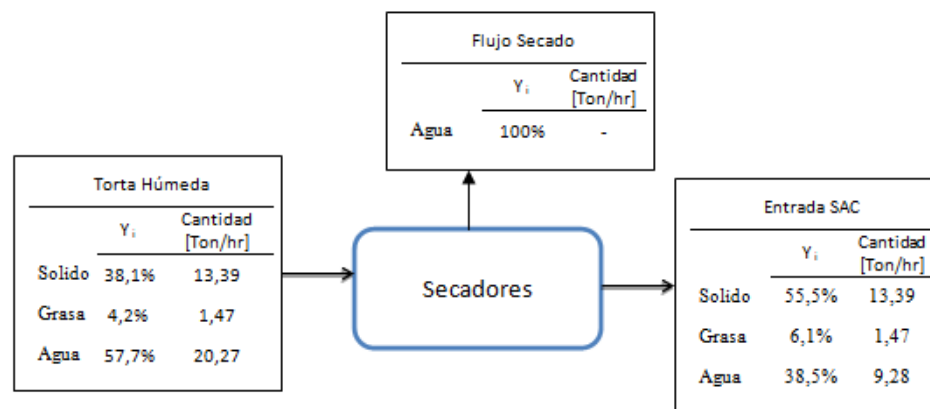


Figura 4.5: Balance de materia en los secadores (Fuente: Elaboración propia)

**Puesta en marcha:** Para el inicio del proceso productivo se requiere una cantidad de energía según la duración de este. Para determinar la cantidad de vapor utilizado por cada hora de proceso se realizaron pruebas experimentales, las que consisten en calcular el requerimiento energético en comparación a la duración del proceso, lo que llevo a determinar que la tasa de vapor por cada hora es de  $10.007 \left[ \frac{\text{KgVap}}{\text{hr}} \right]$ .

**Secado por aire caliente (SAC):** Corresponde al flujo saliente de los secadores, el que es ingresado a un segundo proceso y final de deshidratación, para ser transformado en harina de pescado. De igual forma que el análisis para determinar el consumo energético del secado se determina que el consumo de petróleo por hora es de  $710 \left[ \frac{\text{KgFo}}{\text{hr}} \right]$ .

La Tabla 4.13 muestra la cantidad de vapor requerido por hora de proceso, con excepción del SAC, el cual contiene la cantidad de petróleo por hora, junto con la cantidad total de vapor de todos los procesos.

Procesos	Cantidad [KgVap/hr]
Cocción	11.877
Secado	15.742
SAC	710
AC Cocción	173
IC Licor Prensa	676
IC Placas	382
Limpieza CIP	756
IC Agua Sangre	604
Calefactor Petróleo	77
Puesta en Marcha	10.007
Calefactor Agua Maniobra	433
<b>Total Vapor requerido</b>	<b>40.727</b>

**Tabla 4.13: Consumo de vapor de procesos (Fuente: Elaboración propia)**

El total de vapor por hora, como se observa en la Tabla 4.13, es de 40.727 kilogramos; esta es la cantidad que los procesos en conjunto le exigen a la caldera. Para determinar la exigencia de petróleo fuel oil, es necesario conocer el poder calorífico de este, junto con la entalpía, las cuales son 10.150 calorías por gramo de petróleo fuel oil y 550 calorías por kilogramo de vapor respectivamente. Junto con lo anterior, también se debe considerar el rendimiento de la caldera utilizada en producción ( $\eta_c$ ), el que es ingresado como parámetro y está establecido en el 89%. En el Anexo 4 se muestra el cálculo del consumo de petróleo fuel oil.

El resultado obtenido es de 46,9 Kilogramos de petróleo fuel oil por cada tonelada de materia prima ingresada, por lo tanto, si se utiliza este valor, junto con el precio del dólar y el costo del petróleo, se obtiene que el costo total del petróleo fuel oil es de 29,8 dólares por cada tonelada de materia prima procesada.

### **Determinación del costo variable del agua en producción.**

Para la determinación del costo incurrido en la utilización de agua en producción fue necesario estudiar las etapas del sistema productivo que la ocupan. La Tabla 4.14 indica las etapas donde se utilizó agua de producción y en que categoría se encuentra.

Etapas	Cantidad
Agua Maniobra	0,22
Separadoras	[M <sup>3</sup> /TonMP]
Agua a piso	4 [M <sup>3</sup> /TonMP]

**Tabla 4.14: Utilización agua de producción (Fuente: Lota Protein S.A.)**

La cantidad consumida de agua de forma continua es 4,22 metros cúbicos por hora de proceso. Las etapas mencionadas están constituidas por un flujo de material, donde según estipulaciones de los procesos se estima que el 90% del flujo de las etapas es agua. Dado lo anterior, se puede determinar el consumo de agua continuo como 3,8 metros cúbicos por cada tonelada de materia prima procesada. Si ahora se agrega el precio del dólar y el costo del agua potable, se obtiene que el costo variable del consumo de agua es de 2,2 dólares por cada tonelada de materia prima procesada.

### **Determinación del costo de otros insumos**

Existen otros insumos utilizados en producción, que generan un costo adicional, siendo necesario para su determinación estimar sus consumos. Las Tablas 4.15 y 4.16 contienen los insumos incurridos y la cantidad utilizada por tonelada de harina de pescado producida y toneladas de materia prima procesada, respectivamente. Estos valores fueron determinadas midiendo la cantidad utilizada en base a la materia prima ingresada en el proceso, se estudió toda una temporada de producción en periodos bajos de producción, dando los siguientes resultados:

Insumo	Cantidad [Kg/Ton Har]
Antioxidantes	0,42
Sal Plus	0,16
Maxi Sacos	0,74

**Tabla 4.15: Cantidad de insumos por tonelada de harina de pescado (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Insumo	Cantidad [Kg/Ton MP]
Ácido Nítrico	0,57
Soda Líquida	4,95
Diésel Descarga	0,64

**Tabla 4.16: Cantidad de insumos por tonelada de materia prima (MP) (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Una vez obtenida la información, y junto con el precio del dólar y el costo de cada insumo, se calculó el costo de los insumos en relación a la cantidad de materia prima, con esto se obtuvo el costo variable del consumo para cada insumo utilizado. La Tabla 4.17 muestra la relación entre el costo de los insumos mencionados y la cantidad de materia prima.

Insumo	Costo [US\$/Ton MP]
Ácido Nítrico	0,45
Soda Líquida	1,46
Diésel Descarga	0,48
Antioxidante	0,51
Sal Plus	0,07
Maxi Sacos	1,93

**Tabla 4.17: Costos de insumos por cantidad de materia prima (MP) (Fuente: Elaboración propia)**

El diésel utilizado en descarga alimenta el pontón, el que está operativo todo el año y no sólo en periodos de producción, por lo tanto, tiene un consumo fijo anual, el que sirve para la iluminación, alimentación del motor, entre otras cosas. El consumo fijo de diésel en descarga se estima en 70.8 M<sup>3</sup> al año.

El costo fijo del diésel se determina utilizando el consumo, el precio del insumo y el valor del dólar, dando como resultado un costo de US\$ 53.406 anualmente. El detalle del cálculo se encuentra en el Anexo 4.

#### **4.5 Determinación de ingresos**

Una vez obtenido el costo por procesar distintas cantidades de materia prima, es necesario determinar los ingresos generados por la venta de los productos finales. Para la determinación del ingreso, se utilizaron el precio de venta y los rendimientos productivos de la harina y el aceite de pescado.

Si el precio de venta del producto es multiplicado por su rendimiento, se genera una expresión que deja los ingresos en función de la materia prima procesada. Las Ecuaciones 4.7 y 4.8 muestran los ingresos en función de la materia prima para la harina y el aceite respectivamente.

$$\text{Harina: } PV_H * \eta_H = 313 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{TonMP}} \right] \quad (4.7)$$

$$\text{Aceite: } PV_A * \eta_A = 60 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{TonMP}} \right] \quad (4.8)$$

#### 4.6 Determinación de costos fijos

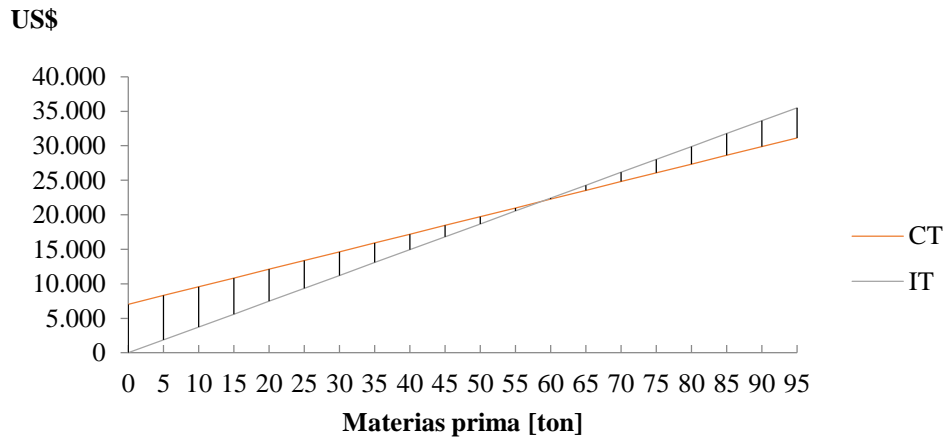
Para determinar los costos fijos utilizados, fue necesario incluir los costos fijos de los insumos cuando el sistema productivo no está operando, el costo fijo anual es de US\$ 2.530.800. Si el resultado obtenido anteriormente es dividido por 360, asumiendo un año comercial, se obtiene US\$7.030 por día. Este valor que será utilizado como costo fijo en la determinación del tamaño mínimo de producción.

#### 4.7 Punto de equilibrio

Una vez determinado los costos de los materiales de producción, insumos, materia prima y otros costos asociados a la producción, se pudo obtener el costo variable en relación a los dólares utilizados por cada tonelada de materia prima ingresada al sistema productivo, así como también los ingresos por la venta de la harina y aceite de pescado, los cuales son el resultado del procesamiento de la pesca.

Los resultados obtenidos, se presentan en la Figura 4.6, donde se muestra el costo total (CT) y el ingreso total (IT).





**Figura 4.6: Determinación del tamaño mínimo del lote de producción (Fuente: Elaboración propia)**

Como se observa, la cantidad mínima de materia prima a procesar para no incurrir en pérdidas, es 59,7 toneladas de materia prima, por lo cual si se procesa menos cantidad se incurrirá en pérdidas y por el contrario si se procesa más cantidad se generan ganancias.

Para determinar la cantidad de materia prima a procesar en forma analítica, se utiliza la Ecuación 4.9:

$$\text{Cantidad mínima de materia prima} = \frac{CF}{P_v - C_v} = \frac{7.030 \text{ [US\$]}}{(373-255) \text{ [US\$/TonMP]}} = 59,7[\text{ton}] \quad (4.9)$$

Por lo tanto, la cantidad mínima de materia prima a procesar es de 60 toneladas, por lo que una cantidad inferior generaría pérdidas.

El resultado obtenido, está sujeto al supuesto de que todo lo producido es vendido por la empresa, debido a que si se procesan las 60 toneladas de materia prima, pero se vende menos de la cantidad producida de harina y aceite de pescado, la empresa incurrirá en pérdidas.

Con los resultados obtenidos, se puede generar un plan de producción, para probar las diferentes estrategias, debido a que si se procesa una cierta cantidad de materia prima se podrá saber cuál estrategia es mejor, bajo el criterio de la utilidad que genera esta corrida de producción.

Cabe destacar que el análisis anterior no incorpora los costos de almacenamiento de materia prima, los que serán analizados a continuación.

## 4.8 Costos de almacenamiento de materia prima

La cantidad mínima de materia prima a procesar fue determinada anteriormente, incorporando los costos fijos y variables incurridos en la producción y los ingresos de venta por la producción de harina y aceite de pescado. Sin embargo, no se incorporó los costos almacenar y mantener en óptimas condiciones la materia prima en la cámara de almacenamiento (pozos de descarga).

Existen diversas formas de mantener la materia prima fresca, sin embargo, las empresas buscarán la opción que equilibre la calidad con los costos, dado que la mantención de la materia prima fresca implicará un aumento de los costos operacionales. El objetivo de minimizar la actividad microbiológica es no disminuir la calidad del producto, utilizando como medidas de mitigación los siguientes insumos:

- **Hielo:** Generar una base inferior de hielo dentro de los pozos de almacenamiento, con el objetivo de enfriar y mantener el pescado a bajas temperaturas, no superando los 5° Celsius y así no activar el avance microbiológico.
- **Agua dulce:** Rociar agua dulce por encima de la materia prima, que ya está posicionada dentro de los pozos de almacenamiento. El objetivo de esto es que no se multipliquen los microorganismos y detener el deterioro de la materia prima.

El consumo de estos insumos se calculó midiendo la capacidad de almacenaje de materia prima en los pozos en relación a la cantidad de insumos que puede ser incorporado, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 4.18, cabe destacar que estos son variables solo a la cantidad de materia prima a la cual se quiere detener su actividad microbiológica y no al tiempo, debido a que si se quiere mantener 1 hora o 4 horas se aplicará prácticamente la misma cantidad. Adicionalmente, la Tabla 4.19 muestra el costo unitario para estas medidas de mitigación, cabe destacar que estas medidas se utilizan solo en las estrategias que involucran almacenar la materia prima a la espera de entrar al sistema productivo.

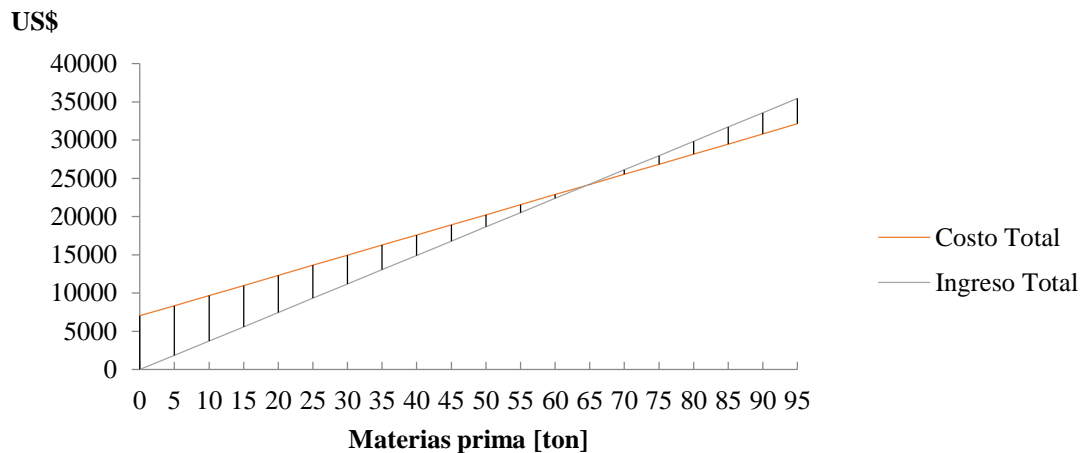
Insumo	Cantidad [M <sup>3</sup> /Ton MP]
Hielo	4,65
Agua dulce	6,00

**Tabla 4.18: Insumos utilizados en el almacenamiento de materia prima (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Insumo	Costo [US\$/M <sup>3</sup> ]
Hielo	0,727
Agua dulce	0,971

**Tabla 4.19: Costo de insumos de medida de mitigación (Fuente: Lota Protein S.A.)**

Con los datos mostrados en las Tablas 4.18 y 4.19 se puede calcular el aumento de los costos operacionales. El aumento de los costos implica que la cantidad de materia prima que iguala los costos totales y los ingresos totales será mayor, en otras palabras, la misma cantidad de materia prima generará una utilidad menor.



**Figura 4.7: Determinación del Qo con costos de almacenamiento (Fuente: Elaboración propia)**

Como se observa, la cantidad mínima de materia prima a procesar para no incurrir en pérdidas aumentó y es 64,5 toneladas de materia prima, por lo que si se procesa menos cantidad se incurrirá en pérdidas y por el contrario si se procesa más cantidad se generan ganancias.

Lo mostrado en las Figuras 4.6 y 4.7 es relevante, debido a que se podrá saber la utilidad generada por el procesamiento de diferentes cantidades de materia prima. La principal medida de desempeño del modelo de simulación será la utilidad generada por las diferentes estrategias de producción, por lo que con lo descrito en este capítulo se podrá determinar cuál es la mejor estrategia.

# **CAPÍTULO 5 : EVALUCIÓN DE ESTRATEGIAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE SIMULACIÓN**

La simulación permite estudiar la evolución de un sistema a través del tiempo en un conjunto de escenarios, con la finalidad de comprender su comportamiento y deducir la mejor alternativa.

Las simulaciones son de utilidad en sistemas de producción de alta complejidad, tanto para el diseño como para fases de mejoras. Para este trabajo, la simulación se utilizó con el fin de determinar qué cantidad de materia prima se debe recibir, utilizando las distintas estrategias de producción aplicadas a una planta pesquera, con el fin de determinar cuál de estas es la mejor, en base al indicador utilidad (ingresos menos costos).

En el mercado existen diversos programas comerciales para la simulación de los sistemas de producción, en este trabajo se utilizó el software ProModel v7.5.

## **5.1 Elementos de un modelo de simulación**

Con el fin de comprender y analizar un sistema se definen los siguientes términos:

- Una locación es un objeto fijo y capaz de procesar.
- Una entidad es un objetivo móvil en el sistema que es procesado.
- El sistema es representado por actividades, las que consumen los recursos del sistema.
- El estado del sistema es el conjunto de variables necesarias que permiten describir sus elementos en todo instante de tiempo.
- Un evento es la ocurrencia instantánea de un acontecimiento que puede modificar el estado del sistema.

La simulación de eventos discretos hace relación a la modelación de un sistema en los que las variables del estado cambian únicamente en determinados instantes de tiempo. Estos modelos se analizan a través de métodos numéricos, para este caso se realizará una simulación discreta con análisis tipo bach.

## 5.2 Objetivo y alcances del modelo

El objetivo del modelo generado es determinar la mejor estrategia de producción para una planta productora de harina y aceite de pescado, generando la mayor utilidad por el procesamiento de pescado. Para lo anterior se utilizarán tres estrategias diferentes.

El modelo de simulación comprende las etapas de arribo de barcos artesanales, descarga de materia prima y almacenamiento de esta por una cantidad de tiempo determinada para su posterior procesamiento.

La unidad de materia prima será la tonelada de pescado a procesar, la que al pasar por el sistema productivo se transforma en harina y aceite de pescado.

Para efectos del modelo se considera que la materia prima solo es traída por pescadores artesanales, que no hay pérdidas de materia prima en las cámaras de almacenamiento y que se procesa solo durante el turno en función de la estrategia que se está utilizando.

## 5.3 Análisis y recopilación de datos

Para generar un modelo de simulación que permita estudiar las estrategias de producción, es necesario modelar matemáticamente las diferentes actividades que se ven involucradas en estos procesos. Como se ha mencionado anteriormente, la industria pesquera está envuelta en un ambiente dinámico, debido principalmente a la variabilidad de la llegada y de la cantidad de materia prima a la planta procesadora. Para simular las diferentes estrategias de producción, se debe modelar los procesos implicados, para esto se estudiaron los tiempos involucrados. .

A continuación se presentan los procesos a modelar:

- **Arribo de barcos con materia prima:** El arribo de materia prima es de forma aleatoria y no depende de la planta procesadora, dado que los barcos pueden llegar de forma indistinta. Para este caso se analizó el tiempo entre arribos de llegada de barcos (Muñoz & Villafuerte, 2015) con 200 datos de periodos entre los meses de Septiembre a Noviembre.
- **Cantidad de materia prima:** La cantidad de materia prima que llega al desembarque también es una variable aleatoria, debido a que no siempre llega la misma cantidad, es por esto que también se estudió esta variable para modelar su comportamiento, se utilizó 200 datos de periodos entre los meses de Septiembre a Noviembre

Para determinar el tiempo entre arribos se recopilaron datos de llegada de barcos en periodos de baja cantidad de pesca, donde el tiempo entre arribo representa la diferencia entre la llegada del barco  $i$  y la del barco  $i + 1$ , obteniendo de esta forma los tiempos analizados, los datos se pueden observar en el Anexo 5.

Para determinar qué tipo de distribución siguen los datos, estos fueron testeados utilizando el software estadístico Minitab 16, utilizando los test estadísticos de prueba de bondad de ajustes y Kolmogorov Smirnov, teniendo como objetivo determinar si el tiempo entre arribos y la cantidad de materia prima por barco siguen una distribución exponencial y normal, respectivamente, (hipotesis nula).

Prueba de bondad de ajuste:  $H_0: F_o = F_e$   $H_1: F_o \neq F_e$

Donde  $F_o$  es la distribución real de datos y  $F_e$  es la distribución teórica que se ajusta a la serie real de datos.

Para determinar cuándo se rechaza o se acepta la hipótesis nula, se debe estudiar el valor-p entregado, donde si este es menor a  $\alpha$  (nivel de significación) se debe rechazar. Para este caso se utilizó un nivel de significación del 5%. Cuando no se rechaza la hipótesis  $H_0$ , se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar que los datos provienen de una distribución  $F_e$ , por lo que este se considera un modelo adecuado para los datos.

El resultado entregado por el programa muestra que solo la distribución exponencial logra un valor-p superior a 0,05, lo que implica que esta distribución se ajusta al tiempo entre arribo de barcos con materia prima en periodos de baja producción.

Cabe destacar que la variable tiempo entre arribos, si bien se ajusta a una distribución exponencial, está acotada con un valor máximo y mínimo debido a que no pueden llegar al sistema dos barcos con el mismo instante, por lo que el tiempo mínimo entre arribos de barcos es 1 minuto y el máximo es 240 minutos, es decir, la mitad del turno de trabajo.

En la Figura 5.1 se grafica un histograma con los tiempos entre arribos, mostrándose la frecuencia de los datos en relación a los tiempos entre arribos, donde se observa que esta variable se asemeja a una distribución exponencial junto con el máximo y mínimo, lo que se comprueba con la Figura 5.2, la que muestra el gráfico P-p donde se observa la probabilidad de obtener cierto valor dado el tiempo entre arribos de acuerdo a una distribución exponencial, mediante una prueba de bondad de ajuste.

La prueba de bondad de ajuste entrega un valor-p de 0,884, superior a 0,05, lo que implica que la variable tiempo entre arribos se ajusta a la distribución exponencial con un nivel de confianza del 95%.

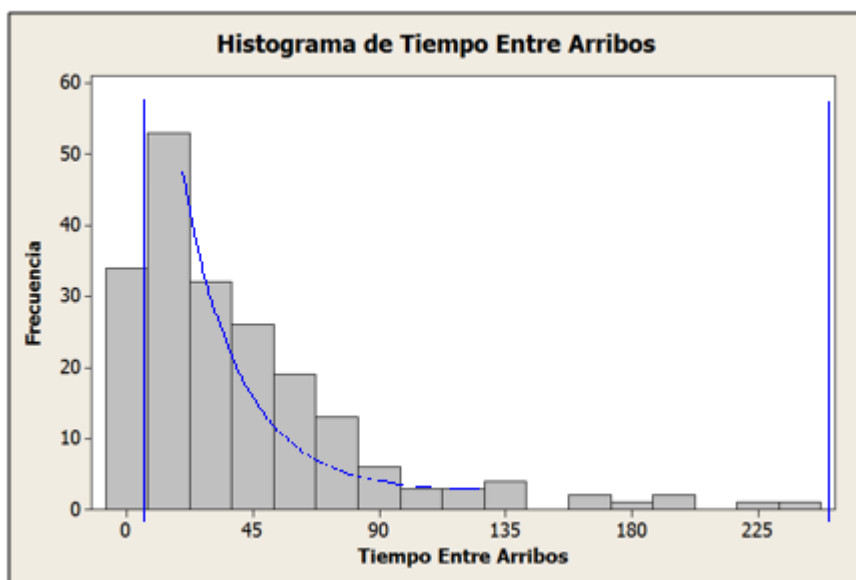


Figura 5.1: Histograma tiempo entre arribos (Fuente: Elaboración propia)

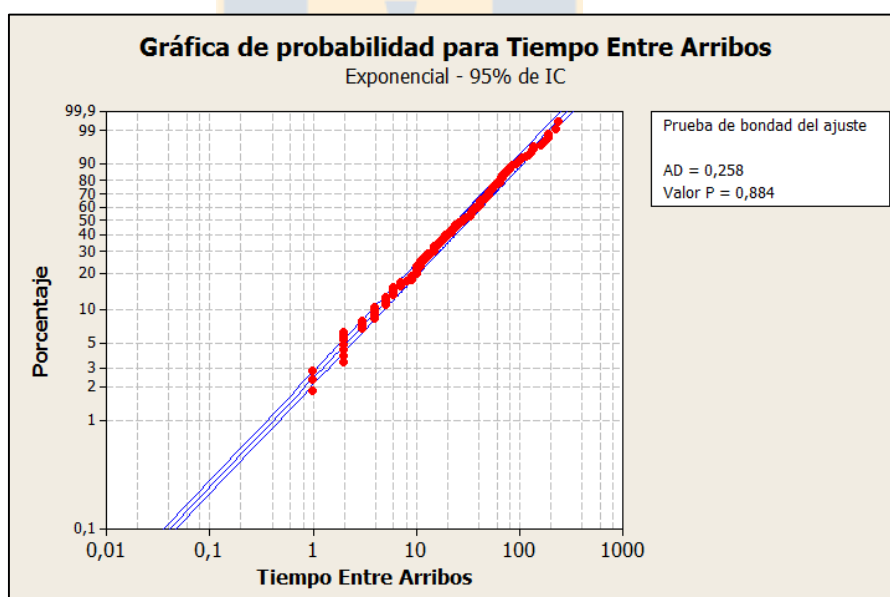


Figura 5.2: Prueba bondad de ajuste arribo de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

Se puede concluir que la serie de datos se distribuye exponencial con media 42, por lo tanto, la llegada de barcos con materia prima a la empresa se puede modelar con una distribución exponencial con media de tiempo entre arribo de 42 minutos.

La importancia de esta demostración recae en que los tiempos son variables aleatorias idénticamente distribuidas con parámetro conocido, por lo que se puede calcular la probabilidad de que el tiempo entre eventos sea superior a un cierto valor o se puede modelar la llegada de barcos con materia prima.

De forma similar al análisis realizado anteriormente, se puede estudiar la variable que representa la cantidad de materia prima traída por los barcos artesanales en periodo de baja producción. Los datos utilizados se muestran en el Anexo 5.

Se estableció un valor máximo y mínimo para la cantidad de materia prima que es traída por los barcos artesanales, en función de la capacidad de estos y el promedio de datos históricos recopilados, considerando el periodo de baja producción que se está estudiando. Se ha determinado que los barcos artesanales como mínimo traen 5 toneladas de pesca por barco, ya que una cantidad menor es considerada una pérdida. Como máximo se estableció 100 toneladas de pesca por barco, debido a que es la mayor cantidad que pueden traer de acuerdo a su capacidad.

Al igual que en el caso anterior, para determinar qué tipo de distribución siguen los datos, estos fueron testeados en el software estadístico Minitab, realizando una prueba de bondad de ajuste, donde se probó hipótesis ya mencionada.

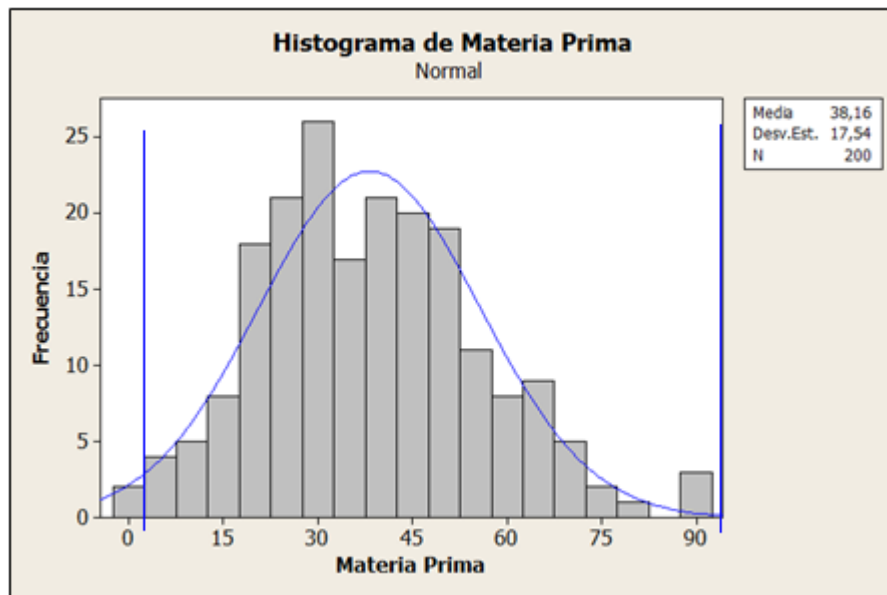


Figura 5.3: Histograma cantidad de materia prima (Fuente: Elaboración propia)



La Figura 5.3 muestra un histograma con la frecuencia de la cantidad de materia prima traída por los barcos, en la cual se observa que la variable cantidad de materia prima se asemeja a una distribución normal, lo que se comprueba con la Figura 5.4, la que muestra el porcentaje de ocurrencia, dada cierta cantidad de materia prima, mediante una prueba de bondad de ajuste. La Figura 5.5 muestra el resultado del test de Kolmogorov Smirnov (Lilliefors, 1967) para la cantidad de materia prima, tanto para el test de bondad de ajuste como para el test de Kolmogorov Smirnov el valor-p fue superior a 0,05, lo que significa que la distribución normal se ajusta a la variable estudiada, por lo tanto se puede modelar con esta distribución.

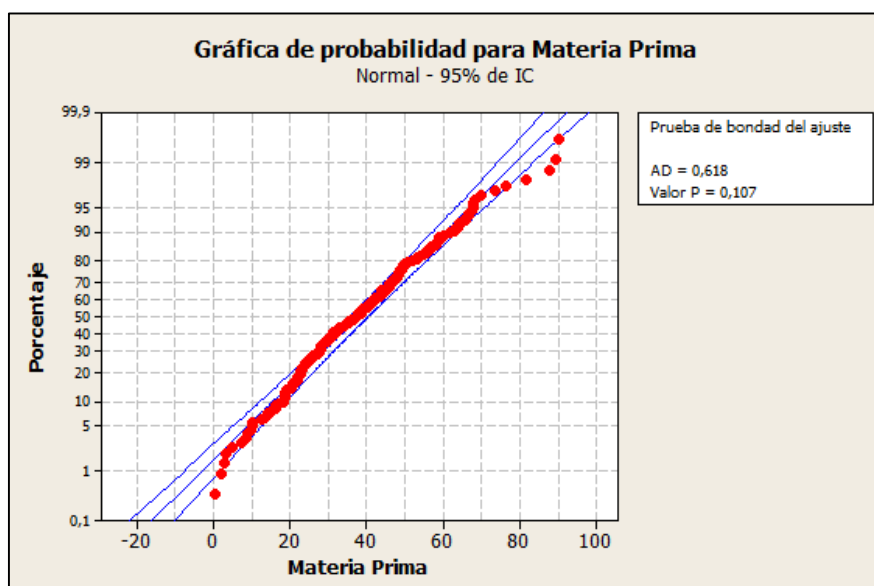


Figura 5.4: Prueba bondad de ajuste cantidad de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

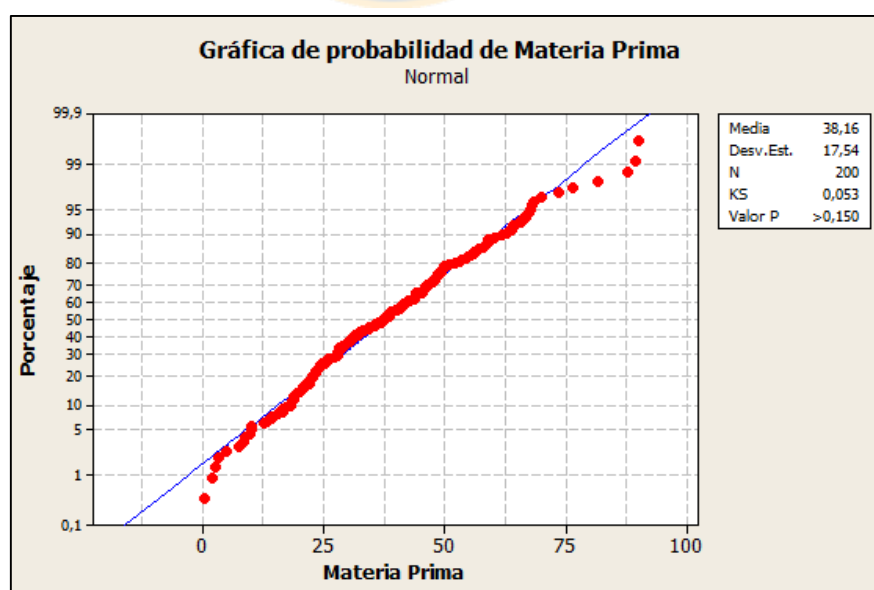
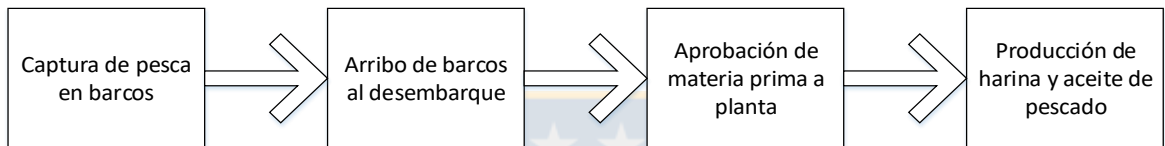


Figura 5.5: Prueba Kolmogorov Smirnov cantidad de materia prima (Fuente: Elaboración propia)

Se concluye que la la cantidad de materia prima por barco se distribuye normal con media 38,19 toneladas de pesca y desviación estandar 17,54 toneladas de pesca, con una cota inferior de 5 toneladas de pesca y superior de 100 toneldas de pesca.

## 5.4 Descripción del modelo

En la producción de harina y aceite de pescado, el proceso comienza con la captura de pesca por parte de los barcos, luego con una cantidad suficiente de pesca se genera el arribo del barco a la planta pesquera, específicamente al área de desembarque, donde se producen las estrategias de producción a estudiar. La pesca traída por el barco se puede aceptar o rechazar, si es aceptada pasa a la etapa de fabricación de harina y aceite de pescado, como se muestra en la Figura 5.6.



**Figura 5.6: Diagrama de recepción de pesca (Fuente: Elaboración propia)**

Una vez que es aprobada la recepción de la pesca, esta se almacena en cámaras de almacenamiento con sistema de refrigeración, donde, en algunos casos, se espera una cierta cantidad de tiempo antes de pasar a la etapa de cocción, que tiene por objetivo coagular la grasa, separando la parte sólida del total. Posteriormente, pasa al proceso de prensado, donde se separa una fase sólida y una líquida. La fase líquida se filtra en una centrifuga para generar aceite, el que al ser purificado genera un aceite de pescado de alta calidad. La fase sólida pasa, mediante tornillos trasportadores, al proceso de secado, el que se realiza mediante dos fases. Finalmente se le agregan diversos químicos y es ensacado, generando harina de pescado de alto contenido proteico.

El proceso termina una vez que los productos son fabricados y salen de la línea de producción, los cuales son enviados a bodegas y silos de almacenamiento. Estos procesos no están considerados en este estudio. A continuación se presentan las estrategias a simular:

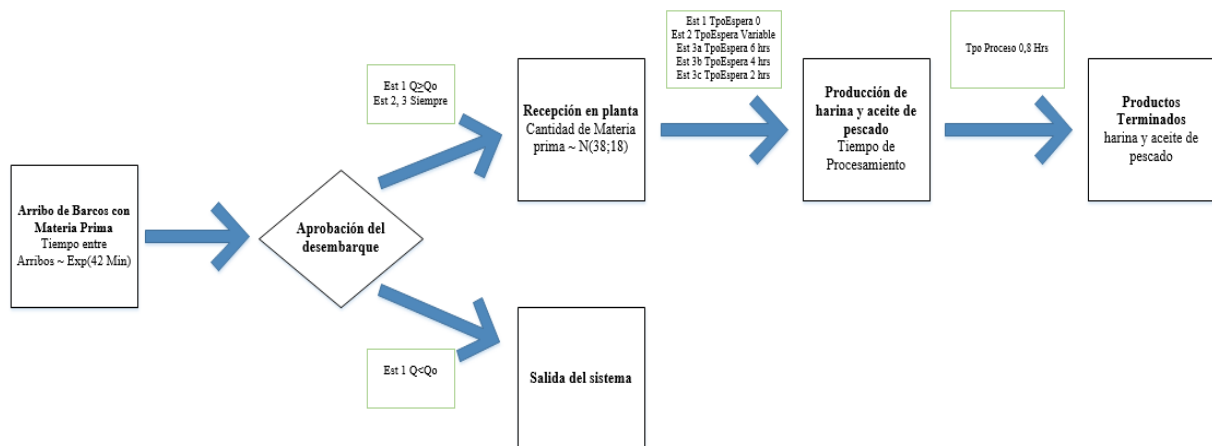
**Estrategia 1:** La materia prima traída por los barcos artesanales solo es aprobada cuando sea igual o superior a las 60 toneladas de pesca (establecida como mínima). No generando pérdidas por producir harina y aceite de pescado, dado que supera o iguala el punto de equilibrio, por lo tanto, si un barco llega con una cantidad menor de pesca, este es rechazado y dicha cantidad no

pasa a la planta. Esta estrategia no involucra costos de mantener la materia prima en las cámaras de refrigeración, debido a que es procesada de inmediato. Si el barco con materia prima llega cuando el sistema está procesando un lote, este igual es rechazo debido a que esta estrategia no incorpora costos de almacenamiento.

**Estrategia 2:** La materia prima traída por los barcos, independiente de la cantidad que sea, es aprobada y se acumula en los pozos de almacenamiento hasta igualar o superar las 60 toneladas de pesca. El mantener la materia prima acumulada en las cámaras de refrigeración, implica un aumento en los costos, sin embargo, esto se debe hacer para mantener la calidad del producto. Cabe destacar que el tiempo mayor a esperar son 4 horas, debido a que la variable de tiempo entre arribo está acotada.

**Estrategia 3:** La materia prima traída por los barcos, independiente de la cantidad, es aprobada y se acumula en los pozos de almacenamiento una cierta cantidad “t” de tiempo. Esta estrategia es probada con diferentes valores para el parámetro t, para establecer cuál es la mejor alternativa. Al igual que la estrategia anterior, esta involucra un aumento en los costos producción por mantener la materia prima. Se utilizan tres valores para el parámetro “t”: 6 horas, 4 horas y 2 horas.

Por lo tanto, el modelo general queda representado como se muestra en la Figura 5.7, donde el barco arriba, según una distribución exponencial para el tiempo entre arribos al desembarque. Luego, según la estrategia utilizada, el desembarque es aprobado e ingresa a la planta, con una cantidad de materia prima que se expresa según una distribución normal. Finalmente, con la materia prima en la planta, se produce harina y aceite de pescado.



**Figura 5.7: Modelo lógico de simulación (Fuente: Elaboración propia)**

#### 5.4.1 Medidas de desempeño

Con fin de evaluar el modelo de simulación se definen indicadores, también llamados medidas de desempeño, los que corresponden a información de salida relevante para el entendimiento del sistema de estudio y tiene relación con el objetivo que se busca cumplir.

Para este estudio, las medidas de desempeño definidas son las que a continuación se detallan:

- **Materia prima a procesar:** Corresponde a la cantidad de materia prima que fue procesada durante todo el turno.
- **Utilidad por producción:** Es la diferencia entre los ingresos y costos por producir harina y aceite de pescado.
- **Utilización del sistema productivo:** Porcentaje de utilización del sistema productivo, es que es medido en base a la materia prima procesada dependiendo de la estrategia y de la materia prima total que puede ser procesada en el mismo periodo de tiempo.
- **Costos:** Cantidad de dólares utilizados para procesar pesca y producir harina y aceite de pescado, la mejor estrategia será la que utilice un menor costo unitario.

#### 5.4.2 Locaciones

Las locaciones representan lugares fijos en el sistema, donde las entidades son dirigidas y pasan por ellas, para su procesamiento.

Para el caso en estudio, las locaciones corresponden a las diferentes estaciones de trabajo, donde suceden los principales procesos.

- **Desembarque:** Locación donde arriban los barcos con materia prima, decidiendo si es aprobada para pasar a planta.
- **Salida:** Locación que da salida a la materia prima que no es llevada a la planta por condiciones propias de la estrategia a probar.
- **Pozo:** Zona donde pasa la materia prima que es aprobada en el embarque, esta se almacena una cantidad determinada de tiempo, según la estrategia.
- **Cocedor y prensa:** Locaciones donde entra la materia prima que va a ser procesada y que cuentan con un tiempo establecido de proceso.
- **Secador, Molienda y Alm. Harina:** Locaciones donde entran la materia prima que se transformará en harina de pescado y que cuentan con un tiempo establecido de proceso.

- **Decanter, Centrifuga y Alm. Aceite:** Locaciones donde entran la materia prima que se transformará en harina de pescado y que cuentan con un tiempo establecido de proceso.

### 5.4.3 Entidades

Las entidades se definen como elementos que se mueven en el modelo, cambian el estado, afectan y son afectados por otras entidades.

- **Materia prima:** Entidad que representa la cantidad de materia prima que entra al sistema.
- **Harina de pescado:** Cantidad de harina de pescado producido en relación a la materia prima procesada.
- **Aceite de pescado:** Cantidad de aceite de pescado producido en relación a la materia prima procesada.

### 5.4.4 Duración de la corrida de simulación

Corresponde al periodo de tiempo que el modelo está funcionando, entregando información sobre los procesos del modelo. El periodo que se quiere estudiar es cuando los arribos de materia prima son bajos, precisamente entre los meses de octubre a noviembre, para generar un resultado representativo de este periodo se simulo en un horizonte de un mes. Si se considera 3 turnos por día, un mes representa 90 turnos promedio, lo que equivale a un horizonte de simulación de 720 horas. Este periodo será el simulado que será una representación de lo que ocurre entre los meses de octubre y noviembre a pesar que dentro de estos meses no se receptiona pesca todos los días, se utilizará más horas para generar un periodo de estabilidad para el simulador.

### 5.4.5 Determinación del número de réplicas

Dada la naturaleza aleatoria del problema estudiado, es necesario calcular el número de réplicas o corridas de simulación a realizar, el que se calcula en base en base a los costos, como se indica en la Ecuación 5.1.

$$N = \left( \frac{t_{n1,1-\alpha/2}}{e} * s(n) \right)^2 \quad (5.1)$$

SI  $N \leq n$ , entonces  $N=n$

$N$  : Número de replicas

$S(n)$  : Estimación de  $\sigma$  basada en  $n$  réplicas de la muestra piloto

$e$  : Tolerancia del error

$t_{n1,1-\alpha/2}$  : Valor crítico de la distribución t student

$A$  : Nivel de significancia

Para estimar el número de réplicas se utiliza un  $\alpha = 0,01$ , un error de  $e = 2.000$  dólares en la estimación de costos y una muestra piloto de 10 réplicas. Se obtiene un  $N = 9$  con  $t_{9,0,995} = 3,25$  y  $s(n) = 1.902$ . Como  $N < n$ , se considera el número de réplicas igual a 10.

## 5.5 Validación del modelo

La validación del modelo consiste en realizar una comparación entre las estimaciones que entrega el modelo y los valores reales. Si los resultados de la simulación concuerdan con lo real, se puede decir que el modelo genera una aproximación a la misma. Los datos reales considerados en este trabajo corresponden al periodo de producción de los años 2013 y 2014, en los cuales arribaron barcos con materia prima. El periodo de recopilación de datos fue en condiciones donde se cumplían los supuestos y alcances definidos para el modelo.

Para generar la validación del modelo, se comparará un mes del periodo de baja producción, donde se indica el promedio de la cantidad de barcos que llegaron a la planta de producción, la cantidad de materia prima por barco y el tiempo entre arribos de barcos al desembarque, estos valores fueron comparados con los resultados que entrega el modelo para el mismo periodo de tiempo. La Tabla 5.1 muestra la comparación entre los valores reales y los entregados por el modelo de simulación para un turno promedio de ocho horas.

Indicador	Valores históricos	Valores obtenidos por el modelo	Porcentaje de diferencia
Materia prima por barco (Toneladas de pesca)	38,62	39,22	1,55%
Cantidad de Barcos	11,12	11,38	2,39%
Tiempo entre barcos (Minutos)	41,62	42,11	1,18%
Materia prima procesada (Ton Pesca)	429,45	423,96	1,28%

**Tabla 5.1: Validación del modelo (Fuente: Elaboración propia)**

Para el periodo estudiado, se cumplió con la validación, en cuanto a la cantidad de arribos y a la cantidad total de materia prima.

## CAPÍTULO 6 : ANALISIS DE ESTRATEGIAS

El análisis de las estrategias de producción desarrolladas es realizado de acuerdo a los resultados obtenidos por el modelo de simulación, con los datos obtenidos y los supuestos descritos, en base a una simulación de 720 horas con 10 réplicas. Se definieron 3 escenarios o estrategias, la primera de ellas no involucra costos de almacenamiento de la materia prima, debido a que esta se procesa en forma inmediata. En las otras estrategias se debe mantener almacenada la materia prima, incurriendo en un aumento de los costos operacionales, generando una menor utilidad por procesar la misma cantidad de materia prima.

Otra diferencia entre las estrategias radica en la aprobación de la materia prima del barco que arriba, para así pasarla a la planta productiva, donde la primera estrategia aprueba el arribo de barcos a la planta productiva solo si esta es superior a la cantidad establecida como mínima para no incurrir en pérdidas económicas. La segunda estrategia es recepcionar la materia prima hasta igualar la cantidad establecida como mínima y ahí procesar todo lo acumulado. Finalmente, la última estrategia es recepcionar toda la materia prima que llega y acumular una cierta cantidad de tiempo, dependiendo del parámetro “t”, para el primer caso se acumulará 2 horas, luego 4 horas y finalmente 6 horas. A continuación se enumeran las 5 estrategias a evaluar:

- **Estrategia 1:** Recepcionar la materia prima, solo cuando esta iguale o supere la cantidad establecida como mínima. Esta estrategia no involucra costos de almacenamiento.
- **Estrategia 2:** Recepcionar toda la materia prima y acumular hasta alcanzar la cantidad establecida como mínima. Esta estrategia conlleva un aumento de los costos operacionales.
- **Estrategia 3a:** Recepcionar toda la materia prima y acumular 6 horas antes de procesar, aumentando los costos de almacenamiento.
- **Estrategia 3b:** Recepcionar toda la materia prima y acumular 4 horas antes de procesar, involucrando un aumento en los costos.
- **Estrategia 3c:** Recepcionar toda la materia prima y acumular por 2 horas antes de procesar, incurriendo en un aumento en los costos, dado el almacenamiento de la materia prima.

### 6.1 Planificación de producción mediante estrategia 1

Consiste en recepcionar materia prima solo cuando esta sea mayor o igual a la cantidad mínima y cuando el sistema esté disponible para procesar de inmediato. La Tabla 6.1 muestra los

resultados promedio de las réplicas de la simulación para el escenario 1, el que considera la recepción de materia prima solo cuando esta cantidad iguala o supera la establecida como mínima. Se observa que dada la estrategia probada, se procesan en promedio 3.474,64 toneladas de materia prima, utilizando un costo de 2.290.590 dólares. La utilidad promedio generada es de US\$ 134.460, con una utilización del sistema del 7,20%.

<b>Medida</b>	<b>Estrategia 1</b>
Materia prima procesada (Toneladas)	3.474,64
Costos incurridos (US\$)	2.290.590
Utilidad generada (US\$)	134.460
Costo unitario (US\$/Ton procesada)	659,2
Utilidad unitaria (US\$/Ton procesada)	38,7
Utilización del sistema productivo	7,20%

**Tabla 6.1: Medidas de desempeño para estrategia 1 (Fuente: Elaboración propia)**

## **6.2 Planificación de producción mediante estrategia 2**

La estrategia 2 es actualmente la que utiliza la planta pesquera que fue utilizada como modelo base, la que consiste en recibir pesca hasta alcanzar una cantidad establecida como mínima. La Tabla 6.2 muestra los resultados para esta estrategia, donde se observa que bajo esta política se procesan 38.066,40 toneladas de pesca. La utilización del sistema productivo equivale al 77,75%, generando una utilidad de US\$ 880.560, para este caso los costos son de US\$ 10.803.960.

Existe un aumento de las utilidades, junto con un mayor porcentaje de utilización del sistema productivo, esto se debe a que se procesa mayor cantidad de pesca. Implicando una mejor estrategia en comparación al primer caso.

<b>Medida</b>	<b>Estrategia 2</b>
Materia prima procesada (Toneladas)	38.066,40
Costos incurridos (US\$)	10.803.960
Utilidad generada (US\$)	880.560
Costo unitario (US\$/Ton procesada)	283,8
Utilidad unitaria (US\$/Ton procesada)	23,1
Utilización del sistema productivo	77,75%

**Tabla 6.2: Medidas de desempeño para estrategia 2 (Fuente: Elaboración propia)**



Cabe destacar que la utilidad generada corresponde a procesar la cantidad total de materia prima en diferentes llegadas y no es equivalente a la utilidad generada por una sola corrida de producción.

### 6.3 Planificación de producción mediante estrategia 3

La estrategia de producción 3 se basa en recibir toda la materia prima que arriba al sistema y acumular una cantidad de tiempo establecida, se definió 3 variantes, la estrategia 3A es acumular la materia prima por 6 horas, la estrategia 3B es acumular la materia prima por 4 horas y la estrategia 3C es acumular la materia prima por 2 horas.

#### Planificación de la producción mediante estrategia 3A

La Tabla 6.3 muestra los resultados obtenidos para la estrategia 3A, donde se observa que se procesan en promedio 40.141,63 toneladas de materia prima en total, en solo una corrida de producción por turno. Esta estrategia genera utilidades por US\$ 3.503.340, con una utilización del 81,20% del sistema productivo e incurriendo en US\$ 9.663.200 en costos.

Medida	Estrategia 3A
Materia prima procesada (Toneladas)	40.141,63
Costos incurridos (US\$)	9.663.200
Utilidad generada (US\$)	3.503.340
Costo unitario (US\$/Ton procesada)	240,7
Utilidad unitaria (US\$/Ton procesada)	87,3
Utilización del sistema productivo	81,20%

**Tabla 6.3: Medidas de desempeño para estrategia 3A (Fuente: Elaboración propia)**

Como se procesa solo en una corrida de producción, la utilidad se calcula en base a los costos de procesar una vez la cantidad total de materia prima y no en varias corridas de producción como en el caso anterior, generando una mayor utilidad.

#### Planificación de producción mediante estrategia 3B

La Tabla 6.4 muestra los resultados para esta estrategia, donde se observa que se procesan 40.314,49 toneladas de pesca. La utilización del sistema productivo es de un 82,34% y con esta estrategia se producen utilidades en promedio de US\$ 2.545.560, utilizando US\$ 10.124.730 de costo. A pesar que se procesa una cantidad de materia prima muy similar a la estrategia 3a, ésta

entrega una utilidad menor, debido a que se debe procesar la producción en más de una corrida, generando mayores costos.

<b>Medida</b>	<b>Estrategia 3B</b>
Materia prima procesada (Toneladas)	40.314,49
Costos incurridos (US\$)	10.124.730
Utilidad generada (US\$)	2.545.560
Costo unitario (US\$/Ton procesada)	251,2
Utilidad unitaria (US\$/Ton procesada)	63,1
Utilización del sistema productivo	82,34%

**Tabla 6.4: Medidas de desempeño para estrategia 3B (Fuente: Elaboración propia)**

### **Planificación de producción mediante estrategia 3C**

La Tabla 6.5 muestra los resultados promedios obtenidos para esta estrategia, donde se observa que se procesan 39.497,68 toneladas de pesca. El sistema productivo fue utilizado en un 80,67%, generando una utilidad de US\$ 1.656.990 con un costo de US\$ 10.558.920.

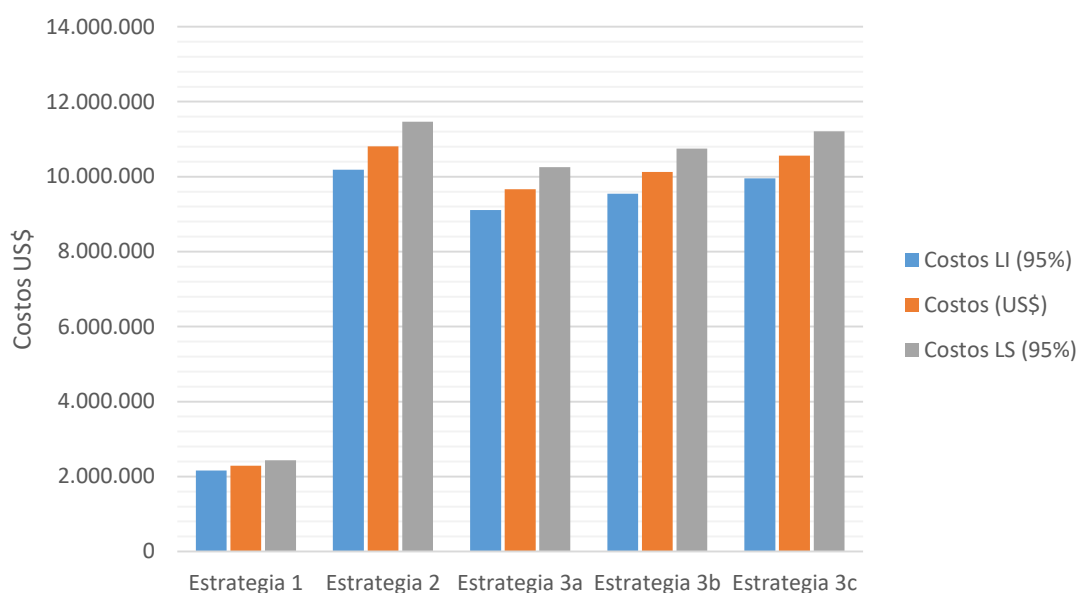
Esta estrategia a pesar de procesar cantidades similares a los casos anteriores, genera una utilidad significativamente menor. Esto se debe a que se procesa cada dos horas sin importar la cantidad acumulada, existiendo algunos casos en que se procesa sin tener la cantidad mínima establecida y la producción de esta, genera pérdidas por la utilización del sistema productivo. Existen otros casos en que se generan utilidades, obteniendo finalmente en promedio el resultado mostrado.

<b>Medida</b>	<b>Estrategia 3C</b>
Materia prima procesada (Toneladas)	39.497,68
Cantidad de corridas de producción	10.558.920
Utilidad generada (US\$)	1.656.990
Costo unitario (US\$/Ton procesada)	267,3
Utilidad unitaria (US\$/Ton procesada)	42,0
Utilización del sistema productivo	80,67%

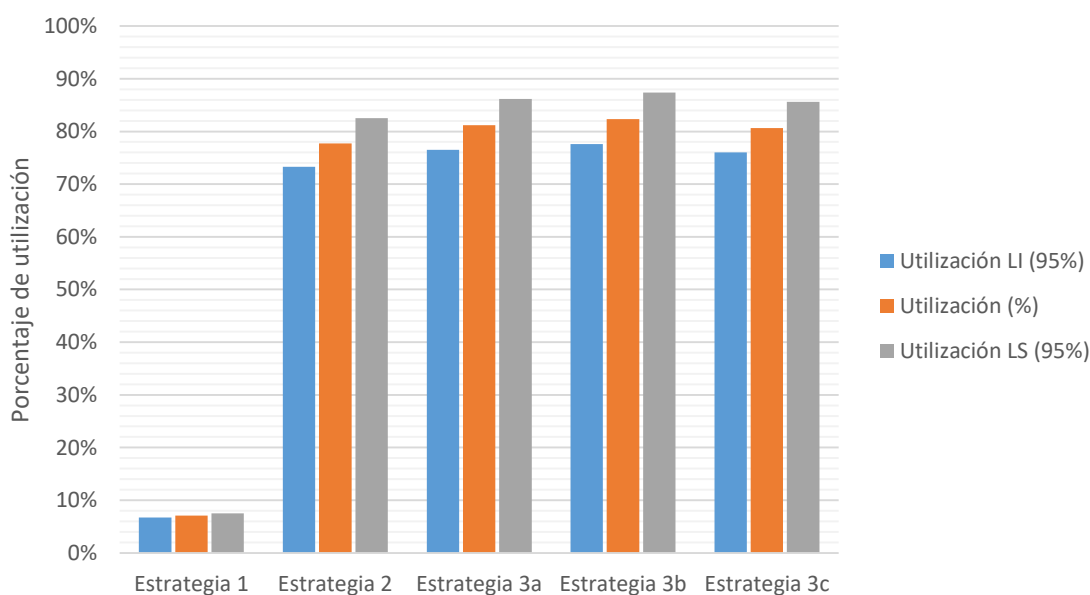
**Tabla 6.5: Medida de desempeño para estrategia 3C (Fuente: Elaboración propia)**

En las secciones 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5 se mostraron los resultados de las medidas de desempeño obtenidas para las diferentes estrategias de producción. Los 5 escenarios difieren

principalmente en el tratamiento y la estrategia que se utiliza con la materia prima que llega a la empresa, si es recepcionada y cuánto tiempo va ser almacenada. Para una misma cantidad de tiempo, se observa que la utilización de una estrategia puede generar una utilidad bastante distinta a otra. La Figura 6.1 muestra los diferentes costos incurridos y la Figura 6.2 muestra la utilización del sistema productivo para las diferentes estrategias., ambas son mostradas con un intervalo de confianza del 95%.

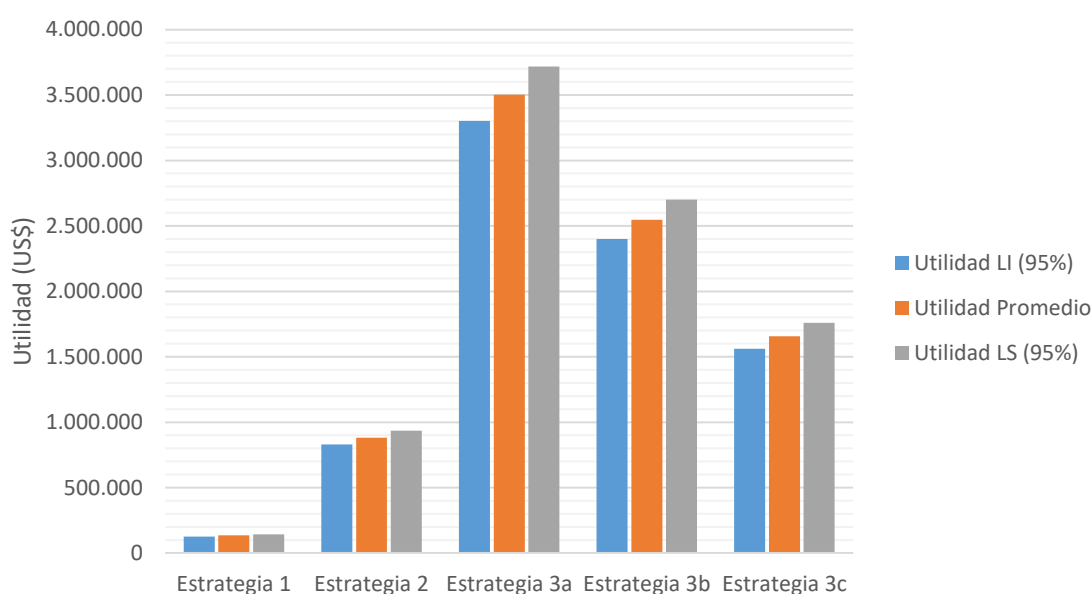


**Figura 6.1: Costos incurridos por aplicación de estrategias (Fuente: Elaboración propia)**



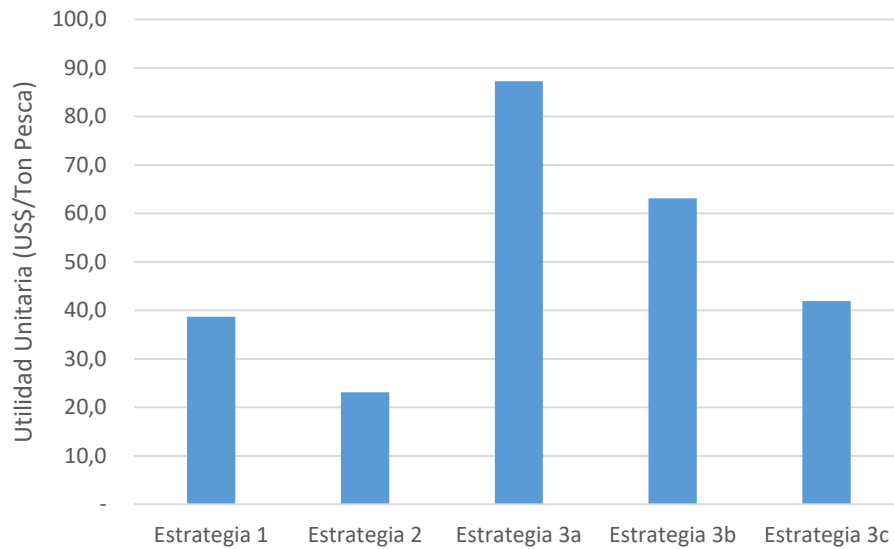
**Figura 6.2: Porcentaje de utilidad generado por aplicación de estrategias (Fuente: Elaboración propia)**

Se observa que ambas Figuras muestra una tendencia similar para las últimas 4 estrategias a diferencia de la Estrategia 1 que tiene un valor menor al del resto de las estrategias, esto se debe a que ahí se procesó la menor cantidad de pesca, esto genera una baja utilización del sistema productivo y bajos costos, a diferencia del resto de las estrategias que tiene cantidades de pesca mayores, donde se debe utilizar más el sistema y se incurre en mayores costos. El menor costo posible se genera cuando no se procesa ninguna unidad, por lo que solo se debe incurrir en los costos fijos de la utilización del sistema productivo, por cada unidad más procesada de debe utilizar un costo adicional, que posteriormente se verá compensado cuando se produzca harina y aceite de pescado que pueden ser vendidos. Para determinar realmente cuál de las estrategias es la que realmente favorece más a la empresa productora de harina y aceite de pescado, es la que entregue una mayor utilidad, valor que ya incorpora el costo fijo por utilizar el sistema productivo, el costo variable de procesar la pesca y el ingreso por la venta del producto generado. La Figura 6.3 muestra la comparación de la utilidad generada para cada estrategia con un intervalo de confianza del 95%, donde se observa que la Estrategia 3 destaca por sobre el resto.



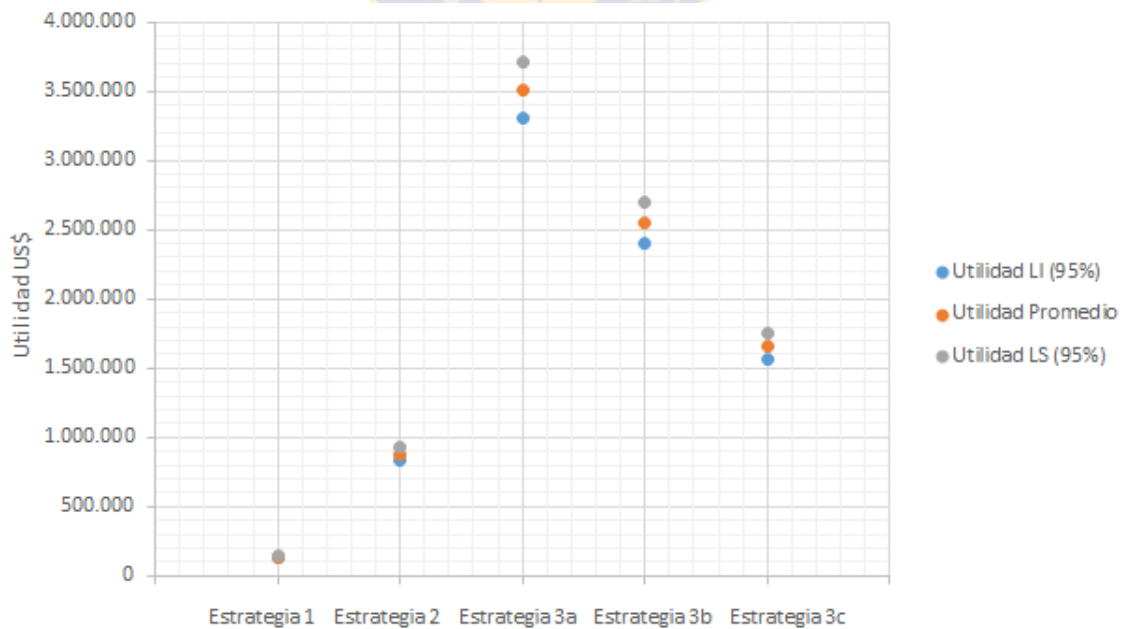
**Figura 6.3: Utilidad generada por aplicación de estrategias (Fuente: Elaboración propia)**

Para ratificar lo obtenido anteriormente, la Figura 6.4 muestra la utilidad por cada tonelada de pesca procesada, se observa que estrategia 3A supera claramente al resto de las estrategias, esto indica que a pesar de que existe estrategias que procesan mayor cantidad de pesca, no necesariamente generan una mayor utilidad, es precisamente este indicador que determina cuanta utilidad genera cada tonelada de pesca.



**Figura 6.4: Utilidad por cada tonelada de pesca procesada (Fuente: Elaboración propia)**

Como se ha observado en los resultados anteriores, la estrategia 3a es la que mayor utilidad genera, sin embargo, dada la variabilidad de los datos, puede ocurrir que para ciertos valores de las variables se obtenga una utilidad de la estrategia 3a baja y de la de estrategia 3b más alta, en base a esto la Figura 6.5 muestra los intervalos de confianza para la utilidad de las 5 estrategias estudiadas, se observa que los intervalos de todas las estrategia no se traslapan con entre sí, por lo que la estrategia con mejor valor medio será la mejor.



**Figura 6.5: Intervalos de confianza para utilidad (Fuente: Elaboración propia)**

Finalmente, en la Tabla 6.6 se observan las principales variables estudiadas para cada estrategia con el límite de confianza inferior, superior y valor promedio obtenido dada la simulación realizada.

VARIABLES DE DECISIÓN	Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3A	Estrategia 3B	Estrategia 3C
MP procesada (Ton)	3.475	38.066	40.142	40.314	39.498
MP LI (95%)	3.275	37.097	38.640	39.300	38.389
MP LS (95%)	3.687	39.035	41.643	41.329	40.607
Utilidad Promedio (US\$)	134.460	880.560	3.503.340	2.545.560	1.656.990
Utilidad LI (95%)	126.715	829.840	3.301.548	2.398.936	1.561.547
Utilidad LS (95%)	142.689	934.450	3.717.744	2.701.348	1.758.398
Utilización (%)	7,1%	77,8%	81,2%	82,3%	80,7%
Utilización LI (95%)	6,7%	73,3%	76,5%	77,6%	76,0%
Utilización LS (95%)	7,5%	82,5%	86,2%	87,4%	85,6%
Costos (US\$)	2.290.590	10.803.960	9.663.200	10.124.730	10.558.920
Costos LI (95%)	2.158.652	10.181.652	9.106.600	9.541.546	10.744.363
Costos LS (95%)	2.430.774	11.465.162	10.254.588	11.062.723	11.205.126

**Tabla 6.6: Análisis de confianza para variables de decisión (Fuente: Elaboración propia)**



## CAPÍTULO 7 : CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han desarrollado tres estrategias basadas en simulación que apoyan la toma de decisiones en la gestión de la producción de corto plazo, particularmente al momento de recepcionar pesca e iniciar la producción en la industria pesquera. Para lo anterior, se estudió el sistema productivo de la planta pesquera ubicada en Lota de la empresa Lota Protein S.A.

La mayor complejidad del trabajo radica en la variabilidad de ciertos factores que involucra el problema. La variabilidad de los arribos de los barcos con materia prima a la planta pesquera y la variabilidad de la cantidad de materia prima que traen complejizan el problema estudiado. El pescado que es utilizado como materia prima para producir harina y aceite de pescado es un producto altamente perecedero, lo que quiere decir que va perdiendo la calidad a medida que transcurre el tiempo. Estas condiciones generan una distorsión en la planificación y programación de la producción, por lo tanto se buscó una estrategia que favoreciera la producción para la industria pesquera.

Se probaron tres estrategias de producción, en una de ellas se consideraron tres variantes, mediante un modelo de simulación que estableció diferentes medidas de desempeño. La ventaja de la utilización de simulación para este trabajo fue que en vez de probar en forma real las estrategias, pudiendo provocar pérdidas económicas y deficientes formas de producción, se probaron en forma virtual, en base a tiempos reales y se calculó cuál era en promedio la mejor estrategia.

Los escenarios analizados muestran situaciones reales que se pueden dar en una planta pesquera. A través de las cinco estrategias probadas y analizadas, surgen las siguientes conclusiones:

- La generación de un modelo de determinación del tamaño mínimo del lote de materia prima a procesar, permite al área de producción establecer la cantidad mínima que se debe procesar para no incurrir en pérdidas debido a la producción, identificando las características del proceso productivo que se quiera llevar a cabo y entregando flexibilidad a los cambios externos. Esto genera mayor tiempo disponible para los trabajadores de esta área, el cual se puede destinar a otras actividades.
- Dentro de los costos incurridos en procesar, el costo de la pesca representa cerca del 70% del costo total, es por esto que se debe gestionar con pescadores artesanales el suministro de materia prima, de modo de obtener el costo más bajo posible.

- De los costos incurridos en los insumos, el del petróleo fuel oil es el que mayor participación tiene, con respecto a los demás costos.
- Dado el contexto actual de la empresa, tanto interno como externo, esta debe preocuparse de generar el mayor rendimiento posible de su materia prima, tanto para la harina como para el aceite de pescado, puesto que estos afectan fuertemente la utilidad de la empresa.
- La utilización de un modelo que evalúa las estrategias permite al área de operaciones generar eficiencias en la producción y tratamiento de la pesca. Esto se traduce en mejores decisiones y mayor utilidad por producción de harina y aceite de pescado.
- Se establece que la estrategia 3A es la que entrega una mayor utilidad en promedio, alcanzando US\$ 3.503.340 por el periodo analizado, a pesar que no es la estrategia donde se procesa mayor cantidad de pesca, esto quiere decir que no necesariamente la estrategia que procesa más pesca es la mejor, si no como se procesa marcará la mejor estrategia.
- La estrategia 3B, en promedio, es la que mayor utilización del sistema productivo, con un 82,34% de utilización, a diferencia de la estrategia 1 que solo lo utiliza un 7,20%, siendo esta la de menor utilización.
- Dado el contexto actual de la empresa, en base a los arribos de materia prima y a la cantidad de pesca traída por los barcos, se debe privilegiar la estrategia 3A, esto quiere decir, recepcionar materia prima independiente de la cantidad, acumular por 6 horas y luego procesar toda la pesca.

En base a los resultados mostrados en el capítulo anterior, se puede observar que es mejor estrategia acumular pesca que solo recepcionar la cantidad mínima a producir, a pesar que se tenga que invertir recursos para mantener la calidad de ella.

Si se comparan las estrategias 2, 3A, 3B y 3C, se observa que se procesan cantidades bastante similares, solo con la diferencia del momento en que se procesan. En el primer caso se procesa al acumular una cierta cantidad de pesca y en los otros casos se procesa al cumplir una cantidad determinada de tiempo, definida por la variable “t”. Se observa que las estrategias que procesan en más lotes la materia prima generan menores utilidades, por ejemplo, en la estrategia 2 se procesa en promedio 5 veces por turno y su utilidad total en el periodo es de US\$ 880.560 y la estrategia 3C se realiza en 4 corridas de producción y genera una utilidad total en el periodo de US\$1.656.990. Bastante distinto a las estrategias 3A y 3B que se realizan en 1 y 2 corridas de producción por turno con utilidades totales de US\$3.503.340 y US\$2.545.560 respectivamente.



Esto es provocado porque cada corrida de producción utiliza energía para el arranque de la caldera, en el encendido eléctrico de las maquinas, etc., es por esto que es más costoso procesar una misma cantidad de materia prima en diferentes corridas de producción que en una sola. Es por esto que las estrategias 3A y 3B generan una mayor utilidad que las demás, debido a que procesan la pesca en menor cantidad de corridas de producción.

Durante el desarrollo de este trabajo, se determinó la cantidad mínima de pesca a procesar para no incurrir en pérdidas por la utilización del sistema productivo. Se observó que esta cantidad varía si se aplican o no se aplican recursos para la mantención de la calidad de la pesca, con el fin de detener la actividad microbiológica. De esta manera, si se quiere mantener la calidad de la materia prima, se debe procesar un 5% más de pesca para no incurrir en pérdidas por la utilización del sistema productivo.

Se generó una herramienta de simulación, que permite a la empresa Lota Protein poder determinar su mejor estrategia de producción, sin embargo, dada la alta variabilidad, se instauró una opción que permite cambiar las variables del trabajo, para así poder actualizar los resultados a la realidad, esto quiere decir, por ejemplo, que si en algún momento la tasa de arribo de materia prima varía, esta se podrá modificar y se generarán nuevos resultados, actualizando a la realidad de ese instante.

Finalmente se puede concluir de la hipótesis que plantea que existe una estrategia de producción que puede generar una mayor utilidad en función de cómo se procesa y no de la cantidad de pesca procesada es aceptada, debido a que la estrategia 3A genera una mayor utilidad a pesar de procesar menor cantidad de pesca.

## REFERENCIAS

Aliaga R., B., Gómez U., D., & Neira A., S. (2001). Análisis bioeconómico de la pesquería de sardina (*Sardinops sagax*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, 29(2), 15–23. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782001000200002>

Aqlan, F., Lam, S. S., & Ramakrishnan, S. (2014). An integrated simulation–optimization study for consolidating production lines in a configure-to-order production environment. *International Journal of Production Economics*, 148, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.11.006>

Arcos, C. A., Mosquera, S. A., & Villada, D. C. (2008). EVALUATION OF TRANSPORT ROUTES OF PERISHABLE PRODUCTS IN THE RURAL SECTOR. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 6(2), 40–46.

Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons.

Bueno-Aguilar, G., Arjona-Suárez, E., & Santiago-Zaragoza, L. (2011). Un modelo de simulación para el análisis de nuevas políticas de operación en un planta productora de harina de maíz. *Agrociencia*, 45(2), 207–220.

Chiang, W.-C., Russell, R., Xu, X., & Zepeda, D. (2009). A simulation/metaheuristic approach to newspaper production and distribution supply chain problems. *International Journal of Production Economics*, 121(2), 752–767. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.03.001>

Díaz, J. P., & Salgado, H. (2006). Manejo de pesquerías mediante la zonificación de áreas de reserva: aplicación a la pesquería de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, 34(2), 109–124. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782006000200011>

Dolgui, A., & Ould-Louly, M.-A. (2002). A model for supply planning under lead time uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 78(2), 145–152.  
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00180-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00180-8)

Estevao Belchior, S., & Pucci, O. H. (2000). Controles microbiológicos y puntos de control en una planta elaboradora de filet de merluza para exportación. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 171–176.

FAO. (2016). FMI | Food Marketing Institute | The FoodKeeper. Retrieved November 12, 2016, from <http://www.fmi.org/industry-topics/consumer-affairs/food-keeper-food-storage-database>

Gonzalez-L., E. C., Adarme-Jaimes, W., & Orjuela-Castro, J. A. (2015). Stochastic mathematical model for vehicle routing problem in collecting perishable products. *DYNA*, 82(189), 199–206.  
<https://doi.org/10.15446/dyna.v82n189.48549>

Laghi, L., Picone, G., & Capozzi, F. (2014). Nuclear magnetic resonance for foodomics beyond food analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 59, 93–102.  
<https://doi.org/10.1016/j.trac.2014.04.009>

Leitão, F., Baptista, V., Zeller, D., & Erzini, K. (2014). Reconstructed catches and trends for mainland Portugal fisheries between 1938 and 2009: implications for sustainability, domestic fish supply and imports. *Fisheries Research*, 155, 33–50.  
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.02.012>

Lilliefors, H. W. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov Test for Normality with Mean and Variance Unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 399–402.  
<https://doi.org/10.1080/01621459.1967.10482916>

M Dourojeanni, A Barandiarán, D Dourojeanni. (2014). Amazonía peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructura:¿ Qué está pasando?¿ Qué es lo que significa para el futuro?

Medina, M., & Arancibia, H. (2002). Dinámica trófica del jurel (*Trachurus symmetricus murphyi*) en el norte de Chile. *Investigaciones Marinas*, 30(1), 45–55. <https://doi.org/10.4067/S0717-71782002000100003>

Muñoz, D. F., & Villafuerte, D. (2015). Análisis de la Entrada en Simulación Estocástica. *Información Tecnológica*, 26(1), 13–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100003>

NAYLOR, T. H. / B. J. / BURDICK, D. / CHU, KONG. (1971). *TECNICAS DE SIMULACION EN COMPUTADORAS*. LIMUSA.

Ordaz Herrera, B. L., & Universidad Autónoma de Nayarit. (2004). *Análisis financiero aplicando razones compuestas y punto de equilibrio para una empresa pesquera*. La Autora, Bahía de Matanchén, Mpio. de San Blas, Nayarit; México.

Ortiz-Vargas, D. A., & Montoya-Torres, J. R. (2012). Production Scheduling in a Collaborative Dyadic Supply Chain. *Ingeniería Y Universidad*, 16(2), 315–331.

Pehrsson, L., Ng, A. H. C., & Stockton, D. (2013). Industrial cost modelling and multi-objective optimisation for decision support in production systems development. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 1036–1048. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.08.011>

Peña Torres, J., Basch, M., & Vergara, S. (2003). EFICIENCIA TECNICA Y ESCALAS DE OPERACION EN PESCA PELAGICA: UN ANALISIS DE FRONTERAS ESTOCASTICAS. *Cuadernos de Economía*, 40(119), 47–87. <https://doi.org/10.4067/S0717-68212003011900002>

- Pérez, S. A., Niño, Z. M., & Cisneros, G. (2006). SIMPHA: Programa de Simulación para el Proceso de Producción de Aceite de Maíz y Harina de Maíz Precocida. *Información Tecnológica*, 17(6), 133–139. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642006000600020>
- Shannon, R. E., & Aldrete Bernal, F. (1988). *Simulación de sistemas: diseño, desarrollo e implantación Robert E. Shannon*. México D.F.: Trillas.
- Shumilina, E., Ciampa, A., Capozzi, F., Rustad, T., & Dikiy, A. (2015). NMR approach for monitoring post-mortem changes in Atlantic salmon fillets stored at 0 and 4 °C. *Food Chemistry*, 184, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.037>
- Valls, J. E., & Paredes, A. (2010). Caracterización física y química de la sardina (*Sardinella aurita*). Retrieved October 25, 2015, from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95916207014>
- van der Vorst, J. G. A. J., Tromp, S.-O., & van der Zee, D.-J. (2009). Simulation modelling for food supply chain redesign; integrated decision making on product quality, sustainability and logistics. *International Journal of Production Research*, 47(23), 6611–6631. <https://doi.org/10.1080/00207540802356747>
- Wiff, R., & Quiñones, R. A. (2004). PARAMETRIZACION AMBIENTAL EN MODELOS BIOLOGICO-PESQUEROS: UNA REVISION. *Gayana (Concepción)*, 68(1), 76–92. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382004000100008>

# ANEXOS

## Anexo 1: Representación del modelo en Excel

**Ingresar Datos**

Especie		Sardina	
Tipo de Proceso	T_P	Con SAC	
Velocidad Proceso	Vel	68	
Sobretiempo	STpo	ConSobreTpo	

Resultado por producción

Gráficar

		Sard/Ancho	Jurel
Rendimiento Harina	$\eta_H$	21%	21,2%
Rendimiento Aceite	$\eta_A$	4%	4,3%
Rendimiento Calderas	$\eta_c$	89,0%	

Resultado anual

Gráficar

Precio Dólar	P_USD	577	\$/US\$
Precio Compra	PC	180	US\$/Ton MP
Precio Venta Harina	PV_H	1490	US\$/Ton PT_H
Precio Venta Aceite	PV_A	1550	US\$/Ton PT_H

Precio Petroleo	CFo	366	\$/Kg Fo
Precio Electricidad	CKWh	46	\$/KWh
Precio Agua Producción	CAG	334	\$/m3 Ag
Precio Acido Nitrico	CAN	451	\$/Kg AN
Precio Antioxidantes	CA	3.330	\$/Kg An
Precio Sal Plus	CSP	1.157	\$/Kg SP
Precio Soda	CSo	170	\$/Kg SC
Precio MaxiSacos	CMS	6.530	\$/ Saco
Precio Diesel	CDI	435	\$/lt

Entrada / Proceso / Energia / C\_Electrico / C\_Agua / Insumos / Consumos / C.F / Resultados

		Entrada		Proceso		Energía		C_Electrico		C_Agua		Insumos		Consumos		C.F		Resultados	
--	--	---------	--	---------	--	---------	--	-------------	--	--------	--	---------	--	----------	--	-----	--	------------	--

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
<b>Cocción</b>	Flujo de Cocción	68	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,87	Kcal/Kg°C											
	Eficiencia	0,82	%											
	Temperatura Ambiente	12,0	°C											
	Temperatura de Cocción	95,0	°C											
	Entalpia	504,2	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	4.910.280,0	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	9.739,5	Kg Vap/hr											
Vapor Requerido Ef	11.877,5	Kg Vap/hr												
<b>Secado</b>	Flujo Secado	35,12	Ton/Hr											
	Masa Evaporada	10,99	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,45	Kcal/Kg°C											
	Eficiencia	0,75	%											
	Temperatura Ambiente	70,0	°C											
	Temperatura de Cocción	98,0	°C											
	Calor de Vaporización	539,4	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	6.368.332,7	Kcal/hr											
Vapor Requerido	11.806,3	Kg/hr												
Vapor Requerido Ef	15.741,8	KgVap/hr												
<b>Limpieza CIP</b>	Limpieza CIP	20,40	Ton/Hr											
	Calor Especifico	1,00	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	75,0	°C											
	Temperatura de Cocción	95,0	°C											
	Entalpia	540,00	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	408.000	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	755,56	KgVap/hr											
<b>AC Cocción</b>	Flujo de Cocción	14,28	Ton/Hr											
	Calor Especifico	1,00	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Inicio	90,0	°C											
	Temperatura Salida	95,0	°C											
	Entalpia	504,2	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	71.400,0	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	172,7	KgVap/hr											
<b>IC Licor Prensa</b>	Flujo Licor Prensa	52,02	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,87	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	90,0	°C											
	Temperatura de Cocción	98,0	°C											
	Entalpia	534,70	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	361.703	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	676,46	KgVap/hr											
<b>IC Placas</b>	Flujo Aceite	5,48	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,90	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	40,0	°C											
	Temperatura de Cocción	80,0	°C											
	Entalpia	516,70	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	197.254	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	382	KgVap/hr											
<b>SAC</b>	Flujo SAC	24,14	Ton/Hr											
	Masa Evaporada	8.161,05	Kg/hr											
	Consumo	0,087	Kg Fo/Meva											
	Consumo Fo	710,0	Kg Fo/hr											
<b>IC Agua Sangre</b>	Flujo Agua-Sangre	8,16	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,96	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	40,0	°C											
	Temperatura de Cocción	80,0	°C											
	Entalpia	516,70	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	312.038	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	604	KgVap/hr											
<b>Calefactor Petroleo</b>	Petroleo a Calentar	3,0	Ton/Hr											
	Calor Especifico	0,45	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	30,0	°C											
	Temperatura de Cocción	60,0	°C											
	Entalpia	525,90	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	40.500	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	77,01	KgVap/hr											
<b>Puesta en Marcha</b>	Masa Petroleo	520,0	Kg/hr											
	Calor Especifico Inferior	9.795,0	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	5.093.400	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	10.006,7	KgVap/hr											
<b>Calefactor Agua Maniobra</b>	Flujo	3,00	Ton/Hr											
	Calor Especifico	1,00	Kcal/Kg°C											
	Temperatura Ambiente	12,0	°C											
	Temperatura de Cocción	90,0	°C											
	Entalpia	540,00	Kcal/Kg											
	Calor Necesario	234.000	Kcal/hr											
	Vapor Requerido	433	KgVap/hr											

SECTOR	Maquina	CONSUMO (KW)
DESCARGA POZOS	TORNILLO TOLVA DESCARGA CAMIONES	5,5
	RASTRA DESCARGA CAMIONES	11
	TORNILLO INCLINADO DESCARGA CAMIONES	5,5
	TORNILLO HORIZONTAL SOBRE POZOS	7,5
	CINTA DISTRIBUCION 1	11
	TORNILLO POZO 1	7,5
	TORNILLO FONDO POZO 1	18
	RASTRA 1 A COCEDORES	11
	BOMBA RECUPERACION AGUASANGRE	18,5
	BOMBA ESTANQUE AGUASANGRE	11
	BOMBA AGUA SANGRE CAMIONES	11
	BOMBA ESTANQUE 1 INTERCAMBIADOR	5,5
	BOMBA ESTANQUE 2 A COCEDORES	1,5
	BOMBA CONDENSADOS INTERCAMBIADOR	3
	BOMBA CIP INTERCAMBIADOR	3
	<b>Total Descarga/Pozo</b>	<b>90</b>
COCEDORES	ALIMENTADOR COCEDOR 1	5,5
	COCEDOR 1	11
	PRE ESTRUJE	5,5
	DRUM DRAINER	4
	PRENSA 2 (o 3)	134
	TORNILLO TORTA PRENSA	11
TORNILLO BY-PASS PRENSA	5,5	
<b>Total Cocedor/Premsa</b>	<b>176,5</b>	
PLANTA ACEITE	BOMBA 1 LICOR PRENSA	11
	BOMBA 2 LICOR PRENSA	9,5
	DECANTER 1 418	30
	DECANTER 1 438	75
	DECANTER 2 438	75
	DECANTER 3 438	75
	TORNILLO INFERIOR DECANTER 1 Y 2	5,5
	SEPARADORA 1	37
	SEPARADORA 2	37
	SEPARADORA 3	37
	SEPARADORA 4	37
	PURIFICADORA	30
	PURIFICADORA	30
	BOMBA LICOR DESBORRADO 1 A TNK	30
	BOMBA LICOR DESBORRADO 2 A TNK	30
	BOMBA LICOR DESBORRADO 1	35
	BOMBA LICOR DESBORRADO 2	35
	BOMBA LICOR DESBORRADO 3	35
	BOMBA LODO SEPARADORAS	5,5
	BOMBA AGUA COLA 1 A TNK	30
	BOMBA AGUA COLA 2 A TNK	30
	BOMBA ALIM. PURIFICADORA	2,2
	BOMBA ALIM. PULMON ACEITE	5,5
	BOMBA TNK LICOR DESBORRADO A SEPARADORAS	30
	BOMBA TNK LICOR PRENSA A DECANTER	5,5
	BOMBA DOSIFICACION CONCENTRADO	15
	BOMBA TNK AGUAS CALIENTES	3,7
	BOMBA INTERCAMBIADORES	5,5
	BOMBA CIP (1/DIA)	4
	BOMBA SODA ACIDO SISTEMA CIP	3,7
	<b>Total Planta Aceite</b>	<b>794,6</b>
	PLANTA EVAPORADORA	BOMBA M1
BOMBA M2		5,5
BOMBA RECIRCULACION EFECTO 3		3,7
BOMBA CONDENSADOS		4
BOMBA RECIRCULACION EFECTO 2A		5,5
BOMBA RECIRCULACION EFECTO 2B		5,5
BOMBA 1 RECIRCULACION EFECTO 1		37
BOMBA 2 RECIRCULACION EFECTO 1		37
BOMBA RECUPERADORA FINOS		4
BOMBA AGUA COLUMNA BAROMETRICA N°1 VACIO		15
BOMBA AGUA COLUMNA BAROMETRICA N°2 VACIO		11
VENTILADOR GASES PLANTA EVAPORADORA		37
BOMBA VAHOS		5,5
BOMBA AGUA BLANDA N° 1		5,5
BOMBA AGUA BLANDA N° 2		4
BOMBA AGUAMAR 1	132	
BOMBA AGUAMAR 2 SAC	90	
<b>Total Planta Evaporadora</b>	<b>407,7</b>	

SECTOR	Maquina	CONSUMO (KW)
CALDERA	BOMBA ALIM. AGUA A CALDERA 1	55
	BOMBA ALIM. AGUA A CALDERA 2	37
	BOMBA ALIM. PETROLEO A CALDERA 1	3
	BOMBA ALIM. PETROLEO A CALDERA 2	5,5
	VENTILADOR CALDERA 1	37
	VENTILADOR CALDERA 2	45
<b>Total Caldera</b>	<b>182,5</b>	
SECADES ENFRIADOR	TORNILLO INCLINADO TORTA PRENSA	22
	TORNILLO DISTRIBUIDOR SEC.	11
	TORNILLO ALIMENTACION SECADOR 1	2,2
	TORNILLO ALIMENTACION SECADOR 2	2,2
	SECADOR 1	90
	SECADOR 2	90
	TORNILLO SALIDA SECADOR 1	2,2
	TORNILLO SALIDA SECADOR 2	7,2
	TORNILLO COLECTOR	7,5
	TORNILLO INCLINADO BY-PASS	22
	TORNILLO DISTRIBUIDOR SEC. 4-5-6	7,5
	TORNILLO ALIMENTACION SECADOR 5	2,2
	TORNILLO ALIMENTACION SECADOR 6	2,2
	SECADOR 5	90
	SECADOR 6	90
	TORNILLO SALIDA SECADOR 5	2,2
TORNILLO SALIDA SECADOR 6	2,2	
TORNILLO COLECTOR SECADORES 4-5-6	11	
TORNILLO INCLINADO A ENFRIADOR	7,5	
TORNILLO ALIMENTACION ENFRIADOR 1	5,5	
ENFRIADOR 1	55	
VENTILADOR ENFRIADOR 1	30	
TORNILLO INCLINADO COLECTOR ENFRIADOR 1	11	
<b>Total Secado/Enfriador</b>	<b>572,6</b>	
MOLIENDA	TORNILLO A MOLIENDA	7,5
	TORNILLO INCLINADO A MOLIENDA	11
	RECUPERADOR CORDELES	11
	TORNILLO 37	5,5
	TORNILLO 38	5,5
	TORNILLO ALIMENTACION MOLINO 1	2,2
	MOLINO	110
	VENTILADOR MOLINO 1	15
	TORNILLO SALIDA MOLINO 1	2,2
	TORNILLO 43	5,5
	TORNILLO INCLINADO 44	5,5
	TORNILLO 45	2,2
	TORNILLO MEZCLADOR 46	7,5
	TORNILLO INCLINADO A SILO	5,5
TORNILLO K20	18,5	
<b>Total molienda</b>	<b>214,6</b>	
PLANTA RILES	MOTOR 1 DECANTER 1	75
	MOTOR 2 DECANTER 1	75
	MOTOR 1 DECANTER 2	75
	MOTOR 2 DECANTER 2	75
	BOMBA RECICLAJE DAF 1	15
	BOMBA RECICLAJE DAF 2	15
	<b>BOMBA ESTANQUE TRANSFERENCIA</b>	<b>7,5</b>
	MOTOR COMPRESOR DAF 1	4
	MOTOR COMPRESOR DAF 2	4
	<b>BOMBA DOSIFICADORA ACIDO</b>	<b>0,3</b>
	BOMBA DOSIFICADORA SODA	0,3
BOMBA DOSIFICADORA FERRICO	0,37	
<b>BOMBA LLENADO ESTANQUE ACIDO</b>	<b>2,2</b>	
<b>BOMBA LLENADO ESTANQUE SODA</b>	<b>2,2</b>	
BOMBA LODO DAF 1	75	
BOMBA LODO DAF 2	75	
<b>Total Planta Riles</b>	<b>488,67</b>	

Consumo Electricidad Fija en Planta	
Consumo	1.729.013 KWH/Año
Costo KWh Fijo	137.842 US\$/Año

Sector	Consumo
Pozos y Descarga	90
Premsa Cocedores	177
Planta Aceite	795
Planta Evaporadora	408
Caldera	183
Secador y Enfriador	573
Molienda	215
Planta Riles	489
Consumo	2.927
<b>Total Kw</b>	<b>2.634</b>



	Etapas	M3/hr	M3/Proceso	Observación
Durante Proceso	Agua Maniobra Separadoras	0,22		Continuo
	Agua a piso	4		Continuo
Termino Proceso	CIP Planta Evaporadora	10,4	26	2,5 Hrs de descarga
	CIP Planta Aceite	10	5	0,5 hrs de descarga
	Aseo piso y estanques	5,5	16,5	3 hrs. De descarga

Utilización Agua	90%
------------------	-----

Costo Fijo Agua Por Proceso	44,40	[M3/Día]
Costo Variable de Agua	3,80	[M3/Ton MP]

Consumo Agua Fija		
Consumo	24.738	M3/Año
Costo agua fija	14.320	US\$/año

Herramientas de Producción	
Tipo	Costo
Materiales Prod	3,55 US\$/TonMP
Ropa de Trabajo	1,67 US\$/TonMP
<b>Total</b>	<b>5,22 US\$/TonMP</b>

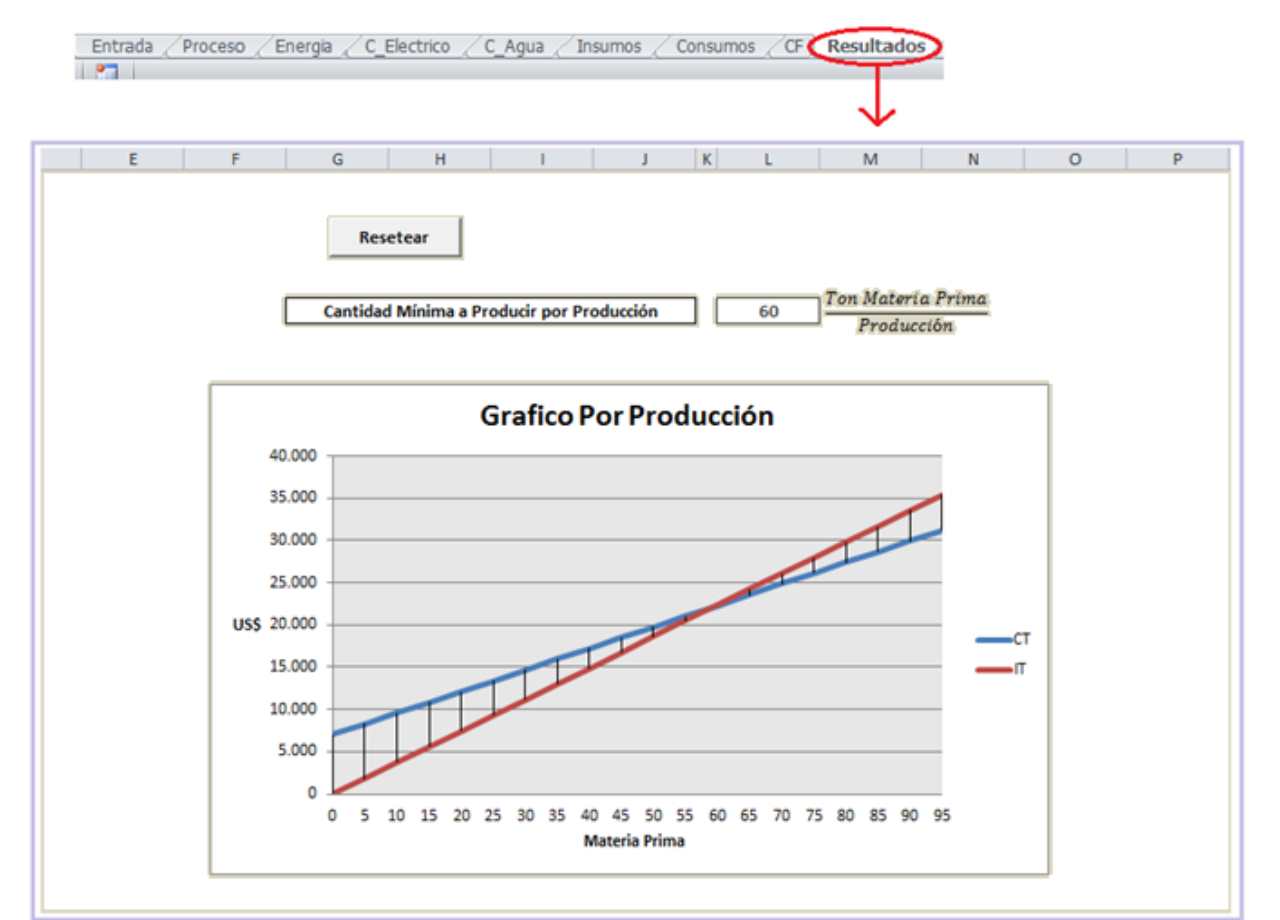
Cargos a la Producción	
Tipo	Costo
Serv del Grupo	15,00 US\$/TonPT_H
Bonos PT_H	10,77 US\$/TonPT_H
Bonos MP	1,36 US\$/TonMP
Bono Adm Planta	0,46 US\$/TonPT_H
Bono Bodega PT	0,19 US\$/TonPT_H
Bono Mant. Mec.	0,70 US\$/TonPT_H
Bono Prod	2,79 US\$/TonPT_H
Bono Riles	0,20 US\$/TonPT_H
Bono Vigilantes	0,69 US\$/TonPT_H
Bono Mant. Gral.	0,29 US\$/TonPT_H
Bono Mant Elect	0,36 US\$/TonPT_H
Bono Compra MP	1,14 US\$/TonMP
Bono Ponton	0,20 US\$/TonMP
<b>Total</b>	<b>6,75 US\$/TonMP</b>

Insumos		
Tipo	Cantidad	Costo
Acido Nitrico	0,57 [Kg AN/TonMP]	0,45 [US\$/TonMP]
Soda Liquida	4,95 [Kg So/TonMP]	1,46 [US\$/TonMP]
Antioxidante	0,42 [Kg An/TonPT_H]	2,42 [US\$/TonPT_H]
Sal Plus	0,16 [Kg SP/TonPT_H]	0,33 [US\$/TonPT_H]
MaxiSacos	0,74 [MS MS/TonPT_H]	9,22 [US\$/TonPT_H]
Diesel Descarga	0,64 [Lt Di/TonMP]	0,48 [US\$/TonMP]
<b>Total</b>	<b>4,89</b>	<b>US\$/TonMP</b>

Costos Indirectos	
Tipo	Costo
Casino y Alimen.	1,25 US\$/TonMP
HorasExtra	2,60 US\$/TonMP
TrabEventuales	1,90 US\$/TonMP
<b>Total</b>	<b>5,75 US\$/TonMP</b>



## Anexo 2: Regresiones lineales

### Anexo 2.1: Regresión lineal materiales de producción vs materia prima

#### Análisis de regresión: MatProd vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{MatProd} = 2930 + 3,15 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	2930	2620	1,12	0,290
MP	3,1467	0,4640	6,78	0,000

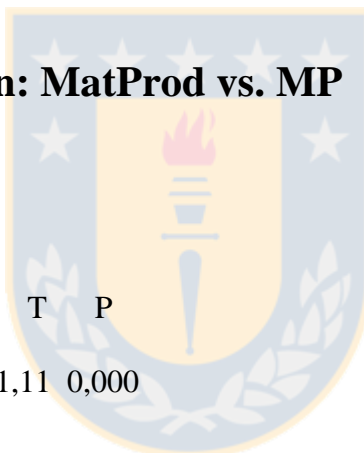
S = 6143,04 R-cuad. = 82,1%

#### Análisis de regresión: MatProd vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{MatProd} = 3,55 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
MP	3,5486	0,3176	11,11	0,000

S = 6212,72



## Anexo 2.2: Regresión lineal ropa de trabajo vs materia prima

### Análisis de regresión: RopTrab vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{RopTrab} = 4679 + 1,18 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	4679	1558	3,00	0,213
MP	1,1790	0,2760	4,27	0,002

S = 3654,59 R-cuad. = 72,6%

### Análisis de regresión: RopTrab vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{RopTrab} = 1,67 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Noconstant				
MP	1,6719	0,2457	7,28	0,000

S = 4805,12



### Anexo 2.3: Regresión lineal trabajadores eventuales vs materia prima

#### Análisis de regresión: TrabEve vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{TrabEve} = 4228 + 1,94 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	4228	1253	3,37	0,007
MP	1,9406	0,2219	8,74	0,000

S = 2938,21 R-cuad. = 88,4%

### Anexo 2.4: Regresión lineal costos relativos a la producción vs materia prima

#### Análisis de regresión: Costos relacionados a la producción vs. MP

La Ecuación de regresión es  
 $\text{Costos relacionados a la produc} = 205227 + 15,6 \text{ MP}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	205227	22048	9,31	0,000
MP	15,580	3,905	3,48	0,006

S = 51703,0 R-cuad. = 64,7% R-cuad.(ajustado) = 60,2%

### **Anexo 3: Costos incurridos debido a la producción**

---

Ítem
Accesorios para Laboratorios y producción
Aseo Planta y bodega
Gas en Máquinas
Herramientas de mano
Pintura en mantención
Lubricante para mantención
Renta bodega externa
Reparación y mantención de Máquinas
Reparación y mantención de edificios
Reparación y mantención de equipos eléctricos
Fletes por venta
Recolección de basura en áreas para la producción
Control materia prima y productos terminados
Certificado y control de calidad
Diésel energía producción
Remuneraciones personal de producción
ACHS y cargas sociales
Contribución empleados

---

## Anexo 4: Determinación punto de equilibrio

### Anexo 4.1: Consumo eléctrico maquinas utilizadas en producción

Máquinas pozos y descarga	Potencia Eléctrica(KW)
Tornillo tolva descarga camiones	5,5
Rastra descarga camiones	11
Tornillo inclinado descarga camiones	5,5
Tornillo horizontal sobre pozos	7,5
Cinta distribución 1	11
Tornillo pozo 1	7,5
Tornillo fondo pozo 1	18
Rastra 1 a cocedores	11
Bomba recuperación agua sangre	18,5
Bomba estanque agua sangre	11
Bomba agua sangre camiones	11
Bomba estanque 1 intercambiador	5,5
Bomba estanque 2 a cocedores	1,5
Bomba condensados intercambiador	3
Bomba CIP intercambiador	3
<b>Total Potencia Eléctrica Descarga/Pozos</b>	<b>90</b>

Máquinas Cocedor y Prensa	Potencia Eléctrica(KW)
Alimentador cocedor	5,5
Cocedor	11
Pre estruje	5,5
Drum drainer	4
Prensa	134
Tornillo torta prensa	11
Tornillo by-pass prensa	5,5
<b>Total Potencia Eléctrica Cocedor/Prensa</b>	<b>176,5</b>

Máquinas Planta Evaporadora	Potencia Eléctrica(KW)
Bomba m1	5,5
Bomba m2	5,5
Bomba recirculación efecto 3	3,7
Bomba condensados	4
Bomba recirculación efecto 2 <sup>a</sup>	5,5
Bomba recirculación efecto 2b	5,5
Bomba 1 recirculación efecto 1	37
Bomba 2 recirculación efecto 1	37
Bomba recuperadora finos	4
Bomba agua columna barométrica n°1 vacío	15
Bomba agua columna barométrica n°2 vacío	11
Ventilador gases planta evaporadora	37
Bomba vahos	5,5
Bomba agua blanda n° 1	5,5
Bomba agua blanda n° 2	4
Bomba aguamar 1	132
Bomba aguamar 2 SAC	90
<b>Total Potencia Eléctrica Planta Evaporadora</b>	<b>407,7</b>

Máquinas Planta Aceite	Potencia Eléctrica(KW)
Bomba 1 licor prensa	11
Bomba 2 licor prensa	9,5
Decanter 1 418	30
Decanter 1 438	75
Decanter 2 438	75
Decanter 3 438	75
Tornillo inferior Decanter 1 y 2	5,5
Separadora 1	37
Separadora 2	37
Separadora 3	37
Separadora 4	37
Purificadora	30
Purificadora	30
Bomba licor desborrado 1 a tnk	30
Bomba licor desborrado 2 a tnk	30
Bomba licor desborrado 1	35
Bomba licor desborrado 2	35
Bomba licor desborrado 3	35
Bomba lodo separadoras	5,5
Bomba agua cola 1 a tnk	30
Bomba agua cola 2 a tnk	30



Bomba alim. Purificadora	2,2
Bomba alim. Pulmón aceite	5,5
Bomba tnk licor desborrado a separadoras	30
Bomba tnk licor prensa a Decanter	5,5
Bomba dosificación concentrado	15
Bomba tnk aguas calientes	3,7
Bomba intercambiadores	5,5
Bomba CIP	4
Bomba soda acido sistema CIP	3,7
<b>Total Potencia Eléctrica Planta Aceite</b>	<b>794,6</b>

Máquinas Calderas	Potencia Eléctrica(KW)
Bomba alim. Agua a caldera 1	55
Bomba alim. Agua a caldera 2	37
Bomba alim. Petróleo a caldera 1	3
Bomba alim. Petróleo a caldera 2	5,5
Ventilador caldera 1	37
Ventilador caldera 2	45
<b>Total Potencia Calderas</b>	<b>182,5</b>

Máquinas Secado y enfriador	Potencia Eléctrica(KW)
Tornillo inclinado torta prensa	22
Tornillo distribuidor sec.	11
Tornillo alimentación secador 1	2,2
Tornillo alimentación secador 2	2,2
Secador 1	90
Secador 2	90
Tornillo salida secador 1	2,2
Tornillo salida secador 2	7,2
Tornillo colector	7,5
Tornillo inclinado by-pass	22
Tornillo distribuidor sec. 4-5-6	7,5
Tornillo alimentación secador 5	2,2
Tornillo alimentación secador 6	2,2
Secador 5	90
Secador 6	90
Tornillo salida secador 5	2,2
Tornillo salida secador 6	2,2
Tornillo colector secadores 4-5-6	11
Tornillo inclinado a enfriador	7,5

Tornillo alimentación enfriador 1	5,5
Enfriador 1	55
Ventilador enfriador 1	30
Tornillo inclinado colector enfriador 1	11
<b>Total Potencia Secado/Enfriado</b>	<b>572,6</b>

Máquinas Molienda	Potencia Eléctrica(KW)
Tornillo a molienda	7,5
Tornillo inclinado a molienda	11
Recuperador cordeles	11
Tornillo 37	5,5
Tornillo 38	5,5
Tornillo alimentación molino 1	2,2
Molino	110
Ventilador molino 1	15
Tornillo salida molino 1	2,2
Tornillo 43	5,5
Tornillo inclinado 44	5,5
Tornillo 45	2,2
Tornillo mezclador 46	7,5
Tornillo inclinado a silo	5,5
Tornillo K20	18,5
<b>Total Potencia Molienda</b>	<b>214,6</b>

Máquinas Planta Riles	Potencia Eléctrica(KW)
Motor 1 Decanter 1	75
Motor 2 Decanter 1	75
Motor 1 Decanter 2	75
Motor 2 Decanter 2	75
Bomba reciclaje daf 1	15
Bomba reciclaje daf 2	15
Motor compresor daf 1	4
Motor compresor daf 2	4
Bomba dosificadora soda	0,3
Bomba dosificadora férrico	0,37
Bomba lodo daf 1	75
Bomba lodo daf 2	75
<b>Total Potencia Planta Riles</b>	<b>488,67</b>

## Anexo 4.2: Determinación de punto de equilibrio

### Cálculos balance de materia

Como es un proceso estacionario y sin reacción química, se aplicó la ecuación de balance respectiva, en base a la composición de grasa y de sólido, como se muestra en las ecuaciones 1 y 2.

$$\dot{m}_{MP} * Y_{Sólido,MP} = \dot{m}_{evaporación} * Y_{Sólido,Evap} + \dot{m}_{harina} * Y_{Sólido,Har} + \dot{m}_{aceite} * Y_{Sólido,aceite} \quad (1)$$

$$\dot{m}_{MP} * Y_{Grasa,MP} = \dot{m}_{evaporación} * Y_{Grasa,Evap} + \dot{m}_{harina} * Y_{Grasa,Har} + \dot{m}_{aceite} * Y_{Grasa,aceite} \quad (2)$$

Donde  $\dot{m}_{mp}$ ,  $\dot{m}_{harina}$  y  $\dot{m}_{aceite}$  es el flujo másico de la materia prima, de la harina de pescado y del aceite de pescado, respectivamente, medidas en toneladas por hora. Dado que el flujo evaporado contiene solo agua, el porcentaje de sólido y grasa para este flujo es igual a cero. Por lo tanto si se reemplaza las dos ecuaciones anteriores, una en la otra, se obtiene una expresión para calcular la cantidad de harina de pescado como producto del sistema, expresándose de la siguiente manera:

$$\dot{m}_{harina} = \dot{m}_{mp} * \frac{(Y_{Grasa,aceite} * Y_{Sólido,MP} - Y_{Grasa,MP} * Y_{Sólido,aceite})}{(Y_{Grasa,aceite} * Y_{Sólido,MP} - Y_{Grasa,MP} * Y_{Sólido,aceite})} = 15,98 \text{ [Ton/hr]} \quad (3)$$

Así finalmente, el resultado obtenido en la Ecuación 3 se reemplaza en la Ecuación 2 y se despeja el flujo másico de aceite, resultando la expresión:

$$\dot{m}_{aceite} = \frac{\dot{m}_{MP} * Y_{Grasa,MP} - \dot{m}_{harina} * Y_{Grasa,Harina}}{Y_{Grasa,aceite}} = 5,48 \text{ [Ton/hr]} \quad (4)$$

Una vez obtenidos los resultados de las ecuaciones 3 y 4 se puede generar un balance del sistema total, y así obtener la masa evaporada, la cual incluye los procesos de los secadores y la planta evaporadora. Con la información obtenida se puede determinar el flujo másico de evaporación mediante la ecuación 5.

$$\dot{m}_{\text{Evaporación}} = \dot{m}_{\text{MP}} - \dot{m}_{\text{harina}} - \dot{m}_{\text{aceite}} = (68 - 15,98 - 5,48) [\text{Ton/hr}] = 46,54 [\text{Ton/hr}] \quad (5)$$

La ecuación 5 nos indica que se evapora un flujo de 46,54 toneladas de vapor por cada hora de proceso, este valor estará condicionado. Con los datos obtenidos se pueden llegar a los valores de los flujos de las corrientes

### **Cálculos balance de energía**

Para generar un balance de energía, es necesario definir el calor específico, que es la cantidad de energía que se debe suministrar a una unidad de masa de una sustancia determinada para elevar su temperatura en un grado centígrado. Específicamente para un sistema cerrado como el resuelto, el proceso isométrico se puede expresar como se muestra en la ecuación 6.

$$\Delta H = m C_p (T_2 - T_1) \quad (6)$$

### **Calculo del vapor requerido en el proceso de cocción**

El flujo de cocción es 68 toneladas por hora. Se estimó el calor específico del pescado como 0,87 Kilocalorías/Kgr°C, realizándose el cálculo del calor requerido para calentar el pescado desde 12°C hasta 95°C, la cual es la temperatura deseada. Ingresando estos valores a la ecuación 6, se obtiene:

$$\dot{Q}_{\text{Cocción}} = 68 [\text{Ton/hr}] * (95 - 12) [^{\circ}\text{C}] * 0,87 [\text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}] * 1000 [\text{Kg/Ton}] = 4.910.280 [\text{Kcal/hr}] \quad (7)$$

Una vez obtenido el flujo de calor del proceso de cocción, fue necesario conocer el valor de la entalpia del sistema de cocción, junto con la eficiencia del proceso, las cuales poseen un valor estimado de 504 Kcal/Kg y 82%, respectivamente. Con esta información fue posible determinar el flujo de vapor requerido en la cocción, el cual se muestra en la Ecuación 8, donde  $\dot{M}v_{\text{Cocción}}$  es el flujo de vapor requerido por el proceso:

$$\dot{M}v_{\text{Cocción}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Cocción}}}{\text{Entalpia} * \text{Eficiencia}} = 11.877 \left[ \frac{\text{KgVap}}{\text{hr}} \right] \quad (8)$$

Sin embargo, para el proceso de cocción no solo se debe incorporar la materia prima, debido a que esta se debe cocinar junto con agua o algún derivado. Para realizar un proceso más eficiente y con menores pérdidas, en vez de utilizar agua en la cocción se ingresa agua de cola, la que contiene una importante cantidad de proteínas, minerales y grasa.

De forma similar, y utilizando el calor específico del agua de cola como 1,0 Kcal/Kg°C, es posible determinar el flujo de vapor de la misma forma que se calculó en la Ecuación 9, resultando lo siguiente:

$$\dot{M}_{V_{AC \text{ cocción}}} = \frac{\dot{Q}_{CA \text{ cocción}}}{\text{Entalpia} * \text{Eficiencia}} = 173 \left[ \frac{\text{KgVap}}{\text{hr}} \right] \quad (9)$$

### Calculo del vapor requerido en el proceso de secado

Para calcular el vapor requerido en el secado es necesario saber el flujo evaporado, ya calculado, el calor específico de la torta húmeda de 0,45 Cal/gr°C, la entalpia de vaporización para el agua de 539 cal/gr, por lo que el calor requerido para pasar de 70°C a 98°C se calcula como es expresado en la Ecuación 10.

$$\dot{Q}_{\text{Secado}} = \left( 35,1 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right] * (98 - 70) [^\circ\text{C}] * 0,45 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} \text{ } ^\circ\text{C} \right] + 10,99 \left[ \frac{\text{Ton}}{\text{hr}} \right] * 539 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right] \right) * 1000 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{Ton}} \right] = 6.368.333 \left[ \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right] \quad (10)$$

A continuación se determina, mediante la Ecuación 11, el vapor requerido por el proceso de secado, utilizando el valor obtenido de la Ecuación 10, la entalpia y la eficiencia del proceso, la que se estima en un 75%.

$$\dot{M}_{V_{\text{Secado}}} = \frac{\dot{Q}_{\text{Secado}}}{\text{Entalpia} * \text{Eficiencia}} = 15.741 \left[ \frac{\text{KgVap}}{\text{Hr}} \right] \quad (11)$$

### Consumo total de petróleo

La Ecuación 12 muestra el cálculo del consumo de petróleo.

$$\text{Consumo de Petr6leo} = \frac{40.727 \left[ \frac{\text{KgVapor}}{\text{hr}} \right]}{\left( \frac{10.150 \text{ Kcal/Kg FO}}{550 \text{ Kcal/KgVapor}} \right) * 89\%} = 2.480 \left[ \frac{\text{KgFo}}{\text{hr}} \right] \quad (12)$$

Al resultado obtenido en la Ecuaci6n 12, se le debe sumar la cantidad demandada de petr6leo fuel 6il por el SAC, el cual es  $710 \frac{\text{KgFo}}{\text{hr}}$ , lo que resulta  $3.190 \frac{\text{KgFo}}{\text{hr}}$ . Si esta cantidad es dividida por el flujo de materia prima, se encuentra una relaci6n entre el consumo de petr6leo por cada tonelada de materia prima ingresada:

$$\text{Consumo de petr6leo} = \frac{3.190 \left[ \frac{\text{KgFo}}{\text{hr}} \right]}{68 \left[ \frac{\text{TonMP}}{\text{hr}} \right]} = 46,9 \left[ \frac{\text{KgFo}}{\text{TonMP}} \right] \quad (13)$$

El resultado obtenido en la Ecuaci6n 13 es utilizado para determinar el costo del petr6leo fuel 6il, por lo tanto, si se utiliza este valor, junto con el precio del d6lar y el costo del petr6leo, se obtiene el costo total del petr6leo fuel 6il:

$$\text{Costo Fuel 6il} = \frac{46,9 \left[ \frac{\text{KgFO}}{\text{TonMP}} \right] * 366 \left[ \frac{\$}{\text{FO}} \right]}{577 \left[ \frac{\$}{\text{US\$}} \right]} = 29,8 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{TonMP}} \right] \quad (14)$$

### **Determinaci6n del costo variable del agua en producci6n.**

Para la determinaci6n del costo incurrido en la utilizaci6n de agua en producci6n, fue necesario conocer que la cantidad consumida de agua de forma continua es 4,22 metros c6bicos por hora de proceso. Las etapas mencionadas est6n constituidas por un flujo de material, donde seg6n estipulaciones de los procesos se estima que el 90% del flujo de las etapas es agua. Dado lo anterior, se puede determinar el consumo de agua continuo, como se muestra en la Ecuaci6n 15.

$$\text{Consumo de agua continuo} = 4,22 \left[ \frac{\text{M}^3}{\text{TonMP}} \right] * 90\% = 3,8 \left[ \frac{\text{M}^3}{\text{TonMP}} \right] \quad (15)$$

Si al resultado obtenido en la Ecuaci6n 15, se le agrega el precio del d6lar y el costo del agua potable, se obtiene el costo variable del consumo de agua:

$$\text{Costo Agua Producción} = \frac{3,84 [\text{M}^3/\text{TonMP}] * 334[\$/\text{M}^3]}{577[\$/\text{US\$}]} = 2,2 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{TonMP}} \right] \quad (16)$$

La Ecuación 16 muestra como varía el consumo de agua a la producción, sin embargo existe un consumo de agua fijo en el año en la planta productiva, debido a mantenciones y pruebas de máquinas, las que utilizan agua de producción. El consumo fijo de agua se estima en 24.738 M<sup>3</sup> por año, el que es solo de la planta productiva y no involucra edificios administrativos ni riego. Así el costo fijo de producción se calcula como:

$$\text{Costo Fijo agua en producción} = \frac{24.738[\text{M}^3/\text{Año}] * 334[\$/\text{M}^3]}{577[\$/\text{US\$}]} = 14.320 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{Año}} \right] \quad (17)$$

#### Determinación del costo del diésel

$$\text{Costo Fijo Diésel} = \frac{70.840[\text{Litros}/\text{Año}] * 435[\$/\text{M}^3]}{577[\$/\text{US\$}]} = 53.406 \left[ \frac{\text{US\$}}{\text{Año}} \right] \quad (17)$$



## Anexo 5: Datos utilizados en modelo de simulación

Tiempo entre arribos (Min)																			
56	12	18	56	126	6	51	32	28	13	41	41	23	24	5	69	10	95	34	15
41	28	85	19	2	37	83	15	67	41	24	22	10	3	61	66	31	39	43	5
40	59	73	49	47	29	6	2	10	65	9	9	123	192	10	11	72	64	23	11
2	52	97	15	50	26	5	55	61	24	29	7	234	52	14	16	6	58	4	13
3	7	10	22	65	19	46	31	33	76	41	35	33	21	137	1	4	80	65	9
1	53	93	54	66	47	18	170	12	2	54	50	19	22	17	26	19	1	102	10
18	44	100	4	190	11	24	8	15	51	25	50	9	36	33	133	163	11	35	55
34	2	1	67	39	19	42	11	21	95	116	68	22	7	6	5	26	47	129	17
5	14	17	12	2	40	30	34	37	74	2	13	36	69	15	10	81	138	70	20
222	3	76	46	80	106	9	6	15	4	16	15	53	24	21	77	35	12	41	180

Tiempo entre arribos

Cantidad de materia prima (Toneladas)																			
22	47	42	22	5	54	24	33	35	46	28	28	38	46	58	38	49	10	32	44
28	35	13	41	68	30	13	44	18	28	37	39	49	63	21	19	33	29	27	57
28	21	17	25	25	34	90	67	49	19	50	51	5	15	50	48	17	19	38	48
64	24	10	44	24	36	56	22	20	37	34	53	44	24	45	43	56	21	58	45
62	54	49	39	19	40	26	33	32	16	28	31	32	39	5	69	60	14	19	50
82	23	67	23	77	26	41	37	46	64	23	24	41	39	42	36	41	70	9	50
41	89	9	59	28	48	37	52	44	24	37	24	50	30	32	88	66	48	31	23
31	68	74	18	29	41	28	48	39	10	5	19	39	54	46	57	36	25	5	42
56	45	42	47	68	29	33	31	30	23	64	46	31	21	44	49	30	48	17	40
59	63	22	26	21	7	49	56	44	59	44	66	23	37	59	27	31	47	28	55

Cantidad de materia prima



## Anexo 6: Resultados de variables por escenario

<b>Estrategia 1</b>			
<b>Variable</b>	<b>IC Límite Inferior</b>	<b>IC Límite Superior</b>	<b>Promedio</b>
Materia prima procesada (Ton)	3.274,64	3.687,15	3.474,64
Utilidad Generada (US\$)	126.715	142.689	134.460
Utilización del sistema productivo (%)	6,7%	7,5%	7,1%

<b>Estrategia 2</b>			
<b>Variable</b>	<b>IC Límite Inferior</b>	<b>IC Límite Superior</b>	<b>Promedio</b>
Materia prima procesada (Ton)	37.097,36	39.035,44	38.066,40
Utilidad Generada (US\$)	829.840	934.450	880.560
Utilización del sistema productivo (%)	73,3%	82,5%	77,8%

<b>Estrategia 3A</b>			
<b>Variable</b>	<b>IC Límite Inferior</b>	<b>IC Límite Superior</b>	<b>Promedio</b>
Materia prima procesada (Ton)	38.640,49	41.642,76	40.141,63
Utilidad Generada (US\$)	3.301.548	3.717.744	3.503.340
Utilización del sistema productivo (%)	76,5%	86,2%	81,2%

<b>Estrategia 3B</b>			
<b>Variable</b>	<b>IC Límite Inferior</b>	<b>IC Límite Superior</b>	<b>Promedio</b>
Materia prima procesada (Ton)	39.299,68	41.329,29	40.314,49
Utilidad Generada (US\$)	2.398.936	2.701.348	2.545.560
Utilización del sistema productivo (%)	77,6%	87,4%	82,3%

<b>Estrategia 3C</b>			
<b>Variable</b>	<b>IC Límite Inferior</b>	<b>IC Límite Superior</b>	<b>Promedio</b>
Materia prima procesada (Ton)	38.388,75	40.606,62	39.497,68
Utilidad Generada (US\$)	1.561.547	1.758.398	1.656.990
Utilización del sistema productivo (%)	76,0%	85,6%	80,7%

