



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**El Sabor de lo Natural: Propuesta de Mejora de la Planificación del Proceso  
de Elaboración de Pulpa de Fruta en la Empresa UltraPulp S.A.**

**Estefanía Moreno**

**Diana Rhor**

**Carlos Suárez, PhD., Director de Tesis**

Tesis de Grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Ingeniera Industrial

Quito, diciembre de 2014

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**El Sabor de lo Natural: Propuesta de Mejora de la Planificación del Proceso de  
Elaboración de Pulpa de Fruta en la Empresa UltraPulp S.A.**

Estefanía Moreno

Diana Rhor

Carlos Suárez, PhD.  
Director de Tesis

---

Diego Guilcapi, Msc.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Pablo Dávila, PhD.  
Miembro del Comité de Tesis

---

Ximena Córdova, PhD.  
Decana Escuela de Ingeniería  
Colegio de Ciencias e Ingeniería

---

Quito, diciembre de 2014

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Alexandra Estefanía Moreno Mena

C. I.: 1003585534

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Diana Marcela Rhor Isaías

C. I.: 1717298564

Fecha: Quito, diciembre de 2014

**DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi mayor fuerza y motivo para seguir adelante, Lucas. A mi papá, que me impulsó para llegar hasta aquí y ahora me guía desde el cielo.

Estefania Moreno

Esta tesis se la dedico a mis dos hermanas. Ustedes me dieron todas las fuerzas que necesité para finalizar esta etapa de mi vida, les amo mucho.

Diana Rhor

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios primero por darme paz cuando más lo necesite durante este largo camino. A toda mi familia que ha sido incondicional durante todo este tiempo y me han ayudado infinitamente. Mami, Mami Paty, Sebas, Anto, Juan Fran, Martin y Rafa sin Uds. no lo podía lograr. A la mejor compañera de tesis que pude tener, Di, solo las dos sabemos lo largo fue el camino pero a la final que satisfactoria es la recompensa, con cada día que pasamos puedo decir que eres una excelente persona que me enseñó mucho.

Estefania Moreno

Culminar este proyecto ha sido verdaderamente un trabajo muy duro, repleto de múltiples caídas y desafíos; pero sobretodo enseñanzas y risas. Te agradezco Estefy por compartir conmigo esta aventura y demostrarme cada día esa fortaleza infinita que tienes, he aprendido mucho de ti y te deseo lo mejor desde mi corazón. Mami, gracias por ser esa persona incondicional conmigo en todos mis días de tesis; ahí estuviste siempre, sin ti no lo hubiese logrado. Gato, gracias por ayudarme en mis días difíciles y darme ánimos siempre. Amigos y familiares les agradezco por toda la paciencia y el amor que me brindaron durante estos meses.

Diana Rhor

Además, queremos agradecer a todos nuestros amigos que han estado pendientes y nos han brindado una mano en este proyecto, son una parte muy importante para nosotras. Finalmente y no menos importante, queremos agradecer a todas las personas de la empresa que nos brindaron su tiempo, en especial a la Gerente de la misma quien nos abrió las puertas y confió en nosotras.

## **RESUMEN**

El presente estudio establece una planificación de recursos para la producción de pulpa de fruta en la empresa UltraPulp S.A. por medio de la utilización parcial del MRPII (Planificación de Recursos de Manufactura) para la minimización de los costos de producción y los costos de mantener el inventario. Se utiliza las tres primeras fases de la metodología del Ciclo de Deming para la estructura del documento. En la primera fase: Planear, se realiza un análisis de campo, se determina la problemática, se plantean soluciones, se define el alcance y la situación actual de los procesos. En la segunda fase: Hacer, se determina el modelo matemático de minimización de costos acorde a las necesidades de la planta de producción y se establecen las entradas al modelo que son: tasas de producción, demandas, costos, lista de materiales, inventarios iniciales, capacidades máximas y horas disponibles; a través de herramientas como son: el estudio de tiempos, métodos de pronósticos y análisis de costos. En la tercera fase se obtienen las salidas del modelo y se plantean conclusiones y recomendaciones al estudio

## **ABSTRACT**

The following study establish a planification of resources for the pulp fruit production in the company UltraPulp S.A by the partial usage of MRPII (Manufacture Resource Planning) to minimize the costs production and maintain the inventory costs. The study uses the 3 first phases of the methodology of the Deming Cycle for the document structure. In the first phase, Plan, an analysis of the field will be made, the problematic will be determined, solutions will be planned, the coverage and the actual situation of the processes are defined. In the second phase: Do, the mathematical minimization model of costs will be determined to satisfy the needs according to the plant and the production and it is established the entries to the model which are: production rates, demands, costs, bill of materials, essential inventories, maximum capacities, and the available hours. All of these through tools like: the study of different times, methods to prognosticate and the analysis of costs. In the third phase the exits of the model are obtained and conclusions and recommendations are stated.



## TABLA DE CONTENIDOS

Tabla de contenidos .....	9
Tablas .....	12
Figuras .....	14
1 Capítulo 1: Introducción.....	16
1.1 Descripción y problemática de la empresa .....	16
1.2 Metodología .....	17
2 Capítulo 2: Fase planear .....	18
2.1 Análisis de campo .....	18
2.2 Soluciones .....	20
2.3 Justificación .....	23
2.4 Objetivos .....	25
2.4.1 General.....	25
2.4.2 Específicos.....	25
2.5 Alcance .....	25
2.6 Situación Actual.....	26
2.6.1 Productos .....	27
2.6.2 Materia prima .....	27
2.6.3 Instalaciones .....	28
2.6.4 Maquinaria.....	29
2.6.5 Recurso Humano .....	29
2.6.6 Planificación de la producción .....	30
2.7 Selección del producto de interés .....	31
2.7.1 Selección de la línea de producto .....	31
2.7.2 Selección de la presentación de pulpa de fruta.....	33
2.8 Proceso Productivo de Pulpa de fruta .....	35
2.8.1 Recepción .....	35
2.8.2 Lavado .....	37
2.8.3 Desinfección. ....	37
2.8.4 Corte y pelado.....	38

2.8.5	Cocción.....	38
2.8.6	Despulpado .....	39
2.8.7	Formulación.....	40
2.8.8	Envasado.....	41
2.9	Familia de productos.....	42
2.10	Diagramas de flujo.....	43
3	Capítulo 3: Investigación bibliográfica .....	44
3.1	Revisión de literatura .....	44
3.2	Marco teórico .....	56
3.2.1	Diagrama de Pareto .....	56
3.2.2	Familia de producto .....	57
3.2.3	Flujogramas de proceso.....	59
3.2.4	Planeación de recursos de manufactura MRPII.....	61
3.2.5	Investigación de Operaciones.....	66
3.2.6	Entradas al modelo .....	67
4	Capitulo 4: Fase hacer .....	93
4.1	Modelo matemático .....	93
4.1.1	Índices del modelo.....	94
4.1.2	Parámetros del modelo .....	94
4.1.3	Variables de decisión del modelo.....	96
4.1.4	Detalle del Modelo .....	96
4.2	Entradas del Modelo Matemático .....	98
4.2.1	Demanda.....	99
4.2.2	Tasas de Producción .....	128
4.2.3	Costos .....	163
4.2.4	Lista de Materiales.....	166
4.2.5	Inventarios Iniciales.....	168
4.2.6	Capacidad máxima .....	168
5	Capítulo 5: Fase Verificar .....	169
5.1	Resultados .....	169
5.2	Conclusiones .....	172
5.3	Recomendaciones .....	173

6	Bibliografía.....	174
7	Anexos.....	181
7.1	Anexo 1.....	181
7.2	Anexo 2.....	182
7.3	.....	182
	.....	183
	.....	184
	.....	186
7.4	nexo3.....	197
7.4.1	Familia 1.....	197
7.4.2	Familia 2.....	198
7.4.3	Familia 3.....	199
7.4.4	Familia 4.....	200
7.4.5	Familia 5.....	201
7.4.6	Familia 6.....	202
7.5	Anexo 4.....	203
7.5.1	Familia 1.....	203
7.5.2	Familia 2.....	203
7.5.3	Familia 3.....	204
7.5.4	Familia 4.....	204
7.5.5	Familia 5.....	205
7.5.6	Familia 6.....	205
7.6	Anexo 5.....	206
7.6.1	Familia1.....	206
7.6.2	Familia2.....	207
7.6.3	Familia3.....	208
7.6.4	Familia4.....	209
7.6.5	Familia5.....	210
7.6.6	Familia6.....	211
7.7	Anexo 6.....	212
7.8	Anexo 7.....	213
7.9	Anexo 8.....	219

## TABLAS

Tabla 1 Distribución de operarios en las áreas desde recepción materia prima hasta el envase producto terminado.....	30
Tabla 2: Familia de productos .....	43
Tabla 3: Categorías para agrupar productos .....	57
Tabla 4: Niveles Jerárquicos de horizontes de planeación .....	65
Tabla 5: Selección de tipo de pronóstico.....	72
Tabla 6: Criterios de EPAM para evaluar los pronósticos .....	77
Tabla 7: Número recomendado de ciclos de observación .....	81
Tabla 8: Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse .....	82
Tabla 9: Sistema de calificación de esfuerzos de Westinghouse.....	83
Tabla 10: Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse.....	83
Tabla 11: Sistema de calificación de consistencias de Westinghouse.....	84
Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO .....	86
Tabla 13: Costos de Producción .....	91
Tabla 14: Índices Modelo de Planificación de la Producción .....	94
Tabla 15: Parámetros Modelo de Planificación de la Producción.....	95
Tabla 16 : Variables de decisión Modelo de Planificación de la Producción .....	96
Tabla 17: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 1 .....	109
Tabla 18: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 1 .....	110
Tabla 19: Pronósticos mes de octubre Familia 1 .....	112
Tabla 20: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 2 .....	112
Tabla 21: Pronósticos mes de octubre Familia 2.....	113
Tabla 22: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 3 .....	114
Tabla 23: Pronósticos mes de octubre Familia 3.....	115
Tabla 24: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 4 .....	116
Tabla 25: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 4.....	117
Tabla 26: Pronósticos mes de octubre Familia 4.....	119
Tabla 27: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 5 .....	119
Tabla 28: Pronósticos mes de octubre Familia 5.....	120
Tabla 29: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 6 .....	121
Tabla 30: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 6.....	122
Tabla 31: Pronósticos mes de octubre Familia 6 <b>Elaboración: Propia</b> .....	124
Tabla 32: Proporciones por fruta Familia 1 .....	124
Tabla 33: Pronósticos por fruta Familia 1 .....	124
Tabla 34: Proporciones por fruta Familia 2.....	125
Tabla 35: Pronósticos por fruta Familia 2 .....	125

Tabla 36: Proporciones por fruta Familia 3.....	125
Tabla 37: Pronósticos por fruta Familia 3 .....	126
Tabla 38: Proporciones por fruta Familia 4.....	126
Tabla 39: Pronósticos por fruta Familia 4 .....	126
Tabla 40: Proporciones por fruta Familia 5.....	127
Tabla 41: Pronósticos por fruta Familia 5 .....	127
Tabla 42: Proporciones por fruta Familia 6.....	127
Tabla 43: Pronósticos por fruta Familia 6 .....	128
Tabla 44: Resumen Estudio de tiempos Recepción.....	132
Tabla 45: Resumen Estudio de tiempos lavado.....	134
Tabla 46: Resumen Estudio de tiempos Desinfección .....	137
Tabla 47: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 1.....	140
Tabla 48: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 2.....	142
Tabla 49: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 3.....	144
Tabla 50: Resumen Estudio de tiempos Cocinado .....	147
Tabla 51: Resumen Estudio de tiempos Despulpado 1 .....	150
Tabla 52: Variables y Tiempo Estándar Tiempos de Despulpado 2 .....	153
Tabla 53: Resumen Estudio de tiempos Despulpado 3 .....	155
Tabla 54: Resumen Estudio de tiempos de Formulación .....	158
Tabla 55: Resumen Estudio de tiempos Formulación .....	160
Tabla 56: Resumen tiempo estándar por proceso, # mínimo de operario y 1 kg .....	161
Tabla 57: Coeficiente de Variación de cada subprocesso de estudio.....	163
Tabla 58: Matriz de Producto/Proceso de la línea de pulpas.....	181
Tabla 59: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia1 .....	206
Tabla 60: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia2 .....	207
Tabla 61: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia3 .....	208
Tabla 62: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia4 .....	209
Tabla 63: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia5 .....	210
Tabla 64: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia6 .....	211
Tabla 65: Tabla de componentes extra para cada sabor de fruta.....	212

## FIGURAS

Figura 1: Diagrama Causa-Efecto Problemática UltraPulp.....	19
Figura 2: Diagrama de Pareto de Productos UltraPulp S.A porcentaje en kilos .....	31
Figura 3: Diagrama de Pareto de Productos UltraPulp S.A porcentaje de ganancia por Kg....	32
Figura 4: Diagrama de Pareto de Presentaciones de Pulpa UltraPulp S.A porcentaje en Kg ..	33
Figura 5: Diagrama de Pareto de Presentaciones de Pulpa UltraPulp S.A porcentaje de ganancia por Kg.....	34
Figura 6: Concepto MRP II .....	49
Figura 7: Matriz Familia de Producto/Proceso.....	59
Figura 8: Simbología ANSI.....	60
Figura 9: Ejemplo de BOM .....	64
Figura 10: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 1 2014 .....	103
Figura 11: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 2 2014 .....	104
Figura 12: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 3 2014 .....	105
Figura 13: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Producidos Familia 4 2014.....	106
Figura 14: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 5 2014 .....	107
Figura 15: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 6 2014 .....	108
Figura 16: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 1.....	110
Figura 17: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 1 .....	111
Figura 18: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 2 .....	113
Figura 19: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 3 .....	115
Figura 20: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 4.....	117
Figura 21: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 4 .....	118
Figura 22: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 5 .....	120
Figura 23: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 6.....	122
Figura 24: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 6 .....	123
Figura 25: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Recepción.....	131
Figura 26: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Lavado.....	133
Figura 27: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Lavado.....	133
Figura 28: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Desinfección .....	136
Figura 29: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Corte&Pelado1 .....	138
Figura 30: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte1 .....	139
Figura 31: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Pelado1 .....	139

Figura 32: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte&Pelado2.....	141
Figura 33: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte&Pelado3.....	143
Figura 34: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Cocinado .....	146
Figura 35: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Cocinado .....	146
Figura 36: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado1.....	148
Figura 37: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado1 .....	149
Figura 38: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado2.....	151
Figura 39: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado2 .....	151
Figura 40: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado3.....	154
Figura 41: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado3 .....	154
Figura 42: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Formulación .....	156
Figura 43: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Formulación .....	157
Figura 44: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Envasado .....	159
Figura 45: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Envasado .....	159
Figura 46: Lista de materiales para la Pulpa de Piña.....	167
Figura 47: Resumen Resultados Modelo.....	169
Figura 48: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 1.....	197
Figura 49: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 2.....	198
Figura 50: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 3.....	199
Figura 51: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 4.....	200
Figura 52: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 5.....	201
Figura 53: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 6.....	202
Figura 54: Prueba de igualdad de varianzas Familia 1 .....	203
Figura 55: Prueba de igualdad de varianzas Familia 2.....	203
Figura 56: Prueba de igualdad de varianzas Familia 3.....	204
Figura 57: Prueba de igualdad de varianzas Familia 4.....	204
Figura 58: Prueba de igualdad de varianzas Familia 5.....	205
Figura 59: Prueba de igualdad de varianzas Familia 5.....	205
Figura 60: Cantidad a Producir por sabores en el tiempo 1.....	219
Figura 61: Cantidad a recibir de la materia Prima en cada período .....	219
Figura 62: Cantidad de Insumos a recibir en cada periodo .....	220
Figura 63: Necesidades de Materia Prima en cada período.....	220
Figura 64: Necesidad de Insumos en cada período .....	221
Figura 65: Figura 66: Inventario físico en cada período .....	221
Figura 67: Balance Inventario Insumos.....	222

## 1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción y problemática de la empresa

UltraPulp S.A es una empresa ecuatoriana que se dedica al procesamiento de frutas. Los productos que se ofrecen al mercado son fruta en trozos, pulpas y jugos de fruta natural, los cuales vienen en diferentes presentaciones de acuerdo al cliente (Guerra, 2014). La empresa trabaja con alrededor de 24 tipos de fruta (Guerra, 2014). Su mercado potencial son las empresas de catering, aunque también venden sus productos en los supermercados y una parte se exporta a Estados Unidos (Guerra, 2014).

Las empresas alimenticias tienen una gran responsabilidad en cuanto a la manipulación e higiene de los alimentos ya que tienen el compromiso con el consumidor de brindar un producto higiénicamente elaborado, controlado, bajo normas de calidad nacional e internacionales (Alimentosecuador, 2013). UltraPulp se rige a las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la elaboración de sus productos, las cuales “buscan evitar la presencia de riesgos de índole física, química y biológica durante el proceso de manufactura de alimentos, que pudieran repercutir en la salud del consumidor” (Alimentosecuador, 2013: p.26).

Aunque la empresa cumple con las normas y prácticas con lo referente a garantizar un producto higiénico y de calidad; se presentan ciertos problemas en la parte de operaciones que pueden generar pérdidas para la compañía.



La Gerente de la empresa, indica que no existe estandarización de los tiempos de los procesos productivos, falta documentación del proceso y en ciertas ocasiones se incurre en incumplimiento en los pedidos. (Guerra, 2014).

## **1.2 Metodología**

Para el siguiente estudio la metodología a seguir es el Ciclo de Deming que también se conoce como Ciclo de Shewart, esta metodología es utilizada para la optimización de procesos y mejoramiento continuo (Rodriguez & Blanco, 2011), el cual representa un ciclo dinámico que se puede implementar en cualquier proceso de la organización (Rodriguez & Blanco, 2011) .Se compone de 4 etapas que son: Planear, Hacer, Verificar y Actuar (Rodriguez & Blanco, 2011). En la primera fase de deben planificar los objetivos y el procedimiento, en la segunda fase se desarrollan las actividades propuestas, en la tercera fase de controlar se realiza un seguimiento y medición a las actividades; y finalmente, en la cuarta fase se aplican acciones correctivas.

Sin embargo, por el alcance del proyecto, solo se desarrollaran las 3 primeras fases ya que solo es una propuesta de mejora y no se va a implementar el sistema.

En la fase planear, se va realizar un análisis de campo, establecer la problemática de la empresa, establecer las herramientas a utilizar para resolver el problema, además se va a plantear establecer el objetivo general y los objetivos específicos del estudio; así mismo, se va a definir el tipo de producto o productos sobre los cuales se va a llevar a cabo el estudio, y por último para esta fase se va a definir la situación actual de los procesos del área asignada.

En la segunda fase, hacer, se va a establecer un modelo matemático que es la propuesta de mejora a la empresa y se va a calcular las entradas a dicho modelo.

Por último, en la fase verificar, se muestran los resultados que representa la propuesta de mejora a la empresa y además se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio

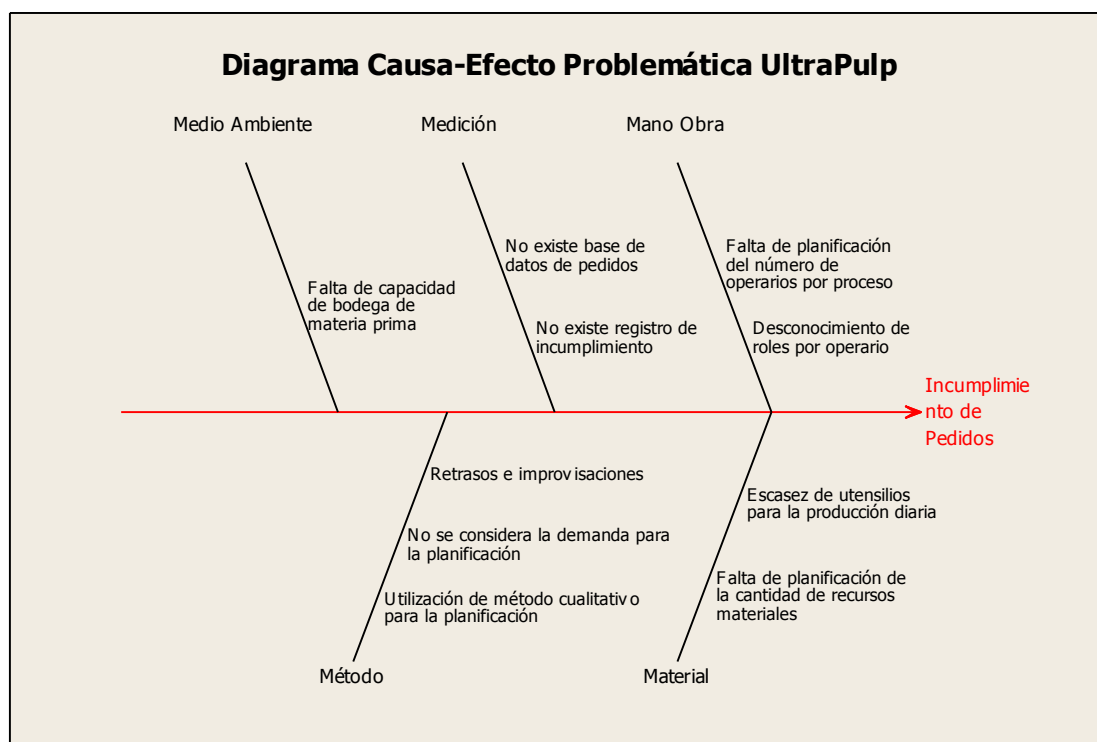
## **2 CAPÍTULO 2: FASE PLANEAR**

### **2.1 Análisis de campo**

Se realizó un análisis de campo a la empresa por dos semanas, para familiarizarse con el tipo de industria, conocer el proceso y principalmente para corroborar los problemas mencionados por la gerencia.

Para la determinación de la problemática se evaluaron los problemas potenciales descritos por la gerencia. En cuanto a la falta de estandarización de tiempos y la documentación de los procesos, se pudo ver que no existe la información dentro de la organización.

En cuanto al incumplimiento de pedidos, se utilizó el Diagrama Causa-Efecto para lograr determinar la causa raíz a este problema. Se determinó las causas con reuniones con el personal operativo y de apoyo de la organización; para de esta forma lograr determinar conjuntamente la causa raíz al problema de incumplimiento de pedidos. En la Figura 1 se muestra el Diagrama Causa-Efecto del incumplimiento de pedidos.



*Figura 1: Diagrama Causa-Efecto Problemática UltraPulp*

**Elaboración:** Propia

Como se puede ver, se analizó 5 aspectos del incumplimiento de pedidos en cuanto a la mano de obra, la medición, el medio ambiente, el método y el material. Se tiene que para mano de obra, método y material se dan estas causas debido a que no se tiene una planificación adecuada en lo que se refiere a la cantidad de operarios, utensilios a utilizar y cantidad a producir. Por otro lado, en cuanto al medio ambiente no se tiene una capacidad adecuada lo cual causa molestias a los proveedores debido a que tienen que esperar y no se cuanta con los recursos necesarios para la recepción de materia prima. Estas quejas por su parte, son causadas debido a una mala planificación de la producción ya que no se sabe horarios de recepción ni que se debe pedir. Finalmente, en cuanto a la medición se tiene que la

empresa no cuenta con bases de datos lo que causa que no se tenga información real dentro de la organización.

En conclusión, se puede decir que la causa raíz al incumplimiento de pedidos es la falta de planificación a corto plazo de la producción.

## **2.2 Soluciones**

En esta sección se pretende buscar las posibles soluciones para el problema detectado en la empresa que se menciona anteriormente, para lo cual se parte de conceptos generales para llegar a las soluciones en específico.

Una empresa es una “unidad de organización dedicada a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines lucrativos” (Real Academia Española, 2014). Para poder brindar el producto o servicio que el cliente necesita y tener una ganancia por ello, la gerencia de la empresa debe establecer una estrategia corporativa, la cual básicamente encamina a la empresa en cuanto a lo que debe realizar para cumplir los objetivos (Stevenson, 2009). Una vez establecida la estrategia global, se establecen las estrategias para cada área, las cuales son a largo plazo. De igual forma, se establecen las decisiones tácticas que son más “estructuradas, rutinarias y repetitivas y tienen consecuencia a corto plazo” (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008: p.10).

Según Jacobi (1994), hay tres opciones para competir, comprar tecnología, reducir personal o al igual lo describe Leu, Huang, & Chen (2010) optimizar las operaciones. Es así que las compañías pueden tener una ventaja competitiva mediante la mejora significativa de las operaciones y manejo de recursos. Este último, punto es el que más impacto produce (Jacobi, 1994).

La planeación de recursos de manufactura (MRPII) es un método para la planeación efectiva de los recursos de una compañía manufacturera (Sheikh, 2001). Es decir, el MRP II es un control integrado que está presente desde las decisiones estratégicas hasta las tácticas (Anaya, 2007) (Jacobi, 1994).

El proceso hasta obtener el concepto de MRP II, como se conoce actualmente, ha sido largo. Para Delgado & Marín (2000), la gestión de materiales partió con el desarrollo del EOQ (Economic Order Quantity) en 1915, donde se incluyen costos a la hora de realizar el pedido o producir; además, en 1934 se presenta el sistema de reposición de inventarios mediante punto de pedido incluyendo la variable tiempo, es decir cuando pedir; que a su vez han ido evolucionando. Por otro lado, con la aparición de la Investigación de Operaciones raíz de la segunda Guerra Mundial, se desarrollaron modelos matemáticos que facilitan la resolución de problemas de planificación de producción, y a su vez de acuerdo a las necesidades, los modelos y sus aplicaciones fueron evolucionando (Delgado & Marín, 2000). A finales de los años 60, las prácticas comunes en operaciones era manejar puntos de pedido y lotes económicos de compras, pero la planificación de la producción y gestión de inventarios no tenían un método satisfactorio de ayuda ya que estaban limitados por las herramientas del momento (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005). Sin embargo, con la posibilidad de adquirir una computadora para uso comercial, el procesamiento de información dio un giro y puso fin a los problemas en cuanto a manejo de la misma (Delgado & Marín, 2000). Por lo que, las primeras aplicaciones fueron enfocadas al control de inventario y a las compras (Gumaer, 1996).

El éxito de las compañías de aquella época fueron las que propusieron nuevas técnicas en cuanto a la gestión de inventarios; por lo que surgen el concepto de los sistemas que tratan la demanda dependiente, es decir, la gestión de productos, cuya descomposición implica que la demanda de un componente dependen de la demanda del producto final del cual es parte (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005). A esto se conoce actualmente como el Bill of Materials o BOM (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005).

Posteriormente a comienzos de los años 70, se define procedimientos y reglas para convertir el Plan Maestro de Producción en necesidades para cada período de planificación y a esto se conoce como Material Requirements Planning (MRP) (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005). El resultado del MRP indica la cantidad que necesito para producir y de acuerdo con las existencias actuales indica cuanto voy a necesitar y cuando (Delgado & Marín, 2000).

El éxito del MRP, puede ser atribuido a la aparición del software IBM COPICS que servía de soporte para la aplicación de técnicas MRP (Delgado & Marín, 2000). Además, del lanzamiento de MRP crusade por APICS (American Production and Inventory Control Society), donde identificaba la implantación de este sistema como principal reto para la modernización empresarial en Estados Unidos (Delgado & Marín, 2000). Por último, el aporte de Joseph Orlicky con el libro Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management en 1975, donde describe detalladamente el sistema MRP y además anticipa problemas potenciales (Delgado & Marín, 2000).

Sin embargo, una asunción del MRP es que se cuenta con capacidad infinita, por lo que los resultados no son precisos (Gumaer, 1996). Además todo lo que acontece en una empresa

está relacionado, por lo que el MRP evolucionó al MRP II, el cual pretende contrastar la disponibilidad de recursos necesarios para la producción de las ordenes de producción, es decir se incluyó la capacidad, además otros temas como la información financiera (Delgado & Marín, 2000). Aunque las siglas son iguales a su antecesor, MRP II cambia a Manufacturing Resource Planning (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005).

Los sistemas de gestión empresariales siempre están en constante evolución debido a que se requiere cumplir con los requerimientos del mercado como por ejemplo la relevancia en cuanto a plazos de entrega y los factores competitivos (Andonegi, Casadesús, & Zamanillo, 2005).

Por su parte, el MRP II también ha evolucionado, siendo el núcleo del Enterprise Resource Planning (ERP), que puede considerarse característico de los años 90. Este sistema ha sido muy utilizado en la industria manufacturera en los últimos tiempos (Wenchao & Jingti, 2009). Turbide (1995) describe al ERP como la siguiente generación del MRP II pero que tiene otras áreas de aplicación como el marketing, calidad, recursos humanos, etc. El propósito de los sistemas ERP es dotar a las empresas de un sistema que no duplique la información utilizada en la empresa (Delgado & Marín, 2000).

Como se pudo evidenciar el MRP, MRP II y ERP, son una evolución, para el presente estudio, se va a elegir el MRP II como herramienta para la planificación, ya que es se toma en cuenta la capacidad y tiene los módulos de interés a comparación del MRP y ERP.

### **2.3 Justificación**

La industria de los alimentos y bebidas es uno de los sectores que más aporta a la economía del Ecuador (ProEcuador, 2014). El consumo de frutas y verduras procesadas dentro

del Ecuador se incrementó un 8% en 2012, al igual que las exportaciones (ProEcuador, 2014). Este incremento es una gran oportunidad para UltraPulp expandirse en el mercado, considerando también ha tenido un incremento en su demanda (Guerra, 2014).

En cuanto a la herramienta seleccionada, según Sheikh (2001), las compañías que han implementado un sistema MRP II han reducido en un 40% el nivel de inventario, además de una reducción del 20% en el costo de producción, puesto que se tienen un mejor manejo de la producción y despachos.

El MRP II permite tener una gran habilidad de planeación ya que se reacciona de acuerdo a la demanda y por lo tanto los materiales necesarios para producir un bien siempre están disponibles y esto se traduce en un mejor nivel de servicio al cliente (Jacobi, 1994). Otro de los beneficios es que crea coordinación dentro de la empresa ya que todos siguen el mismo sistema, se integran diferentes departamentos como por ejemplo producción y compras (Sheikh, 2001). Así mismo, este sistema permite simular diferentes escenarios, es decir, tiene el potencial de responder a la pregunta “qué pasa si” se varían los diferentes recursos que se disponen y posteriormente hacer efectivo el plan de producción que resulte más satisfactorio (Delgado & Marín, 2000).

Del mismo modo, el MRP II permite tener un conocimiento pleno de la situación de operativa de la empresa puesto que provee información de inventarios balanceados, demanda, ordenes planeadas para producir, órdenes de compra, etc. dependiendo de las necesidades específicas de la empresa (Sheikh, 2001). Este beneficio tiene un impacto adicional puesto que mejora la relación con el cliente al proporcionar información precisa, al instante que se trabaje sobre alguna inquietud, y aumenta la fiabilidad de la empresa con el mismo. Una vez con un



calendario de producción estable se puede mejorar otras áreas u otros problemas de la empresa (Sheikh, 2001).

Se puede ver por lo tanto, que el MRP II es una buena solución para la resolución de los problemas anteriormente mencionados de UltraPulp y el estudio de tiempos formará parte del modelo matemático elegido como se verá más adelante.

## **2.4 Objetivos**

### **2.4.1 General**

Establecer una planificación de recursos para la producción de pulpa de fruta en UltraPulp S.A por medio de la utilización parcial del MRPII para la minimización de costos de producción y mantención de inventario.

### **2.4.2 Específicos**

- Analizar la situación actual de la empresa.
- Determinar un modelo de planificación.
- Determinar las variables a utilizarse en el modelo de planificación
- Proponer mejora mediante modelo matemático aplicando Programación lineal.

## **2.5 Alcance**

El lugar donde se llevó a cabo el siguiente estudio es la planta procesadora de UltraPulp en donde se procesan todos los productos de la misma. Para el estudio de tiempos y la propuesta de mejora a través del MRP II se seleccionaron los productos que son más representativos en cuanto a volumen de ventas en kilogramos y también más rentables. En el presente estudio se analizará la Pulpa de 32 onzas CS.

A pesar que se ofrecen alrededor de 24 sabores de frutas al mercado, no todos son comercializados periódicamente, por lo que se restringió el estudio a los sabores de los cuales se tenían datos suficientes para la realización de los pronósticos, que a su vez resultan ser lo más rentables.

Además, no se van considerar todos los módulos del MRP II, como se verá en el marco teórico más adelante, el MRP II abarca desde la planeación estratégica hasta la planeación operativa, por lo tanto, se va a tomar los módulos de esta última fase, que son MRP, MPS y capacidad.

Otro punto que no se va considerar es el desperdicio de material que se produce en la planta y que se evidenció durante el análisis de campo, debido a que este debería ser parte de un estudio más profundo sobre cómo maximizar la utilización de la fruta. Igualmente, los costos de producción tampoco van a tomar en cuenta el desperdicio ni el reproceso, debido a que no tiene un estudio al respecto.

Por último, cuando se habla de la planificación de recursos, se refiere los recursos económicos, recurso humano, materia prima e insumos y a la capacidad de la planta, pero no los materiales a utilizar.

## **2.6 Situación Actual**

A continuación, se va a presentar información relevante de la empresa en cuanto a los productos que se ofrecen, la materia prima que se utiliza, las instalaciones, la maquinaria, el recurso humano y la planificación de la producción.

### **2.6.1 Productos**

La fábrica de alimentos tiene 3 tipos de productos. Estos productos se ofrecen en diferentes sabores de fruta y se comercializan en diferentes presentaciones. El primer producto es la pulpa de fruta que se produce en 24 sabores y viene en 7 presentaciones. El segundo producto es el jugo de fruta que se produce en 4 sabores y viene en 2 presentaciones. El tercer tipo son los varios, que pueden ser de 5 tipos en 10 sabores y 5 presentaciones.

### **2.6.2 Materia prima**

La materia prima que se ocupa para la elaboración de los productos es la fruta. La fruta llega en diferentes presentaciones: fruta cosechada, concentrado de fruta o en bloques/motas. Para fruta cosechada se tiene las siguientes frutas: piña, melón, sandía, papaya, maracuyá, limón, mango, taxo, frambuesa, mora, coco, guayaba, toronja, mandarina, naranja, manzana, tomate de árbol, naranjilla, babaco. Para la fruta en concentrado se tiene las siguientes frutas: banano, pera, durazno, manzana y guanábana. Finalmente, para la fruta en bloques/motas se tiene al tamarindo y guanábana.

#### **2.6.2.1 Proveedores**

Se tiene 5 tipos de proveedores en la planta que son: proveedor fruta/hortaliza, proveedor de concentrados, proveedor de insumos y azúcar, proveedor de servicios y proveedor de material de empaque. Dentro de los proveedores de fruta/hortaliza se tiene alrededor de 18 proveedores que ofrecen los diferentes productos con los que se trabaja. Con respecto a los proveedores de concentrados se cuenta con 2, para los proveedores de insumos/azúcar con 10, para los proveedores de servicios con 7 y para los proveedores de material de empaque con 7.

### **2.6.3 Instalaciones**

UltraPulp realiza el procesamiento de sus productos en una planta que se encuentra ubicada en la capital de la ciudad de Quito y la cual se divide en diferentes áreas. El área de recepción de materia prima, lavado, desinfectado, corte y pelado, área de producción, almacenamiento de producto final e insumos, laboratorio, oficinas de control de producción y área de despacho.

El área de recepción de materia prima se encuentra al aire libre, esta área cuenta con una balanza industrial y cerca de la misma se encuentran los bines, que es donde se coloca la fruta. La ubicación de esta área permite que los proveedores de los camiones puedan parquearse cerca de la balanza y disminuir la distancia para descargar la fruta. Junto a esta área se encuentra el área de lavado que cuenta con mangueras y grifos que proporcionan agua para las tareas de lavado. Seguidamente se encuentra el área de desinfectado que cuenta con dos bines estáticos donde se desinfecta la fruta, los químicos utilizados para esta operación se almacenan en una bodega en esta área, además en esta área se almacenan gavetas vacías. El área de desinfectado tiene comunicación con el área de corte y pelado en donde existen mesas para corte, los utensilios necesarios y dos máquinas para exprimidoras de frutas. Esta área tiene comunicación con el área de producción que es la más grande de la planta, aquí se encuentran la mayoría de máquinas que se utilizan, además tienen las y se llevan a cabo las operaciones desde que la fruta cocina o despulpa hasta que se envasa.

Las áreas de almacenamiento del producto terminado tienen conexión con el área de producción y en el área de despacho; estas áreas son cuartos fríos y de congelación para que se puedan almacenar los productos. Por otro lado, el laboratorio tienen comunicación con el área

de producción y en el segundo piso del mismo se encuentran las oficinas de los responsables del control de calidad y jefe de producción. La bodega de insumos también tiene conexión con la planta de producción.

Por último el área de despacho es un corredor donde se enfundan las pulpas en diferentes presentaciones, se embalan los pedidos y se transportan al camión de la empresa para la entrega al cliente final.

#### **2.6.4 Maquinaria**

El inventario de máquinas que se tiene es de 17 máquinas en la planta de producción, entre máquinas manuales y automáticas.

#### **2.6.5 Recurso Humano**

El recurso humano con el que cuenta la empresa en los procesos de estudio es de 33 operarios. Se encuentran divididos en dos turnos de trabajo que son desde las 7:30 a.m. -4:30 p.m. con 25 trabajadores y desde la 1:30 p. m. – 10:30 p.m. con 6 trabajadores. Cabe recalcar que los horarios no se cumplen, ya que para el primer turno se trabaja hasta las 6.30-7:00 p.m. y para el segundo turno se trabaja hasta la 1:30-2:00 a.m. La Tabla 1 muestra la distribución de los operarios del primer turno en las diferentes áreas en las que se desarrollará la planificación de recursos.

Área	# Operarios
Recepción	1
Lavado	1
Desinfección	1
Corte/Pelado	6
Despulpado	5
Cocción	1
Formulación	1
Envasado	6

*Tabla 1 Distribución de operarios en las áreas desde recepción materia prima hasta el envase producto terminado*

**Fuente:** Valencia, 2014 **Elaboración:** Propia

Como se puede ver en la tabla, se tiene 22 trabajadores distribuidos en las diferentes áreas. Además, se tiene 3 operarios más que rotan según el área que necesite refuerzo y 2 jefes de planta para el control de la producción. Por otro lado, para el segundo turno se tiene 6 trabajadores como se mencionó anteriormente, los cuales rotan por las áreas según la necesidad de producción del día.

### **2.6.6 Planificación de la producción**

La planificación de la producción se realiza semanalmente. Se tiene una reunión entre Gerencia, Ventas y Producción donde se determina el stock de la semana, en base a la elección de la venta más alta de los últimos 3 meses. Este dato es el inventario inicial con el que se va a trabajar la semana, luego se tiene que sumar lo que se ha producido y restar las ventas de la semana. Con esto, se tiene el inventario final de la semana, que va a ser el inicial de la siguiente semana.

## 2.7 Selección del producto de interés

Como se mencionó en el alcance, se va restringir el estudio al producto más relevante de la empresa, para esto se utiliza el diagrama de Pareto.

### 2.7.1 Selección de la línea de producto

Primero se realiza un análisis de Pareto de los tipos de producto que ofrece la empresa en cuanto a volumen de las cantidades producidas en los últimos 2 años. Los productos que se consideran son 3: pulpa de fruta, jugo de fruta y la agrupación de varios que se refiere a la fruta en trozos. Así, la Figura 2 muestra el diagrama de Pareto como se puede ver a continuación.

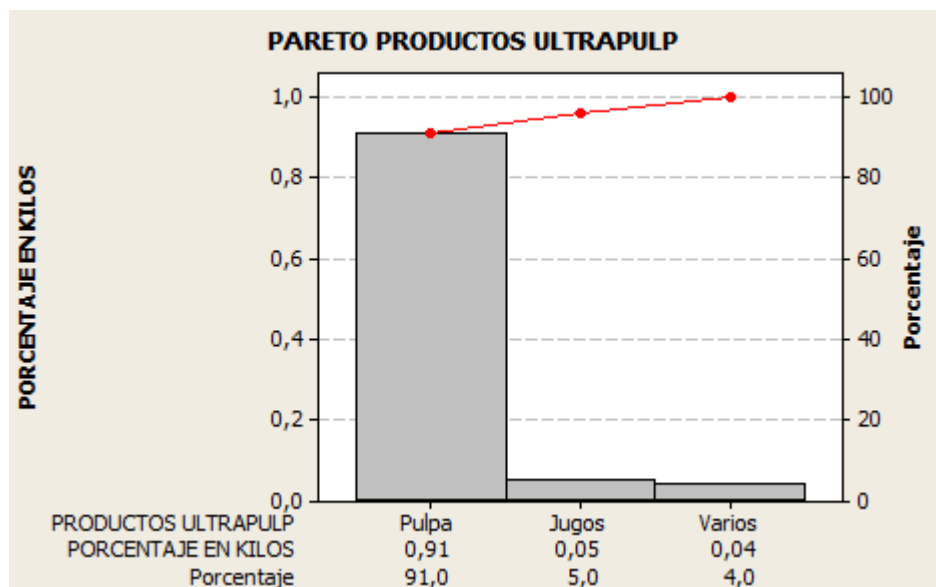
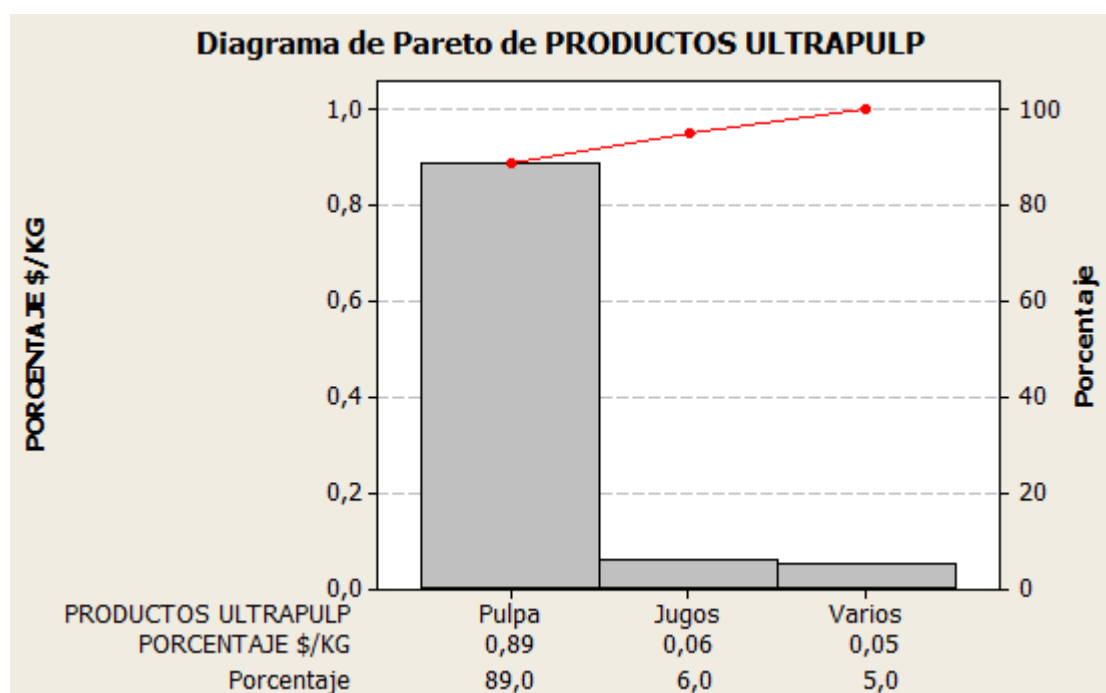


Figura 2: Diagrama de Pareto de Productos UltraPulp S.A porcentaje en kilos

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Como se puede ver en el diagrama, se presentan las frecuencias relativas de cada producto en el eje horizontal; donde se puede apreciar que la pulpa es el producto que tiene la mayor frecuencia. Por otro lado, la línea roja representa las frecuencias acumuladas de los datos, con lo que la pulpa representa el 91% y el 9% sobrante es de jugos y productos varios. Se concluye, que la pulpa es el producto que representa la mayor parte del proceso y que según la regla de Pareto se puede estudiar solo este producto.

Asimismo, se analiza un diagrama de Pareto en cuanto a la ganancia de los tipos de productos, el gráfico se muestra a continuación:



*Figura 3: Diagrama de Pareto de Productos UltraPulp S.A porcentaje de ganancia por Kg*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

La Figura 3 muestra que la pulpa de fruta representa el 89,3% de la ganancia; mientras que jugos y productos varios ocupan el 10,7% sobrante.



Se puede concluir de estas dos gráficas que la pulpa de fruta es la línea de producto más importante en cuanto a volumen de producción y ganancia por Kg. Sin embargo, este producto se ofrece al mercado en varias presentaciones, por lo que se realiza el mismo procedimiento para ver que presentación o presentaciones son las más relevantes.

### 2.7.2 Selección de la presentación de pulpa de fruta

Como se explicó, la pulpa de frutas se ofrece al mercado en varias presentaciones. De esta forma, se realiza un diagrama de Pareto para ver el producto o productos de mayor incidencia dentro del proceso producto. En la Figura 4 se muestra el Diagrama de Pareto de las presentaciones de pulpa en porcentaje en kilos de las cantidades producidas en los últimos 2 años.

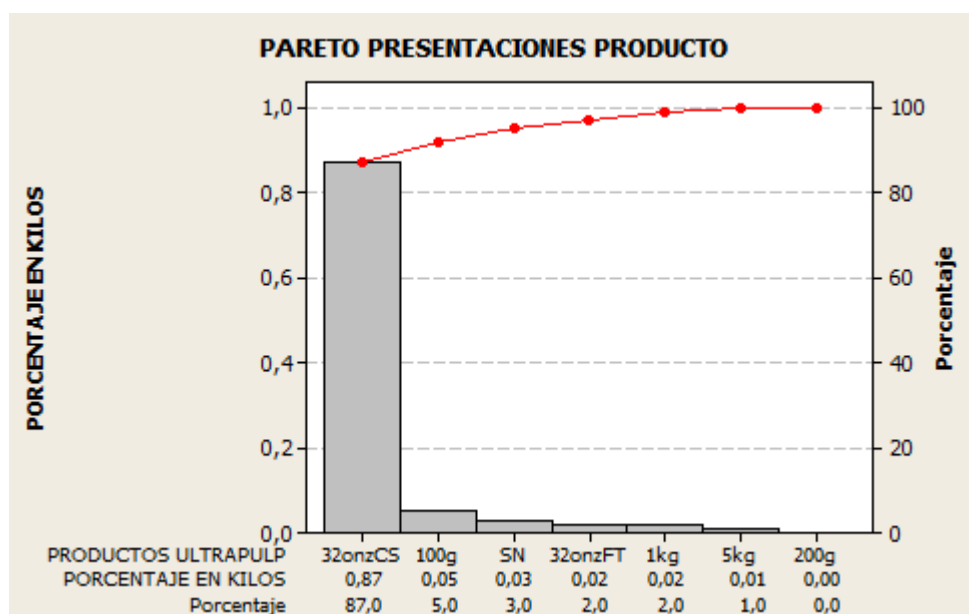
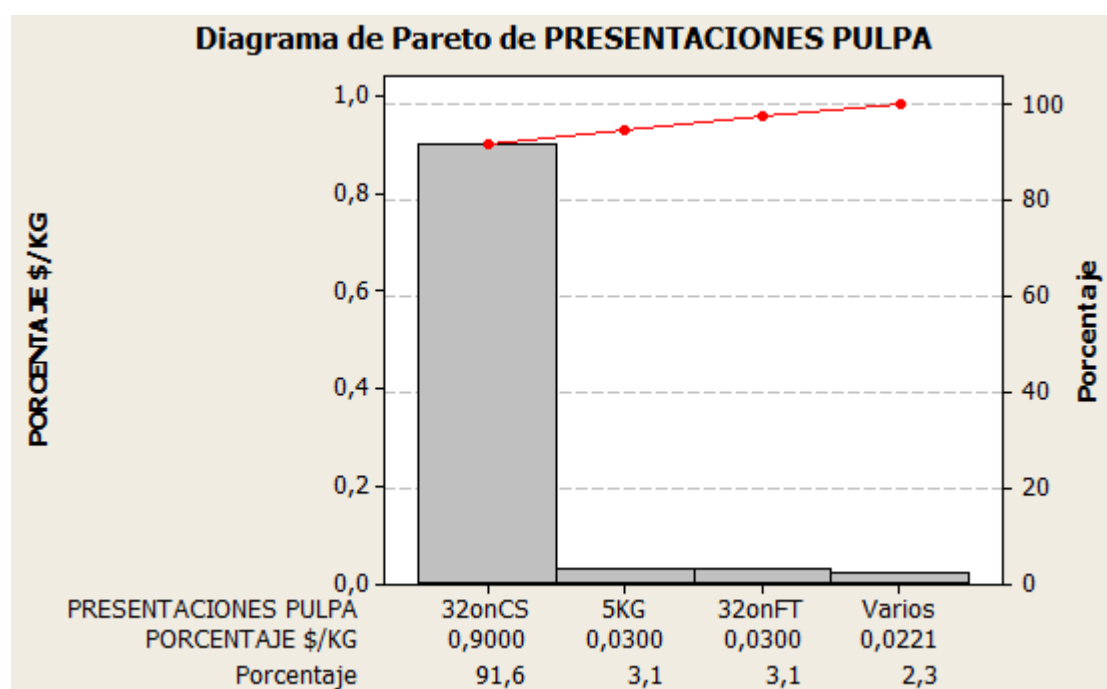


Figura 4: Diagrama de Pareto de Presentaciones de Pulpa UltraPulp S.A porcentaje en Kg

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Como se puede analizar en el diagrama, se tiene las frecuencias de cada tipo de presentación en el eje horizontal de la gráfica. Se logra ver que la presentación 32onzas CS es la que tiene la mayor frecuencia relativa. Por otro lado, la línea roja muestra la frecuencia acumulada de los datos, donde se puede ver que la presentación 32onzas CS posee el 87% y el 13% sobrante lo ocupan las demás presentaciones.

De igual forma, se presenta a continuación, el Pareto de la ganancia por Kg:



*Figura 5: Diagrama de Pareto de Presentaciones de Pulpa UltraPulp S.A porcentaje de ganancia por Kg*

La Figura 5 muestra que la presentación de pulpa 32onzCS representa el 91,6% del 100%; mientras que las 6 presentaciones restantes representan al 8,4%.

Por lo tanto, se concluye que la presentación de pulpa de 32 onzas Cs es la más representativa y va a ser seleccionada para el presente estudio en sus 24 sabores.

## **2.8 Proceso Productivo de Pulpa de fruta**

El proceso de producción de pulpa de frutas, inicia con la planificación semanal de la producción. La planificación de cantidad se lleva a cabo para todos los productos excepto la pulpa de exportación debido a que de este producto se reciben pedidos con mucho de anticipación por parte del único cliente.

Para la planificación de la producción, se toma en cuenta un stock de seguridad en el inventario, cuyo valor es el valor mayor de las últimas ventas, además se estima la demanda entre el Jefe de Producción y el Gerente de la empresa, es decir se utiliza el método de opinión ejecutiva. Para calcular la cantidad de producción, se resta las ventas de la semana pasada del inventario de seguridad, esa cantidad se suma a la demanda estimada. Se revisa el stock y se produce la diferencia. Una vez estimada la cantidad, se envía la orden al área de producción. No existe una planificación diaria, se trabaja de acuerdo a las necesidades.

El proceso de producción de pulpas de frutas tiene 8 subprocesos principales que son: recepción de la materia prima, lavado de frutas, desinfección de frutas, corte y pelado, cocción, despulpado, formulación y envasado. Sin embargo, no todas las frutas siguen el mismo proceso. Aunque la planta cuenta con máquinas para el proceso, la mayor parte del mismo es manual.

A continuación se describen los subprocesos principales:

### **2.8.1 Recepción**

La recepción de la fruta generalmente se realiza los días lunes, martes y miércoles, para la recepción no existen horarios asignados y se recibe la fruta conforme llega el

proveedor. El área de recepción de las frutas se encuentra en la parte exterior de la planta, donde se encuentra el espacio para que el proveedor puede acercarse al camión y descargar la fruta. El área también cuenta con una balanza industrial y un lugar donde se apilan los bins a ser utilizados. Por lo general, la fruta llega en gavetas del proveedor, las cuales son trasvasadas por el mismo a un bin y son pesadas. En la actualidad, por falta de recursos la fruta también puede recibirse en gavetas o barriles.

La empresa realiza una selección de proveedores y realiza verificaciones periódicas del cumplimiento de los acuerdos de calidad, puntualidad, etc, con el fin de establecer las condiciones en cuanto al estado de la fruta a recibirse. Mientras el proveedor trasvasa la fruta al bin el operario encargado de recepción realiza una breve inspección visual de la materia prima, donde desecha o regresa al proveedor fruta en mal estado o muy madura. A este control, se suma las pruebas que realizan las personas de calidad, las cuales analizan el grado de madurez de la fruta. Aunque esta inspección idealmente debe ser al momento que llegue el proveedor, también se realiza después. En el caso de la fruta que no cumple con los estándares se realiza un reporte para el jefe de producción indicando el incumplimiento. Es importante mencionar que el rango de los grados Brix, dependen de la fruta y el estado en que se encuentre, en este caso fruta entera.

Una vez pesada la fruta a recibir, se registra el dato que es enviado al Jefe de Producción. Finalmente, el bin con la fruta se transporta al área de lavado. La mayor parte del tiempo está asignado solamente un operario a este proceso, que al terminar las actividades de recepción colabora en otras actividades.

### **2.8.2 Lavado**

Dado que la fruta recibida es recién cosechada y no ha recibido ningún tipo de limpieza, se debe llenar los bins de agua y revolver la fruta para que se eliminen ciertos desechos que pueden estar presentes. En este proceso existe una persona encargada, sin embargo, de acuerdo a las necesidades de producción todos los operarios pueden ser parte de la actividad. El número de personas que intervienen depende de la cantidad de fruta y la prioridad de producción. Una vez lavada la fruta, el proceso posterior varía de acuerdo a la fruta. Sin embargo, existe una regla, todas las frutas que requieren cocción no se desinfectan y pasan directo a dicha área. Por el contrario, las frutas que no se cocinan requieren el proceso de desinfección. Es importante mencionar que una vez que el operario asignado termine sus tareas sirve de apoyo en otras áreas.

### **2.8.3 Desinfección.**

El área de desinfección cuenta con dos bins para desinfectar la fruta. Primeramente, el operario debe lavar el bin y realizar una mezcla de agua y cloro que sirve para desinfectar las frutas. Para comprobar si la mezcla cumple con el PH necesario, una operadora designada de corte mide el PH con unas cintas especializadas. En caso de que no se cumpla con el rango de PH, se debe reformular la mezcla. Si el PH se pasa del rango permitido se agrega agua, de lo contrario, si el PH está muy bajo se agrega cloro y se registra el dato. El agua puede utilizarse máximo tres veces, cada vez que sale una tanda de fruta se debe medir el PH, sin embargo, solo la primera vez se puede reformular. Por lo que si la segunda vez, el agua no cumple con el PH se desecha.

Una vez lista la solución, se coloca la fruta en el bin hasta que esta no sobrepase el agua, se espera mínimo 5 minutos con la fruta en el agua y el operario procede a retirar a fruta en gavetas .En área está encargada una persona, que al igual que las otras dos áreas si la persona encargada termina sus tareas ayuda en otras áreas.

#### **2.8.4 Corte y pelado**

El área de corte y pelado cuenta con una mesa de corte y varios utensilios para pelar o cortar la fruta. Por lo general, se encuentran de 5 a 6 personas en dicha área, debido a que es un trabajo completamente manual. Cada vez que van a procesar una fruta, los operarios, deben traer unos barriles y gavetas para colocar la fruta cortada y los desechos respectivamente. El proceso inicial al llegar la fruta del área de desinfección. El proceso a realizarse depende del tipo de fruta, sin embargo, el subproceso se basa en quitar cáscara de la fruta, extraer mesocarpio y si es necesario quitar las pepas. Para esto, la mitad de operarios pelan la fruta y extraen las pepas; los operarios restantes cortan la fruta en cuadros y colocan en el barril. Una vez acabado el proceso llevan la fruta al área de despulpado. El número de operarios en cada actividad depende de la organización de los mismos.

#### **2.8.5 Cocción**

El área de cocción cuenta con dos marmitas y un operario encargado, el cual primeramente debe limpiar la marmita, traer la fruta lavada, colocar la fruta en la marmita y colocar agua de acuerdo al peso de la fruta. Si no se conoce el peso, se debe pesar antes de trasvasar a la marmita. El operario debe estar pendiente de operación y tiene que mezclar cada cierto tiempo para evitar que se pégue la mezcla a la máquina. Por lo general, se cocina la fruta por 40 minutos a 90°C. Una vez terminada la cocción el operario traer contenedores para

vaciar la mezcla y esperar el despulpado. Cada vez que sale una tanda de la misma fruta, se puede reutilizar la marmita sin lavar, pero una vez que se va a cambiar de fruta se debe lavar todo.

### **2.8.6 Despulpado**

Existen tres tipos de despulpado que dependen de la fruta, y por lo tanto hay tres tipos de máquinas. Las máquinas despulpadoras 1 y 2 requieren solamente un operario cada una. El operario es el encargado de limpiar la máquina, traer contenedores para la pulpa y los desperdicios, además traer la fruta cortada, y une la bomba para que toda la fruta procesada vaya directo al tanque por medio de mangueras. Una vez instalada la bomba, se prende la máquina y se coloca poco a poco la fruta en la tolva de la máquina, cada vez que el contenedor de desperdicios se llena el operario debe parar y cambiar el contenedor.

Por otro lado, cuando se requiere utilizar la torre de despulpado se requieren tres operarios, aunque la función es la misma se dividen las tareas. Se requiere un operario para que constantemente cambie los contenedores de desperdicios y los otros dos colocan la fruta en la tolva de la máquina. Para este proceso, se requiere subir las gavetas de las frutas al nivel de la tolva, este proceso es realizado por los tres operarios.

Por último, el tercer tipo de despulpado, es llevado a cabo en el exprimidor manual y automático. Para la máquina manual se requiere que previamente la fruta esté cortada en la mitad y el operario presiona la fruta en la máquina. Dependiendo de la cantidad a ser procesada pueden trabajar dos operarios y adicionalmente la persona que corta la fruta en la mitad. Además se cuenta con la máquina automática donde el operario debe llenar la tolva cada vez que se requiera. Al igual que en los otros dos tipos de despulpado, el operario limpiar

la máquina primero y debe tener un contenedor para la pulpa y los desperdicios. Debido a que estas máquinas se encuentran lejos de los tanques no se utiliza la manguera ni la bomba, sino que se almacena en barriles para luego llevarlos a los tanques.

Cuando se envía la fruta a los tanques homogeneizadores, es importante que estos estén apagados para que no se asiente la fruta.

### **2.8.7 Formulación**

El subproceso de formulación mezcla la pulpa de fruta con la fórmula (agua, y otros aditivos). Para la realización de la fórmula se debe medir los grados brix de la pulpa y el peso de lo que se va a formular. Los datos se ingresan a una hoja de Excel, la cual arroja la fórmula necesaria. Para este proceso hay dos personas asignadas. Una prepara la fórmula, mientras la otra alista el equipo a utilizarse como pueden ser mangueras para succionar la fórmula al tanque. Una vez lista la fórmula, se envía al tanque donde está la pulpa, si la pulpa se encuentra en un contenedor los operarios deben mezclar manualmente. Una vez mezclada la pulpa y la fórmula, se llama a un operario de calidad que debe verificar los grados brix de la pulpa y la consistencia de la misma. Si todo está bien el producto es liberado, es decir autorizado para ser envasado. Si la pulpa no cumple, se debe reformular en base a las necesidades y a la consistencia.

Algunos de los sabores de pulpa se realizan a partir del concentrado de la fruta. Por lo que empiezan su proceso de producción en formulación, una vez que se abre el barril de concentrado, posteriormente se pasa el concentrado a un tanque donde continúa el proceso normal de formulación y envasado.



### **2.8.8 Envasado**

Las máquinas a utilizarse para envasado dependen de la presentación. En el caso de las pulpas de 32oz, se utiliza la máquina envasadora de cartón 2. En esta máquina requiere de dos operarios. El proceso empieza con la limpieza de la máquina, después se colocan los insumos a la máquina (cartones) y se calibra la misma. La calibración de la máquina consiste en colocar el nombre del sabor que se va a envasar, el lote de fabricación, la fecha de producción para que se imprima en el cartón; además se debe calibrar el volumen de dosificación.

Una vez calibrada la máquina, se debe conectar la bomba y colocar la manguera desde el tanque hasta la envasadora. La máquina va colocando la pulpa en los cartones, cierra el cartón e imprime la etiqueta en el empaque. Cuando la máquina está en funcionamiento los dos operarios se encuentran en el lugar donde va saliendo el producto terminado envasado, van tomando muestras al azar y pesan dichas muestras, el rango de aceptación del peso depende de cada fruta. Si la pulpa no cumple el rango porque está por debajo de lo debido, se abre el cartón y se vuelve a envasar. Sin embargo, si el peso está sobre el rango se deja pasar. Pero la máquina se debe recalibrar.

El producto una vez envasado se almacena en gavetas, cada gaveta tiene la capacidad de almacenar hasta 28 cartones de 32 oz, pero en algunas ocasiones por falta de contenedores se almacenan hasta 30 por gaveta.

Una vez en gavetas, el producto es almacenado en las cámaras de congelación hasta que sea necesario el despacho. El proceso de despacho es llevado a cabo por el personal de bodega.

Una vez explicado los 8 subprocesos, es importante recalcar que al ser una empresa de alimentos la higiene es primordial, por lo tanto antes de empezar una nueva actividad se debe lavar el equipo y las personas de corte y pelado deben lavarse las manos cada 30 min.

## **2.9 Familia de productos**

En el proceso de elaboración de pulpas se tiene 24 sabores de fruta, que representan 24 procesos. De esta forma, se levantó la información de los procesos y se pudo detectar procesos en común de ciertos de sabores de fruta; al igual que el uso de equipos y herramientas similares. Hyer & Wemmerlov (2002), en su libro proponen el enfoque de familias de productos con el fin de simplificar el análisis. Por lo tanto, se crean las familias de productos basados en los procesos para lograr segmentar los 24 sabores. En el Anexo 1 se muestra la matriz de los 24 sabores junto con los procesos de cada uno.

Como se puede observar en la matriz se tiene 13 procesos dentro de la elaboración de pulpas y 24 sabores diferentes de pulpa. Con esto, se marca el flujo de procesos de cada uno de los sabores y se logra agrupar a los mismos. Se obtienen 6 grupos de productos o familias que comparten similares o iguales procesos. En la Tabla 2 se muestra resumida la información de las familias.

# FAMILIA	SABOR
Familia 1	Piña Sandía Melón Papaya
Familia 2	Maracuyá Limón Mango Taxo
Familia 3	Frutilla Mora Frambuesa Guayaba
Familia 4	Toronja Mandarina Naranja
Familia 5	Manzana Guanábana Durazno Pera Banano
Familia 6	Tomate Naranjilla Tamarindo Coco

*Tabla 2: Familia de productos*

**Elaboración:** Propia

## 2.10 Diagramas de flujo

En el Anexo 2 se encuentran los 13 procesos mencionados. Para ver el proceso de cada familia se debe seguir la matriz del Anexo 1

### 3 CAPÍTULO 3: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Revisión de literatura

En la presente revisión bibliográfica, se va hablar sobre el MRP II en primer lugar, posteriormente se revisará diferentes modelos matemáticos y por último se hará una revisión de la estandarización de tiempos que servirá de entrada para el modelo seleccionado y del cual se hablará más adelante.

Una compañía manufacturera depende en gran medida de la efectividad de su planeación de recursos tales como materia prima, maquinaria, fuerza laboral, etc. (Uddin, Khan, & Noor, 2011). En recientes investigaciones, se ha visto que las pequeñas y medianas industrias están lejos de las grandes en temas de planeación, por lo cual es vital adoptar algún sistema que permita cambiar este panorama (Uddin, Khan, & Noor, 2011). El MRP II es una de las soluciones existentes (Uddin, Khan, & Noor, 2011).

Para Sheldon (1991), el MRP II resumido en una sola palabra es disciplina, el proceso de planificación es la manera de mantener la disciplina y controlar. Por otro lado, Wilson, Desmond , & Roberts (1994) y Uddin, Khan, & Noor (2001), definen al MRP II como un sistema de manufactura que planea, monitorea e integra todos los recursos de una compañía y esta basado en ciertos módulos como: el control de materiales, control de planta, necesidades de planificación, finanzas, marketing, personal, etc. Mientras que IP & Kam (1998) lo definen como un sistema efectivo de administración que tiene una excelente capacidad de planificación y programación, que permite un gran incremento en el nivel de servicio además de incrementar la productividad, reducir el inventario y costos. De igual manera, Lim (1992), describe al MRP II como un conjunto de objetos y algoritmos dirigidos a la optimización de los

recursos de manufactura. Los objetos a los que se refieren son los inventarios, líneas de trabajo, BOM, secuencias de operaciones (Lim, 1992).

Dado que los módulos del MRP II están vinculados, el MRP II es un indicador de las estrategias de planeación, tácticas y de ejecución de la compañía (Uddin, Khan, & Noor, 2011). Y el resultado del algoritmo del MRP II, puede ser el Plan de Producción, donde se detalla cuánto se va producir, para lo cual requiere de los inventarios de los productos terminados, los pronósticos de las ventas o las órdenes de los clientes (Lim, 1992). Además, se puede conocer todos los componentes requeridos para dicha producción (Lim, 1992).

Los autores nombran diferentes factores para el éxito del MRP II que difieren en número pero concuerdan en ciertos puntos. Wallace citado en (IP & Kam, 1998) define 5 factores para que el MRP II sea un éxito. Primeramente, el factor humano es determinante ya que son los usuarios del mismo y deben estar abiertos a compartir información para la estructuración del mismo. La educación es otro factor importante, ya que puede cambiar el comportamiento de las personas frente al nuevo sistema (Jacobi, 1994) (IP & Kam, 1998) (Turbide, 1995). La información también es determinante, puesto que una mala información conduce a un mal sistema. El involucramiento de la directiva es vital para que se lleve a cabo la implementación del sistema y por último, el tiempo de implementación es importante puesto que más tiempo más errores (IP & Kam, 1998). Sin embargo, Wilson, Desmond, & Roberts (1994), estudiaron las causas para el fallo del MRP II, y concluyen que no existe una causa general; sino más bien depende de un conjunto de causas particulares que lleva a que el sistema falle. Pero si existe un consenso de los factores que conducen al éxito, primero comprender la filosofía de disciplina, tener el apoyo de la gerencia y proporcionar educación

sobre el sistema. Además, con el incremento de la capacidad de las computadoras hoy en día, se utilizan algoritmos más sofisticados, por lo que se la tecnología se considera el corazón del MRP II (Turbide, 1995).

En un estudio, Uddin, Khan, & Noor (2011) comparan un MRP II desarrollado por una PYMES con otros sistemas estándar utilizados por la misma. Para crear el MRP II, los autores crean la base de datos en Access Software debido a la facilidad, disponibilidad y bajo costo (Uddin, Khan, & Noor, 2011). Después de una análisis sobre los módulos, se diseñan los cinco módulos más importantes para el caso que son: administración de la demanda, el cual permite grabar las órdenes de los clientes e información de los mismos en general; planificación de capacidad, donde se colocan los parámetros de capacidad de la empresa como tiempo de procesamiento; plan maestro de producción (MPS), con esto se conoce que productos se pueden hacer o están disponibles; capacidad de los requerimientos de planeación, este módulo indica el resultado en completar el producto final y por último el módulo de control de planta, en el cual, se obtienen reportes de control de producción, inventario, compras (Uddin, Khan, & Noor, 2011).

La creación de un MRP II difiere del estándar en cuanto a módulos ya que depende de la necesidad de la compañía a la cual se vaya a aplicar el sistema (Uddin, Khan, & Noor, 2011). Para la comparación, el autor del programa utilizó los otros programas y fue probando por dos meses. Se evaluaron ciertos criterios como el costo, la flexibilidad, la facilidad y dio como resultado que Access era el mejor. Por lo que se concluye que aunque existen sistemas más avanzados, se pueden lograr muy buenos resultados implementando MRP II con la ayuda

de software disponible que pueda soportar la magnitud de la información y el se puede beneficiar de un bajo costo (Uddin, Khan, & Noor, 2011).

Así mismo, Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom (1990) hablan sobre la aplicación de un MRP II en una empresa de producción de periódicos, Publishers Equipment Corporation (PEC). Se tomó la decisión de la implementación de un MRP II con el fin de mejorar el nivel de servicio con los clientes, ya que mediante esto se puede lograr un mejor manejo de inventario, establecer de mejor manera la capacidad de manufactura y mejorar el control de los tiempos de entrega (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). El sistema utilizado era modular que incluía la siguiente información: lista de materiales (BOM), datos de inventarios, plan maestro de producción (MPS) y planeación de control (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Para la implementación, se tuvo que establecer el horizonte de planeación, el tamaño de los períodos de planeación, frecuencia de planeación, capacidad de producción.

Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom (1990), manifiestan que el horizonte de planeación debe ser al menos igual al mayor tiempo acumulado de producción ya que esto permite suficiente tiempo para producir los componentes del nivel más bajo de la lista de materiales. Un inadecuado horizonte de planeación puede resultar en la insuficiente falta de visibilidad en el futuro en cuanto a la planificación de necesidades de capacidad (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Para el cálculo de del horizonte de planeación de PEC se revisó todos los materiales necesarios y sus tiempos (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Por otro lado, para el tamaño de los períodos de planeación, se estableció un tiempo que permita establecer prioridades, fechas de vencimiento y que a la vez no cree muchos datos que sean difíciles de manejar (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Para la parte de inventarios, se implemento

los inventarios ABC, aunque la empresa quería implementar solamente los productos A y B en el sistema esto fue rechazado ya que el MRP es utilizado como un mecanismo de planeación que no va a arrojar buenos resultados a menos que todos los componentes esten dentro, además de que puede reducir el efectividad de la planeación de capacidad, por lo que todos los elementos fueron incluídos (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Para el cálculo de los inventarios, se tomo en cuenta los pronóstcos de la demanda, un pronóstico pobre podría resultar en gran cantidad de producto excedente, siin embargo el nuevo sistema le permite a la empresa ver que pasa si varía ciertos parámetros como el precio (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990). Entre los beneficios que se obtuvieron después de la implementación del MRP II en la empresa está la reducción de inventario, además de reducción de tiempos de entrega y mejora en el sistema de compras (Ormsby, Ormsby, & Ruthstrom, 1990).

Ip & Kam (1998), dice que los pronósticos de la demanda es la entrada para el Plan Maestro de Producción (MPS) que a su vez es la entrada de la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP). El MRP genera un plan de materiales necesarios para cumplir con las órdenes de producción para lo cual utiliza la lista de materiales (BOM) y el inventario. Además se requiere de la planeación de los requerimientos de capacidad (CRP) que permite conocer si se puede cumplir las tareas de producción (IP & Kam, 1998). Después tomando en cuenta lo anterior, se emitirá una orden de compra y producción. En la Figura 6 se puede ver el procedimiento descrito anteriormente:



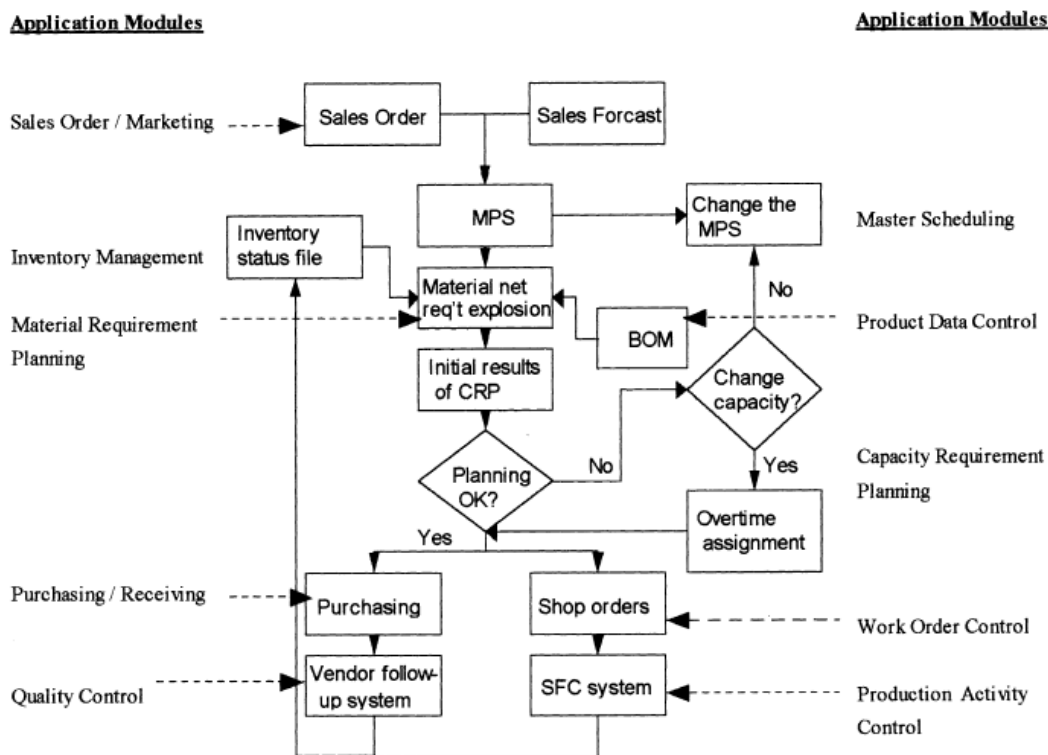


Figura 6: Concepto MRP II

**Fuente y Elaboración:** IP & Kam, 1998: p 253.

Por otro lado, Karacapilidis & Pappis (2002) aplicaron un MRP II en una empresa textil que tiene ciertas particularidades como por ejemplo debían tener un horizonte variable de planeación debido a las operaciones dentro de la fábrica. Para la implementación utilizaron un software comercial compuesto por partes: la base de datos, el sistema administrativo y el interfaz con el usuario (Karacapilidis & Pappis, 2002). El sistema contaba con 8 módulos, pronósticos, procesamiento de órdenes, Plan agregado de producción, MPS, MRP, control de inventarios, compras y el trabajo en proceso (Karacapilidis & Pappis, 2002). La lógica de funcionamiento es prácticamente igual a la Figura 6, y fue creado con los mismos objetivos anteriores.

Para Dougherty & Lerner (1994), las ventas y las operaciones de planeación son el núcleo del MRP II porque mantiene el movimiento de la empresa y un cambio que se realice sobre el mismo puede traer consecuencias significativa.

La mayoría de los autores realizan el MRP II con la ayuda de una software y no dan detalles del modelo utilizado. Sin embargo, en un estudio realizado por Wenchao & Jingti (2009), proponen ciertas mejoras a los modelos MRP II, una de las mejoras es el balance de los recursos en el plan de producción que considera la reducción de inventario, y menor costo de producción (Wenchao & Jingti, 2009). Otra de las mejoras es tomar en cuenta un stock de seguridad en el modelo tradicional del MRP II, en este caso se propone que este sea un parámetro dinámico que vaya en función de la fluctuación de la demanda (Wenchao & Jingti, 2009). Además, se propone el cálculo del tiempo de producción de acuerdo al BOM y MPS, por lo que si la cantidad cambia, el tiempo de producción también puede cambiar (Wenchao & Jingti, 2009). Otra de la mejoras propuestas es el tiempo de compras que puede ser dinámico aplicando los mismos conceptos anteriores, es decir si cambia alguna variable este tiempo también puede cambiar (Wenchao & Jingti, 2009). Los modelos a los que se refieren los autores son modelos de programación lineal y fórmulas.

Se puede ver en el estudio de Delgado & Hernán (2010) que se utiliza también la programación lineal para un MRP, con el fin de determinar decisiones óptimas de aprovisionamiento de componentes. Por lo que se puede ver, que en el modelo anterior al MRP II ya se utilizaba estos algoritmos. El modelo sugerido, se valida en realmente en una planta, donde se puede ver el buen ajuste que se logra variando ciertos parámetros y se obtienen resultados que verdaderamente minimizan el costo (Delgado & Hernán, 2010). Al

igual que un estudio mencionado anteriormente, se realiza la base de datos en el programa Microsoft Access.

Leu, Huang, & Chen (2010), realizan un MRP II para una industria que fabrica partes electrónicas, utiliza un modelo de programación que se ajusta a las necesidades de la empresa y busca reducir el inventario de componentes y producto terminado. Para la resolución de este modelo se utiliza el Software LINGO (Leu, Huang, & Chen, 2010).

Visto los modelos utilizados en los estudios mencionados, se investigó modelos matemáticos de la planeación de recursos. Dichos modelos existen han sido creados para situaciones específicas.

Primeramente, Pérez (2011) describe a la planificación de la producción como un proceso que busca determinar decisiones anticipadamente para optimizar el uso de los recursos. La gran importancia de la planificación radica en que el grado de eficiencia tienen una estrecha relación con los ganancias de la empresa (Pérez F. , 2011). Además, la planificación de la producción integra verticalmente los objetivos estratégicos, tácticos y operativos de las diferentes áreas de la compañía (Viveros & Salazar , 2010)

Gran cantidad de autores han propuesto diferentes modelos de optimización para la planificación agregada de producción para lo cual se utilizan técnicas de programación matemática, procedimientos heurísticos y técnicas de búsqueda (Viveros & Salazar , 2010). Por lo general, para establecer un modelo se debe trabajar con un grupo multi-disciplinario que puede estar constituido por matemáticos, ingenieros, economistas, etc; que ayudan a formar el modelo, o en otras palabras ayudan a representar la realidad en términos matemáticos (Ramos, Sánchez, Ferrer, barquín , & Linares, 2010).

Existen diferentes variantes en los modelos para la planeación de la producción que dependen de las necesidades del lugar en donde se va a realizar la planificación. Entre las variantes se encuentran la cantidad de productos que puede ser mono-producto o multi-producto, multi-procedimiento, multi-etapa, modelos que consideran la devolución de productos, etc. Por otro lado, Pochet (2011), realiza un análisis de los modelos de planificación de producción según criterios propios como por ejemplo si la demanda es estacionaria, constante o dinámica, si se tienen un solo producto o varios y por último si el proceso es capaz o no.

Viveros & Salazar (2010) propone un modelo de programación lineal mixta para la planificación de producción de una empresa de fabricación de bolas de acero. El modelo es multi-producto y contempla diferentes líneas de producción, además es multi-período en cuanto al horizonte de planeación aunque por otro lado solo considera una etapa de fabricación. El propósito de este modelo es determinar la cantidad de producto que debe fabricarse en un período determinado, el modelo también toma en cuenta la cantidad de materia prima que se requiere, se realiza un balanceo de inventarios y la función objetivo de este modelo busca reducir los costos de producción (Viveros & Salazar, 2010). Después de la implementación de este modelo se obtuvo un incremento del 3.6% en la productividad y un 5% de reducción de costos que se atribuye al mejor uso de la capacidad y a la disminución de nivel de inventario (Viveros & Salazar, 2010).

Toro & Delgado (2010) implementan un modelo de programación lineal que representa de dos escalones es decir, la lista de materiales está comprendida por el producto final y los componentes. Este modelo tiene restricciones de capacidad y de acumulación de inventario y

en este estudio se resuelve con un lenguaje de alto nivel para modelación algebraica y también se crea una interfaz con el usuario, para de esta manera demostrar que el uso de la tecnología se pueden automatizar tareas y apoyar a la toma de decisiones (Toro & Delgado , 2010).

Albornoz & Contesse (1999), propone un modelo de programación lineal entera mixta multi-producto y además se toman en cuenta una cantidad de máquinas repartidas en un número determinado de talleres. Para este estudio se supone que las demandas son conocidas para cada período (Albornoz & Contesse, 1999). En este caso la función objetivo tiene que maximizar la ganancia.

Por otro lado, Li citado en (Pérez F. , 2011) propone un modelo donde se incluye la re manufactura de un producto cuando es devuelto por el cliente. Para este caso, el autor utiliza programación dinámica. En este modelo se asume que los faltantes y atrasos son permitidos, además se ignora la capacidad para las actividades de manufactura y reprocesos, la cantidad de productos devueltos no afectan al inventario y todos los productos que se devuelven deben ser re manufacturados (Pérez F. , 2011).

Feylizadeh, Modarres & Bagherpour (2008) presentan un modelo multi-producto que utiliza una estructura de una red de nodos; este modelo tiene esta particularidad, debido a que se presentan diferentes procesos que comparten las mismas máquinas en algún punto del mismo. Al igual que otros modelos, la función objetivo es minimizar el costo total. Sin embargo, este modelo no contempla la inclusión de la lista de los materiales necesarios para la elaboración del producto.

Ortiz y Caicedo (2012) por su parte proponen un modelo muy sencillo donde solo tienen una variable de decisión que es la cantidad a producir del objeto en estudio, por lo que

su modelo es incompleto en el sentido de que no proporciona un balance de inventario que es muy importante. (Ortiz & Caicedo, 2012)

Al exponer ciertos modelos de planificación de la producción, se puede evidenciar la infinidad de modelos que existen y que su diseño depende de la situación y de la empresa donde se lleve a cabo el producto. Por lo tanto es muy importante elegir el modelo que más se ajuste al sistema que se quiera planificar y si es posible realizar ciertos ajustes que acerquen más la fiabilidad del modelo respecto a la realidad.

Dentro de los modelos anteriormente mencionados, algunos parámetros están relacionados con diferentes costos, por lo que estos deben estar correctamente calculados ya que sobreestimar o subestimar un costo produce que se pierda fiabilidad del modelo (Lim, 1992).

Es importante recalcar la aplicación de estos sistemas en variedad de industrias que aunque mantienen el concepto se van adaptando a las diferentes necesidades, con el fin de ser una herramienta para el mejoramiento de las operaciones.

Como se mencionó al principio de esta sección una entrada del modelo a utilizarse, va a requerir la estandarización de tiempos, de los cuales se realiza una revisión a continuación.

El estudio de tiempos ayuda a la optimización de procesos (Torres, Pérez, Marmolejo, Ordoñez, & García, 2010). Este método mide el tiempo requerido por un operario calificado para realizar una tarea con un método específico y con un desempeño normal (Hodson, 2001 citado en Rico, Maldonado, Escobedo, & de la Riva , 2005). Conocer el tiempo permite controlar la producción, mejorar la planificación, contratación, cálculo de costos, entre otros (Rico, Maldonado, Escobedo, & de la Riva , 2005).

De los artículos estudiados, se pudo distinguir una metodología muy similar en cuanto al estudio de tiempos. Si se concibe a la organización como un conjunto de procesos interrelacionados que buscan un objetivo en común, el primer paso es conocer dichos procesos a través de flujogramas (Pérez, Ruíz, & Parra, 2007). Estos diagramas representan de una manera gráfica el proceso de estudio, pueden incluir información necesaria como recursos para análisis posteriores (Torres, Pérez, Marmolejo, Ordoñez, & García, 2010) (Hidalgo & Torres, 2011).

Por otro lado, para el estudio de tiempos se deben tener en cuenta ciertos parámetros de decisión como los instrumentos de medición, tamaño de muestra para la medición, análisis posterior de los datos, entre otros. Rico, Maldonado, Escobedo, & de la Riva (2005) hacen un estudio donde contrastan 3 técnicas para determinar tiempos: el cronómetro, cámara de video donde se analiza en tiempo con la ayuda de un editor de video y tiempos predefinidos, que es un conjunto de tiempos estándares que están asignados a movimientos fundamentales. Después de un análisis de varianza (ANOVA) de tiempos de tres actividades diferentes, se llegó a la conclusión de que no existe diferencia significativa en las tres técnicas para la determinar el tiempo por lo tanto cualquiera de las técnicas va a arrojar el mismo resultado. Sin embargo, el uso de la tecnología facilita el trabajo al analista de tiempos (Rico, Maldonado, Escobedo, & de la Riva, 2005). Además, Hidalgo & Torres (2011) resaltan la importancia de seleccionar el personal que va a realizar las actividades ya que de eso dependen los resultados. Así mismo, la cantidad de datos que se van a tomar es muy importante, Alvis & Sotelo (2009) establecieron un tamaño de muestra, donde primeramente se realizó un muestreo con 25 observaciones de las cuales se obtuvo la varianza, se

estableció el porcentaje de confiabilidad y el error permisible para determinar el número de observaciones mínimas para un dato confiable, como también el número de ciclos.

Una vez obtenidos los datos, en el estudio realizado por Manzano y García (2009), para determinar los datos que serían útiles para los cálculos posteriores, se utilizó cartas de control para eliminar los datos atípicos, los cuales pueden salir no solo a la variabilidad, sino también a causas específicas que influyen en el tiempo. Es muy importante enfatizar que los procesos que son mayoritariamente manuales que son más complejos de estandarizar y predecir, puesto que dependen del factor humano, así, Torres, Pérez, Marmolejo, Ordoñez, & García (2010), valoraron además el desempeño de los operarios y suplementos para determinar el tiempo estándar de un proceso.

## **3.2 Marco teórico**

### **3.2.1 Diagrama de Pareto**

Este diagrama es muy útil cuando se tienen muchos problemas y no sabe cuál de ellos se debe elegir primero. “Se basa en el resultado empírico común de que un gran porcentaje de los problemas se deben a un pequeño porcentaje de causas” (Chace, Jacobs , & Aquilano, 2009). La regla de Pareto se conoce como la regla del 80-20, en lo que se dice que el 80% de una actividad es causada por el 20% de los factores. En otras palabras, si se desea atacar el 80% problemas se debe fijar la atención en el 20% de los factores. La gráfica de Pareto es una gráfica de barras en el cual el eje de las x son los factores y el eje de las y se encuentran las actividades en un lado y en el otro la frecuencia acumulada (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008). Las barras se encuentran en forma decreciente de acuerdo a su nivel de frecuencia y se grafica una línea con la frecuencia acumulada (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).



### 3.2.2 Familia de producto

Si una fábrica procesa múltiples productos y es difícil el analizar de lo que está pasando de forma individual, la agrupación de productos en familias simplifica dicho análisis (Hyer & Wemmerlov, 2002). Hay muchas maneras de crear a una familia y esto depende del propósito del proyecto (Hyer & Wemmerlov, 2002). Además, este criterio funciona para productos principales como también para partes y componentes (Hyer & Wemmerlov, 2002).

Hyer & Wemmerlov (2002), proponen 9 clasificaciones de las Familias de productos que se pueden ver en la siguiente tabla junto a sus respectivas descripciones y ejemplo:

Criteria for Identifying Product Families	Examples
1. <b>Product type.</b> Group products of the same type or function into families.	Motors and generators.
2. <b>Market.</b> Group all products sold in a certain geographical market in one family.	North America, Europe; market segmentation can also be based on type of user, e.g., commercial vs. residential user.
3. <b>Customers.</b> Group all products sold to one or more customers in the same family.	The products for two dominant customers make up two families, the rest of the products a third family; this segmentation does not work if several customers purchase the same products.
4. <b>Degree of customer contact.</b> Group products according to the degree of influence the customer has on the final product.	Group all stocked items in one family, all made to order in another, etc.
5. <b>Volume range.</b> Group products with similar volume ranges into the same families.	High-volume vs. low-volume products.
6. <b>Order stream.</b> Group products with similar customer order patterns in same families.	Large and repetitive orders in one family, small and irregularly placed order in another.
7. <b>Competitive basis.</b> Allocate all products that compete on the same basis to the same family.	Those competing on cost and speed to one family, those competing on customized design to another.
8. <b>Process type.</b> Group products or parts requiring similar processes in the same families.	All assembled products in one family, all non-assembled products in another, etc.; within each group, products with similar routings form a family.
9. <b>Product characteristics.</b> Group products with same physical features or raw material into families.	Large vs. small, light vs. heavy, etc.

*Tabla 3: Categorías para agrupar productos*

**Fuente y Elaboración:** (Hyer & Wemmerlov, 2002: p. 113)

Las tres primeras categorías tienen un enfoque de la visión del departamento de ventas y marketing en cuanto al producto, por lo tanto son útiles para alcanzar objetivos relacionados (Hyer & Wemmerlov, 2002). La cuarta categoría puede ser útil para estar atentos a la flexibilidad del sistema productivo (Hyer & Wemmerlov, 2002). La quinta categoría es útil cuando el objetivo está relacionado con la capacidad necesaria para la producción. Por otro lado, la sexta categoría ayuda si determinado cliente tiene un patrón de pedidos para optimizar los procesos y material necesario que se requiere (Hyer & Wemmerlov, 2002). La séptima categoría es útil cuando se manufacturan productos que tienen diferentes ventajas competitivas puesto que varían en procesos, sistemas de control, etc. (Hyer & Wemmerlov, 2002). La octava categoría es útil cuando los productos difieren en los procesos (Hyer & Wemmerlov, 2002). Por último, la categoría de características es útil cuando los productos son muy diferentes entre sí es útil para ganar eficiencia en cuanto a manufactura (Hyer & Wemmerlov, 2002).

### ***3.2.2.1 Tipo Familias de Proceso***

Una familia de producto por proceso es “el conjunto de productos que pasen por fases de procesamiento similares y equipo en común” (Lean Enterprise Institute, 2009). Lo que se pretende es elegir el menor número de familias que compartan la mayor cantidad de procesos y operaciones (Rajadell & García, 2010, pág. 38). Así se procede a la elaboración de una matriz producto/proceso como muestra la Figura 7.

		PROCESOS						
		1	2	3	4	5	6	7
PRODUCTOS	A	x	x	x		x	x	x
	B	x	x	x	x	x	x	x
	C	x	x	x		x	x	x
	D		x	x		x	x	
	E		x	x				x
	F	x		x		x		x

Familia de productos

*Figura 7: Matriz Familia de Producto/Proceso*





**Fuente y Elaboración:** (Rajadell & García, 2010, pág. 38)




### 3.2.3 Flujogramas de proceso.

Los procesos de una empresa pueden ser diagramados en una herramienta que se conoce como mapa de procesos, mientras que cada proceso en sí pueden ser representados gráficamente, a esto se conoce diagrama de flujo (García, y otros, 2007).

El Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI), es una organización sin fines de lucro que administra y coordina la normalización (MIDEPLAN, 2009).

La ANSI ha desarrollado una simbología que se utiliza para la elaboración de los flujogramas, la simbología se muestra en la Figura 8:

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>¿Para que se utiliza?</b>
	<b>Inicio / Fin</b>	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	<b>Operación / Actividad</b>	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	<b>Documento</b>	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	<b>Datos</b>	Indica la salida y entrada de datos.
	<b>Almacenamiento / Archivo</b>	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	<b>Decisión</b>	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>	<b>¿Para que se utiliza?</b>
	<b>Líneas de flujo</b>	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	<b>Conector</b>	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	<b>Conector de página</b>	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continua el diagrama de flujo.

*Figura 8: Simbología ANSI*

**Fuente y Elaboración::** (MIDEPLAN, 2009)

Para la realización de un diagrama de flujo se debe establecer a las personas involucradas, se debe definir el detalle que se requiere y los objetivos, además se debe delimitar el alcance del mismo (Niebel & Freivalds, 2008). Posteriormente, se debe esquematizar el proceso de acuerdo a actividades secuenciales y documentar el proceso. Finalmente, se debe validar el proceso (Niebel & Freivalds, 2008).

### **3.2.4 Planeación de recursos de manufactura MRPII**

La planeación de recursos de manufactura (MRPII) es un método para la planeación efectiva de los recursos de una compañía manufacturera (Sheikh, 2001). Es decir, un control integrado de todo el proceso productivo y la gestión de los recursos; además de afectar las fases de planeamiento, control, seguimiento y ejecución de la producción (Anaya, 2007).

Con esto, se tiene 3 fases principales para el establecimiento del método. Primero, la creación del plan estratégico que tendrá todas las actividades y sistemas en términos productivos. Segundo, el establecimiento detallado de los flujos de material y capacidades. Tercero, la ejecución de los planes de asignación de producción y compras (Sheikh, 2001).

Por otro lado, se tienen ciertos beneficios que es necesario mencionarlos. Se tiene la posibilidad de establecer escenarios a través de métodos de simulación. Se puede contemplar áreas como son marketing, finanzas y contabilidad. Se maneja un control integral que puede ser iterativo para toda la organización. Se logra centralizar la información que ayuda a la reducción de papeleo, unidad de criterio en la toma de decisiones, mejor servicio al cliente, mejor control de costes y mejor intervención en ajustes de planes (Anaya, 2007).

Finalmente, dentro de las funciones que se relacionan dentro del MRPII se pueden mencionar las siguientes:

- Planeación Estratégica y de Negocios
- Manejo de Demanda
- Planeación de las Operaciones y las Ventas (S&OP)

- Plan Master de Producción (MPS)
- Planeación de Materiales Requeridos (MRPI)
- Planeación de Capacidades Requeridas (CRP)
- Ejecución del Sistema de Soporte de la Capacidad y el Material
- (Sheikh, 2001).

#### ***3.2.4.1 Planeación Estratégica y de Negocios***

La planificación estratégica se refiere a la entrada por parte de la alta gerencia y generalmente se desarrolla en horizonte largo de tiempo, se puede decir que es un resumen de lo que es el negocio actualmente y a donde se quiere llegar (Sheikh, 2001).

La planificación de negocio se refiere al conjunto de objetivos del negocio en el nivel agregado, se lo desarrolla en horizonte de tiempo largo y se enfoca en las metas por familia de productos (Sheikh, 2001). De esta forma, para elaborar un plan de negocios se debe considerar lo que son las estrategias del mercado y del producto, los segmentos de mercado, ventas anuales y pronósticos, decisiones de hacer o comprar, decisiones de procesos, decisiones de capacidad, decisiones de recurso humano, plan de inversiones y capital y decisiones de infraestructura (Sheikh, 2001).

#### ***3.2.4.2 Manejo de Demanda***

El manejo de la demanda comprende del reconocimiento y administración de las de las demandas para garantizar su cumplimiento (Sheikh, 2001). Se tiene que considerar todos los factores que intervienen directamente con el consumidor como son: precios, promociones,

fechas de entrega, canales de distribución, entrada de órdenes y servicio al consumidor (Sheikh, 2001).

#### ***3.2.4.3 Planeación de las Operaciones y las Ventas (S&OP)***

La planeación de las operaciones y las ventas es el proceso mediante el cual se logra establecer que se va a producir, cuanto se va a producir y en qué momento; a través del conocimiento de la demanda futura (Sheikh, 2001). Con esto, lo que se plantea es establecer: pronósticos de la demanda, inventarios actuales, capacidades, tasas de producción, inventario proyectado y planes de contingencia de las variaciones de las ventas (Sheikh, 2001).

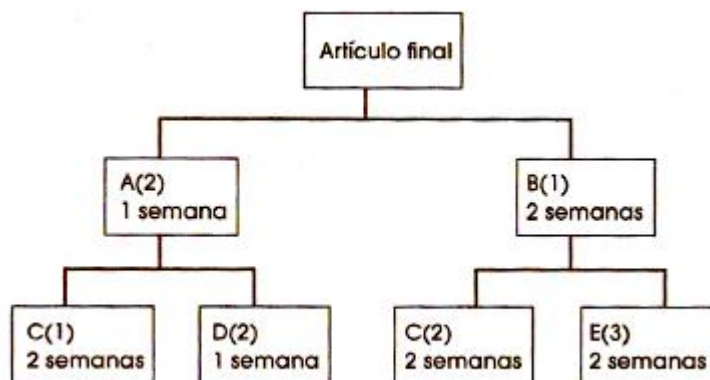
#### ***3.2.4.4 Plan Master de Producción (MPS)***

MPS es “un plan de producción para el artículo final por período” (Nahmias S. , 2007). Por lo tanto, el MPS detalla las cantidades de cada componente y tiempos de producción para un número de artículos finales (Nahmias S. , 2007). Para determinar el MPS se debe considerar los pedidos de los clientes, pronósticos futuros por artículo, stock de seguridad de inventarios, planes estacionales y pedidos extras de la organización (Nahmias S. , 2007). El MPS es el input para el MRP.

#### ***3.2.4.5 Planeación de Materiales Requeridos (MRPI)***

El MRP es un sistema de planeación del control de inventarios y la producción, se responsabiliza de la programación de los artículos a producirse hasta el nivel final de producción (Sheikh, 2001). Para esto, se tiene que empezar por el cálculo de la explosión (BOM: Bill of Materials), el BOM es una descripción del producto. Generalmente, se realiza un diagrama donde se muestra la relación de los componentes con el producto final y las

respectivas cantidades de cada uno. Además, se muestra la secuencia de creación del producto y el tiempo requerido para cada componente (Nahmias S. , 2007). En el Figura 9 se puede observar un ejemplo del BOM.



*Figura 9: Ejemplo de BOM*

**Fuente:** (Sheikh, 2001)

Como se puede ver en la Figura 9, cada componente debe tener su código para evitar errores, así mismo se debe categorizar por niveles de fabricación del producto, siendo el producto final el nivel cero (Nahmias S. , 2007).

Seguidamente, se procede a establecer el MPS del artículo final a producirse. Luego, se traduce el MPS en requerimientos brutos por semana y se sustrae cualquier inventario disponible o entradas programadas para obtener los requerimientos netos del producto (Nahmias S. , 2007). Estos requerimientos netos se los traslada hacia atrás en el tiempo por una cantidad igual al tiempo de demora y finalmente, se obtiene la liberación del pedido planeada (Nahmias S. , 2007).



### 3.2.4.6 *Planeación de Capacidades Requeridas (CRP)*

La planeación de las capacidades requeridas considera la planeación de órdenes junto con el trabajo en proceso, es decir, evalúa la disponibilidad de los recursos de equipo o mano de obra en los períodos de tiempo para la ejecución del plan. De esta forma, se elige una política de producción como es: la redistribución de la demora, el incremento de la capacidad, la reducción de la capacidad, el incremento de la demora o el decrecimiento (Sheikh, 2001).

### 3.2.4.7 *Ejecución del Sistema de Soporte de la Capacidad y el Material*

La ejecución del sistema consiste en: la preparación de cronogramas diarios para cada estación de trabajo, en la disponibilidad de los materiales y la capacidad de planta, en la creación de órdenes para la autorización de la producción, en la información necesaria para la planta, en estándares de desempeño y en la creación de acciones correctivas (Sheikh, 2001).

Cabe mencionar, que el sistema MRPII tiene niveles para la planeación de los 7 módulos descritos. La Tabla 4 muestra los niveles de planeación jerárquicos de los horizontes de planeación.

#	Nivel de Planeación	Horizonte de planeación
1	Planeación estratégica	1 a 5 años
2	Planeación táctica	1 mes a 3 años
3	Nivel operacional	1 semana a 1 mes

*Tabla 4: Niveles Jerárquicos de horizontes de planeación*

**Fuente:** Sheik, 2001, p:65

Primero, dentro de la planeación estratégica se considera los módulos de: planeación estratégica y de negocios, manejo de la demanda, la planeación de las operaciones y las ventas y la ejecución del sistema de material y capacidad (Sheikh, 2001). Estos 4 módulos necesitan un horizonte de planeación de mínimo 1 año para poder llevarse a cabo. Segundo, dentro de la planeación táctica y operacional se ubican los módulos: MPS, MRPI y CRP (Sheikh, 2001). Estos 3 módulos necesitan de un horizonte de planeación de mínimo 1 semana para su cumplimiento. Con esto, se logra concluir que para el alcance de la tesis solo se abarcará con algunas de las partes de los módulos de horizonte de planeación táctico y operacional.

### **3.2.5 Investigación de Operaciones**

La investigación de operaciones es la disciplina que busca investigar sobre las operaciones para de esta forma garantizar la conducción y coordinación de las actividades dentro de una organización (Hillier & Lieberman, 2010). Se basa en la formulación de modelos matemáticos para modelar el problema de interés; se tiene a la programación lineal como clase de modelo matemático. Por otro lado, la investigación de operaciones sugiere que para modelar un problema se tendría que: definir el problema de interés y recolectar datos relevantes, formular un modelo matemático, desarrollar un procedimiento para la búsqueda de una solución y la validación del mismo (Hillier & Lieberman, 2010).

#### **3.2.5.1 Programación Lineal**

La programación lineal es una herramienta que utiliza un modelo matemático para describir un problema, con lo que involucra la planeación de actividades para obtener un resultado óptimo (Hillier & Lieberman, 2010). Con esto, se tiene que la programación lineal busca encontrar el resultado que mejor alcance la meta del modelo entre todas las alternativas

factibles (Hillier & Lieberman, 2010). Un modelo de programación lineal consta de una función objetivo y de un conjunto de restricciones, variables de decisión y parámetros. La función objetivo por su parte busca maximizar o minimizar la medida de desempeño global (Hillier & Lieberman, 2010). Las restricciones pueden ser funcionales o de no negatividad; las restricciones funcionales a su vez pueden ser en forma de desigualdad o en forma de ecuación, las restricciones de no negatividad son condiciones para las variables de decisión (Hillier & Lieberman, 2010). Las variables de decisión son las  $n$  decisiones cuantificables relacionadas entre sí que varían dentro del modelo. Los parámetros son las constantes de la función objetivo y de las restricciones.

### **3.2.6 Entradas al modelo**

#### **3.2.6.1 Pronósticos**

El objetivo de realizar un pronóstico es reducir la incertidumbre sobre el cual se deben efectuar ciertas decisiones (Hanke & Reitsch, 1996).

Existen diferentes clasificaciones de pronósticos. Una de las categorías es el horizonte de tiempo los cuales son pronósticos a largo, mediano y corto plazo (Nahmias S. , 2007). Los pronósticos a largo plazo son más generales, establecen el rumbo de la empresa y el período de tiempo es de meses a años (Nahmias S. , 2007). Por otro lado, los pronósticos a mediano plazo se miden de semanas a meses y se utilizan para establecer requerimientos como mano de obra y recursos (Nahmias S. , 2007). Finalmente, los pronósticos a corto plazo establecen estrategias inmediatas como la planeación de producción que pueden resultar de un sistema de planeación de requerimientos de materiales y en consecuencia se miden en días y semanas (Nahmias S. , 2007).

Por otro lado también se categoriza a los pronósticos como cualitativos y cuantitativos (Hanke & Reitsch, 1996). Los métodos cualitativos no requieren manipulación de datos y se basa en el juicio de los expertos o de quien pronostica, el método Delphi es un ejemplo de este método (Nahmias S. , 2007). Por otro lado, los métodos cuantitativos utilizan métodos establecidos donde se analizan los datos (Nahmias S. , 2007). Más adelante profundizará en estos métodos.

Es muy importante seleccionar el método de pronóstico a utilizar y considerar en la elección el método que proporcione resultados que faciliten la toma de decisiones (Hanke & Reitsch, 1996). Por lo tanto, es vital recordar que los pronósticos contienen un cierto porcentaje de error. Además, los pronósticos agregados son más exactos, es decir el error al pronosticar una línea de productos es menor en comparación a los pronósticos de los productos individuales (Nahmias S. , 2007). Así mismo, mientras más lejano sea el horizonte de planeación menos exacto será el pronóstico y por último el uso de pronósticos no debe excluir información existente (Nahmias S. , 2007).

#### *3.2.6.1.1 Recopilación y síntesis de datos.*

Existen dos tipos de datos. Los que se toman una vez en un punto del tiempo como por ejemplo los datos de una muestra aleatoria donde al analizar los datos se extrapola las conclusiones hacia una población mayor (Hanke & Reitsch, 1996). Por otro lado, si los datos se recolectan cada día, semana, mes o año se tiene una serie de tiempo de datos (Hanke & Reitsch, 1996). Estas series se estudian para conocer los patrones que pudieron existir en el pasado y se asume que los mismos patrones continuarán en el futuro (Campos, 2001)

Por otro lado, las fuentes de donde se obtienen los datos se clasifican como primarias y secundarias. Las fuentes primarias comprenden métodos de recolección de datos exclusivamente para realizar pronósticos que puede ser por medio de muestreo, encuestas, censos, etc. (Hanke & Reitsch, 1996). En cambio, las fuentes secundarias son datos que se obtuvieron para fines diferentes al pronóstico y puede ser provenir de fuentes internas o externas. Los registros de contabilidad son un buen ejemplo de fuentes secundarias que comúnmente son utilizados (Hanke & Reitsch, 1996).

Es muy importante recopilar los datos y asegurarse de que son los correctos (Hanke & Reitsch, 1996). Esta es una de las etapas más importantes puesto que los pasos siguientes se basan en los datos obtenidos (Hanke & Reitsch, 1996). Los datos son útiles si provienen de una fuente confiable, son pertinentes, consistentes y periódicos (Hanke & Reitsch, 1996).

Después, se debe reducir o sintetizar los datos ya que puede ser que algunos datos no sean oportunos al problema que se está tratando y reducirían la precisión del pronóstico; así mismo, otros datos pueden que solo sean adecuados solo en cierto tiempo histórico (Hanke & Reitsch, 1996).

#### *3.2.6.1.2 Análisis de patrones y selección método de pronóstico*

El siguiente paso es “seleccionar una técnica de pronóstico que utilice al máximo la información contenida en los datos y los patrones que estos representen” (Hanke & Reitsch, 1996: p.97).

Los componentes de una serie de datos pueden ser la tendencia que es componente que representa un crecimiento o disminución en los mismos en un tiempo extenso de tiempo

(Hanke & Reitsch, 1996). El componente cíclico es una fluctuación en forma de onda alrededor de la tendencia, la duración y la magnitud del ciclo pueden variar; por otro lado, el componente estacional es un patrón de cambio que se presenta en intervalos fijos (Hanke & Reitsch, 1996). Por último, el componente aleatorio mide la variabilidad una vez que se retira todos los componentes anteriormente mencionados (Hanke & Reitsch, 1996).

Se puede partir de la observación de la gráfica de serie de los datos para tratar tener una idea del comportamiento de los mismos (Hanke & Reitsch, 1996). Sin embargo, también se puede utilizar el análisis de autocorrelación.

#### 3.2.6.1.2.1 *Análisis de Autocorrelación*

Los datos de una variable frecuentemente está correlacionada consigo mismo en el tiempo. Por lo tanto este análisis la “correlación existente entre una variable desfasada uno o más períodos y la misma variable” (Hanke & Reitsch, 1996: p.100). Para calcular los coeficientes de correlacion se utiliza la siguiente fórmula:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

Donde:

$r_k$  = coeficiente de autocorrelación para un desfase de k períodos

$\bar{Y}$  = media de los valores de la serie

$Y_t$  = Observación en el tiempo t

$Y_{t-k}$  = Observación en el período t-k

**Fuente:** Hanke & Reitsch, 1996: p.101

Actualmente se puede utilizar el software Minitab para el cálculo de autocorrelaciones. Y el valor de los coeficientes resultantes indican los patrones, con el criterio que se indica a continuación:

“Si la serie es aleatoria la correlación entre  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$  es cercana a cero y los valores sucesivos no guardan relación entre sí” (Hanke & Reitsch, 1996: p.104). Si la serie es aleatoria, todos los coeficientes van a ser diferentes y por lo general son cercanos a cero pero puede darse que por casualidad exista una correlación alta (Hanke & Reitsch, 1996).

Si la serie tienen una tendencia,  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$  tienen una correlación fuerte es decir el coeficiente es cercano a 1, a partir del desfase 2 los coeficientes van decayendo gradualmente a cero (Hanke & Reitsch, 1996).

Si la serie tiene un patrón estacional, el coeficiente de autorrelación es significativo, es decir cercano a uno en el período de desfase correspondiente. Por ejemplo el coeficiente es significativo en cuatro en los datos trimestrales (Hanke & Reitsch, 1996).

Hanke & Reitsch (1996), en su libro de Pronósticos en los Negocios sugieren diferentes métodos de pronósticos dependiendo del tipo, patrón y número de datos, así también como el horizonte de tiempo, la tabla se indica a continuación:

MÉTODO	PATRÓN DE DATOS	HORIZONTE EN EL TIEMPO	TIPO DE MODELO	REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE DATOS	
				NO ESTACIONALES	ESTACIONALES
No formales	ST, T, S	S	TS	1	
Promedios simples	ST	S	TS	30	
Promedios móviles	ST	S	TS	4-20	
Atenuación exponencial	ST	S	TS	2	
Atenuación exponencial lineal	T	S	TS	3	
Atenuación exponencial cuadrática	T	S	TS	4	
Atenuación exponencial estacional	S	S	TS		2*L
Filtración adaptiva	S	S	TS		5*L
Regresión simple	T	1	C	10	
Regresión múltiple	C, S	1	C	10*V	
Descomposición clásica	S	S	TS		5*L
Modelos de tendencia exponencial	T	1, L	TS	10	
Ajuste de curva-S	T	1, L	TS	10	
Modelos de Gompertz	T	1, L	TS	10	
Curvas de crecimiento	T	1, L	TS	10	
Census II	S	S	TS		6*L
Box-Jenkins	ST, T, C, S	S	TS	24	3*L
Indicadores principales	C	S	C	24	
Modelos econométricos	C	S	C	30	
Regresión múltiple de series de tiempo	T, S	1, L	C		6*L

*Patrón de datos:* ST, estacionarios; T, con tendencia; S, estacionales; C, cíclicos.

*Horizonte en el tiempo:* S, corto plazo (menos de 3 meses); 1, mediano plazo; L, largo plazo.

*Tipo de modelo:* TS, serie de tiempo; C, causal.

*Estacionales:* L, longitud de la estacionalidad.

*Tabla 5: Selección de tipo de pronóstico*

**Fuente y Elaboración:** Hanke & Reitsch, 1996: p 118.

Tomando en cuenta, el horizonte de tiempo (corto), el tipo de datos (series de tiempo) y posteriores análisis, a continuación se presentan los modelos a utilizar en el presente estudio:

### *3.2.6.1.2.2 Métodos para pronosticar series estacionarias*

Una serie estacionaria “es aquella cuyo valor promedio no varía a través del tiempo” (Hanke & Reitsch, 1996: p.116). Para este tipo de series existen dos técnicas comunes:



### 3.2.6.1.2.2.1 Promedios Móviles

Este método es sencillo y el pronóstico básicamente es el promedio aritmético de las N observaciones más recientes (Nahmias S. , 2007). Para esto, se utiliza la ecuación siguiente:

$$F_t = (1/N) \sum_{i=t-N}^{t-1} D_i$$

Donde:

$F_t$  = Pronóstico para el tiempo t

$D_i$  = datos i de la serie de tiempo

N = períodos a utilizarse para el pronóstico

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.64

Este método no es recomendable cuando las series presentan una tendencia (Nahmias S. , 2007). La longitud del promedio móvil influye en el resultado del pronóstico, una longitud corta suaviza la serie, mientras que una longitud más larga filtra más ruido pero es menos sensible a los cambios en la serie (Minitab Inc., 2014).

### 3.2.6.1.2.2.2 Suavizamiento exponencial

Este método calcula el pronóstico actual utilizando el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de la demanda, en otras palabras el suavizamiento exponencial aplica ponderaciones decrecientes a los datos pasados (Nahmias S. , 2007). Este método se calcula con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$F_t$  = Pronóstico para el tiempo t.

$D_{t-1}$  = datos t-1 de la serie de tiempo

$\alpha$  = constante de suavizamiento

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.64

La constante de suavizamiento  $\alpha$  que puede tomar valores entre 0 y 1, es la que determina la ponderación que se va a dar a la demanda actual y a los datos pasados (Nahmias S. , 2007). Si  $\alpha$  es cercana a uno se le da más peso a la observación actual y poca a los datos pasados causando que el pronóstico reaccione rápidamente a los cambios pero genera mayor variación de período a período (Nahmias S. , 2007). Por el contrario si  $\alpha$  es pequeña los pronósticos son más estables (Nahmias S. , 2007).

Para aplicaciones de producción, se desea pronósticos estables por lo que se recomienda que  $\alpha$  varíe entre 0,1 y 0,2 (Nahmias S. , 2007).

### *3.2.6.1.2.3 Métodos basados en la tendencia*

Existen dos métodos comunes para las series que tienen tendencia.

#### *3.2.6.1.2.3.1 Suavizamiento Exponencial Doble o Método de Holt*

Este método es diseñado para series de tiempo con tendencia lineal. Utiliza dos constantes de suavizamiento, uno para el valor de la intercepción y otro para la tendencia (Nahmias S. , 2007). Las ecuaciones utilizadas, se presentan a continuación:

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t$$

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

Donde:

$F_{t,t+\tau}$  = Pronóstico de  $\tau$  pasos adelante hecho en el período  $t$

$S_t$  = Valor de la intercepción en el tiempo  $t$

$G_t$  = Valor de la pendiente en el tiempo  $t$

$D_t$  = Valor  $t$  de la serie de tiempo

$\alpha$  = constante de suavizamiento de la intercepción

$\beta$  = constante de suavizamiento de la pendiente

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.76

Las constantes de suavizamiento pueden ser las mismas y varían de 0 a 1 pero la mayoría de veces se da más estabilidad a la pendiente por lo que  $\beta \leq \alpha$  (Nahmias S. , 2007).

### 3.2.6.1.3 *Análisis de método de pronóstico*

Para terminar, se debe revisar la precisión del modelo para lo cual se puede ver el error de los mismos (Hanke & Reitsch, 1996).

Existen tres medidas para calcular los errores de pronósticos:

#### 3.2.6.1.3.1 *Desviación Absoluta Media (DAM) ó Mean absolute deviation (MAD)*

El DAM mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores de pronóstico (Hanke & Reitsch, 1996).

$$DAM = (1/n) \sum_{i=1}^n |e_i|$$

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.60

### 3.2.6.1.3.2 Error cuadrático medio (ECM) ó Mean squared error (MSE)

Este enfoque de la medida de errores penaliza los errores mayores del pronóstico ya que se eleva cada uno al cuadrado (Hanke & Reitsch, 1996).

$$ECM = (1/n) \sum_{i=1}^n e_i^2$$

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.60

### 3.2.6.1.3.3 Error porcentual absoluto (EPAM) ó Mean absolute percentage deviation (MAPD)

Este método indica que tan grande es el error en comparación con el valor real de la serie (Hanke & Reitsch, 1996).

$$EPAM = \left[ (1/n) \sum_{i=1}^n |e_i/D_i| \right] x 100$$

Donde:

$e_i$ = Error, que es la diferencia del pronóstico menos el dato real.

$D_i$ = Dato  $i$  de la serie de datos

$n=$  es la cantidad de datos

**Fuente:** Nahmias, 2007: p.60

Ghiani et al. (2004), presenta un criterio para determinar el ajuste del modelo a los datos. En la Tabla 6, se pueden ver dichos criterios.

EPAM	Calidad del pronóstico
$\leq 10\%$	Muy bueno
$> 10\%, \leq 20\%$	Bueno
$> 20\%, \leq 30\%$	Moderado
$> 30\%$	Pobre

*Tabla 6: Criterios de EPAM para evaluar los pronósticos*

#### 3.2.6.1.3.4 Señal de seguimiento

La señal de seguimiento es la diferencia entre el error y el MAD. Y se calcula con la siguiente fórmula:

$$TS_t = \frac{\sum_{t=1}^n E_t}{MAD_t}$$

El objetivo de este indicador es detectar si el pronóstico tiene algún sesgo. El valor ideal para este indicador es de cero, sin embargo el rango que determina si está o no con sesgo es desde -6 a 6 (Stevenson, 2009). Si el valor es menor a -6 quiere decir que el pronóstico está subpronosticado y si esta superior a 6 quiere decir que esta sobrepronosticado (Stevenson, 2009).

Finalmente, existen algunas herramientas que actualmente son de gran ayuda para la aplicación de los métodos de pronósticos. Entre los programas estadísticos que permiten

utilizar los métodos de pronósticos están Minitab, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) y Statistical Analysis System (SAS) (Hanke & Reitsch, 1996).

#### 3.2.6.1.4 Prueba de Levene

La prueba de Levene es una prueba de varianzas que es útil para datos continuos y resiste a la falta de normalidad. En esta prueba se tiene lo siguiente:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \sigma_3^2$$

**Fuente:** (Minitab Inc., 2014)

La hipótesis nula es que las varianzas de las dos muestras son iguales, mientras que la hipótesis alternativa es que las varianzas son diferentes.

El resultado de esta prueba arroja un valor P que se utiliza para concluir, si este valor es mayor que el nivel de significancia quiere decir que no existe diferencia estadística de las varianzas de las muestras. Mientras que si el valor P es menor que el nivel de significancia indica que la varianza de la muestra 1 es mayor que la de la muestra 2.

#### 3.2.6.2 Tasas de Producción

La tasa de producción en manufactura se define como el número de productos que se pueden producir en un período de tiempo establecido (Investopedia, 2014). También puede ser la cantidad de tiempo que toma producir una unidad de un producto (Investopedia, 2014). Se puede decir que una alta tasa de producción puede generar un decremento en la calidad,

mientras los trabajadores son presionados a producir más productos en la línea de producción más errores pueden generarse (Investopedia, 2014). Por eso es importante no solo enfocarse en la reducción de tiempo a través del operario (Investopedia, 2014).

Para calcular las tasas de producción, se va a utilizar los tiempos estándares actuales de los cuales se detalla la teoría a continuación:

#### *3.2.6.2.1 Estudio de tiempos*

El estudio de tiempos es un “método para determinar un día de trabajo justo” (Niebel & Freivalds, 2008). Por trabajo justo se entiende la cantidad de trabajo “que puede producir un operario calificado cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo si el trabajo no está restringido por limitaciones del proceso” (Niebel & Freivalds, 2008).

Con esto, se procede a determinar los elementos del estudio de tiempos. Primero, se elige el equipo de medición que puede ser a través de cronómetros o cámaras de videograbación (Niebel & Freivalds, 2008). Para el enfoque con cronómetros, el analista deberá seleccionar un cronómetro tradicional o uno electrónico; además de un tablero de estudio de tiempos y una calculadora (Niebel & Freivalds, 2008). Por otro lado, para el enfoque con cámaras de videograbación el analista deberá tomar la película de la operación y después estudiarla registrando detalles y asignando valores normales (Niebel & Freivalds, 2008). Cabe recalcar, que este enfoque es una manera justa y precisa de calificar el desempeño de la operación (Niebel & Freivalds, 2008).

Segundo, la elección del operario calificado a ser estudiado. Se tiene que elegir al trabajador promedio; de forma que se garantice la capacitación en el método, el gusto por el trabajo y el interés en hacer bien su trabajo (Niebel & Freivalds, 2008). Tercero, la

información tiene que ser significativa, es decir, debe contener máquinas, herramientas, dispositivos, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del observador (Niebel & Freivalds, 2008). Finalmente, el establecimiento de parámetros del estudio como es la división de la operación en actividades, el registro de valores transcurridos, calificación del operario y suplementos de tiempo (Niebel & Freivalds, 2008).

#### *3.2.6.2.1.1 Registro de lecturas de tiempos*

Para el registro de tiempos se tiene dos técnicas de estudio. La primera hace referencia al método de tiempos continuos, se refiere a que el analista lee el reloj del cronómetro en el punto final de la actividad y el tiempo sigue corriendo (Niebel & Freivalds, 2008). La segunda hace referencia al método de regresos a ceros, se refiere a que el analista lee el reloj del cronómetro en el punto final de la actividad y el tiempo se reestablece en cero (Niebel & Freivalds, 2008).

#### *3.2.6.2.1.2 Ciclos de Estudio*

Para los ciclos de estudio de los tiempos por actividad se tienen 2 métodos. El primer método se basa en la tabla que creó General Electric Company, que se basa en una tabla con valores aproximados del número recomendado de ciclos por observación que el analista debe considerar en el estudio (Niebel & Freivalds, 2008). La Tabla 7 muestra la guía aproximada del número de ciclos a observar.



<b>Tiempo de ciclo en minutos</b>	<b>Número recomendado de ciclos</b>
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 0 más	3

*Tabla 7: Número recomendado de ciclos de observación*

**Fuente:** General Electric Company citado en (Niebel & Freivalds, 2008)

El segundo método que se tiene es un método estadístico que se basa en “la suposición de que las observaciones pueden seguir una distribución normal alrededor de la media desconocida de la población con varianza desconocida” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 393). Con esto, se ocupa el intervalo de confianza para muestras t, ya que los estudios de tiempo ocupan muestras pequeñas  $n < 30$ . Se tiene que  $X \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$ , donde  $\pm$  puede considerar un término de error expresado como  $kX = \frac{ts}{\sqrt{n}}$ , donde  $k = \text{fracción aceptable de } X$ . Finalmente, despejando la ecuación para n, se tiene que  $n = \left\{ \frac{ts}{kX} \right\}^2$ , donde t es el parámetro de la distribución t, s es la desviación estándar de la muestra, k es la fracción es la probabilidad de error y X es la media de la muestra (Niebel & Freivalds, 2008, págs. 393-394). Esta ecuación representa el número de observaciones requerido para el elemento de estudio.

### *3.2.6.2.1.3 Calificación del desempeño del operario*

La calificación del desempeño del operario se evalúa a través del Westinghouse. Para el análisis de este sistema se consideran 4 factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y

consistencia (Niebel & Freivalds, 2008). Primero, la habilidad es “el nivel de competencia para seguir un método dado” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 414). La habilidad aumenta conforme el tiempo transcurre, se tendrá mayor rapidez, movimientos más suaves y mayor libertad en cuanto a titubeos (Niebel & Freivalds, 2008). El sistema Westinghouse enumera 6 grados de competencia que son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior; la Tabla 8 muestra los 6 grados de competencia junto a su valor porcentual (Niebel & Freivalds, 2008)

<b>Valor Porcentual</b>	<b>Grado de Habilidad</b>	
+0,15	A1	Superior
+0,13	A2	Superior
+0,11	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,06	C1	Bueno
+0,03	C2	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Malo
-0,22	F2	Malo

*Tabla 8: Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse*

**Fuente:** (Lowry, et al. 1940) citado en (Niebel & Freivalds, 2008)

Con esto, el analista deberá calificar el grado de habilidad del operario y luego traducirlo a un valor porcentual con ayuda de esta tabla.

Segundo, el esfuerzo es “una demostración de la voluntad para trabajar con efectividad” (Niebel & Freivalds, 2008). Es decir, es la velocidad con la que se aplica la habilidad y se puede controlar en un grado alto (Niebel & Freivalds, 2008). Se tiene seis clases de esfuerzo que son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente, excesivo; la Tabla 9 muestra los tipos de esfuerzo junto con su valor porcentual.

Valor Porcentual	Grado de Esfuerzo	
+0,13	A1	Excesivo
+0,12	A2	Excesivo
+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2	Excelente
+0,05	C1	Bueno
+0,02	C2	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,18	E2	Aceptable
-0,22	F1	Malo
-0,27	F2	Malo

*Tabla 9: Sistema de calificación de esfuerzos de Westinghouse*

**Fuente:** (Lowry, et al. 1940) citado en (Niebel & Freivalds, 2008)

Con esto, el analista deberá calificar el grado de esfuerzo del operario y luego traducirlo a un valor porcentual con ayuda de esta tabla.

Tercero, las condiciones son “los factores que afectan en el desempeño del operario” (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 416). Dentro de los factores que se consideran para evaluar las condiciones se puede mencionar la temperatura, la ventilación, la luz y el ruido (Niebel & Freivalds, 2008). Se tiene seis clases de condiciones que son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente, ideal; la Tabla 10 muestra las clases de condiciones junto con su valor porcentual.

Valor Porcentual	Grado de Condiciones	
+0,06	A	Ideal
+0,04	B	Excelente
+0,02	C	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,07	F	Malo

*Tabla 10: Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse*

**Fuente:** (Lowry, et al. 1940) citado en (Niebel & Freivalds, 2008)

Con esto, el analista deberá calificar el grado de las condiciones de trabajo que afectan el desempeño del operario y luego traducirlo a un valor porcentual con ayuda de esta tabla.

Cuarto, la consistencia que mantiene el operario en base a la habilidad, el esfuerzo y las condiciones (Niebel & Freivalds, 2008). Se tiene seis clases de consistencias que son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente, perfecta; la Tabla 11 muestra las clases de consistencias junto con su valor porcentual.

Valor Porcentual	Grado de Consistencias	
+0,04	A	Perfecta
+0,03	B	Excelente
+0,01	C	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,02	E	Aceptable
-0,04	F	Mala

*Tabla 11: Sistema de calificación de consistencias de Westinghouse*

**Fuente:** (Lowry, et al. 1940) citado en (Niebel & Freivalds, 2008)

Con esto, el analista deberá calificar el grado de consistencia del operario y luego traducirlo a un valor porcentual con ayuda de esta tabla.

Finalmente, se suman los 4 grados que se obtiene en el estudio y se obtiene el factor de desempeño que es la suma aritmética de los factores + la unidad. Cabe recalcar que el factor de desempeño sólo se agrega en operaciones totalmente manuales, las que son operadas por máquinas se califican con 100% (Niebel & Freivalds, 2008).

#### *3.2.6.2.1.4 Asignación de suplementos*

Para la asignación de suplementos se tiene dos básicos que son: las necesidades personales y la fatiga básica (Niebel & Freivalds, 2008). Las necesidades personales incluyen

suspensiones del trabajo como beber agua o ir al baño (Niebel & Freivalds, 2008). La fatiga básica toma en cuenta la energía consumida para llevar a cabo el trabajo y aliviar la monotonía (Niebel & Freivalds, 2008). Con esto, se puede asignar un 5% por necesidades personales y un 4% por fatiga básica; dando un total del 9% de suplemento de tiempo normal (Niebel & Freivalds, 2008). Finalmente, se tiene que considerar los suplementos variables que propone la Oficina Internacional del trabajo en Estados Unidos como se muestra en la Tabla 12:

Número	Suplementos	Porcentaje numérico
1	Suplemento por estar de pie	2
2	Suplemento por posición anormal: 1. Un poco incómoda 2. Incómoda (agachado) 3. Muy incómoda (tendido, estirado)	0 2 7
3	Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar, empujar), peso levantado en kg: 2 4 6 9 11 13 15 18 20 22 27 31	0 1 2 3 4 5 7 9 11 13 17 22
4	Mala iluminación: 1. Un poco debajo de la recomendada 2. Bastante menor que la recomendada 3. Muy inadecuada	0 2 5
5	Condiciones atmosféricas (calor, humedad)	0-100
6	Atención requerida: 1. Trabajo bastante fino 2. Trabajo fino o preciso 3. Trabajo muy fino y muy preciso	0 2 5
7	Nivel de ruido: 1. Continuo 2. Intermitente-fuerte 3. Intermitente-muy fuerte 4. De tono alto-fuerte	0 2 5 5
8	Estrés mental:	

	1. Proceso bastante complejo 2. Atención compleja o amplia 3. Muy compleja	1 4 8
9	Monotonía: 1. Nivel bajo 2. Nivel medio 3. Nivel alto	0 1 4
10	Tedio: 1. Algo tedioso 2. Tedioso 3. Muy tedioso	0 2 5

*Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO*

**Fuente:** (Niebel & Freivalds, 2008, pág. 437)

#### 3.2.6.2.1.5 Tiempo Estándar

Para el cálculo del estudio se tiene que el tiempo estándar es  $TS = \frac{NT}{1-\text{suplemento}}$ .

Donde:

$TN = TO \times C/100$ , con lo que TO es el tiempo medio observado para cada elemento ejecutado y C es la calificación del desempeño del operario.

Suplemento = 9%

(Niebel & Freivalds, 2008, pág. 395)

#### 3.2.6.2.1.6 Coeficiente de variación

El coeficiente de variación analiza la variabilidad de la distribución muestral del estimador. La fórmula que se utiliza para el cálculo es  $CVE = \frac{s}{X} * 100$ , donde s es la desviación estándar de la muestra y X es la media de la muestra (Departamento

Administrativo Nacional de Estadística, 2008). Se tiene supuestos para evaluar al coeficiente que son:

Hasta el 7% - estimación precisa

Entre 8% y 14% - estimación aceptable

Entre 15% y 20% - estimación regular

Mayor a 20% - estimación imprecisa

(Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2008).

#### *3.2.6.2.1.7 Prueba de Normalidad*

Esta prueba permite medir en qué grado los datos siguen una distribución Normal (Montgomery, 2010). Con esto, la prueba supone las siguientes hipótesis:

$H_0$ = los datos siguen una distribución normal

$H_a$ = los datos no siguen una distribución normal

De esta forma, se procede a evaluar mediante el uso del estadístico Anderson-Darling (AD) y del valor P que arroja la prueba (Montgomery, 2010). Primero, se tiene que mientras más pequeño sea el estadístico AD mejor será el ajuste de la distribución normal a los datos (Montgomery, 2010). Segundo, se tiene que si  $P < 0,05$  se procede a rechazar la hipótesis nula y por consiguiente, los datos no serían normales (Montgomery, 2010).

#### *3.2.6.3 Costos de inventario*

Un inventario es almacenar productos físicos en un lugar y en un momento determinado (Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1996). Cada artículo distinto se denomina unidad de almacenamiento o SKU (stock keeping unit) (Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1996).

Las razones principales para mantener un inventario son la incertidumbre de la demanda y las economías de escala. La incertidumbre de la demanda, por lo que al tener un inventario se puede responder a la demanda en cualquier momento (Nahmias S. , 2007). Además existe otra clase de incertidumbre como los tiempos de producción, precio de los recursos, mano de obra, etc. que motiva al mantenimiento de inventario (Nahmias S. , 2007). Las economías de escala se refiere a gran producción de artículos en cada corrida y almacenarlos para un uso futuro, con esto se puede compensar los costos fijos de preparación de las líneas de producción (Nahmias S. , 2007).

Sin embargo, también es importante subrayar que el costo de manejar el inventario puede ser muy alto, y los productos en inventario representan dinero inactivo para la empresa, por lo que debe existir un balance entre la satisfacción de la demanda, economías de escalas y costo de inventario (Narasimhan, McLeavey, & Billington, 1996).

Cuando se habla de los inventarios en una industria se pueden considerar tres tipos de inventarios: materias primas, trabajo en proceso y producto terminado (Elsayed & Boucher, 1985).

Casi todos los modelos de inventario utilizan la minimización de costos como el criterio de decisión, por lo que estos son parámetros de decisión muy importantes (Chopra & Meindl, 2008) (Nahmias S. , 2007). Un obstáculo común es determinar dichos valores, para



Chopra & Meindl (2008), es mejor una rápida aproximación que para mucho tiempo estimando los costos con exactitud.

Aunque existe variedad de sistemas de inventario, los costos de inventario se resumen en tres categorías: costo de mantener el inventario, costo de pedido y costo de penalización (Nahmias S. , 2007) (Elsayed & Boucher, 1985).

Para efectos de este estudio se van a utilizar los siguientes:

#### *3.2.6.3.1 Costo de mantener el inventario*

El costo de mantener el inventario “es la suma de todos los costos proporcionales a la cantidad de inventario disponible físicamente en cualquier punto en el tiempo” (Nahmias S. , 2007).

Este costo se puede descomponer en los siguientes elementos (Elsayed & Boucher, 1985):

- El **costo de oportunidad** del dinero, se refiere a los intereses que se podrían tener del dinero en inventario si estuviera en una cuenta de ahorros o invirtiendo el mismo (Elsayed & Boucher, 1985) (Nahmias S. , 2007).
- **Costo de almacenamiento**, representa el costo de proveer espacio, así como el costo de mantenimiento (Elsayed & Boucher, 1985).
- **Costos de Impuestos y seguros**, se refiere a los impuestos y seguridad que se paga por el espacio utilizado para el almacenaje de artículos (Elsayed & Boucher, 1985).

#### *3.2.6.3.2 Costo de penalización*

El costo de penalización también es conocido como el costo de desabasto, es decir lo que se pierde por no tener suficiente producto para satisfacer la demanda (Nahmias S. , 2007). En

otras palabras este costo representa la utilidad perdida (Nahmias S. , 2007). Además, el pago excesivo, insatisfacción del cliente y esfuerzos especiales como llamadas telefónicas resultantes de la incapacidad de cumplir con la demanda del cliente (Elsayed & Boucher, 1985).

#### ***3.2.6.4 Costos de Producción***

Los costos de producción se pueden dividir en dos categorías que son: los costos variables/directos y los costos fijos. Dentro de los costos variables se tienen los costos que intervienen directamente en la realización del producto como es la materia prima, la mano de obra directa, etc. Dentro de los costos fijos se tienen los costos indirectos a la realización del producto como son los costos de inversión, los gastos generales, los gastos administrativos y los costos de ventas. En la Tabla 13 se puede ver la clasificación específica de todos los costos de producción.

<p>1. Costos Variables (Directos):</p> <p>1.1. Materia Prima</p> <p>1.2. Mano de obra directa</p> <p>1.3. Supervisión</p> <p>1.4. Mantenimiento</p> <p>1.5. Servicios</p> <p>1.6. Suministros</p> <p>1.7. Regalías y patentes</p> <p>1.8. Envases</p>
<p>2. Costos Fijos</p> <p>2.1. Costos Indirectos</p> <p>2.1.1. Depreciación</p> <p>2.1.2. Impuestos</p> <p>2.1.3. Seguros</p> <p>2.1.4. Financiación</p> <p>2.1.5. Otros gravámenes</p> <p>2.2. Gastos Generales</p> <p>2.2.1. Investigación y Desarrollo</p> <p>2.2.2. Relaciones Públicas</p> <p>2.2.3. Contaduría y Auditoría</p> <p>2.2.4. Asesoramiento legal y patentes</p> <p>2.3. Costos de Dirección y Administración</p> <p>2.4. Costos de Ventas y Distribución</p>

*Tabla 13: Costos de Producción*

**Fuente:** (Food and Agriculture Organization, 2014)

### **3.2.6.5 Capacidad**

La capacidad se puede medir en los equipos o a través de la mano de obra que brindan los empleados a la organización, además del espacio disponible (Sheikh, 2001).

Para saber la capacidad máxima en un período se utiliza la ecuación de rotación de inventarios para saber cada cuanto se renueva el inventario en un tiempo.

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Costo de la mercancía}}{\text{Inventario Promedio}} = \# \text{ vueltas que da el inventario}$$

La rotación del inventario puede calcular para cualquier período. (Cuevas, 2002)

### **3.2.6.6 AIMMS Software de Modelamiento**

AIMMS es un software de optimización matemática para la resolución de problemas complejos estratégicos, tácticos u operaciones de optimización con el fin de encontrar soluciones óptimas (AIMMS, 2014). Se compone de: un lenguaje de modelado, un interfaz gráfico y una conexión con varios solvers como por ejemplo: CPLEX (AIMMS, 2014)

## 4 CAPITULO 4: FASE HACER

En esta sección como se describió en la metodología, se va a establecer el modelo matemático a utilizar.

### 4.1 Modelo matemático

De los múltiples modelos analizados en la revisión bibliográfica, se eligió el modelo planteado por Viveros & Salazar (2010) ya es el que más se ajusta al proceso actual como ya se va a describir posteriormente. Además este modelo reúne la los conceptos del MRP e incluye la capacidad, para el MPS se va considerar posteriormente el recorrimiento en el tiempo.

El modelo matemático es de programación lineal que permite analizar la planificación de la producción, en base a la producción multi-producto, en el presente caso de estudio se tiene 24 sabores de fruta. Además este modelo considera la producción de las pulpas por líneas de producción, en este caso de estudio se va a utilizar las familias de productos formadas como líneas de producción puesto que los integrantes de cada familia siguen el mismo proceso, por lo que se tienen 6 líneas de producción. Igualmente, el modelo es multiperiodo, lo que implica que se puede planificar para diferentes horizontes, para este estudio se elige el horizonte de un mes en periodos de una semana, puesto que la empresa realiza la planeación semanal y un mes permite estar atentos a cualquier cambio en los parámetros del modelo.

Los datos de entrada del modelo son los costos variables, el pronóstico de las ventas, el inventario inicial de materia prima y producto terminado, la capacidad de producción y el rendimiento de materia prima.

Los supuestos principales del modelo es que se tienen 2 turnos de 8 horas al día y la asignación permanente de operarios a cada línea de producción. Así, el modelo logrará arrojar la planificación de la producción en base a las tasas de producción por línea de producción, la utilización de la capacidad de producción, el balance de inventario de producto terminado y de materia prima y la planificación de la compra de materia prima.

Finalmente, es necesario mencionar que el modelo no se encuentra en la capacidad de generar una secuenciación de las actividades de las líneas de producción y tampoco la generación de órdenes por lotes de producción.

#### 4.1.1 Índices del modelo

El modelo matemático que se presentará más adelante tiene 4 índices que son los que se muestran en la Tabla 14.

Índice	Descripción
$i$	Producto (pulpa de fruta) $i = 1, \dots, 20$
$j$	Líneas de producción (líneas por familia de producto de pulpa) $j = 1, \dots, 6$
$l$	Materia prima e insumos (fruta, químicos, material de empaque) $l = 1, \dots, 52$
$t$	Período de tiempo de planificación (semanas) $t = 1, \dots, 4$

*Tabla 14: Índices Modelo de Planificación de la Producción*

**Fuente:** (Viveros & Salazar , 2010).

#### 4.1.2 Parámetros del modelo

Se tiene 16 parámetros de estudio que van desde los costos variables, el pronóstico de las ventas, los inventarios iniciales, las tasas de producción y los rendimientos de materias prima. Además, se considera una variable binaria para la asignación del tipo de producto junto

con su respectivo insumo y materia prima. En la Tabla 15 se muestra los parámetros a considerarse en el estudio.

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
$C_{ij}$	Costo de producción de pulpa $i$ en la línea $j$	Dólares \$/kg
$h_i$	Costo de inventario de pulpa $i$	Dólares \$/kg/semana
$e_i$	Costo de escasez de pulpa $i$	Dólares \$/kg/semana
$b_l$	Costo de inventario de materia prima e insumo $l$	Dólares \$/kg/semana
$d_{it}$	Demanda de pulpa $i$ durante la semana $t$	Kg/semana
$p_{ij}$	Tasa de producción de pulpa $i$ en la línea $j$	Kg/hora
$cap_{jt}$	Horas disponibles para producir en la línea $j$ en el período $t$	Hora
$s_{it}$	Cantidad de suministro máximo de materia prima $l$ que se puede recibir en el tiempo $t$	Kg
$\pi_{i0}$	Inventario inicial de pulpa $i$	Kg
$\pi_{iT}$	Inventario final de pulpa $c$ al final del horizonte de planeación	Kg
$\alpha_{l0}$	Inventario inicial de materia prima e insumo $l$	Kg
$BOM_{il}$	Tiene el valor del rendimiento si la pulpa $i$ puede fabricarse a partir de materia prima e insumo $l$ , 0 en el caso contrario.	
$T$	Horizonte de planeación	Mes

*Tabla 15: Parámetros Modelo de Planificación de la Producción*

**Fuente:** (Viveros & Salazar , 2010)

### 4.1.3 Variables de decisión del modelo

Se tienen 7 grupos de variables de decisión que nos permiten evaluar el déficit de pulpa que se requiere, para poder abastecer la producción de la planta. Con esto, la Tabla 16 muestra las variables de decisión del modelo de planificación de la producción.

Variable de decisión	Descripción	Unidad de medida
$x_{ijt}$	Producción de pulpa de sabor i en la línea j en el período t	Kg
$y_{lt}$	Materia prima e insumos l a recepcionar en el periodo t	Kg
$z_{lt}$	Necesidades de materias primas e insumos l en el período t	Kg
$\pi_{it}$	Balance de inventario de pulpa i en el periodo t	Kg
$\pi_{it}^+$	Inventario físico de pulpa i en el periodo t	Kg
$\pi_{it}^-$	Inventario faltante de pulpa i en el periodo t	Kg
$\alpha_{it}$	Inventario final de materia prima e insumo en el período	Kg

*Tabla 16 : Variables de decisión Modelo de Planificación de la Producción*

**Fuente:** (Viveros & Salazar , 2010)

### 4.1.4 Detalle del Modelo

El modelo consta de una función objetivo, restricciones funcionales y restricciones de no negatividad. Así, se tiene que la función objetivo se basa en minimizar el costo de planeación de la producción, en base al costo de transformación de materia prima e insumo a pulpa, el costo de inventario de pulpa, el costo de escasez de pulpa y el costo de mantener



materia prima en inventario. La ecuación (1) muestra la función objetivo que se propone en el modelo a continuación:

$$\text{Min}C_p = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^J c_{ij} x_{ijt} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N h_i \pi_{it}^+ + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N e_i \pi_{it}^- + \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L b_l \alpha_{lt} \quad (1)$$

$$\pi_{i,t-1} + \sum_{j=1}^J x_{ijt} - d_{it} = \pi_{it} \quad i = 1, \dots, 20 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (2)$$

$$\pi_{it} = \pi_{it}^+ - \pi_{it}^- \quad i = 1, \dots, 20 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (3)$$

$$\pi_{it} = \frac{D_{it}}{2} \quad i = 1, \dots, 20 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ijt} \frac{1}{p_{ij}} \leq \text{cap}_{jt} \quad j = 1, \dots, 6 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (5)$$

$$\alpha_{l,t-1} + y_{lt} - z_{lt} = \alpha_{lt} \quad l = 1, \dots, 52 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (6)$$

$$y_{lt} \leq s_{lt} \quad l = 1, \dots, 52 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (7)$$

$$z_{lt} = \sum_{i=1}^N BOM_{il} \sum_{j=1}^J x_{ijt} \quad l = 1, \dots, 52 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (8)$$

$$\alpha_{lT} = \sum_{t=1}^T z_{lt} / T \quad l = 52 \quad (9)$$

$$\alpha_{lt} = 0 \quad l = 1, \dots, 20 \quad (10)$$

$$x_{ijt}, \pi_{it}^+, \pi_{it}^-, y_{it}, z_{it}, \alpha_{lt} \geq 0; \pi_{it} \in \mathfrak{R}; \quad i = 1, \dots, 20 \quad j = 1, \dots, 6 \quad t = 1, \dots, 4 \quad (11)$$

Seguidamente, se tiene que las restricciones de la (2) a la (10) representan las restricciones funcionales del modelo. La restricción (2) es el balance de inventarios de pulpas terminadas. La restricción (3) es la asignación del inventario del inventario excedente o

faltante a una variable. La restricción (4) son los requerimientos de inventario de pulpa en cada período. La restricción (5) son las capacidades que se tiene en base a rendimientos y a las horas de trabajo de cada línea de producción. La restricción (6) es el balance de inventario de la materia prima e insumos. La restricción (7) representa la capacidad máxima de recepción de materia prima asignada en cada periodo. La restricción (8) son las necesidades de materia prima e insumos en base al tipo de pulpa. La restricción (9) es la política de inventario de los insumos. En este caso se va a considerar el producto que más rota en este caso el cartón que tiene el índice 52, puesto que la demanda de los otros insumos es muy baja y la inclusión de esta restricción en el modelo causa un error (Viveros & Salazar, Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción, 2010). Por otro la restricción (10), es una modificación del modelo, que representa que el inventario de materia prima (fruta) en cada periodo deber ser cero, ya que son productos perecibles y no se pueden guardar en cada semana.

Finalmente, la restricción (11) representa la restricción de no negatividad del modelo, donde se cuenta con las 7 variables de decisión que se consideran en el estudio.

## **4.2 Entradas del Modelo Matemático**

El modelo matemático descrito en la anterior sección tiene como entradas la demanda, tasa d producción, costos de inventario y de producción, requerimientos de materiales, inventarios iniciales de materia prima e insumos, capacidades máximas. El cálculo de cada entrada se presenta a continuación:

#### **4.2.1 Demanda**

Para poder calcular la demanda de los productos de 32 onzas Cs, se debe realizar pronósticos.

##### ***4.2.1.1 Recopilación y síntesis de datos***

Para realizar los pronósticos, se obtuvieron los datos de las ventas desde enero de 2012 hasta septiembre de 2014 proporcionados por UltraPulp, es decir, los datos representan una serie de tiempo que se obtuvieron de una fuente secundaria interna.

Previo a la realización de las gráficas se verificó la cantidad de datos por sabor para ver si es posible realizar un pronóstico o no. El melón aunque es un sabor que se frece al mercado no se ha fabricado desde el 2012; la frambuesa, registra ventas esporádicas en el 2012 y parte del 2013; así mismo, la mandarina presenta ventas eventuales; y finalmente, el banano es una fruta que solo es parte de una combinación de pulpa (Mix) y este producto no se comercializa desde el 2013. Todos los sabores anteriormente mencionados se producen esporádicamente o no se producen actualmente por lo que no van a ser considerados de aquí en adelante.

La teoría de pronósticos indica que los pronósticos agregados reducen el error. En consecuencia, se procedió a agrupar las ventas por Familias de proceso, tomando en cuenta a Hyer & Wemmerlov (2002) que exponen que en caso de que ya existan familias de productos, se debe tomar ventaja de las mismas con el propósito de simplificar el análisis sobretodo en cuanto a entender el volumen de la demanda. En este caso, el uso de las mismas familias

facilita el análisis y comprensión del estudio, además de que sirve como líneas de producción en el modelo que se expone más adelante.

En el Anexo3, se encuentran las gráficas de las series de los Kg vendidos por Familias de productos. Cualquier dato que modifique el patrón de la demanda va a ser estudiado, si se encuentra alguna causa asignable, como puede ser la única compra de un cliente, un retraso en la facturación el punto o una venta baja debido a que no fue un día laborable va a ser eliminado; de lo contrario, se mantienen ya que es el comportamiento real del mercado.

En todas las gráficas se puede ver que al inicio de cada año, las ventas son bajas respecto a la segunda semana; al igual que la última semana del año para el 2012 y 2013 respecto de la penúltima, esto se debe al feriado que existe entre el fin e inicio del nuevo año, analizando los datos se encontró que no se facturó algunos días de la primera semana y última semana; por lo tanto, la cantidad de ventas está influenciada por los pocos días laborables.

Por otro lado, es posible observar que las ventas varían significativamente de semana a semana y también de año a año. En algunas gráficas es posible observar una gran diferencia en entre ventas, se realizó un análisis y éstas diferencias son producidas por la falta de stock por lo que la semana siguiente se realizaron ventas acumuladas.

Sin embargo, la diferencia más notable es la variación de los datos del 2012 y 2013 con respecto al 2014. En los dos primeros, se puede apreciar más variación semana a semana que se atribuyen a falta de stock como ya se mencionó. Sin embargo, el año 2014 esta variación disminuye.

En una reunión mantenida con el Gerente de UltraPulp sobre la variación de los datos, manifestó que antes del año 2014, la producción de la pulpa estaba regida al costo de la

materia prima, es decir, si el costo de determinada fruta estaba más económico de lo normal se compraba y se producía (Guerra, 2014). Por lo tanto, la variación de los datos en las gráficas de las ventas del año 2012 y 2013 no refleja la demanda, sino más bien la falta de stock producida por este mecanismo. A partir del 2014, ya se planifica la producción en base a la demanda, para estimar la cantidad a producir cada semana, se utiliza el método de juicio de opinión ejecutiva partiendo del pedido del cliente potencial (Guerra, 2014). Además la fruta se compra de acuerdo a esta planificación (Guerra, 2014). Por consiguiente, para la realización de este estudio se va a trabajar con los datos del 2014 y con el sabor de fruta de los cuales se posea datos para pronósticos.

Una vez descartados los datos del 2012 y 2013, se analizan las gráficas del 2014 por familia. Se va a eliminar los primeros datos de cada Familia, debido a que como se explicó anteriormente, las ventas se ven afectadas porque la primera semana no se trabaja completamente. No se encontró ninguna otra causa asignable en los datos excepto en la Familia 3 donde se encontró que la variabilidad de los datos de la semana 35 y 36 corresponde a la falta de stock, por lo que se eliminan los puntos.

#### ***4.2.1.2 Prueba de igualdad de varianzas***

Para comprobar diferencia de varianza entre los años, se utilizó la prueba de igualdad de varianzas, la prueba arroja una gráfica donde se puede ver los intervalos de confianza de 95% y la prueba de Levene donde la hipótesis nula es que se tienen varianzas iguales entre los años y la hipótesis alternativa es que las varianzas son diferentes. En el Anexo 4, se puede ver este análisis, para concluir sobre estas pruebas se utiliza el valor p de las mismas; donde se

tiene que si el valor  $p$  es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y por lo tanto las varianzas no son iguales.

#### ***4.2.1.3 Análisis de patrones y selección método de pronóstico***

Una vez realizado el análisis de la demanda y reducido los datos solamente a los de interés, se procede al análisis de patrones de las series de tiempo que se generaron por familia. Para esto, se utiliza el método de autocorrelación de los datos para poder determinar si es que existe tendencia, estacionalidad, ciclos o aleatoriedad. Se utiliza la opción de autocorrelación de Minitab. Después de este estudio, se procede a seleccionar el método de pronóstico según el patrón de datos y la Tabla 5 del marco teórico.

#### 4.2.1.3.1 Familia 1

La gráfica resultante para Familia 1 una vez reducidos los datos es la siguiente:

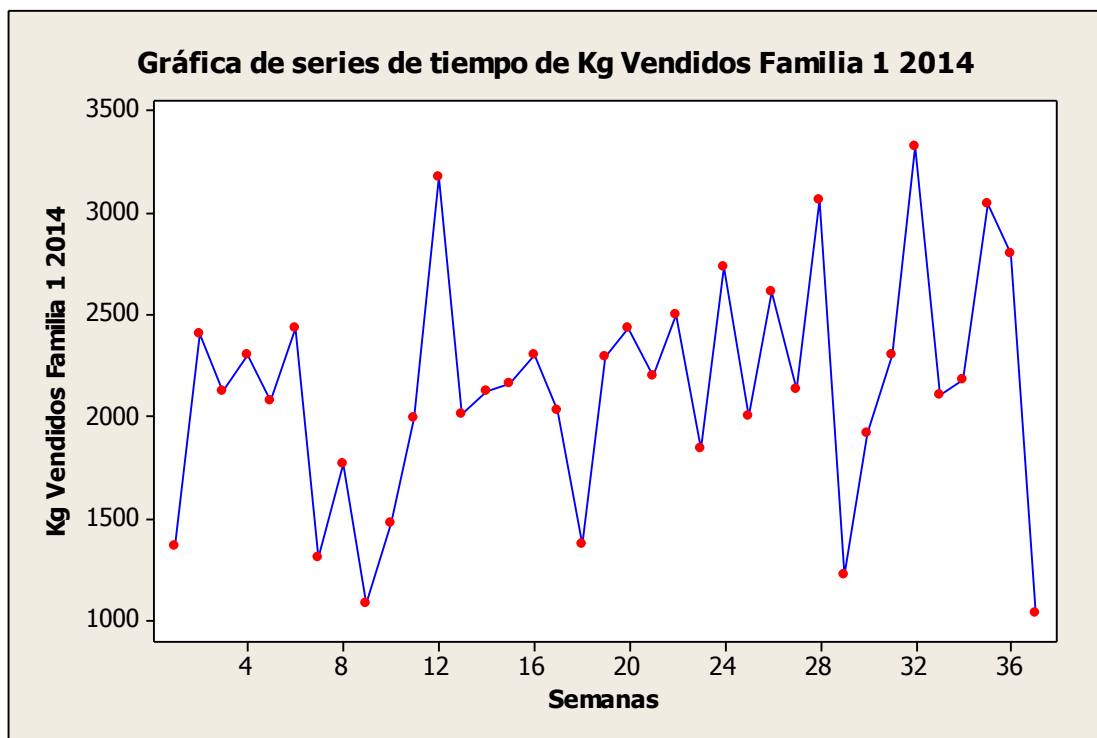


Figura 10: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 1 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 10. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.1. Y los coeficientes no tienen relación entre sí, por lo tanto, el patrón es aleatorio. De esta forma se recomienda, realizar Promedio Móvil, el Suavizamiento Exponencial Simple.

#### 4.2.1.3.2 Familia 2

La gráfica resultante para Familia 2 una vez reducidos los datos es la siguiente:

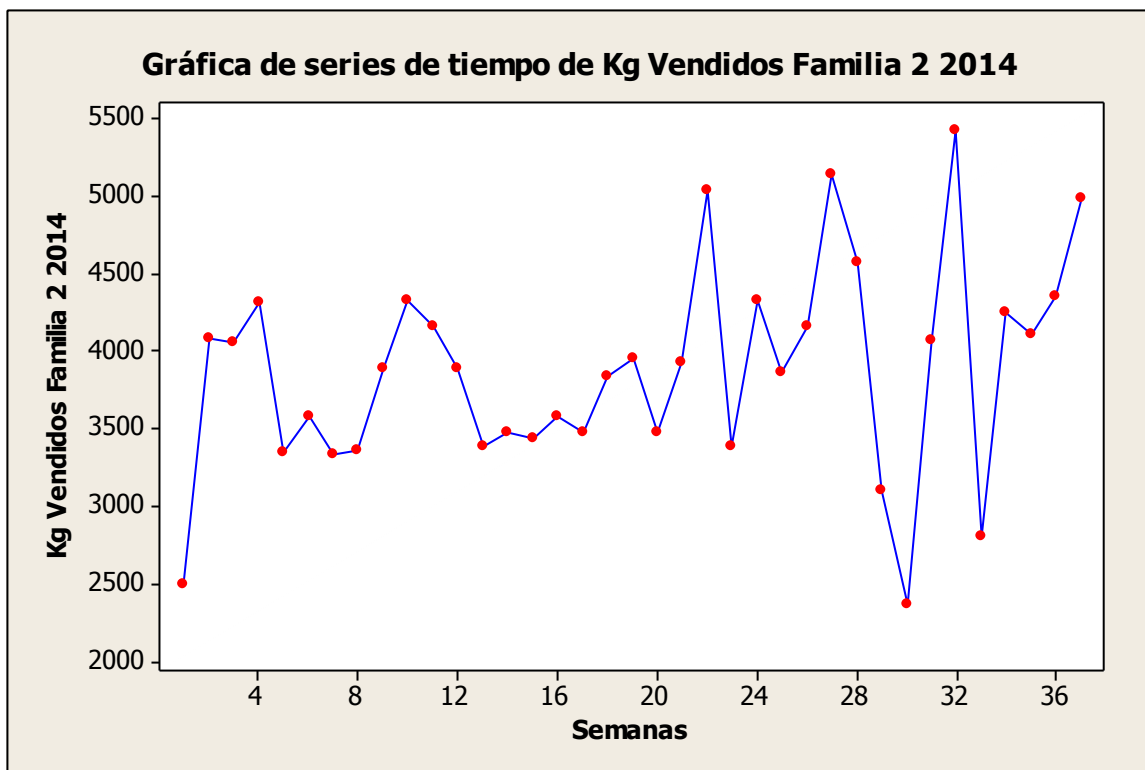


Figura 11: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 2 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 11. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.2 . Se puede ver que los datos presentan tendencia ya que se encuentran correlacionados entre sí y caen gradualmente hacia cero. Así, se puede determinar que según este patrón de datos se puede proponer el uso del Suavizamiento Exponencial Doble.



#### 4.2.1.3.3 Familia 3

La gráfica resultante para Familia 3 una vez reducidos los datos es la siguiente:

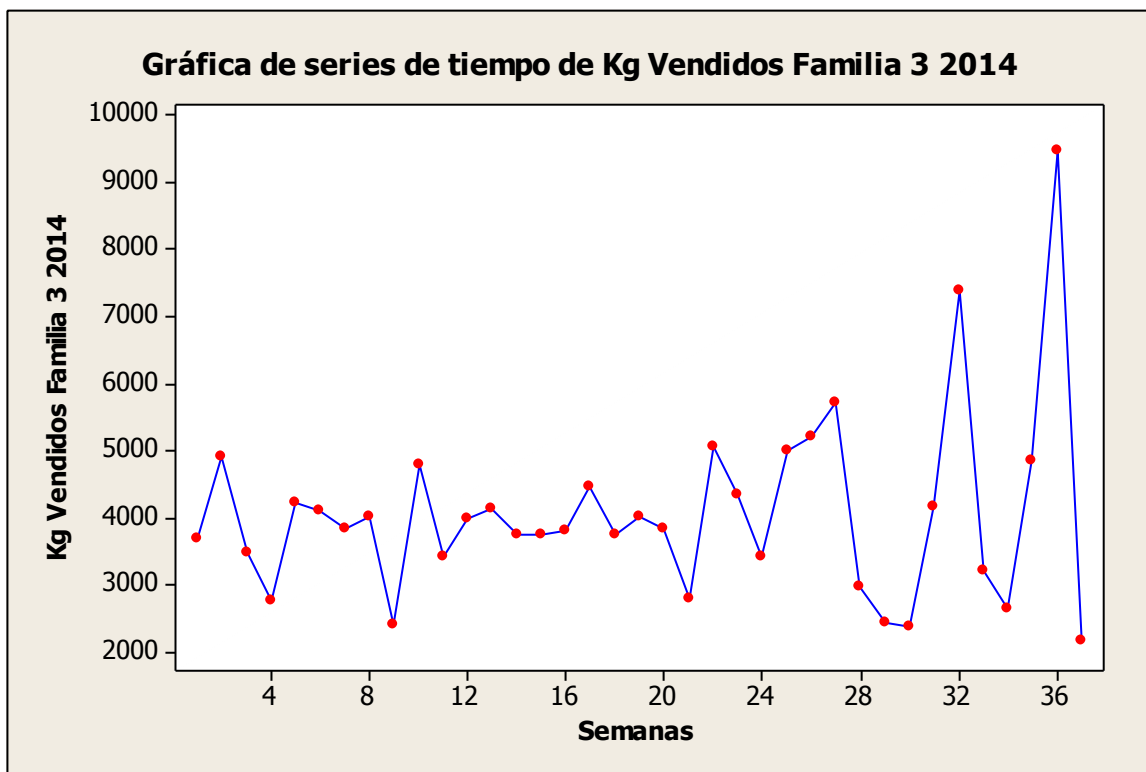


Figura 12: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 3 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 12. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.3. Se puede ver que los datos presentan tendencia creciente, y que los desfases se encuentran correlacionados entre sí y caen gradualmente hacia cero conforme aumenta el número de desfase. Así, se puede determinar que según este patrón de datos se puede proponer el uso del Suavizamiento Exponencial Doble.

#### 4.2.1.3.4 Familia 4

La gráfica resultante para Familia 4 una vez reducidos los datos es la siguiente:

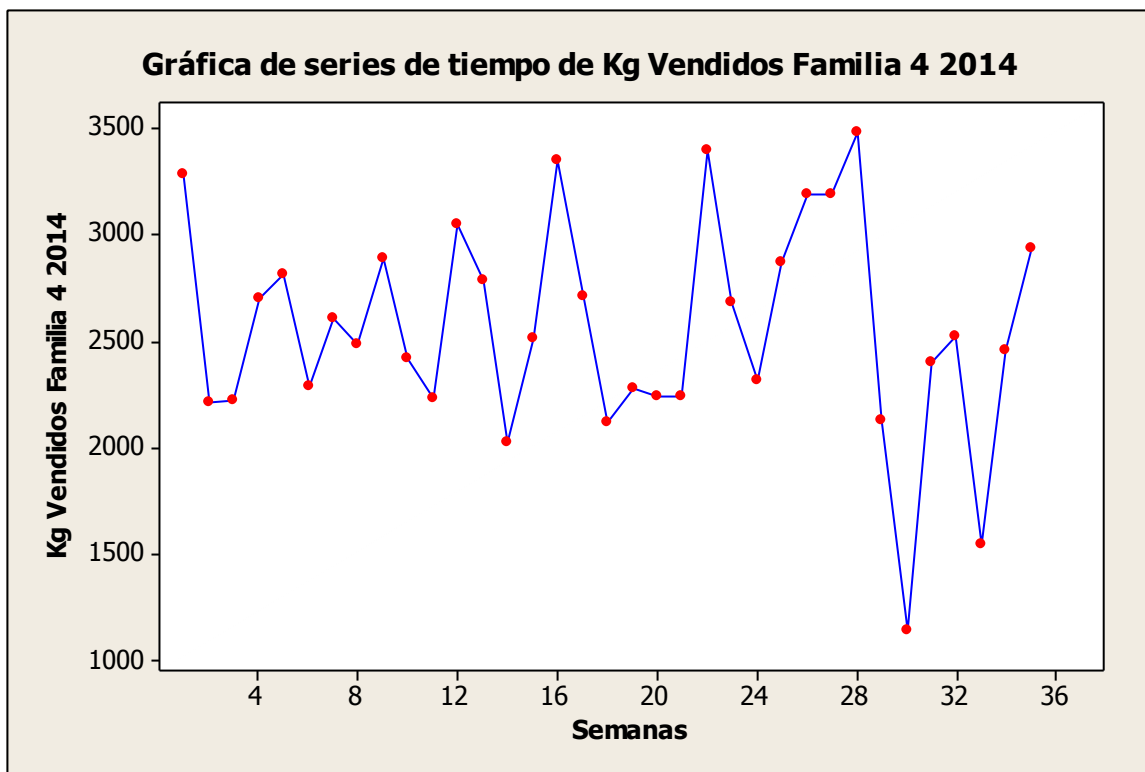


Figura 13: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Producidos Familia 4 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 13. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.3. Se puede ver que los datos se encuentran muy cercanos a cero y que no tienen relación entre sí, por lo tanto, se puede decir que son aleatorios. Por esto, para la selección de un método de pronóstico se propone el Promedio Móvil Simple y el Suavizamiento Exponencial Simple; ya que no se tiene un patrón estacional ni una tendencia como para usar otros métodos de pronóstico.

#### 4.2.1.3.5 Familia 5

La gráfica resultante para Familia 3 una vez reducidos los datos es la siguiente:

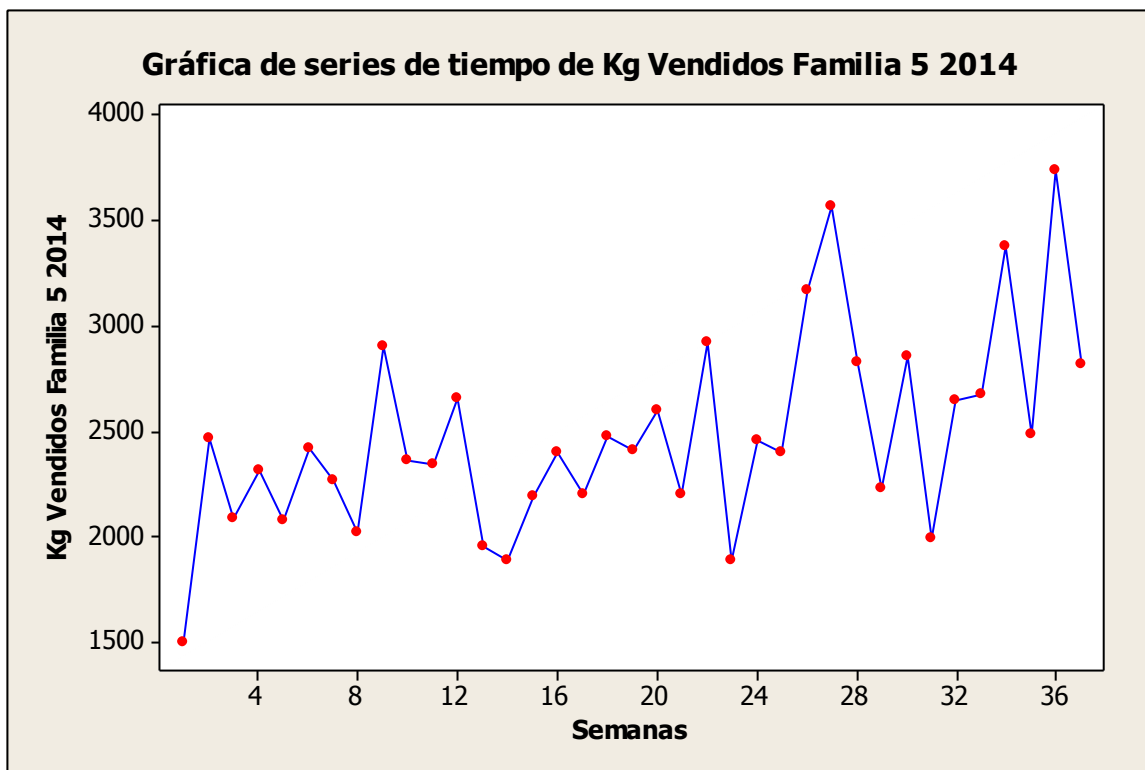


Figura 14: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 5 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 14. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.5. Se puede ver que los datos presentan tendencia creciente, también los desfases se encuentran correlacionados entre sí y caen gradualmente hacia cero conforme aumenta el número de desfase. Así, se puede determinar que según este patrón de datos se puede proponer el uso del Suavizamiento Exponencial Doble.

#### 4.2.1.3.6 Familia 6

La gráfica resultante para Familia 3 una vez reducidos los datos es la siguiente:

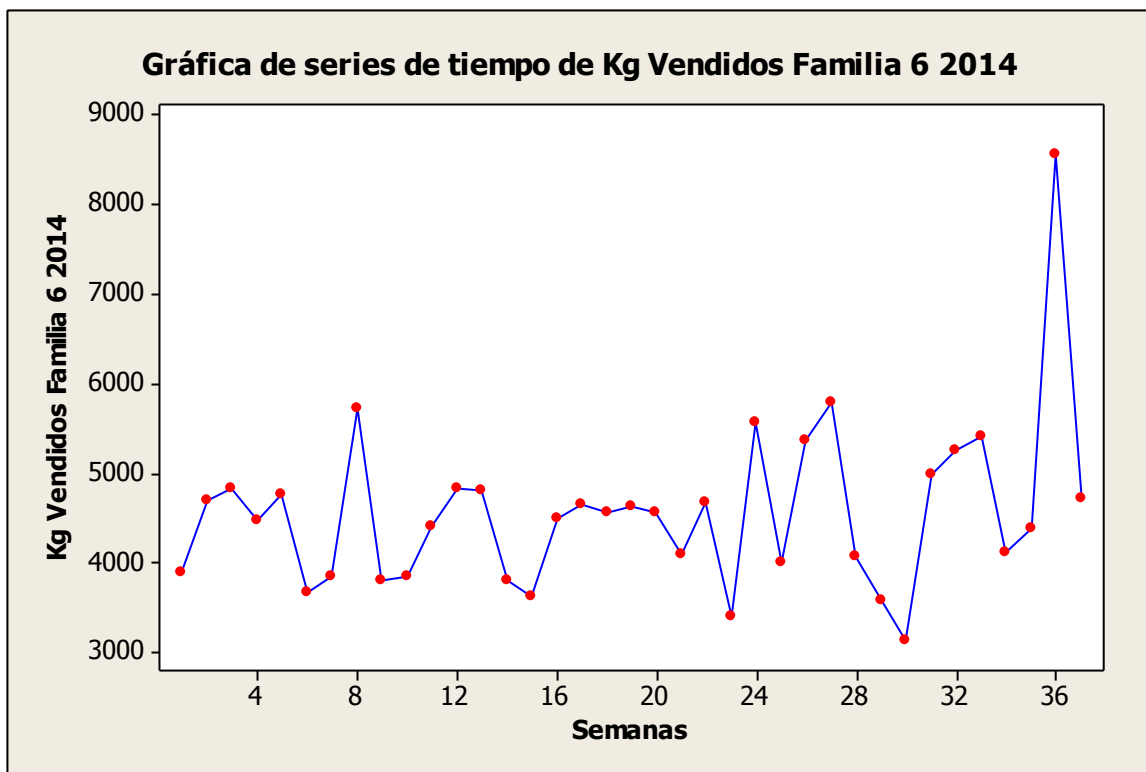


Figura 15: Gráfica de las series de tiempo de Kg Totales Vendidos Familia 6 2014

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

Para determinar el patrón de los datos que se tiene, se realizó un análisis de autocorrelación de los datos en base a la Figura 15. Con esto, se realizó el análisis para 30 períodos de desfase como se muestra en el Anexo 7.5.6. Se puede ver que los datos se encuentran muy cercanos a cero y que no tienen relación entre sí, por lo tanto, se puede decir que son aleatorios. Por esto, para la selección de un método de pronóstico se propone el Promedio Móvil Simple y el Suavizamiento Exponencial Simple; ya que no se tiene un patrón estacional ni una tendencia como para usar otros métodos de pronóstico.

#### 4.2.1.4 Análisis Método de Pronóstico

En esta sección se analiza el método de pronóstico seleccionado, según el patrón de datos que se determinó por cada familia de producto. Se utilizó Minitab para los análisis respectivos.

##### 4.2.1.4.1 Familia 1

Como se analizó anteriormente, los métodos para la Familia 1 seleccionados son el Promedio Móvil y el Suavizamiento Exponencial Simple.

Para el Promedio Móvil, se realizaron combinaciones de la longitud promedio que produzcan el menor error que se muestran en la Tabla 17

Longitud del promedio	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
N				
2	525	462462	29	-1,24
3	524	455920	29	-0,50
4	461	383720	26	-0,51
5	487	429823	27	-0,06

Tabla 17: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 1

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. En consecuencia, se elige el pronóstico que tiene el menor MAPE que se muestra en la Figura 16:

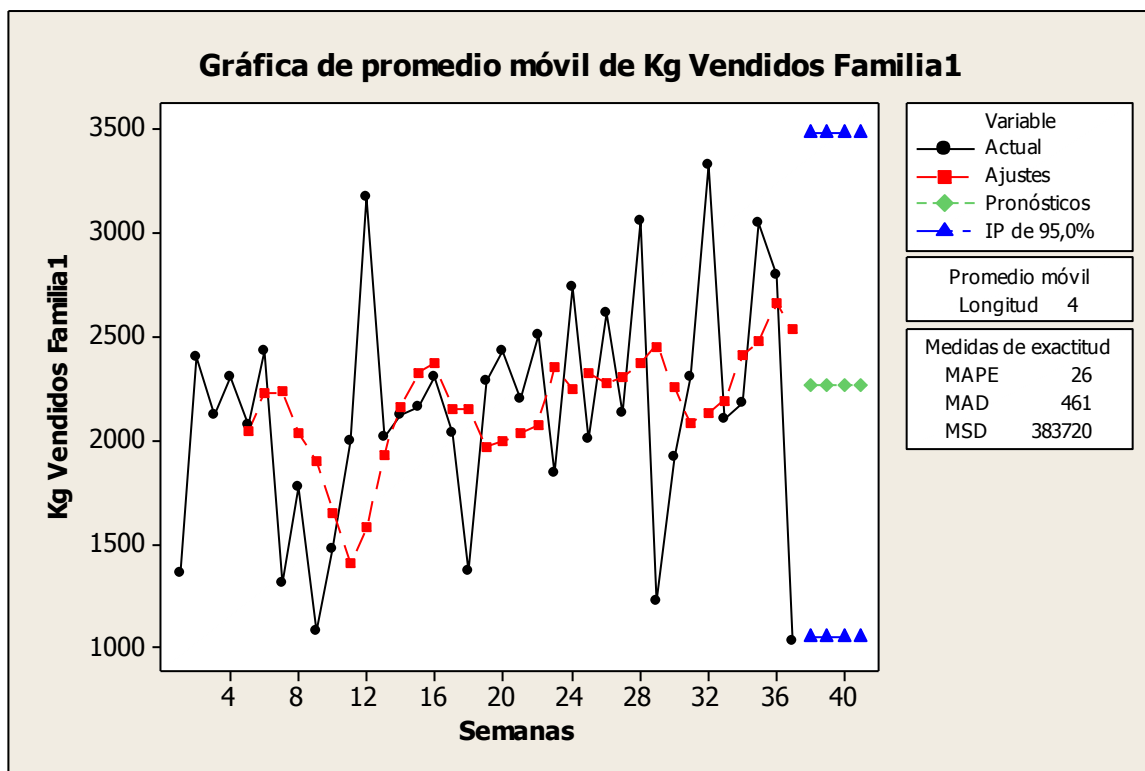


Figura 16: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 1

**Elaboración:** Propia

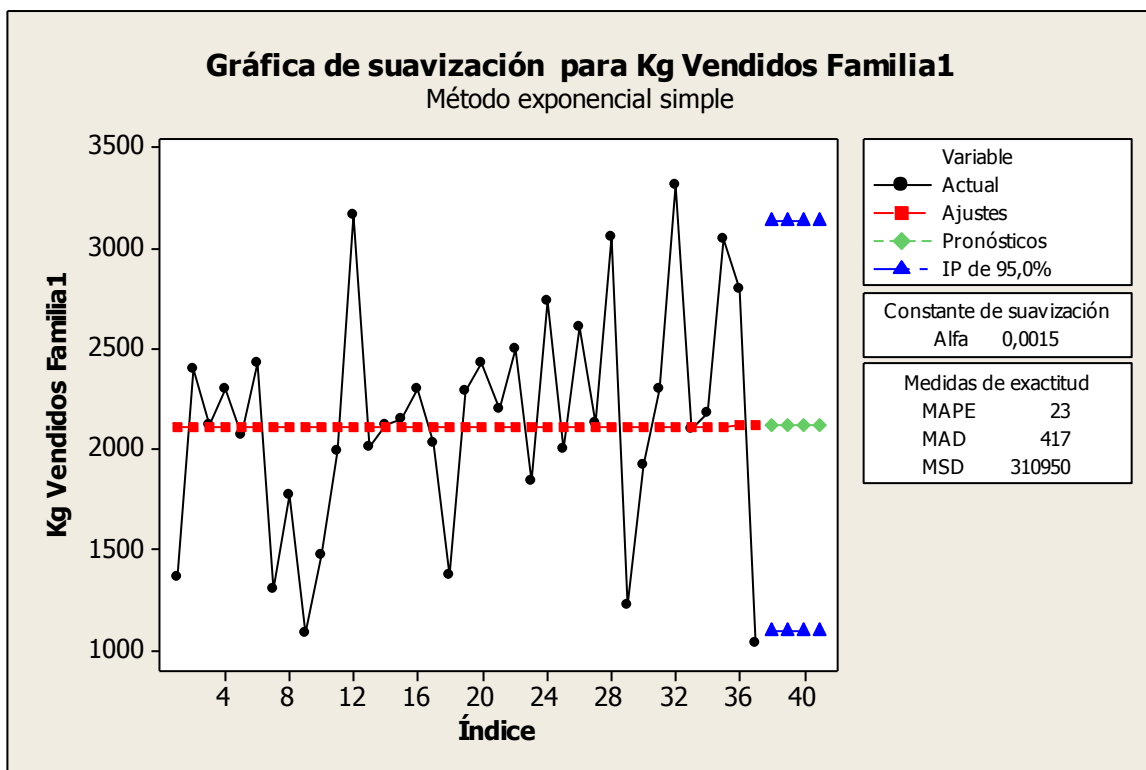
Posteriormente, para el Suavizamiento Exponencial Simple se realizaron combinaciones de la constante de suavizamiento del método. Con esto, la Tabla 18 muestra las combinaciones de la constante de suavizamiento, los errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Constante de suavizamiento	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,2	450	348386	25	1,29
0,1	434	327097	24	2,90
0,05	423	319288	23	3,74
0,0015	417	310950	23	2,41

Tabla 18: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 1

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 21



*Figura 17: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 1*

**Elaboración:** Propia

Tomando en cuenta los análisis anteriores, se concluye que el Suavizamiento exponencial es el que arroja mejores resultados. Considerando el Criterio de Ghiani (2004), se tiene un MAPE de 23% lo cual se considera un pronóstico Moderado, a continuación se presenta la tabla con los pronósticos para las 4 semanas:

<b>Período</b>	<b>Pronóstico (Kg)</b>
Semana 1 oct	2117,37
Semana 2 oct	2117,37
Semana 3 oct	2117,37
Semana 4 oct	2117,37

*Tabla 19: Pronósticos mes de octubre Familia 1*

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.4.2 Familia 2

Se tiene que el método de pronóstico seleccionado es el Suavizamiento Exponencial Doble según el patrón de datos de la Familia 2.

Para el Suavizamiento Exponencial Doble se realizaron combinaciones de las constantes de suavizamiento. Con esto, la Tabla 20 muestra las combinaciones de las constantes, errores porcentuales y la señal de seguimiento.

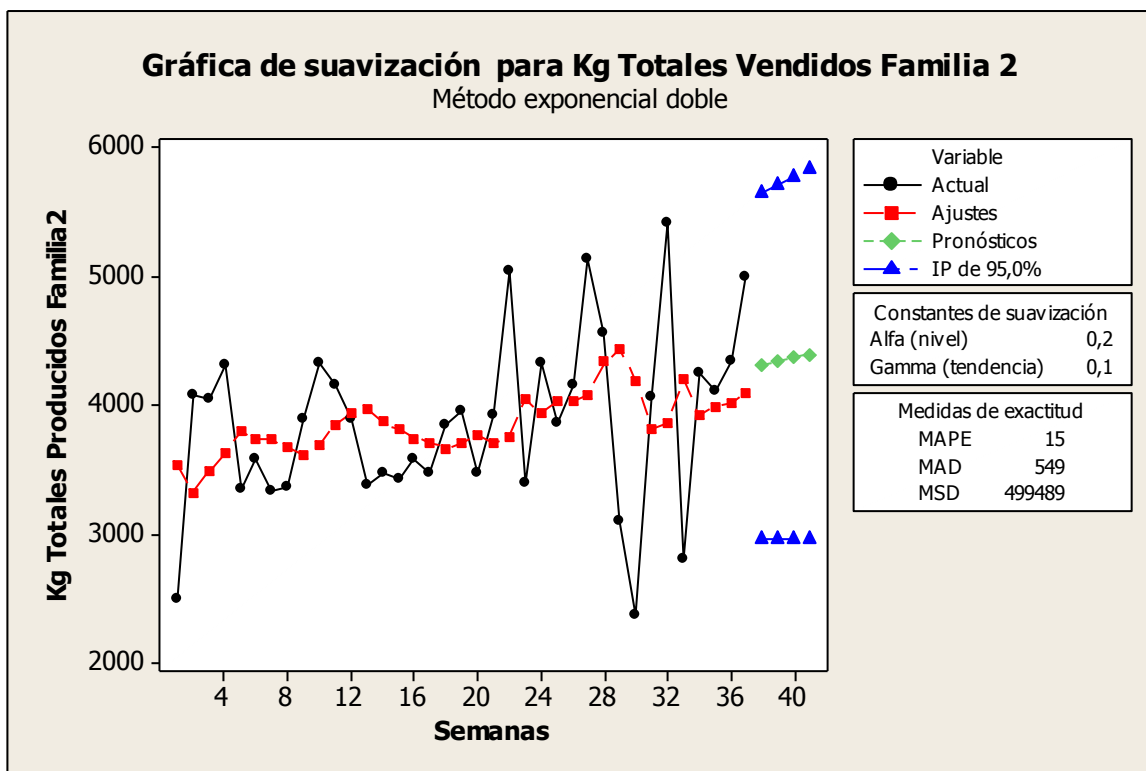
<b>Constante Suavizamiento</b>		<b>Error</b>			<b>Señal de Seguimiento</b>
A	B	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,617	0,035	591	604042	16	2,30
0,2	0,2	563	523598	16	1,18
0,2	0,1	549	499489	15	1,06
0,3	0,1	574	540413	16	1,38
0,4	0,2	614	615021	17	1,74

*Tabla 20: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 2*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 18 a continuación:





*Figura 18: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia*

2

**Elaboración:** Propia

Con el Método de Suavizamiento Exponencial Doble se obtiene un MAPE de 15%, el cual califica al pronóstico como Bueno. Así la siguiente Tabla 21 muestra los pronósticos para 4 semanas:

Período	Pronóstico (Kg)
Semana 1 oct	4304,78
Semana 2 oct	4335,43
Semana 3 oct	4366,08
Semana 4 oct	4396,72

*Tabla 21: Pronósticos mes de octubre Familia 2*

**Elaboración:** Propia.

#### 4.2.1.4.3 Familia 3

Se tiene que el método de pronóstico seleccionado es el Suavizamiento Exponencial Doble según el patrón de datos de la Familia 3.

Para el Suavizamiento Exponencial Doble se realizaron combinaciones de las constantes de suavizamiento. Con esto, la Tabla 22 muestra las combinaciones de las constantes, errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Constante Suavizamiento		Error			Señal de Seguimiento
A	B	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,346	0,098	1136	2662774	31	-1,5
0,1	0,1	962,21	2015898	26	1,10
0,2	0,1	1021	2233248	27	1,23
0,3	0,1	1080	2463441	29	0,95
0,4	0,2	1159	2851500	32	0,58

*Tabla 22: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 3*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 19: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 3 a continuación:

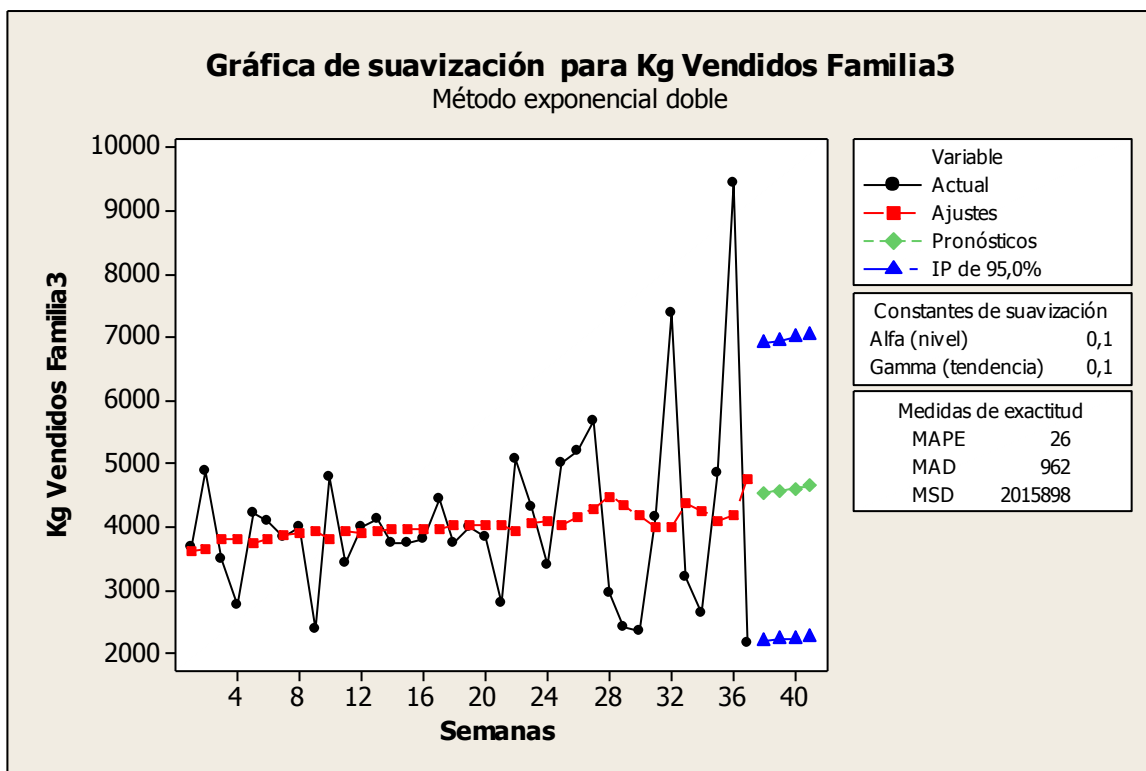


Figura 19: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 3

**Elaboración:** Propia

Con esto, se logra concluir que el Método de Suavizamiento Exponencial Doble es el que da mejores resultados. También, es importante considerar el criterio de Ghiani (2004) para este pronóstico. Se obtiene un MAPE de 26%, el cual califica al pronóstico como Moderado. Así la siguiente Tabla 23 muestra los pronósticos para 4 semanas:

Período	Pronóstico (Kg)
Semana 1 oct	4546,84
Semana 2 oct	4581,53
Semana 3 oct	4616,21
Semana 4 oct	4650,90

Tabla 23: Pronósticos mes de octubre Familia 3

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.4.4 Familia 4

Se tiene que el método de pronóstico seleccionado es el Promedio Móvil y el Suavizamiento Exponencial Simple, según el patrón de datos de la Familia 4.

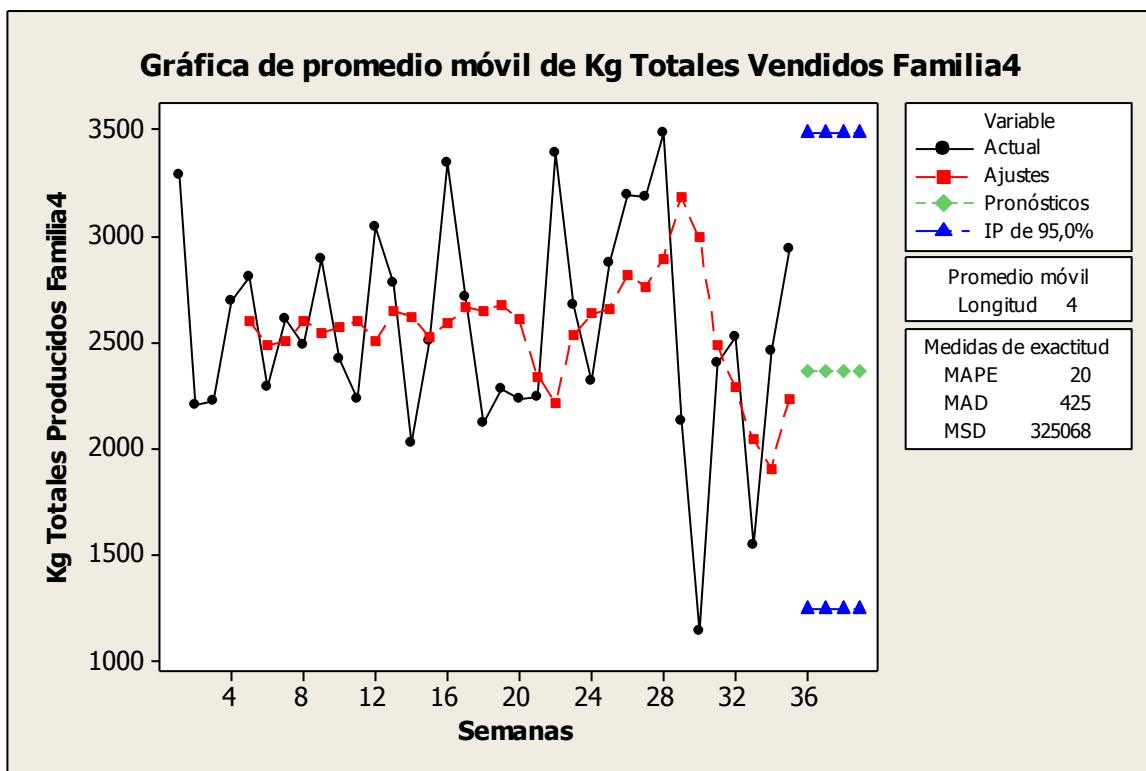
Primero, para el Promedio Móvil se realizaron combinaciones de la longitud del promedio. Con esto, la Tabla 24 muestra las combinaciones de las longitudes, los errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Longitud del promedio	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
N				
2	524	434453	23	0,78
3	443	345318	20	0,68
4	425	325068	20	-0,24
5	451	345709	21	-1,15

*Tabla 24: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 4*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 20:



*Figura 20: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 4*

**Elaboración:** Propia

Segundo, para el Suavizamiento Exponencial Simple se realizaron combinaciones de la constante de suavizamiento del método. Con esto, la Tabla 25 muestra las combinaciones de la constante de suavizamiento, los errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Constante de suavizamiento	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,015	394	256246	17	3,63
0,2	416	288177	19	-1,73
0,1	405	271040	18	-2,21
0,15	411	279878	19	-2,01

*Tabla 25: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 4*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 21

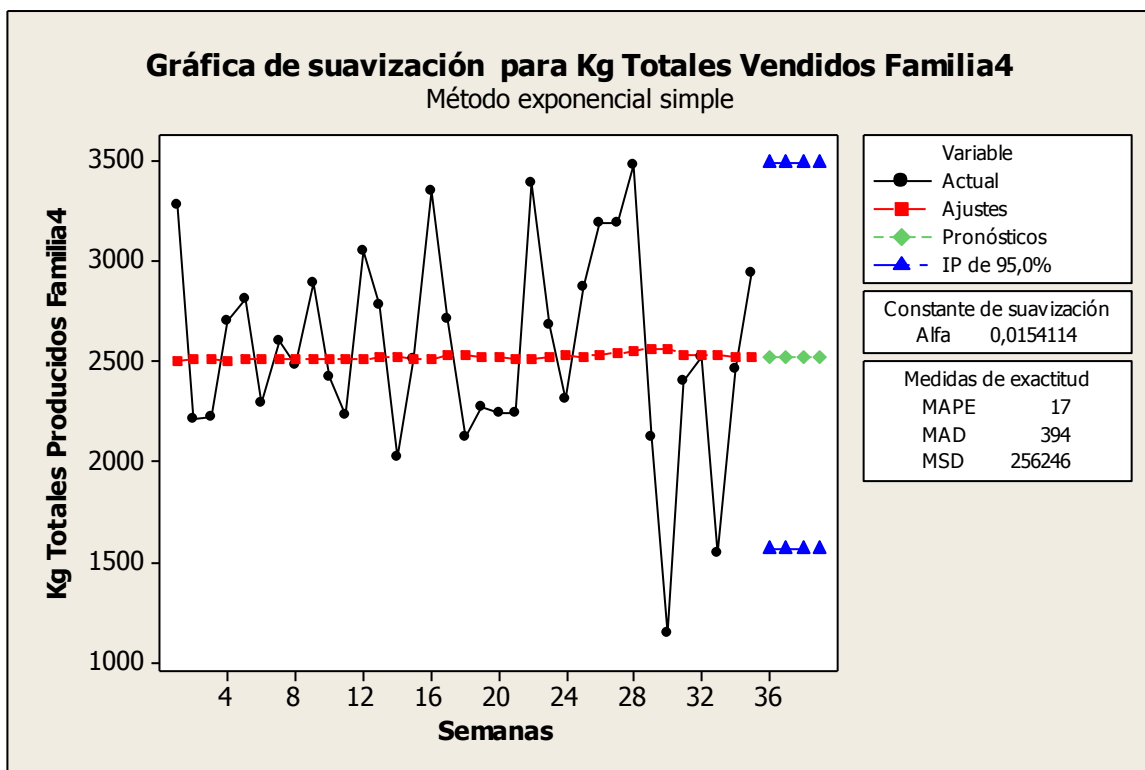


Figura 21: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 4

**Elaboración:** Propia

Con esto, se logra concluir que el Método de Suavizamiento Exponencial Simple es el que da mejores resultados. También, es importante considerar el criterio de Ghiani para este pronóstico. Se obtiene un MAPE de 17%, el cual califica al pronóstico como Bueno. Así la siguiente Tabla 26 muestra los pronósticos para 4 semanas

Período	Pronóstico
Semana 1 oct	2523,17
Semana 2 oct	2523,17
Semana 3 oct	2523,17
Semana 4 oct	2523,17

Tabla 26: Pronósticos mes de octubre Familia 4

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.4.5 Familia 5

Se tiene que el método de pronóstico seleccionado es el Suavizamiento Exponencial Doble, según el patrón de datos de la Familia 5.

Primero, para el Suavizamiento Exponencial Doble se realizaron combinaciones de las constantes de suavizamiento. Con esto, la Tabla 27 muestra las combinaciones de las constantes, errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Constante Suavizamiento		Error			Señal de Seguimiento
	B	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,496	0,088	386	224030	16	0,39
0,2	0,2	331	194902	14	1,57
0,2	0,1	320	186024	13	1,61
0,3	0,1	343	200136	14	1,35
0,4	0,2	381	228005	16	1,08

Tabla 27: Combinaciones para constantes de suavizamiento Familia 5

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 22:

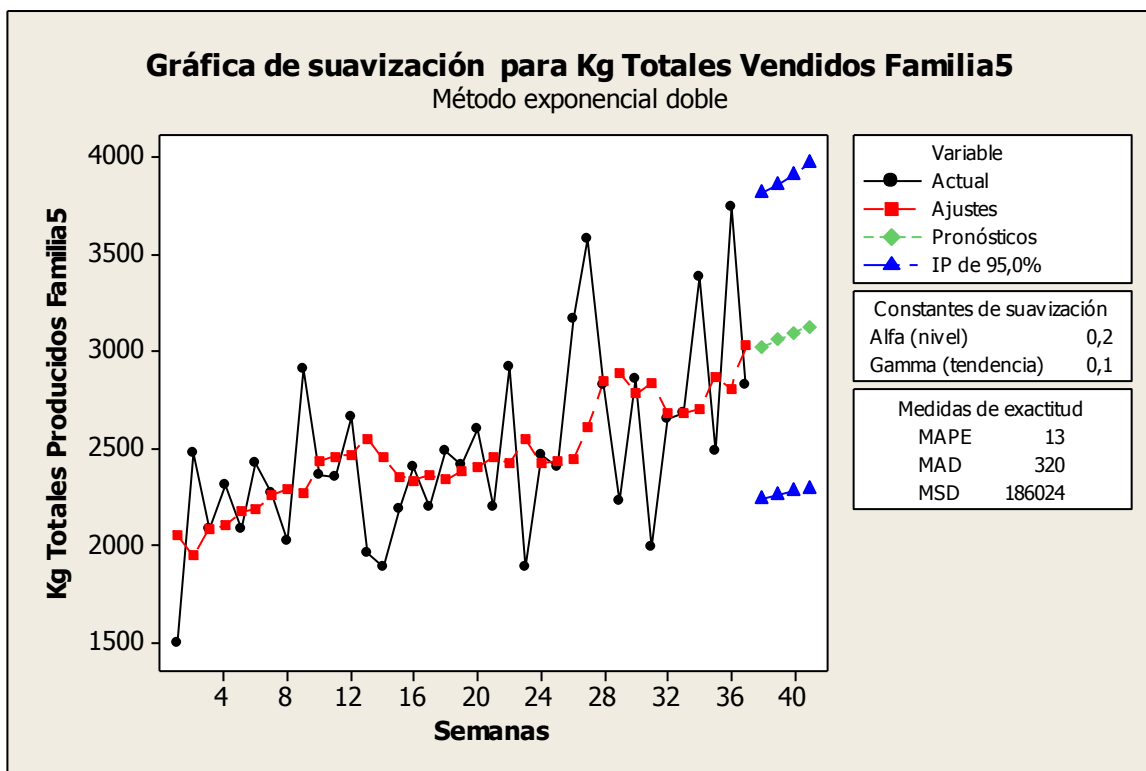


Figura 22: Método de Suavizamiento Exponencial Doble para Kg Totales Vendidos Familia 5

#### Elaboración: Propia

Se logra concluir que el Método de Suavizamiento Exponencial Doble es el que da mejores resultados. También, es importante considerar el criterio de Ghiani para este pronóstico. Se obtiene un MAPE de 13%, el cual califica al pronóstico como Bueno. Así la siguiente Tabla 28 muestra los pronósticos para 4 semanas

Período	Pronóstico
Semana 1 oct	3023,11
Semana 2 oct	3057,52
Semana 3 oct	3091,93
Semana 4 oct	3126,33

Tabla 28: Pronósticos mes de octubre Familia 5

#### Elaboración: Propia



#### 4.2.1.4.6 Familia 6

Se tiene que el método de pronóstico seleccionado es el Promedio Móvil y el Suavizamiento Exponencial Simple, según el patrón de datos de la Familia 6.

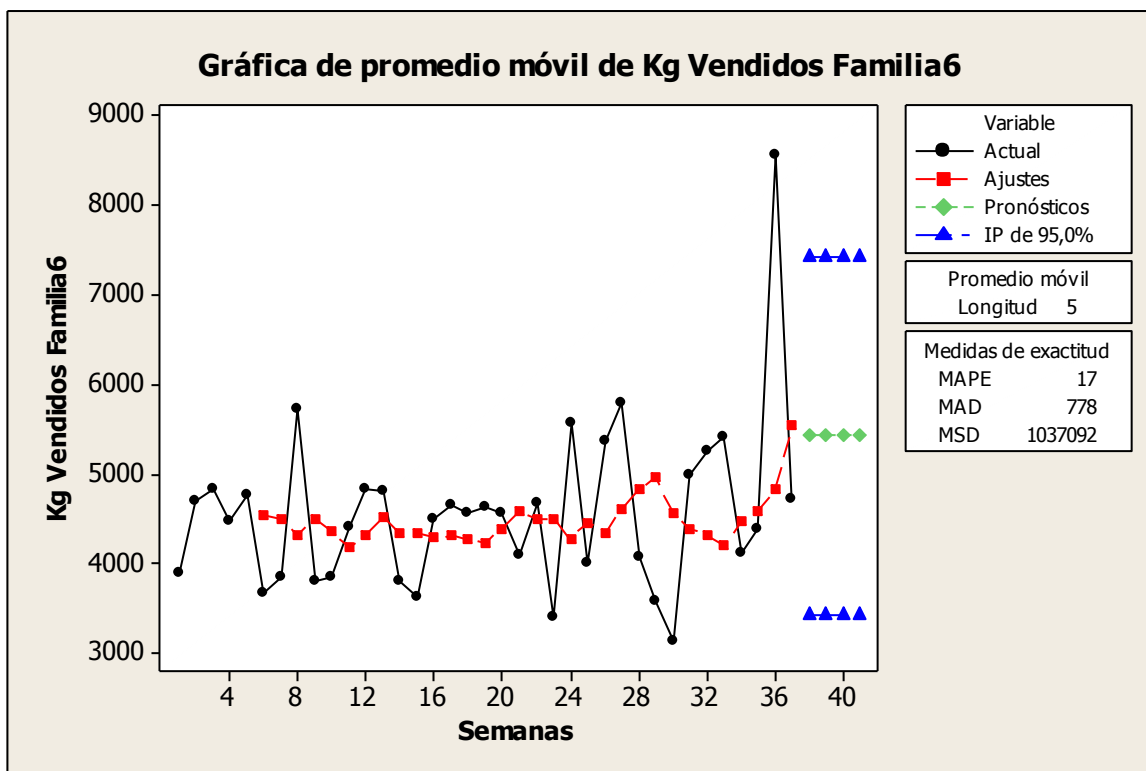
Primero, para el Promedio Móvil se realizaron combinaciones de la longitud del promedio. Con esto, la Tabla 29 muestra las combinaciones de las longitudes, los errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Longitud del promedio	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
N				
2	873	1367419	19	2,69
3	845	1204668	18	3,09
4	829	1127568	18	3,52
5	778	1037092	17	3,85

*Tabla 29: Combinaciones para longitudes de promedio Familia 6*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Tabla 29.



*Figura 23: Método de Promedio Móvil Simple para Kg Totales Vendidos Familia 6*

**Elaboración:** Propia

Segundo, para el Suavizamiento Exponencial Simple se realizaron combinaciones de la constante de suavizamiento del método. Con esto, la Tabla 30 muestra las combinaciones de la constante de suavizamiento, los errores porcentuales y la señal de seguimiento.

Constante de suavizamiento	Error			Señal de Seguimiento
	MAD	MSD	MAPE	$T_t$
0,087	660	895819	14	4,85
0,2	713	939813	15	5,82
0,1	617	896605	14	8,23
0,15	693	915456	15	6,59

*Tabla 30: Combinaciones para constante de suavizamiento Familia 6*

**Elaboración:** Propia

Se comparó las combinaciones a través de errores porcentuales y la señal de seguimiento. A partir de este procedimiento, se obtiene que el pronóstico con menor error y señal de seguimiento es el que se muestra en la Figura 24

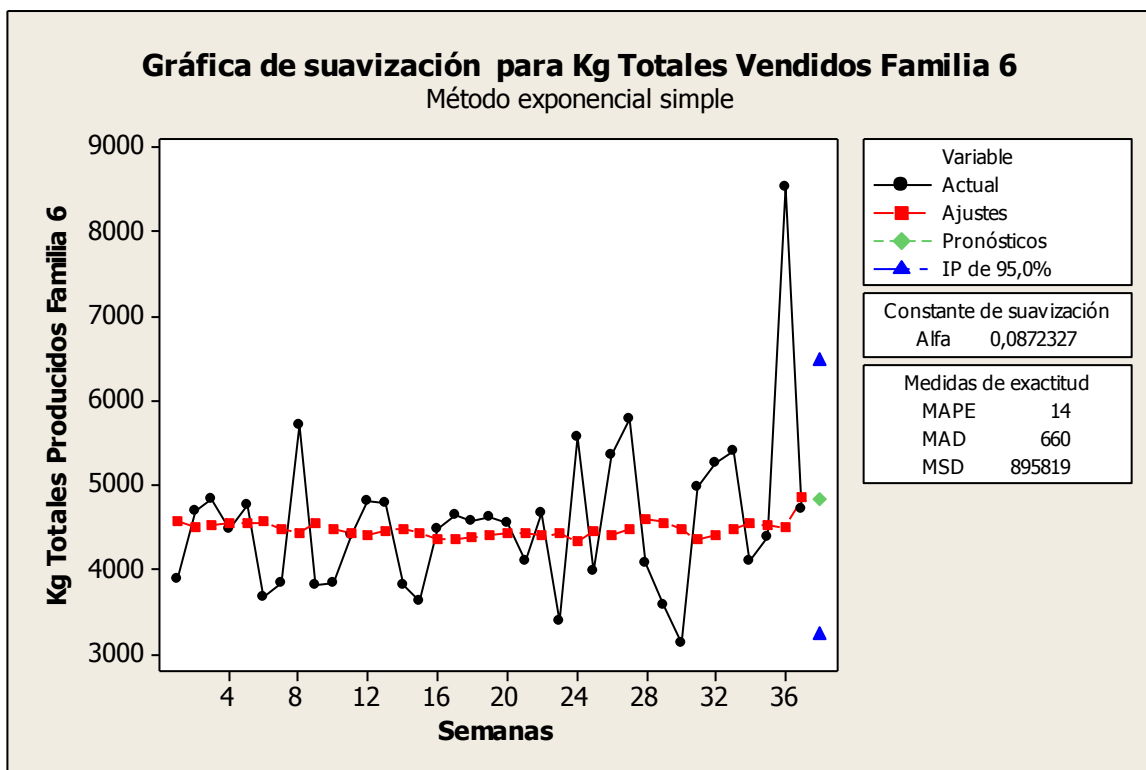


Figura 24: Método de Suavizamiento Exponencial Simple para Kg Totales Vendidos Familia 6

**Elaboración:** Propia

Con esto, se logra concluir que el Método de Suavizamiento Exponencial Simple es el que da mejores resultados. También, es importante considerar el criterio de Giani para este pronóstico. Se obtiene un MAPE de 14%, el cual califica al pronóstico como Bueno. Así la siguiente Tabla 31 muestra los pronósticos para 4 semanas

<b>Período</b>	<b>Pronóstico</b>
Semana 1 oct	4847,62
Semana 2 oct	4847,62
Semana 3 oct	4847,62
Semana 4 oct	4847,62

*Tabla 31: Pronósticos mes de octubre Familia 6***Elaboración: Propia**

#### **4.2.1.5 Análisis demanda por fruta**

Para esta sección es necesario descomponer el pronóstico que se tiene por familias de producto en frutas. Se trabajó con los totales vendidos por semana y se sacó la proporción de cada fruta según la familia a la que pertenece. Luego, se promedió las proporciones por fruta por semana y se obtuvo el factor de ponderación para la estimación del pronóstico por fruta.

##### *4.2.1.5.1 Familiar*

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la

Tabla 32.

<b>Fruta</b>	<b>Proporción</b>
Papaya	0,32
Piña	0,58
Sandía	0,1

*Tabla 32: Proporciones por fruta Familia 1*

**Elaboración: Propia**

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 33 muestra los pronósticos por fruta finales.

	<b>Semana 1 oct</b>	<b>Semana 2 oct</b>	<b>Semana 3 oct</b>	<b>Semana 4 oct</b>
<b>Papaya (Kg)</b>	677,55	677,55	677,55	677,55
<b>Piña (Kg)</b>	1228,37	1228,37	1228,37	1228,37
<b>Sandía(Kg)</b>	211,7	211,7	211,7	211,7

*Tabla 33: Pronósticos por fruta Familia 1*

**Elaboración: Propia**

#### 4.2.1.5.2 Familia 2

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la Tabla 34.

Fruta	Proporción
Limón	0,29
Mango	0,23
Maracuyá	0,35
Taxo	0,13

Tabla 34: Proporciones por fruta Familia 2

**Elaboración:** Propia

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 35 muestra los pronósticos por fruta finales.

	Semana 1 oct	Semana 2 oct	Semana 3 oct	Semana 4 oct
<b>Limón (Kg)</b>	1248,4	1257,3	1266,2	1275,0
<b>Mango (Kg)</b>	990,1	997,1	1004,2	1011,2
<b>Maracuyá (Kg)</b>	1506,7	1517,4	1528,1	1538,9
<b>Taxo (Kg)</b>	559,6	563,6	567,6	571,6

Tabla 35: Pronósticos por fruta Familia 2

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.5.3 Familia 3

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la

Tabla 36:

Fruta	Proporción
Frutilla	0,35
Guayaba	0,28
Mora	0,37

Tabla 36: Proporciones por fruta Familia 3

**Elaboración:** Propia

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 37 muestra los pronósticos por fruta finales.

	Semana 1 oct	Semana 2 oct	Semana 3 oct	Semana 4 oct
<b>Frutilla(Kg)</b>	1591,4	1603,5	1615,7	1627,8
<b>Guayaba(Kg)</b>	1273,1	1282,8	1292,5	1302,3
<b>Mora(Kg)</b>	1682,3	1695,2	1708,0	1720,8

*Tabla 37: Pronósticos por fruta Familia 3*

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.5.4 Familia 4

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la

Tabla 38

Fruta	Proporción
Naranja	0,99
Toronja	0,01

*Tabla 38: Proporciones por fruta Familia 4*

**Elaboración:** Propia

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 39 muestra los pronósticos por fruta finales.

	Semana 1 oct	Semana 2 oct	Semana 3 oct	Semana 4 oct
<b>Naranja(Kg)</b>	2497,93	2497,93	2497,93	2497,93
<b>Toronja(Kg)</b>	25,23	25,23	25,23	25,23

*Tabla 39: Pronósticos por fruta Familia 4*

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.5.5 Familia 5

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la

Tabla 40:

<b>Fruta</b>	<b>Proporción</b>
Durazno	0,15
Guanábana	0,24
Manzana	0,54
Pera	0,07

*Tabla 40: Proporciones por fruta Familia 5*

**Elaboración:** Propia

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 41 muestra los pronósticos por fruta finales.

	<b>Semana 1 oct</b>	<b>Semana 2 oct</b>	<b>Semana 3 oct</b>	<b>Semana 4 oct</b>
<b>Durazno(Kg)</b>	453,4665	458,628	463,7895	468,9495
<b>Guanábana(Kg)</b>	725,5464	733,8048	742,0632	750,3192
<b>Manzana(Kg)</b>	1632,479	1651,061	1669,642	1688,218
<b>Pera(Kg)</b>	211,6177	214,0264	216,4351	218,8431

*Tabla 41: Pronósticos por fruta Familia 5*

**Elaboración:** Propia

#### 4.2.1.5.6 Familia 6

Se tiene las proporciones por fruta promediadas que son las que se muestran en la

Tabla 42

<b>Fruta</b>	<b>Proporción</b>
Coco	0,01
Naranja	0,33
Tamarindo	0,17
Tomate	0,49

*Tabla 42: Proporciones por fruta Familia 6*

**Elaboración:** Propia

Después, se procede a multiplicar las ponderaciones que se tiene por el pronóstico por familia que se obtuvo. La Tabla 43 muestra los pronósticos por fruta finales.

	<b>Semana 1 oct</b>	<b>Semana 2 oct</b>	<b>Semana 3 oct</b>	<b>Semana 4 oct</b>
<b>Coco</b>	48,47	48,47	48,47	48,47
<b>Naranja</b>	1599,71	1599,71	1599,71	1599,71
<b>Tamarindo</b>	824,09	824,09	824,09	824,09
<b>Tomate</b>	2375,33	2375,33	2375,33	2375,33

*Tabla 43: Pronósticos por fruta Familia 6*

**Elaboración:** Propia

#### **4.2.2 Tasas de Producción**

Para el cálculo de las tasa de producción se va a utilizar los tiempos estándares actuales. Por lo tanto, a continuación se presenta el estudio de tiempos.

##### **4.2.2.1 Estandarización de tiempos**

Para la estandarización de tiempos, se seleccionó el método de registro de lecturas: método continuo de lecturas. Para el levantamiento de la información, se colocaron 3 videocámaras en los puntos estratégicos previamente seleccionados con ayuda del jefe de planta.

Posteriormente, se procedió al análisis de los videos. Inicialmente, se establecieron 13 procesos, sin embargo, no se va a tomar en cuenta el proceso de recepción 2 puesto que es un proceso paralelo, que no ocupa recursos significativos de la empresa como tiempo o recurso humano. De los 12 procesos restantes para el estudio se establecieron las actividades a evaluar. Es importante mencionar que algunos procesos requieren más de un operario como es el caso de corte y pelado, por lo que para conocer la cantidad de datos a tomar, se tomó inicialmente 25 lecturas iniciales por operario. Luego, se realizaron gráficas de probabilidad de las lecturas para comprobar que los datos observados sigan una distribución normal. Después, se estableció el tamaño de muestra para cada proceso de interés mediante el uso de la fórmula



descrita en la sección Ciclos de Estudio (referencia formula de n), en el marco teórico, donde se estableció un  $k=0,05$  y un  $t$  de 2,094 debido a que se tiene 25 lecturas.

Seguidamente, se establece la calificación del operario en base a las características de Westinghouse, descrito en la sección Calificación del desempeño del operario del marco teórico; donde se considera que la característica de condiciones es constante para todos los procesos con una calificación de B que representa un valor de 0,04.

Una vez establecido el operario bajo estudio, se procedió a la toma de datos que se deben recolectar del tamaño de muestra calculado. Luego, se procedió a la asignación de suplementos básicos y variables que ofrece el ILO. Cabe recalcar, que dentro estos suplementos se tienen algunos que son constantes a lo largo de todos los procesos como son: 9% de básicos y 12% de variables. El 12% de suplementos variables corresponden a todos los puntos de la Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, exceptuando al punto 3 que es diferente en cada proceso y será descrito más adelante. Así se tiene que:

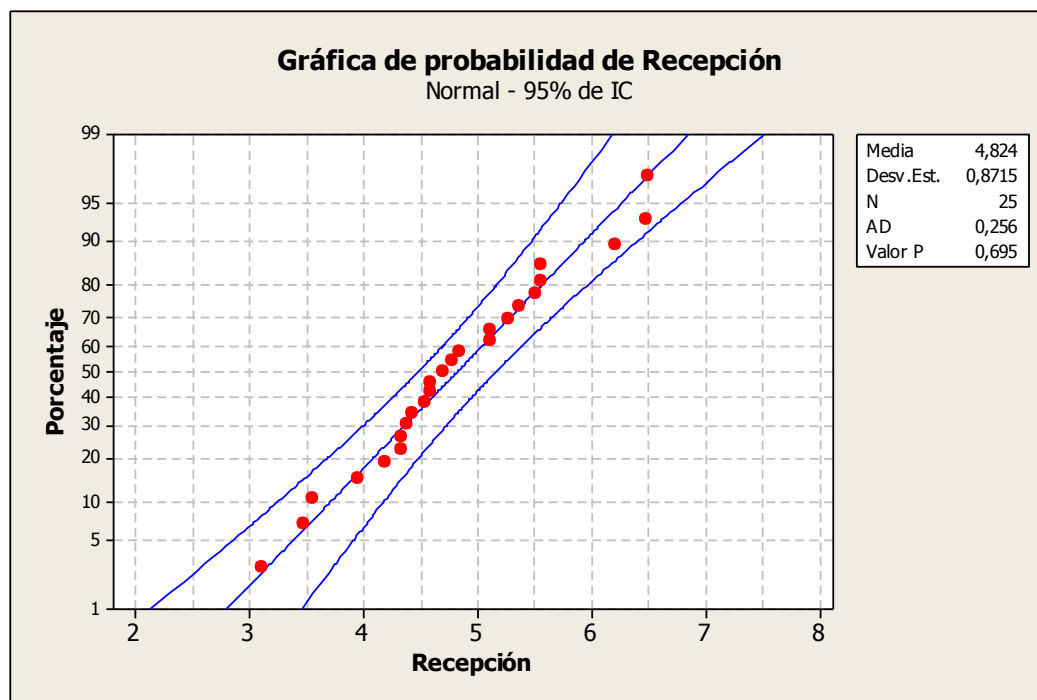
- Punto 1: tiene un valor de 2 ya que todos los procesos son de pie.
- Punto 2: tiene un valor de 2 ya que todos los procesos tienen una posición incómoda en todo momento debido a que se agachar constantemente a recoger el producto o la materia prima.
- Punto 4: tiene un valor de 0 debido a que la iluminación se encuentra un poco debajo por la establecida.
- Punto 5: tiene un valor 0 debido a que no se cuenta con condiciones de calor o humedad dentro de la planta.

- Punto 6: tiene un valor de 2 ya que el operador tiene que tener una atención fina y precisa a lo largo de todos los procesos debido a todas las buenas prácticas de alimentos que se establecen en la planta.
- Punto: 7 tiene un valor de 2 ya que se tiene un nivel de ruido intermitente-fuerte debido a que ocasionalmente se caen las herramientas y los equipos de metal y ruidos de alarmas.
- Punto 8: tiene un valor de 1 ya que los procesos que se tienen no representan un considerable estrés mental para el operario.
- Punto 9: tiene un valor de 1 ya que las actividades que tienen que ser los operarios se las puede calificar como monotonía media ya que se repiten cada semana.
- Punto 10: tiene un valor de 2 ya que el trabajo es tedioso en el paso de las semanas.

Finalmente, se calculó el tiempo estándar para cada uno de los procesos en base a las variables mencionadas. A continuación se presentan los tiempos estándar para cada proceso:

#### *4.2.2.1.1 Recepción*

Primero, se tiene que el proceso tiene 1 actividad de medición: tiempo de procesamiento de recepción. Cabe recalcar, que este proceso no tiene un tiempo de setup significativo ya que solo se toma la fruta del camión y se empieza a pesar. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es 1 bin. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, la siguiente figura muestra las lecturas iniciales de los tiempos de recepción.



*Figura 25: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Recepción*

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a esta figura se puede ver que el valor P que se obtiene es mayor a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de procesamiento es de 57 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un

valor de 22 debido a que el operario levanta >31Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 41%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos:

	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	211,04
<b>Calificación</b>	-
<b>TN total</b>	255,36
<b>N de observación</b>	57
<b>TN promedio</b>	5,42
<b>% de suplementos</b>	41
<b>T est. Elemento</b>	7,64
<b># ocurrencias</b>	1
<b>Tiempo estándar</b>	7,64

*Tabla 44: Resumen Estudio de tiempos Recepción*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de recepción es de 7,64 minutos, con 3 personas y 500 kg.

#### *4.2.2.1.2 Lavado*

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de lavado. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo y los materiales a utilizarse. Los tiempos de lavado van desde la finalización de la preparación del bin hasta la salida de la fruta lavado en gavetas. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 1 bin, el cual tiene una capacidad de 400 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de lavado y de los tiempos de lavado.

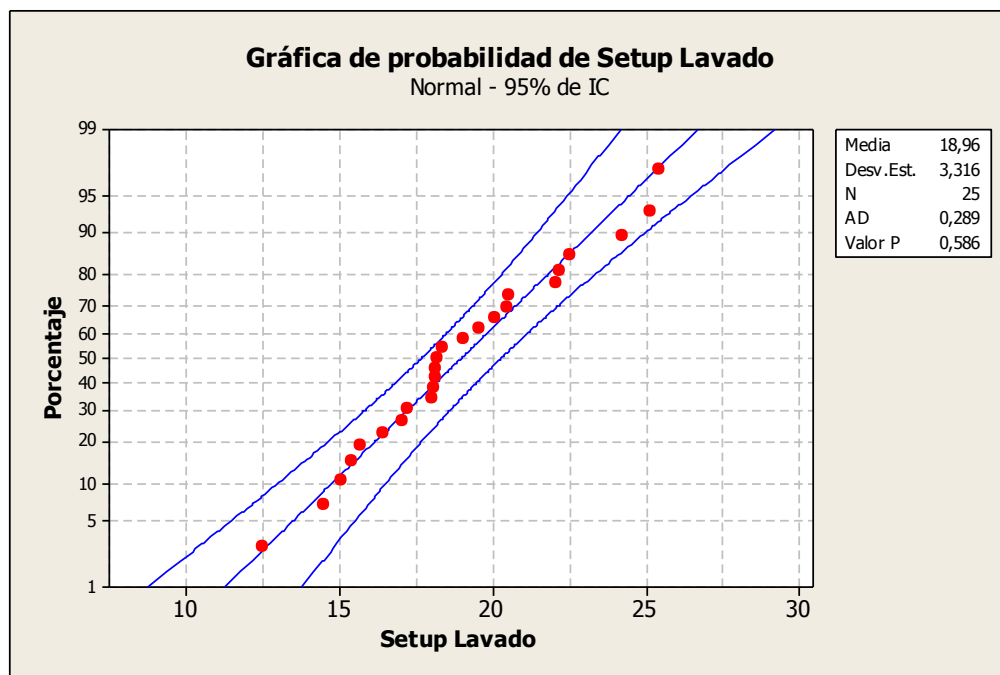


Figura 26: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Lavado

**Fuente y Elaboración:** Propia

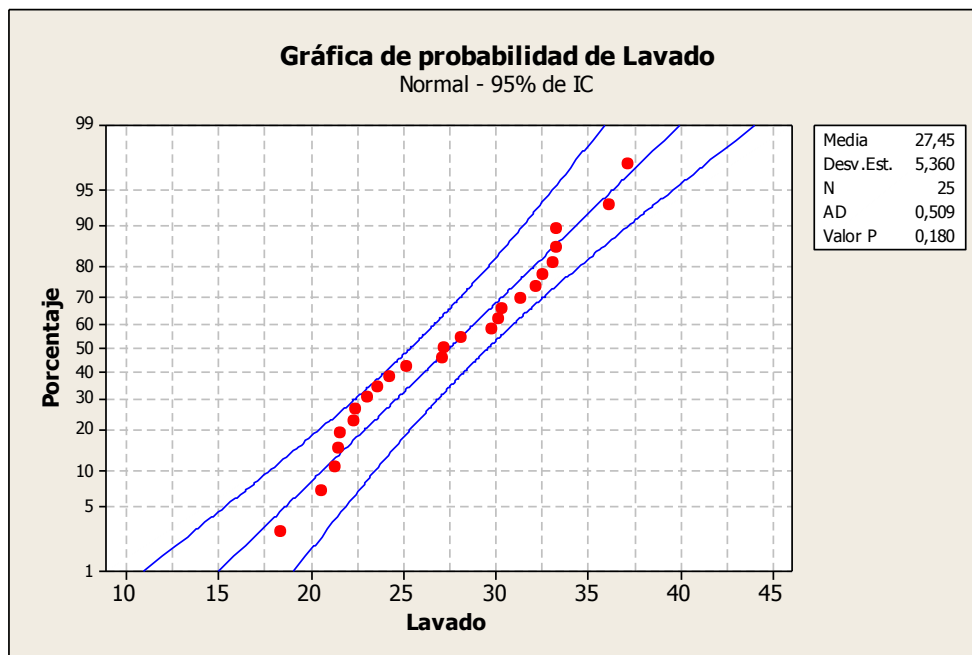


Figura 27: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Lavado

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 54 y para el tiempo de procesamiento es 67 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 13 debido a que el operario levanta 25Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 34%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	1023,84	1838,96
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	1238,84	2225,15
<b>N de observación</b>	54	67
<b>TN promedio</b>	22,94	33,21
<b>% de suplementos</b>	34	34
<b>T est. Elemento</b>	30,73	44,50
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	30,73	44,50

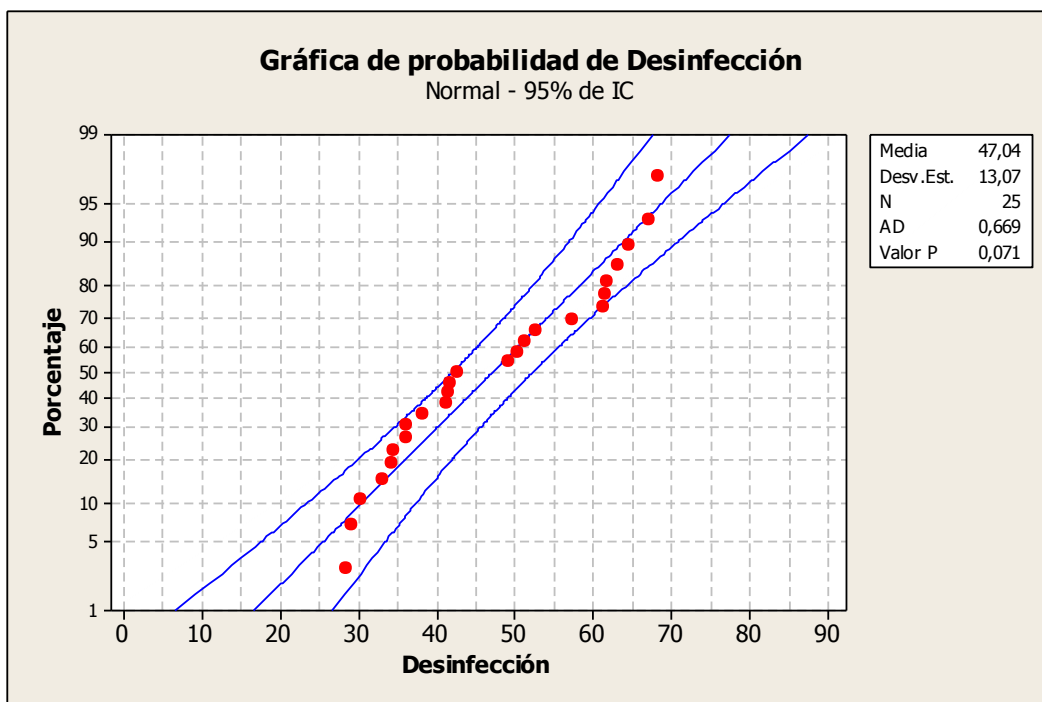
*Tabla 45: Resumen Estudio de tiempos lavado*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de lavado es de 30,73 minutos y que el tiempo estándar de lavado es de 44,50, con 1 persona y 1 bin (400kg).

#### *4.2.2.1.3 Desinfección*

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de desinfección. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo y los materiales a utilizarse, se utiliza el mismo tiempo de setup de lavado ya que el procedimiento es el mismo para ambos casos. Los tiempos de desinfección van desde la finalización de la preparación del bin hasta la salida de la fruta desinfectada en gavetas. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 1 bin, el cual tiene una capacidad de 400 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, la siguiente figura muestra las lecturas iniciales de los tiempos de desinfección.



*Figura 28: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Desinfección*

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 135. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un



valor de 13 debido a que el operario levanta 25Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 34%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	2630,95
<b>Calificación</b>	-
<b>TN total</b>	3183,45
<b>N de observación</b>	57
<b>TN promedio</b>	55,85
<b>% de suplementos</b>	34
<b>T est. Elemento</b>	74,84
<b># ocurrencias</b>	1
<b>Tiempo estándar</b>	74,84

*Tabla 46: Resumen Estudio de tiempos Desinfección*

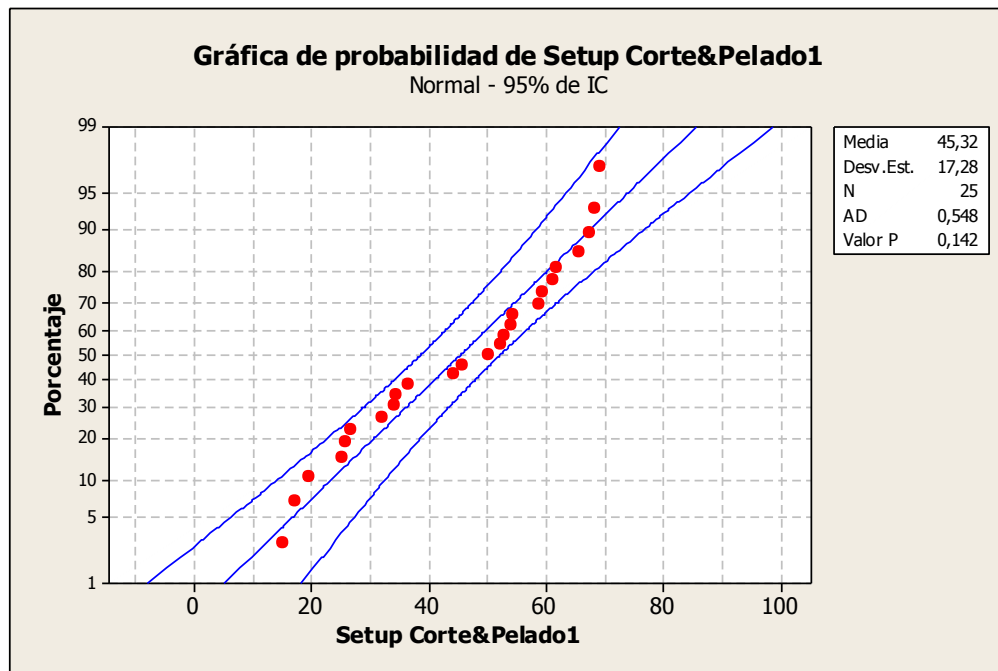
**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de desinfección es de 30,73 minutos y que el tiempo estándar de desinfección es de 74,84, con 1 persona y 1 bin (400kg).

#### *4.2.2.1.4 Corte & Pelado 1*

Primero, se dividió al proceso en 3 subprocesos que son: tiempos de setup, tiempos corte1 y tiempos de pelado1. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo, las herramientas y los materiales a utilizarse. Los tiempos de pelado van desde la finalización de la preparación hasta la salida de la fruta pelada. Los tiempos de corte van desde la salida de la fruta pelada hasta la obtención de la fruta cortada. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 1 fruta, la cual pesa 2kg. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma,

las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de corte&pelado1, de los tiempos de corte1 y de los tiempos de pelado1.



*Figura 29: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Corte&Pelado1*

**Fuente y Elaboración:** Propia

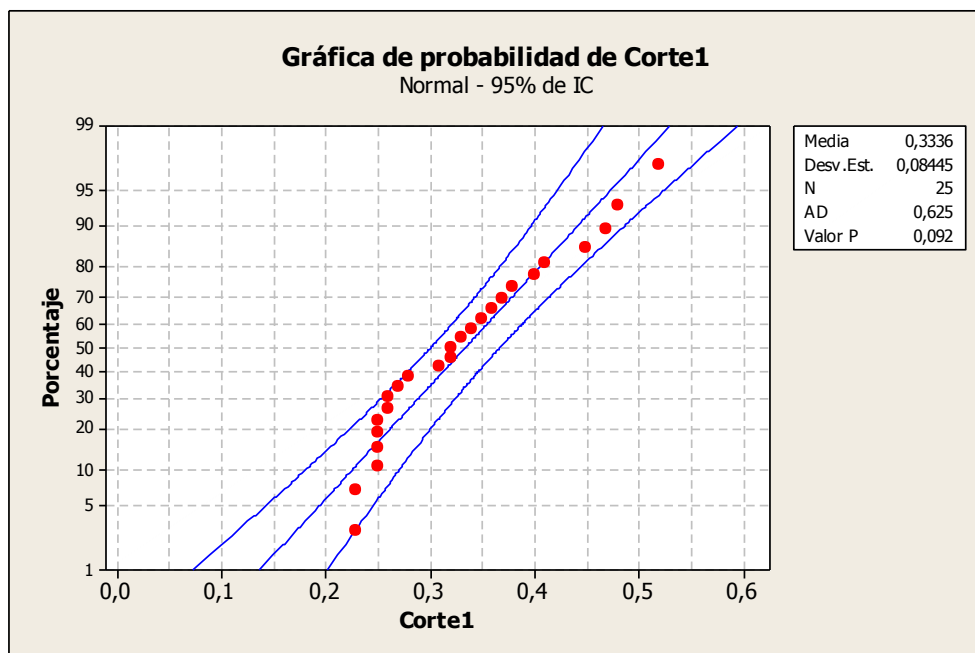


Figura 30: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte1

Fuente y Elaboración: Propia

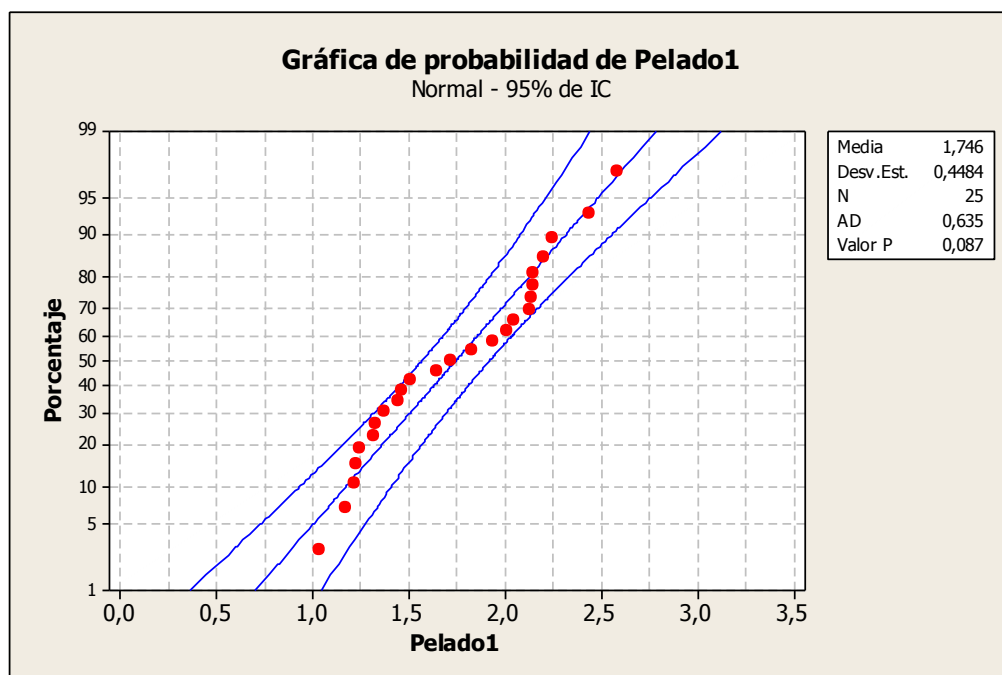


Figura 31: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Pelado1

Fuente y Elaboración: Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 13, para el tiempo de corte es de 17 y para el tiempo de pelado es 15 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 3 debido a que el operario levanta 5Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 24%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Corte1</b>	<b>Pelado1</b>
<b>TO total</b>	574,64	5,82	25,97
<b>Calificación</b>	-	-	-
<b>TN total</b>	620,62	6,29	28,05
<b>N de observación</b>	13	17	15
<b>TN promedio</b>	47,74	0,37	1,87
<b>% de suplementos</b>	24	24	24
<b>T est. Elemento</b>	59,19	0,45	2,32
<b># ocurrencias</b>	1	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	59,19	0,45	2,32

*Tabla 47: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 1*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de Corte&Pelado1 es de 59,19 minutos, el tiempo estándar de corte1 es de 0,45 minutos y que el tiempo estándar de pelado es de 2,32, con 1 persona y 2kg.

#### 4.2.2.1.5 Corte & Pelado 2 (Partir)

Primero, se tiene que el proceso tiene 1 actividad de medición: tiempo de procesamiento de Corte&Pelado2. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es 5 frutas, lo cual corresponde a 2kg. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, la siguiente figura muestra las lecturas iniciales de los tiempos de Corte&Pelado2.

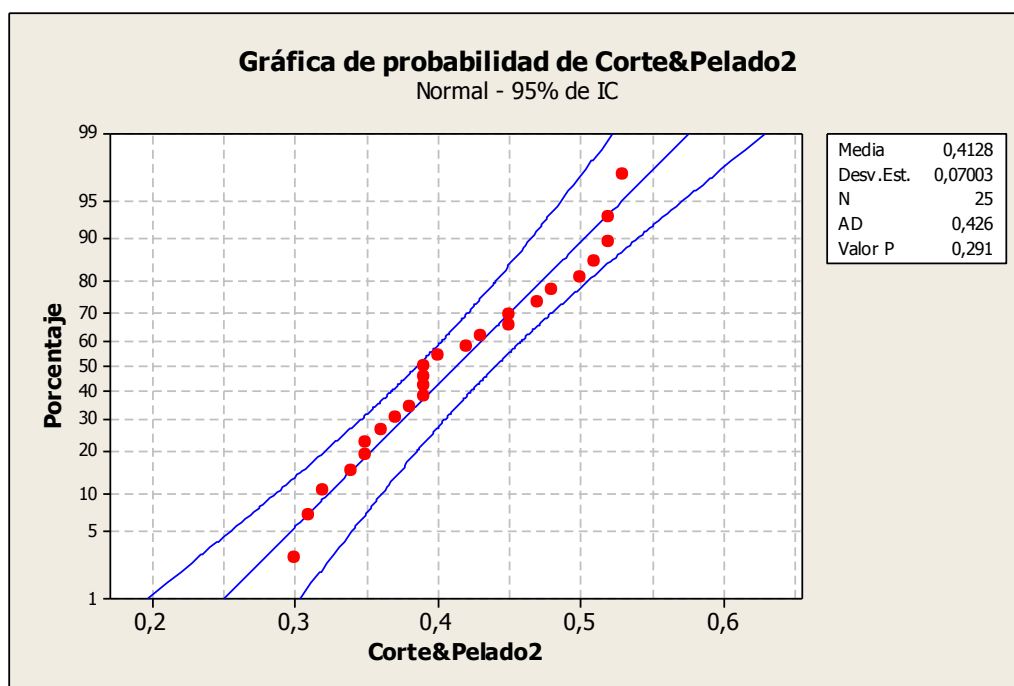


Figura 32: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte&Pelado2

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a esta figura se puede ver que el valor P que se obtiene es mayor a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 50 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 3 debido a que el operario levanta 5Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 24%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	19,81
<b>Calificación</b>	-
<b>TN total</b>	22
<b>N de observación</b>	50
<b>TN promedio</b>	0,44
<b>% de suplementos</b>	24
<b>T est. Elemento</b>	0,54
<b># ocurrencias</b>	1
<b>Tiempo estándar</b>	0,54

*Tabla 48: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 2*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de Corte&Pelado2 es de 0,54 minutos, con 1 persona y 2kg.

#### 4.2.2.1.6 Corte & Pelado 3 (Despitorar)

Primero, se tiene que el proceso tiene 1 actividad de medición: tiempo de procesamiento de Corte&Pelado3. Cabe recalcar, que este proceso no tiene un tiempo de setup significativo ya que solo se toma la fruta luego de recepcionarla y se empieza a quitar los tallos. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es 10 frutas. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, la siguiente figura muestra las lecturas iniciales de los tiempos de Corte&Pelado3.

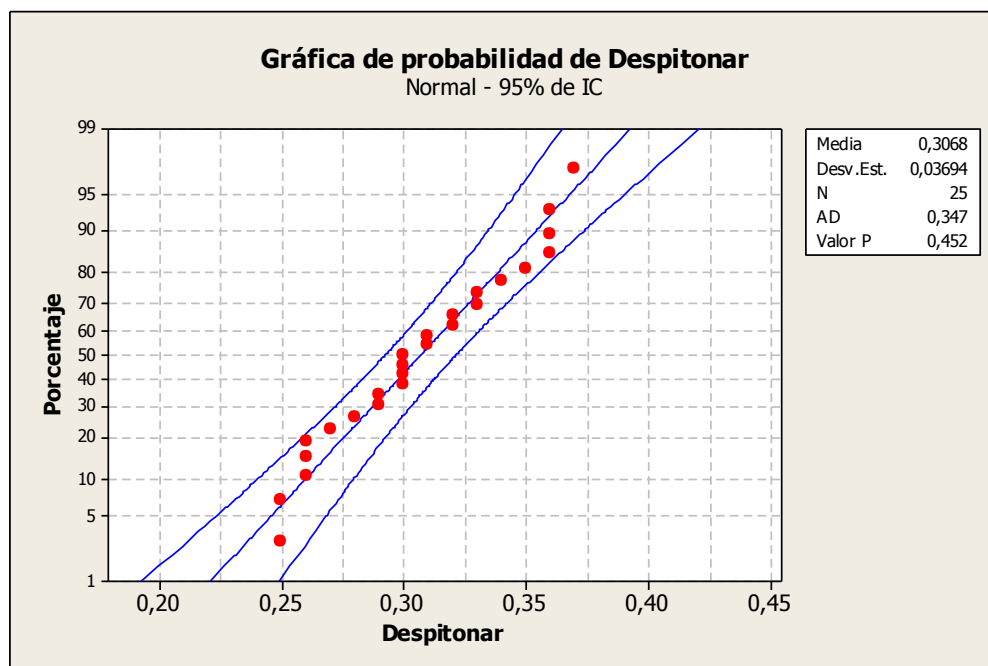


Figura 33: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Corte&Pelado3

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a esta figura se puede ver que el valor P que se obtiene es mayor a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra, se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 25 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 3 debido a que el operario levanta 5Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 24%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	7,54
<b>Calificación</b>	-
<b>TN total</b>	8,75
<b>N de observación</b>	25
<b>TN promedio</b>	0,35
<b>% de suplementos</b>	24
<b>T est. Elemento</b>	0,43
<b># ocurrencias</b>	1
<b>Tiempo estándar</b>	0,43

*Tabla 49: Resumen Estudio de tiempos Corte y Pelado 3*

**Fuente y Elaboración:** Propia



Finalmente, la siguiente tabla muestra el tiempo observado, el tiempo normal, los suplementos y el tiempo estándar.

Se concluye que el tiempo estándar de despitonar es de 0,43 minutos, con 1 persona y 2 kg.

#### *4.2.2.1.7 Cocinado*

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de cocinado. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo, la máquina, las herramientas y los materiales a utilizarse. Los tiempos de cocinado van desde la finalización de la preparación hasta la salida de la fruta cocinada en tanques. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 1 tanque metálico, el cual tiene una capacidad de 205 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de cocinado y de los tiempos de cocinado.

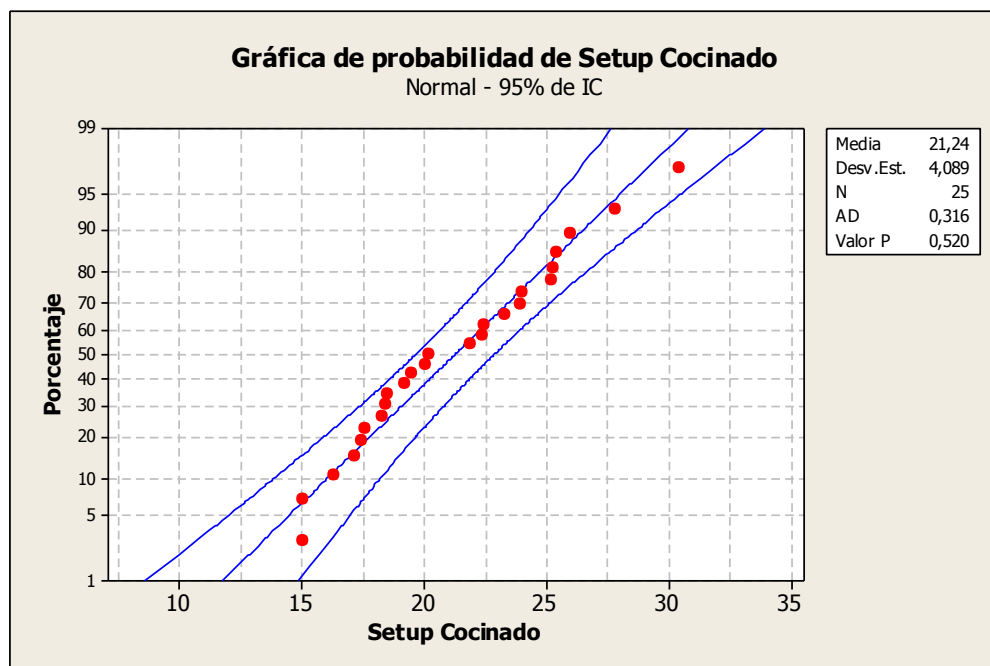


Figura 34: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Cocinado

Fuente y Elaboración: Propia

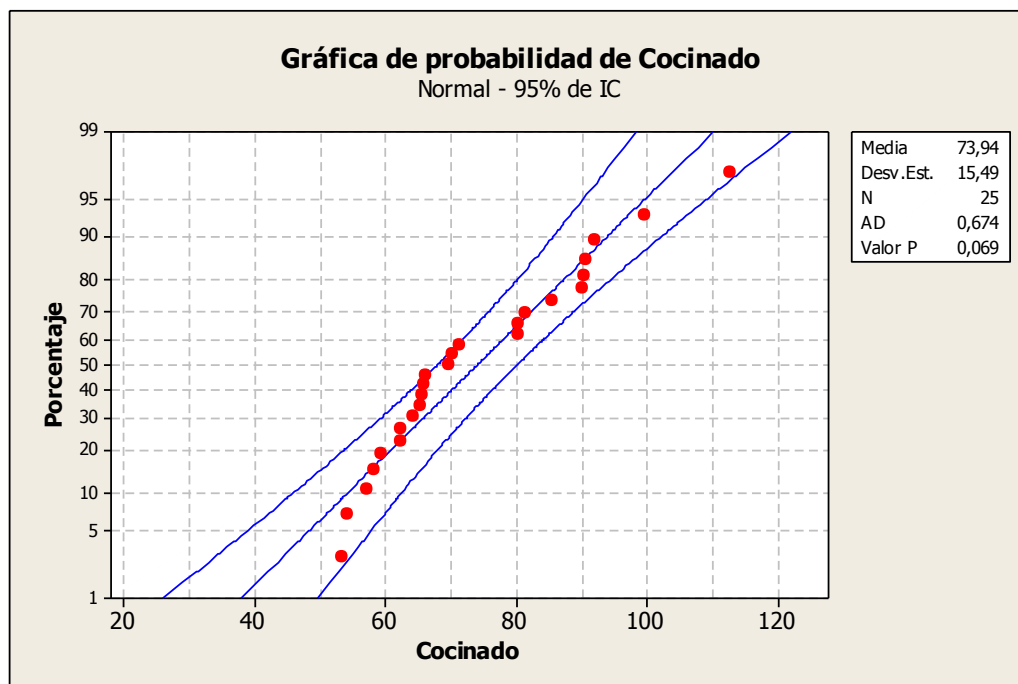


Figura 35: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Cocinado

Fuente y Elaboración: Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 55 y para el tiempo de procesamiento es 62 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 11 debido a que el operario levanta 20Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 32%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	1122,40	4472,61
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	1212,2	4830,42
<b>N de observación</b>	55	62
<b>TN promedio</b>	22,04	77,91
<b>% de suplementos</b>	32	32
<b>T est. Elemento</b>	29,09	102,84
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	29,09	102,84

*Tabla 50: Resumen Estudio de tiempos Cocinado*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de cocinado es de 29,09 minutos y que el tiempo estándar de cocinado es de 102,84 minutos, con 1 persona y 205 kg.

#### 4.2.2.1.8 Despulpado 1

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de despulpado1. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo, la máquina, las herramientas y los materiales a utilizarse. Los tiempos de despulpado1 van desde la finalización de la preparación hasta la salida de la pulpa. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 1 olla, lo cual corresponde a 20 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de despulpado1 y de los tiempos de despulpado1.

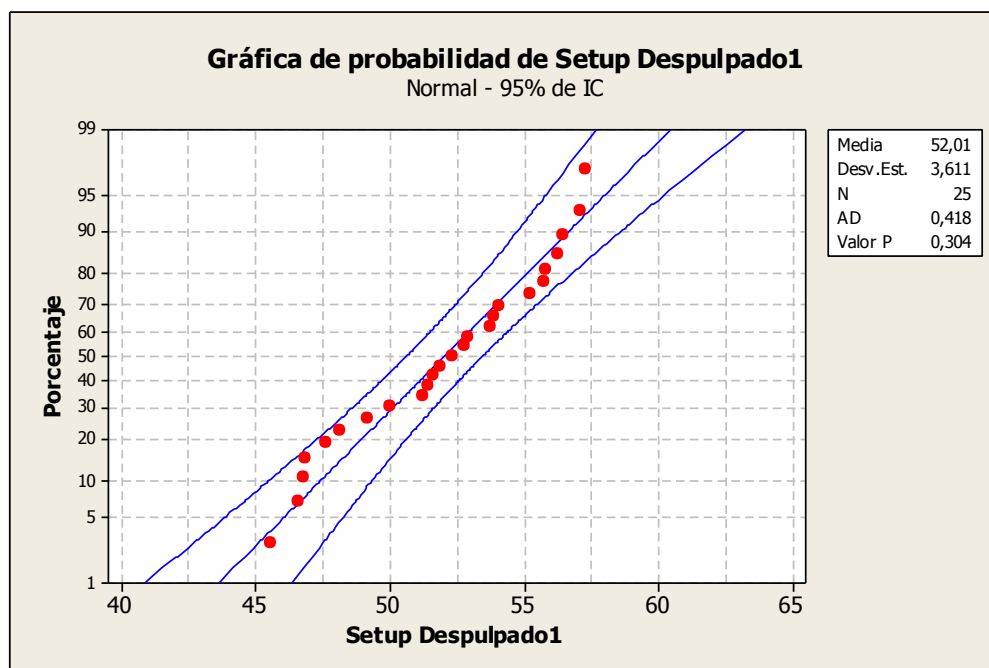
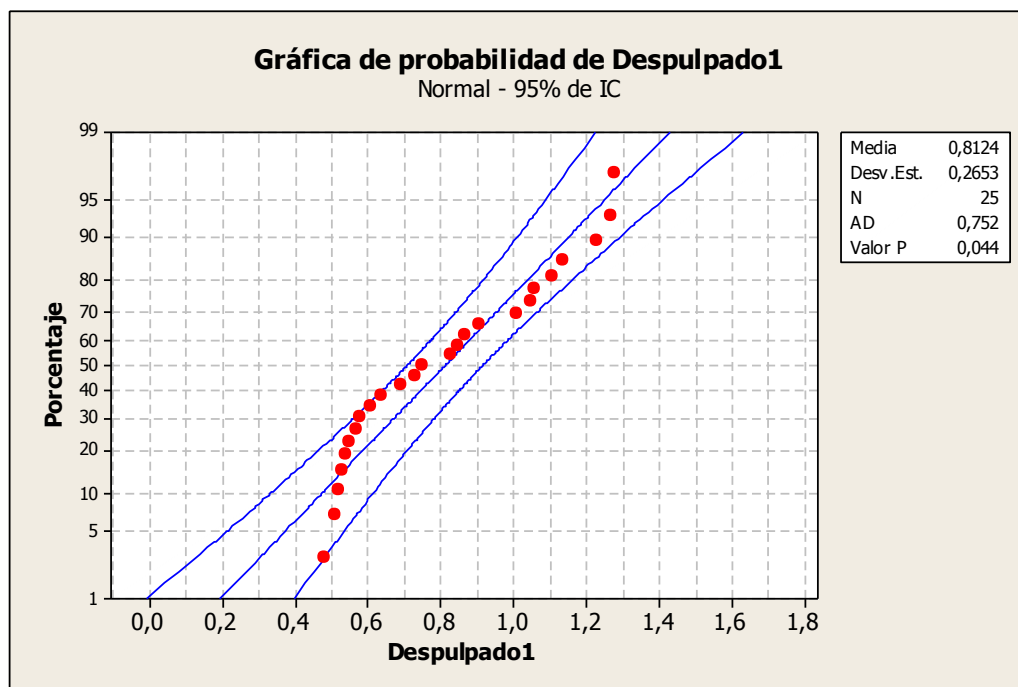


Figura 36: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado1

**Fuente y Elaboración:** Propia



*Figura 37: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado1*

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que el valor P de los tiempos de setup es mayor a 0,05 y que el valor P de los tiempos de procesamiento está muy cercano a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 8 y para el tiempo de procesamiento es 87 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un

valor de 11 debido a que el operario levanta 20K en promedio a lo largo del proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 32%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	412,8	73,08
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	412,8	73,08
<b>N de observación</b>	8	87
<b>TN promedio</b>	51,6	0,84
<b>% de suplementos</b>	32	32
<b>T est. Elemento</b>	68,11	1,10
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	68,11	1,10

*Tabla 51: Resumen Estudio de tiempos Despulpado 1*

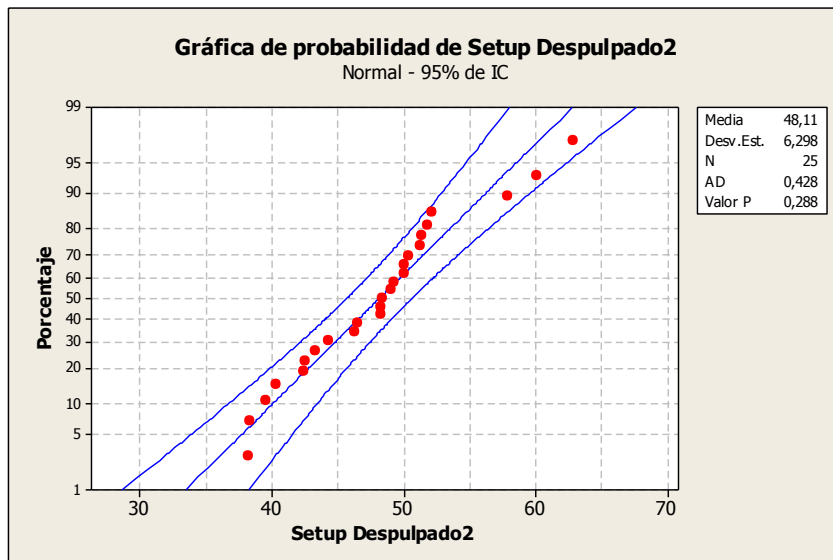
**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de despulpado1 es de 68,11 minutos y que el tiempo estándar de despulpado1 es de 1,10 minutos, con 1 personas y 20kg.

#### *4.2.2.1.9 Despulpado 2 (Torre)*

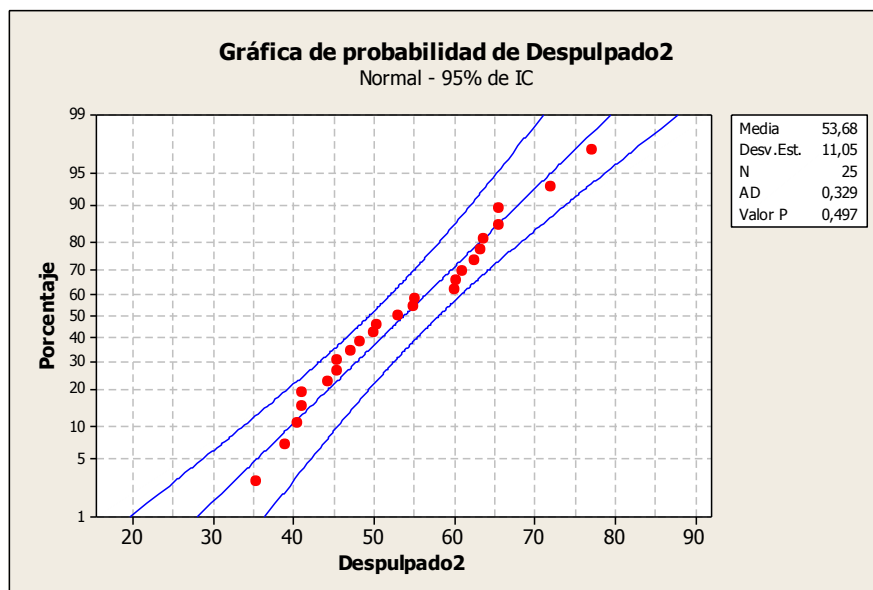
Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de despulpado2. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo, la máquina, las herramientas y los materiales a utilizarse. Los tiempos de despulpado2 van desde la finalización de la preparación hasta la salida de la pulpa en gavetas. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 12 gavetas, lo cual corresponde a 360 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la

normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de cocinado y de los tiempos de cocinado.



*Figura 38: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado2*

**Fuente y Elaboración: Propia**



*Figura 39: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado2*

**Fuente y Elaboración: Propia**

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula de la sección Ciclos de Estudio del marco teórico para las muestras de tiempo. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 30 lecturas y que para el tiempo de procesamiento es de 74 lecturas. Quinto, la calificación del operario es del 100% ya que solo se ocupa en procesos totalmente manuales el método de Westinghouse. Así, se procede a tomar las lecturas que se establecieron en el tamaño de muestra.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en la Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 17 debido a que el operario levanta 30K en promedio a lo largo del proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 40%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el tiempo observado, el tiempo normal, los suplementos y el tiempo estándar.



	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>C</b>	100%	100%
<b>Suplemento</b>	40%	40%
<b>TO</b>	48,60	59,68
<b>TN</b>	48,60	59,68
<b>TS</b>	81	99,46

*Tabla 52: Variables y Tiempo Estándar Tiempos de Despulpado 2*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de despulpado2 es de 81 minutos y que el tiempo estándar de despulpado2 es de 99,46 minutos, con 3 personas y 360kg.

#### *4.2.2.1.10 Despulpado 3*

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de despulpado3. Los tiempos de setup van desde la preparación del lugar de trabajo, la máquina, las herramientas y los materiales a utilizarse. Los tiempos de despulpado3 van desde la finalización de la preparación hasta la salida de la pulpa en gavetas. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 5 unidades, lo cual corresponde a 2 kilogramos. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de despulpado3 y de los tiempos de despulpado3.

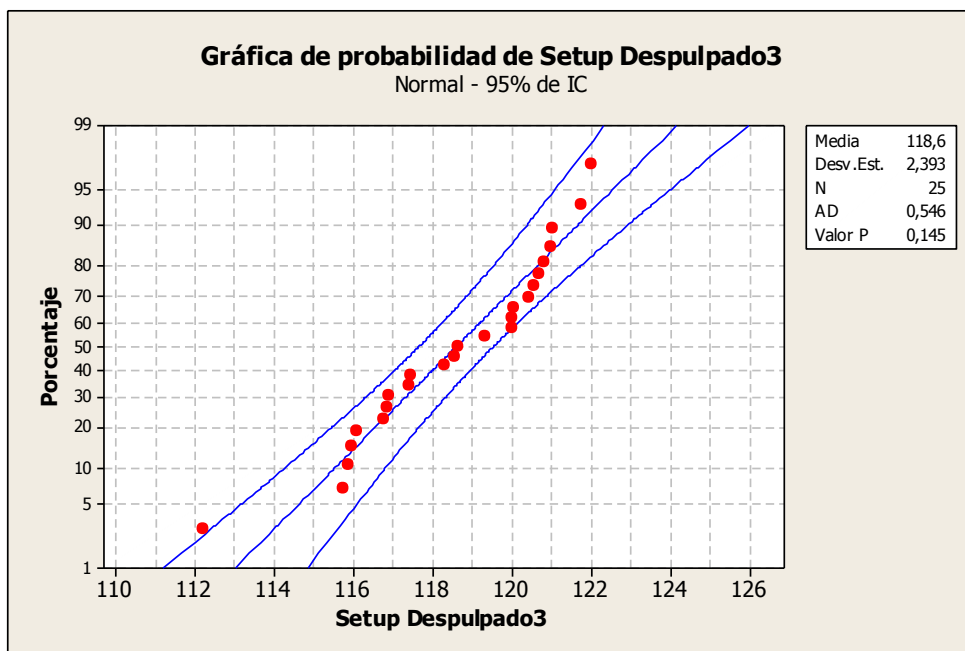


Figura 40: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Despulpado3

Fuente y Elaboración: Propia

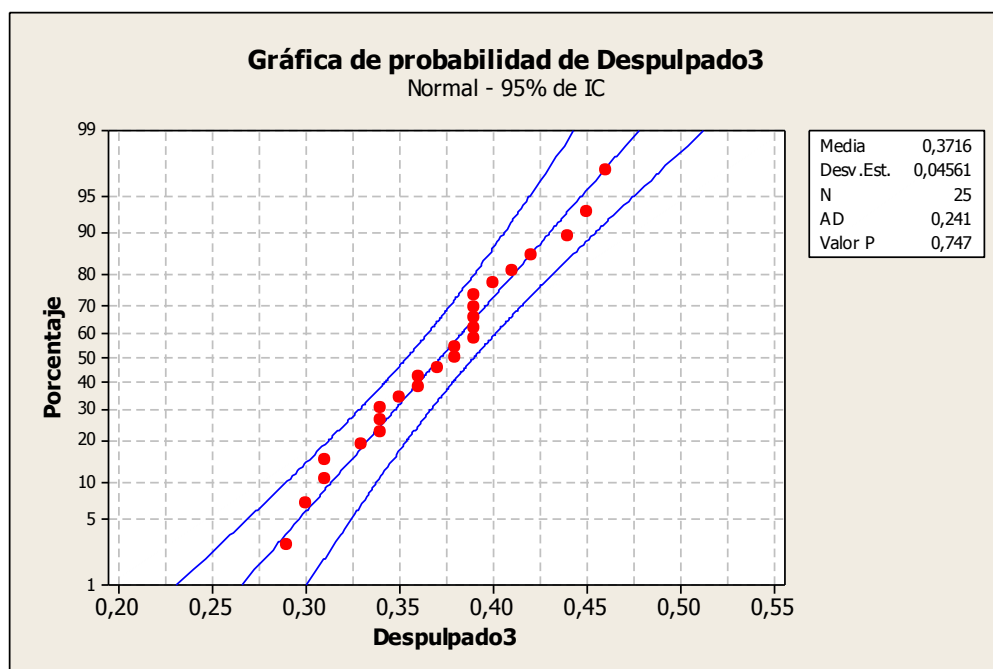


Figura 41: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Despulpado3

Fuente y Elaboración: Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula de tamaño de muestra se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 26 y para el tiempo de procesamiento es 74 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 11 debido a que el operario levanta 20K en promedio a lo largo del proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 32%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	3087,72	28,06
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	3581,76	32,56
<b>N de observación</b>	26	74
<b>TN promedio</b>	137,76	0,44
<b>% de suplementos</b>	32	32
<b>T est. Elemento</b>	192,86	0,58
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	192,86	0,58

*Tabla 53: Resumen Estudio de tiempos Despulpado 3*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de despulpado3 es de 192,86 minutos y que el tiempo estándar de despulpado3 es de 0,58 minutos, con 2 personas y 2kg.

#### 4.2.2.1.11 Formulación

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de formulación. Los tiempos de setup van desde la limpieza de la máquina y los materiales e insumos a utilizarse. Los tiempos de formulación van desde la finalización de la preparación de la máquina hasta la salida de la pulpa formulada. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es 100g de pulpa formulada. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de formulación y de los tiempos de formulación.

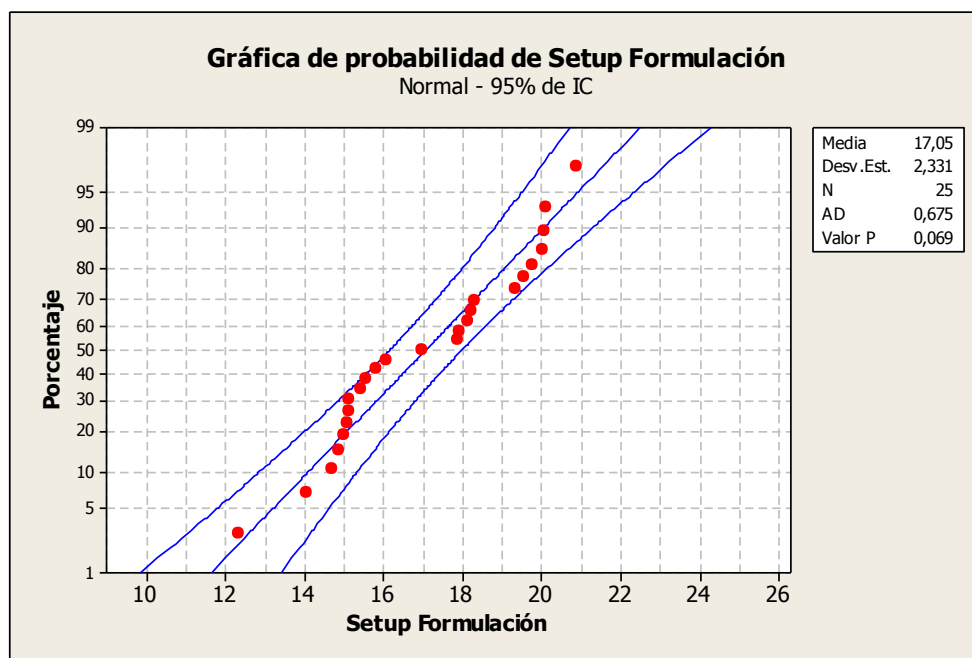
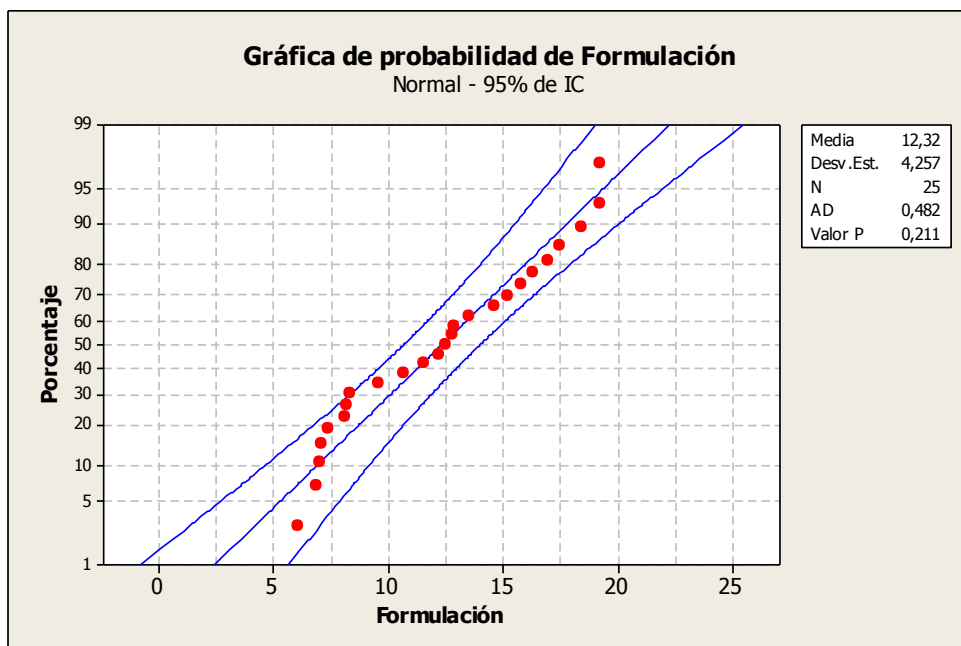


Figura 42: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Formulación

**Fuente y Elaboración:** Propia



*Figura 43: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Formulación*

**Fuente y Elaboración:** Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra, se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 33 y para el tiempo de procesamiento es 29 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un

valor de 11 debido a que el operario levanta 20Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 32%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	561,54	342,96
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	679,47	414,99
<b>N de observación</b>	33	29
<b>TN promedio</b>	20,59	14,31
<b>% de suplementos</b>	32	32
<b>T est. Elemento</b>	27,17	18,88
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	27,17	18,88

*Tabla 54: Resumen Estudio de tiempos de Formulación*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Se concluye que el tiempo estándar de setup de formulación es de 27,17 minutos y que el tiempo estándar de formulación es de 18,88, con 1 persona y 100 kg.

#### *4.2.2.1.12 Envasado*

Primero, se dividió al proceso en 2 actividades que son: tiempos de setup y tiempos de envasado. Los tiempos de setup van desde la limpieza de la máquina y los materiales e insumos a utilizarse. Los tiempos de envasado van desde la finalización de la preparación de la máquina hasta la salida de la pulpa en envases. Segundo, se realizó el establecimiento de la unidad de medida para este proceso que es de 28 cartones de pulpa, los cuales tienen una capacidad de 32kg. Tercero, se tomó 25 lecturas iniciales y se analizó la normalidad de las mismas; de esta forma, las siguientes figuras muestran las lecturas iniciales de los tiempos de setup de envasado y de los tiempos de envasado.

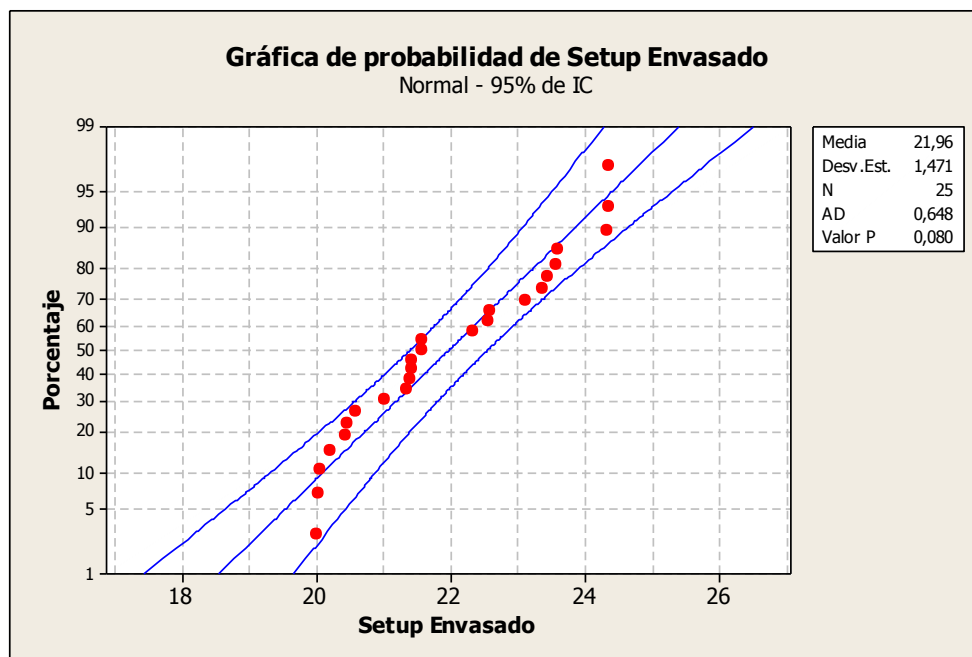


Figura 44: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Setup de Envasado

Fuente y Elaboración: Propia

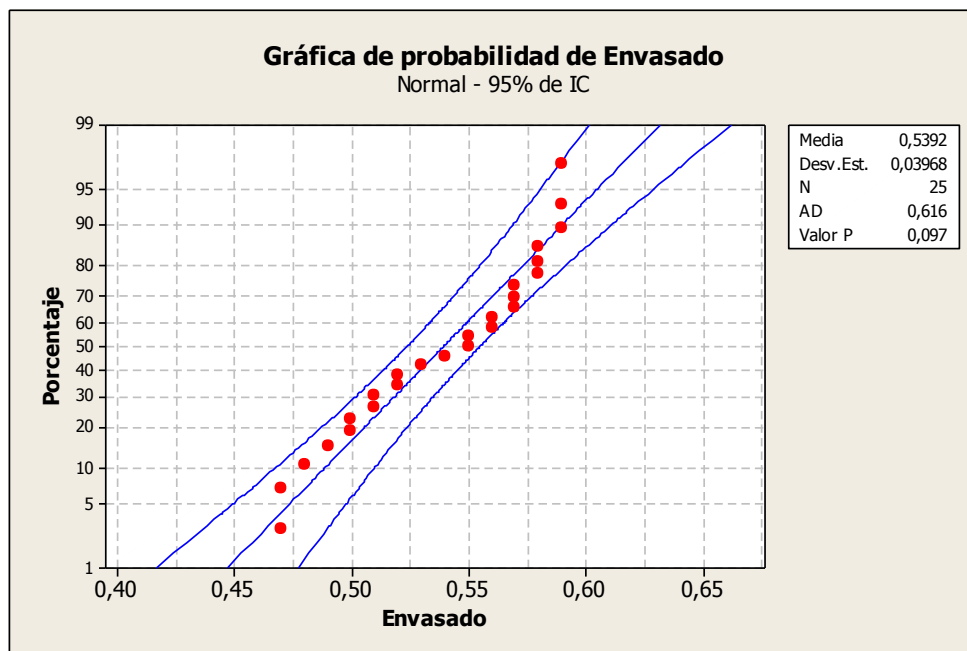


Figura 45: Gráfica de Probabilidad de lectura de tiempos de Envasado

Fuente y Elaboración: Propia

De acuerdo a estas figuras se puede ver que los valores P que se obtienen son mayores a 0,05. Con esto, no se puede rechazar la hipótesis nula y se concluye que las lecturas siguen una distribución normal; lo que permite cumplir con el supuesto que establece el tamaño de muestra a ocupar.

Cuarto, aplicando la fórmula del tamaño de muestra, se procede a la lectura de tiempos. Se tiene que el tamaño de muestra para el tiempo de setup es de 8 y para el tiempo de procesamiento es 10 lecturas. Quinto, utilizando el sistema de calificación de Westinghouse se calificó al operario para cada una de las muestras de tiempos.

Sexto, para la asignación de suplementos se tiene un 21% constante como se indicó anteriormente. Complementariamente, se tiene que en Tabla 12: Suplementos variables recomendados por el ILO, el punto 3 no se lo evaluó, en este proceso se lo califica con un valor de 11 debido a que el operario levanta 20Kg en promedio durante el proceso; con lo que se establece que el suplemento total es de 32%.

Finalmente, la siguiente tabla muestra el resumen del estudio de tiempos.

	<b>Setup</b>	<b>Procesamiento</b>
<b>TO total</b>	175,27	5,61
<b>Calificación</b>	-	-
<b>TN total</b>	212,08	6,8
<b>N de observación</b>	8	10
<b>TN promedio</b>	26,51	0,68
<b>% de suplementos</b>	32	32
<b>T est. Elemento</b>	34,99	0,89
<b># ocurrencias</b>	1	1
<b>Tiempo estándar</b>	34,99	0,89

*Tabla 55: Resumen Estudio de tiempos Formulación*

**Fuente y Elaboración:** Propia



Se concluye que el tiempo estándar de setup de envasado es de 34,99 minutos y que el tiempo estándar de envasado es de 0,89, con 2 personas y 32 kg.

Por último, es necesario presentar un resumen general de los tiempos estándar obtenidos a lo largo de todo el apartado de cada uno de los procesos bajo estudio. La Tabla 56 muestra el resumen de los tiempos estándar calculados.

<b>Proceso</b>	<b>Tiempo Estándar</b>	<b># Operario</b>	<b>Tiempo/KG</b>
Recepción	7,64	3	0,01528
Setup Lavado	30,73	1	0,076825
Lavado	44,5	1	0,11125
Setup Desinfección	30,73	1	0,076825
Desinfección	74,84	1	0,1871
Setup C&P1	59,19	2	
Corte1	0,45	1	0,225
Pelado1	2,32	1	1,16
C&P2	0,54	1	0,27
C&P3	0,43	1	0,215
Setup Cocinado	29,09	1	0,141902439
Cocinado	102,84	1	0,501658537
Setup Despulpado1	68,11	1	
Despulpado1	1,1	1	0,055
Setup Despulpado2	78,91	3	
Despulpado2	96,91	3	360
Setup Despulpado3	192,86	2	
Despulpado3	0,58	2	2
Setup Formulación	27,17	1	
Formulación	18,88	1	100
Setup Envasado	34,99	2	
Envasado	0,89	2	32

*Tabla 56: Resumen tiempo estándar por proceso, # mínimo de operario y 1 kg*

**Fuente y Elaboración:** Propia

Por otro lado, como se mencionó al inicio de este apartado, los tiempos estándares que se calcularon sirven como punto de partida para las tasas de producción; por lo que se transformó todos los resultados a kg/h. Para finalizar, se seleccionó la tasa mínima de producción de la línea de producción requerida.

Cabe recalcar que se ocupó el coeficiente de variación para medir la variabilidad muestral. Se obtuvo que 18 subprocesos tienen un valor porcentual menor a 14%, con lo cual las estimaciones son aceptables y 4 subprocesos tienen un valor porcentual menor a 20%, con lo cual las estimaciones son regulares y hay que ocuparlas con precaución (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2008). La Tabla 57 muestra los valores obtenidos para cada subproceso.

<b>Proceso</b>	<b>CVE</b>
Recepción	18,08
Setup Lavado	14,32
Lavado	13,39
Setup Desinfección	17,8
Desinfección	13,87
Setup C&P1	13,67
Corte1	12,54
Pelado1	15,76
C&P2	11,65
C&P3	12,08
Setup Cocinado	13,32
Cocinado	13,9
Setup Despulpado1	12,76
Despulpado1	10,76
Setup Despulpado2	13,21
Despulpado2	13,86
Setup Despulpado3	13,21
Despulpado3	14
Setup Formulación	14,32
Formulación	12,03
Setup Envasado	10,65
Envasado	11,06

*Tabla 57: Coeficiente de Variación de cada subproceso de estudio*

Elaboración: Propia

### **4.2.3 Costos**

Como ya se indicó anteriormente, se requiere calcular los costos de mantener el inventario de la materia prima, insumos y del producto terminado, además del costo de escasez del producto. Sin embargo, por motivos de confidencialidad no se puede mostrar los valores utilizados.

#### **4.2.3.1 Materia Prima e Insumos**

El tratamiento para la materia prima es muy similar por lo que se va a estimar un costo independiente del sabor de la pulpa.

#### *4.2.3.1.1 Costo de mantener el inventario*

##### *4.2.3.1.1.1 El costo de oportunidad*

Para este costo se requiere el costo de la materia prima por Kg, y la tasa de interés con la que se maneja la empresa. Considerando lo anteriormente mencionado se procede al cálculo del costo que se va transformar a semanal:

$$\frac{\$ \text{Costo de la fruta}}{\text{Kg}} * \text{tasa interes semanal}\% = \frac{\$ \text{Costo oportunidad}}{\text{Kg Semanal}}$$

##### *4.2.3.1.1.2 Costo de almacenamiento*

Para este costo, se considera los gastos que tiene la empresa en cuanto a personal y espacio físico.

##### *4.2.3.1.1.2.1 Personal*

Para este costo se requiere el porcentaje que la persona encargada dedica el tiempo a actividades de mantener el inventario, el salario, los kilogramos promedio que la persona maneja en el periodo de estudio. Por lo tanto, el costo de mantener el inventario en cuanto a personal es de:

$$\frac{\% \text{ tiempo en mantener inventario} * \text{sueldo semanal}}{\text{Cantidad promedio de Fruta que se maneja}} = \frac{\$ \text{Costo personal}}{\text{Kg Semanal}}$$

#### 4.2.3.1.1.2.2 *Espacio Físico*

Para este costo se requiere el arriendo que paga la empresa por la planta, el área de la planta, la capacidad máxima que se puede almacenar y el área de la bodega de materia prima.

Por lo que se tiene primero:

El arriendo por  $m^2$  es:

$$\frac{\text{Costo de arriendo a la semana}}{\text{Área total de la planta}} = \text{Costo por } m^2 \text{ semanal}$$

Por otro lado, la cantidad de materia prima por metro cuadrado es:

$$\frac{\text{Cantidad máxima de fruta en bodega}}{\text{Área de la bodega}} = \text{Cantidad de fruta por } m^2$$

Así, el costo de espacio físico es:

$$\frac{\text{Costo por } m^2 \text{ semanal}}{\text{Cantidad de fruta por } m^2} = \text{Costo de almacenar por Kg a la semana}$$

Sumando todos los costos anteriores, se tiene que el costo de mantener el inventario de materia prima e insumos semanal.

#### 4.2.3.2 *Producto Final*

##### 4.2.3.2.1 *Costo de mantener el inventario*

###### 4.2.3.2.1.1 *El costo de oportunidad*

Se calcula de la misma manera que para la materia prima e insumos

#### 4.2.3.2.1.2 Costo de almacenamiento

El costo de almacenamiento para el producto final toma en cuenta el personal, espacio y servicios básicos. Para el personal y almacenamiento se utiliza las fórmulas de la materia prima e insumos y para los servicios básicos se describe a continuación

##### 4.2.3.2.1.2.1 Servicios

El costo de energía eléctrica es el costo más relevante en este inventario ya que se requiere una cámara de congelación. Por lo tanto se requiere el consumo por hora y las horas que funciona a la semana. Además se requiere el costo del kWh para el sector industrial.

Con esto se obtiene cuanto se debe pagar a la semana por el consumo de energía.

Para calcular el costo por kilogramo, se requiere la capacidad de almacenamiento y se tiene que:

$$\frac{\text{Costo de la luz a la semana}}{\text{Cantidad en Kg que se puede almacenar en la bodega}} = \text{Costo de luz por Kg a la semana}$$

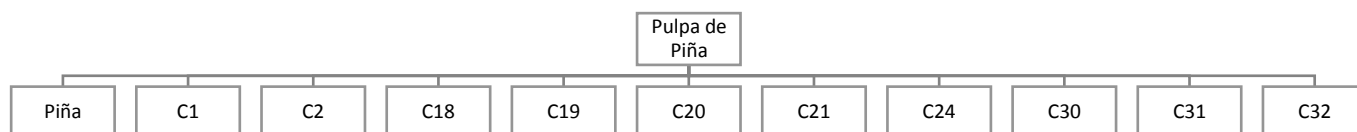
Por otra parte, se tiene un mantenimiento preventivo cada mes y por lo tanto el costo es:

$$\frac{\text{Costo mantenimiento a la semana}}{\text{Cantidad en Kg que se puede almacenar en la bodega}} = \text{Costo de mantenimiento por Kg a la semana}$$

#### 4.2.4 Lista de Materiales

La lista de materiales de cada pulpa tiene un solo nivel, lo que quiere decir que no se requiere que ninguna de los mismos sea preparado con anticipación sino todos se combinan al mismo tiempo para formar el producto final.

El BOM de cada sabor está compuesto por la pulpa de fruta correspondiente y ciertos componentes extras que por motivos de confidencialidad no se puede exponer las cantidades ni los nombres reales de los componentes. Sin embargo, estos componentes van a ser parte del modelo de planificación más adelante. En la Figura 46 se muestra un ejemplo del BOM de un producto:



*Figura 46: Lista de materiales para la Pulpa de Piña*

En el Anexo 6 se puede observar una tabla donde se encuentran los componentes extras a la materia prima que tiene cada sabor de fruta, cada cuadrado de amarillo significa que ese sabor contiene ese componente.

Una vez que se tiene la receta de cada pulpa, es importante multiplicar a los ingredientes por su rendimiento. El rendimiento de los ingredientes en este caso quiere decir que porcentaje de la materia prima me es útil para obtener el producto final (Valencia, 2014). En lo que respecta a los insumos el rendimiento es 100%, sin embargo en la fruta el rendimiento varía.

Para calcular cuánta materia prima o insumo es necesario para realizar la pulpa de fruta primeramente se obtuvo la receta para un Kg de pulpa y se multiplicó por  $(1 - \% \text{ rendimiento}) + 1$ .

Por lo general el rendimiento de las frutas es menor al 100%, por lo que el factor multiplicativo expresa que tengo que pedir más fruta para obtener 1Kg cuando el rendimiento es menor al 100% o tengo que pedir menos cuando el rendimiento es más del 100%

#### **4.2.5 Inventarios Iniciales**

Los inventarios iniciales de materia prima se asumen como cero al inicio de cada período debido a que no se puede almacenar la fruta de una semana a otra. Mientras que el inventario de insumos fue estimado con el jefe de dicha bodega. Para la cantidad de producto terminado, se obtuvo los datos por parte del jefe de planta.

#### **4.2.6 Capacidad máxima**

La capacidad máxima de la bodega de materia prima en el día es fácil de estimar, sin embargo, se debe estimar la capacidad máxima a lo largo de la semana puesto que los proveedores llegan desde el día lunes hasta el jueves y en este lapso de tiempo el inventario rota por lo que a lo largo de la semana se tiene la capacidad mayor a la de un solo día.

Por lo que para establecer la capacidad máxima se calculó la rotación de inventario de la bodega con ayuda de la fórmula de la sección 3.2.6.5 del marco teórico. Este valor que nos indica es el cuantas veces en una semana se renueva el inventario por lo tanto se multiplicó por la capacidad de un día para obtener de esta manera la capacidad por semana.



## 5 CAPÍTULO 5: FASE VERIFICAR

### 5.1 Resultados

Con todos los parámetros anteriormente calculados, se procede a la programación de código, para lo cual se utilizó el software AIMMS versión 4 con Licencia estudiantil y el solver CPLEX 12.6.

Una vez con todos los parámetros, se procedió a la programación del código del modelo en el programa. Durante la programación, se fueron realizando ciertas validaciones del modelo para comprobar que realiza lo requerido. Las validaciones se realizaron cambiando los valores y las restricciones para comprobar que el programa realiza lo que se requiere. El código generado para este modelo se puede ver en el Anexo 7.

El programa contó con 1345 variables de decisión, 970 restricciones y a la final se obtuvo una función objetivo de \$96730,1 que cuesta la producción del mes de octubre que además incluye mantener en inventario. Esta información, se puede ver en la siguiente figura:

Property	Value
Mathematical Program	PlaneaciondeProduccion
Model Type	LP
Direction	Minimize
Objective	96730.1
Model Status	Optimal
Solver Status	Normal completion
Number of Constraints	970
Number of Variables	1345

*Figura 47: Resumen Resultados Modelo*

Las salidas del modelo matemático son las variables de decisión que se mencionaron en la sección Entradas del Modelo Matemático. Primero, se obtiene las cantidades a producir por frutas en los 4 períodos de tiempo. Segundo, se obtiene el balance de inventario de materia prima e insumos para los 4 períodos de tiempo. Cabe mencionar, que no existe inventario de la materia prima entre los periodos, es decir todo lo que llega se procesa. Sin embargo, se considera que este proceso es continuo por lo que si se va a conocer las cantidades requeridas y cuando deben llegar los insumos. Tercero, se generan las necesidades de materia prima e insumos en las 4 semanas. Cuarto, se genera la materia prima que se va a pedir en las 4 semanas de estudio. En el Anexo 8, se pueden ver ejemplos de las capturas de pantallas arrojados por el software.

Se puede ver que no todos los insumos deben ser recibidos, ya que todavía hay existencias en inventario y la función objetivo busca minimizar el costo. También, se puede ver que generalmente las necesidades de cada período pueden ser iguales a la cantidad que se va a recibir. En este punto hay que hacer énfasis en el tiempo que se deben de pedir los insumos, para la materia prima por ejemplo, se debe hacer el pedido con una semana de anticipación; es decir, si se requieren 1309 Kg de Piña para el periodo 1 el pedido debe ser realizado en el tiempo 0; una semana antes. Para la mayoría de insumos el tiempo de entrega es de un día pero para efectos de determinación del periodo de estudio también se debe pedir una semana.

Por otro lado, se tiene el cartón (insumo que más rota), para el pedido de este insumo se realiza una reunión con el proveedor cada dos meses, donde se estima la cantidad requerida en

este tiempo y se establece entregas semanales. Por lo que estos resultados son muy importantes para el establecimiento de la cantidad a pedir y a recibir semanalmente.

Al igual que la materia prima, se tiene un tiempo de entrega, para que pueda ser incluido en la planificación este pedido deber ser colocado una semana antes. Y de esta manera en un futuro, se puede conocer la capacidad máxima de la planta.

Además, se puede ver que no existe inventario faltante, por lo que se puede concluir que la planta está en la capacidad de producir la demanda actual semanal de pulpa 32 Oz. No existen faltantes porque se tiene horas disponibles de producción mayor a las requeridas y además las restricciones de inventario al final del periodo hacen que se produzca.

Finalmente, el análisis de sensibilidad del modelo para conocer los parámetros sensibles del modelo se analizaron parámetros de interés debido al tamaño del mismo (Ibarra, 2014). Y se encontró que en las condiciones actuales los precios sombra de los parámetros de capacidad son mayor a cero, lo cual nos indica que si hay un cambio en este parámetro la función objetivo va a cambiar. Mientras que el para las horas disponibles se tiene un valor sombra de cero lo cual nos indica que si cambiamos levemente este parámetro no habrá un cambio en la función objetivo y el margen que se tiene es de alrededor de 2 a 3 horas. Por lo que se puede ver que existen horas disponibles de producción.

## 5.2 Conclusiones

Las conclusiones que se generan mediante el estudio presentado son:

Como conclusión principal se tiene que el costo obtenido por el modelo es de \$96730,1 y que al comparar este valor con el valor real del mes de Octubre; se puede evidenciar que el valor generado por el modelo es mucho menor. Esto primeramente se atribuye a la utilización del modelo matemático con la función de minimización de costos. Segundo, comparando la cantidad de producción se puede ver las diferencias de criterios de demanda, por un lado la empresa utiliza el juicio de opinión ejecutiva y el resultado es diferente a los métodos cuantitativos utilizados en el presente estudio. Y debido a que el modelo responde a la demanda se tiene una menor producción e inventarios bajos.

Se logra contrarrestar los problemas de incumplimientos de pedidos, retrasos e improvisaciones; debido a que el modelo de planificación arroja las cantidades a producir en el mes de planeación.

Se reducen las quejas de los proveedores ya que el modelo entrega las cantidades que se necesitan y que se deben recibir de materia prima/insumos.

Se generan registros de información ya que el modelo necesita las cantidades reales que se tiene en la organización en cuanto a cantidad de materia prima, insumos y producto terminado, y capacidades máximas.

Se inserta políticas de inventario tanto de materia prima, insumos como de producto terminado que ayudan a que los inventarios dentro de la organización se manejen de una mejor manera.

### 5.3 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones que surgen del estudio realizado se pueden mencionar las siguientes:

Se recomienda a la empresa que analice la disponibilidad de otros recursos, como por ejemplo los recursos físicos (contenedores) requeridos en el proceso productivo para que no exista retrasos por falta de los mismos.

Se recomienda hacer una secuencia de producción después de este análisis para conocer la secuencia de producción y que de esta manera se pueda maximizar la utilización de los recursos.

Los tiempos estandarizados de setup son muy altos, se debería controlar los procesos de mantenimiento e higiene dentro de la organización para reducir las demoras y los reprocesos.

Se recomienda a la empresa crear una base de registros de información útil, como por ejemplo, un registro de pedidos de los clientes, así como también de incumplimientos a los clientes.

El presente estudio no considera el desperdicio de materia prima e insumos que se producen en la planta, por lo que otra recomendación es que se realice un estudio de desperdicios y esto se tome en cuenta para realizar una mejora en este sentido y el desperdicio irreducible sea considerado al momento del cálculo de las necesidades de materia prima para que sean más reales.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Aduana del Ecuador. (2012). *Procedimientos para Exportar*.  
[http://www.aduana.gob.ec/pro/to\\_export.action](http://www.aduana.gob.ec/pro/to_export.action).
- Agrocalidad. (2013). *Guía de Procedimientos de Inspección de Banano y otras Musáceas de Exportación*. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro - Agrocalidad.
- AIMMS. (2014). *AIMMS the modeling system*. Obtenido de <http://www.aimms.com/>
- Albornoz , V., & Contesse, L. (1999). Modelos de Optimización Robusta para un Problema de Planificación Agregada de la Producción bajo incertidumbre en las demandas. *Investigación Operativa*, 1-15.
- Alimentosecuador. (2013). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) ¿Una necesidad o un requisito en la Industria de Alimentos? *Alimentarya*, págs. 26-27.
- Alvis, G., & Sotelo, M. (2009). Identificación de las Causas que Alteran el Rendimiento de los Equipos de Extracción de Madera. Estudio de Tiempos y Movimientos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 7(2), 15-23.
- Anaya, J. (2007). *Logística Integral: la gestión operativa de la empresa*. Madrid: ESIC.
- Anderson, S. W., & Lanen, W. N. (2002). Using Electronic Data Interchange (EDI) to Improve the Efficiency of Accounting Transactions. *The Accounting Review*, 77(4), 703-729.
- Andonegi, J., Casadesús, M., & Zamanillo, I. (2005). Evolución histórica de los sistemas ERP: de la gestión de materiales a la empresa digital. *Revsta de Dirección y Administración de empresas* , 61-72.
- Banco Central del Ecuador. (s.f.). *Certificación Electrónica*. Recuperado el 2014, de <https://www.eci.bce.ec/preguntas-frecuentes#2>
- Buiza, G. (2013). *El área de operaciones de las empresas: evolución, funciones y nuevas tendencias*. Recuperado el 3 de Octubre de 2014, de IAT Innovación y Tecnología: <http://www.iat.es/2013/04/area-de-operaciones-evolucion-funciones-tendencias/>
- Campos, T. (2001). *Problemario de Pronósticos para la toma de decisiones*. México: Thomson Learning.
- CGSA. (2014). *Manual de Usuario para realizar el AISV de contenedores llenos*. Guayaquil.
- Chace, R., Jacobs , R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de las Operaciones Producción y Cadena de Suministros*. México: Mc Graw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro* (Tercera Edición ed.). México: Pearson.

- Claver , E., & Reyes , M. (1998). El intercambio Electrónico de Datos: Pautas para su implantación y factores críticos. *Boletín de Estudios Económicos*, *LIII*(163), 67-82.
- CONELEC. (2014). *CONELEC*. Obtenido de Cargos Tarifarios: [http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc\\_10709\\_Cargos%20Tarifarios.pdf](http://www.conelec.gob.ec/images/documentos/doc_10709_Cargos%20Tarifarios.pdf)
- Constact Contact. (2013). What is a normal survey response rate?
- Contecon Guayaquil S.A. (2013). "*Manual de Servicios Portuarios*". Guayaquil.
- Cuevas, E. (2002). *Control de costos y gastos en los restaurantes*. Mexico: Limusa.
- Delgado , J., & Marín, F. (2000). Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP. *Economía Industrial*, págs. 51-58.
- Delgado, L., & Hernán, H. (2010). Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con estrictiones de capacidad. *Ingeniería e Investigación*, 168-173.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2008). *Estimación e interpretación del coeficiente de variación*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est\\_interp\\_coefvariacion.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf)
- Elsayed, E., & Boucher, T. (1985). *Analysis and Control of Production System* . USA: Prentice Hall.
- EUROSTAT, ITF, & UNECE. (2010). *Illustrated Glossary for Transport Statistics* (4th ed.). OECD Publishing.
- Feylizadeh, M., Modarres, M., & Bagherpour, M. (2008). Optimal Crashing of Multi Period-Multi Product Planning Problems. *World Applied Science Journal*, 499-505.
- Food and Agriculture Organization. (2014). *Costos de Producción*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/v8490s/v8490s06.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/browse/T/TP/S>
- Fresh Plaza. (2008). *Arrival first vessel of Zespri New Zealand Kiwifruit in Zeebrugge*. Recuperado el 2014, de <http://www.freshplaza.com/article/21546/Arrival-first-vessel-of-Zespri-New-Zealand-Kiwifruit-in-Zeebrugge>
- García , M., Álvares, J., Grosso, S., Martínez , M., & Sanchez, M. (2007). *Guía para la identificación y Análisis de Procesos*. Recuperado el 2014 de Marzo de 2014, de [http://servicio.uca.es/personal/guia\\_procesos](http://servicio.uca.es/personal/guia_procesos)
- Ghiani , G., Laporte , G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. Southern Gate: John Wiley & Sons Ltd.

- Glenn, I. (1992). *Determining Sample Size I*. University of Florida.
- Gumaer, R. (1996). Beyond ERP and MRP II. *IIE Solutions* , págs. 32-35.
- Hanke, J., & Reitsch, A. (1996). *Pronósticos en los Negocios* (Quinta Edición ed.). México: Prentice Hall.
- Hidalgo, B., & Torres, M. (2011). *Propuesta de Creación del Servicio Express para Vehículos de Mantenimiento limpios y periódicos en el Taller "Granados" de Automotores y Anexos SA TallerAuto SA*. Quito: Universidad San Francisco de Quito .
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: Mc Graw Hill.
- Hyer, N., & Wemmerlov, U. (2002). *Reorganizing the Factory Competing Through Cellular Manufacturing*. USA: Productivity Press.
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (s.f.). *Guía del Exportador*.
- Investopedia. (2014). *Production Rate*. Obtenido de <http://www.investopedia.com/terms/p/production-rate.asp>
- IP, W., & Kam, K. (1998). An Education and Training Model for Manufacturing Resource Planning. *Internal Journal* , págs. 248-256.
- Jacobi, M. (1994). How to unlock the benefits of MRP II ans just in time. *Hospital Materiel Management Quarterly*, págs. 12-22.
- Karacapilidis, N., & Pappis, C. (2002). Production planning and control in textile industry: A case study. *Computers in Industry*, págs. 127-144.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones. Procesos y cadenas de valor* . México : Pearson.
- Lean Enterprise Institute. (2009). *Lean Enterprise Institute Knowledge Center*. Obtenido de <http://www.lean.org/Common/LexiconTerm.cfm?TermId=300>
- Leu, J., Huang, L., & Chen, C.-Y. (2010). A MRP-II based planning method for the TFT-LCD manufacturing. *Computers and Industrial Engineering (CIE)* (págs. 25-28). 40th International Conference .
- Lim, E. (1992). A Look at MRP II. *CMA*, págs. 8-9.
- MAGAP. (26 de Julio de 2011). *Reglamento a la Ley para estimular y comercializar el banano*. Recuperado el 2014, de <http://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/reglamento-a-la-ley-para-estimular-y-comercializar-el-banano.pdf>



- MAGAP. (2014). *Portal Bananero*. Obtenido de <http://portalbananero.agricultura.gob.ec/index.php/component/content/category/81-requisitos?layout=blog&start=3>
- Manzano , F., & García , A. (2009). Técnicas de Estudio de Tiempos para la Planificación de la Mano de Obra en el Cultivo de Tomate de Invernadero. *Agrociencia*, 267-277.
- MIDEPLAN. (2009). *Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica* . Recuperado el 28 de Septiembre de 2014, de Guía para la elaboración de Diagramas de Flujo: <http://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Minitab Inc. (2014). *Minitab*.
- MIPRO. (2012). *Capacitación "Declaración Juramentada de Origen (DJO)"*. Recuperado el 2014, de Camara de Comercio de Guayaquil: <http://www.lacamara.org/website/images/Seminarios/Material/2012/m-declaracion%20juramentada.pdf>
- Misovicova, M. (2010). *Business Process Analysis Guide to Simplify Trade Procedures*. Recuperado el 2013, de <http://www.gfptt.org/node/2003>
- Montgomery, D. (2010). *Control Estadístico de la Calidad*. México: Limusa Wiley.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: McGrawHill.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: McGraw-Hill.
- Narasimhan, S., McLeavey, D., & Billington, P. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios*. México: Prentice Hall.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2008). *Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. México: Alfaomega.
- Ormsby, J., Ormsby, S., & Ruthstrom, C. (1990). MRP II Implementation: a Case Study. *Production and Inventory Management Journal*, págs. 77-81.
- Ortiz , V., & Caicedo, Á. (2012). Plan óptimo de producción en un planta embotelladora de gaseosas. *Revista Ingeniería Industrial*, 69-82.
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Pérez, F. (2011). *Planificación de la Producción con múltiples productos y periodos (MPMP)*. Curicó: Universidad de Talca.
- Pérez, I., Ruíz, J., & Parra, C. (2007). Uso del enfoque por procesos en la actividad investigativa. *Ingeniare : Revista Chilena De Ingeniería*, 260-269.

- Petchenik, J., & Watermolen, D. (2011). A cautionary note on using the Internet to survey recent hunter education graduates. *Human Dimensions of Wildlife*, 216-218.
- Pochet, Y. (2001). *Mathematical Programming Models and Formulations for Deterministic Production Planning Problems*. Bélgica: Universidad Católica de Louvain.
- Port Strategy. (2011). *Ready for Inspection* . Recuperado el 2014, de <http://www.portstrategy.com/news101/port-operations/port-services/ready-for-inspection>
- Pro Ecuador . (s.f.a). *Certificado de Origen*. Recuperado el 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/glossary/certificado-de-origen/>
- Pro Ecuador. (s.f.b). *Requisitos para Exportar Banano*. Recuperado el 2014, de Pro Ecuador : <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/requisitos-para-exportar-banano/>
- ProEcuador. (2014). *Alimentos frescos y procesados*. Obtenido de <http://www.proecuador.gob.ec/sector1-1/>
- Rajadell, M., & García, J. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Ramos, A., Sánchez, P., Ferrer, J., barquín , J., & Linares, P. (2010). *Modelos matemáticos de optimización*. España: Universidad Pontificia Comillas .
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=empresa>
- Rico, L., Maldonado, A., Escobedo, M., & de la Riva , J. (2005). Técnicas utilizadas para el Estudio de Tiempos y Movimientos. *CULCyT(11)*, 9-18.
- Rodrigue, J.-P. (2012). *The Benefits of Logistics Investments: Opportunities for Latin America and the Caribbean*. Inter-American Development Bank.
- Rodriguez, A., & Blanco, J. (2011). Revisión, verificación y validación en un proceso de desarrollo de software. *Ingeniería Industrial*, 28-36.
- Sax, L., Gilmartin, S., & Bryant, A. (2003). ASSESSING RESPONSE RATES AND NONRESPONSE BIAS IN WEB AND PAPER SURVEYS. *Research in Higher Education*, 4(4).
- Servicio de Rentas Internas. (2010). *Registro Único del Contribuyente*. Recuperado el 2014, de <http://www.sri.gob.ec/web/guest/ruc>
- Sheikh, K. (2001). *Manufacturing Resource Planning (MRPII) With an introduction to ERP, SCM, and CRM*. New York: McGraw-Hill.
- Ship Bussiness. (2010). *General guidance for Reefer Container handling, care during transit* . Recuperado el 2014, de <http://shipsbusiness.com/rfr.html>

- Stevenson, W. (2009). *Operations Management*. New York: Mc Graw Hill.
- Survey Response Rates. (2010). *Survey Gizmo*.
- Toro, H., & Delgado, L. (2010). Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad. *Ingeniería e investigación*, 168-173.
- Torres, P., Pérez, A., Marmolejo, L., Ordoñez, J., & García, R. (2010). Una mirada a la agroindustria de extracción de almidón de Yuca, desde la estandarización de procesos. *Revista EIA*, 23-38.
- Turbide, D. (1995). MRP II Still number one. *IIE Solutions*, págs. 28-1.
- Uddin, A., Khan, M., & Noor, S. (2011). Design & Implementation of a Bespoke MRP II System for a Small and Medium Enterprise (SME) manufacturing Company. *Journal of Quality and Technology Management*, VII(I), págs. 73-90.
- United Nations. (2009). *BPA Guide to Simplify Trade Procedures*. Obtenido de Trade Facilitation Implementation Guide: <http://tfig.unece.org/contents/unnext-guide-bpa.htm>
- United Nations Conference on Trade and Development. (2012). Review of Maritime Transport 2011., (pág. 204). New York y Ginebra.
- UniTrack. (2011). *Products Container*. Recuperado el 2014, de [https://www.google.com.ec/search?q=container&es\\_sm=93&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=eoY2VOreHYG\\_sQTij4GgAw&ved=0CAgQ\\_AUoAQ&biw=1366&bih=624#tbm=isch&q=container+on++road+&facrc=\\_&imgdii=\\_&imgrc=e5sNCjqe5xSqGM%253A%3BXUUEQ8SrEd2NcM%3Bhttp%253A%252F%252Fec.e](https://www.google.com.ec/search?q=container&es_sm=93&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=eoY2VOreHYG_sQTij4GgAw&ved=0CAgQ_AUoAQ&biw=1366&bih=624#tbm=isch&q=container+on++road+&facrc=_&imgdii=_&imgrc=e5sNCjqe5xSqGM%253A%3BXUUEQ8SrEd2NcM%3Bhttp%253A%252F%252Fec.e)
- Viveros, R., & Salazar, E. (2010). Modelo de planificación de producción para un sistema multiproducto con múltiples líneas de producción. *Ingeniería en Sistemas*, 89-102.
- Viveros, R., & Salazar, E. (2010). Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 89-102.
- Viveros, R., & Salazar, E. (2010). Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción. *Revista Ingeniería en Sistemas*, 89-102.
- Wenchao, J., & Jingti, H. (2009). The Methods of Improving the Manufacturing Resource Planning (MRP II) in ERP. *2009 International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)* (págs. 383-389). International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET).

World Health Organization. (2013). *Stakeholder Perception Survey Global Communication Strategy Review*. Obtenido de [http://www.who.int/about/who\\_perception\\_survey\\_2012.pdf](http://www.who.int/about/who_perception_survey_2012.pdf)

World Shipping Council. (2011). *Container Supply Review*.

World Trade Organization. (2013). *Maritime transport*. Obtenido de [http://www.wto.org/english/tratop\\_e/serv\\_e/transport\\_e/transport\\_maritime\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/serv_e/transport_e/transport_maritime_e.htm)

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1

Matriz de Productos		PROCESO												
		Recepción 1	Recepción 2	Lavado	Desinfección	Corte/Pelado 1	Corte/Pelado 2	Corte/Pelado 3	Cocinado	Despulpado 1	Despulpado 2	Despulpado 3	Formulación	Envasado 1
	Piña	Blue		Blue	Blue	Blue				Blue			Blue	Blue
	Melón	Blue		Blue	Blue					Blue			Blue	Blue
	Sandía	Blue		Blue	Blue					Blue			Blue	Blue
	Papaya	Blue		Blue	Blue					Blue			Blue	Blue
	Maracuyá	Red		Red	Red						Red		Red	Red
	Limón	Red		Red	Red						Red		Red	Red
	Mango	Red		Red	Red						Red		Red	Red
	Taxo	Red		Red	Red						Red		Red	Red
	Frutilla	Green		Green					Green	Green			Green	Green
	Frambuesa	Green		Green					Green	Green			Green	Green
	Mora	Green		Green					Green	Green			Green	Green
	Guayaba	Green		Green					Green	Green			Green	Green
	Toronja	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow					Yellow	Yellow	Yellow
	Mandarina	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow					Yellow	Yellow	Yellow
	Naranja	Yellow		Yellow	Yellow		Yellow					Yellow	Yellow	Yellow
	Manzana		Blue										Blue	Blue
	Guanábana		Blue										Blue	Blue
	Durazno		Blue										Blue	Blue
	Pera		Blue										Blue	Blue
	Banano		Blue										Blue	Blue
	Tomate	Purple		Purple				Purple	Purple	Purple			Purple	Purple
	Naranjailla	Purple		Purple				Purple	Purple	Purple			Purple	Purple
	Tamarindo	Purple		Purple				Purple	Purple	Purple			Purple	Purple
SABOR	Coco	Purple		Purple				Purple	Purple	Purple			Purple	Purple

Tabla 58: Matriz de Producto/Proceso de la línea de pulpas

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

7.2 Anexo 2

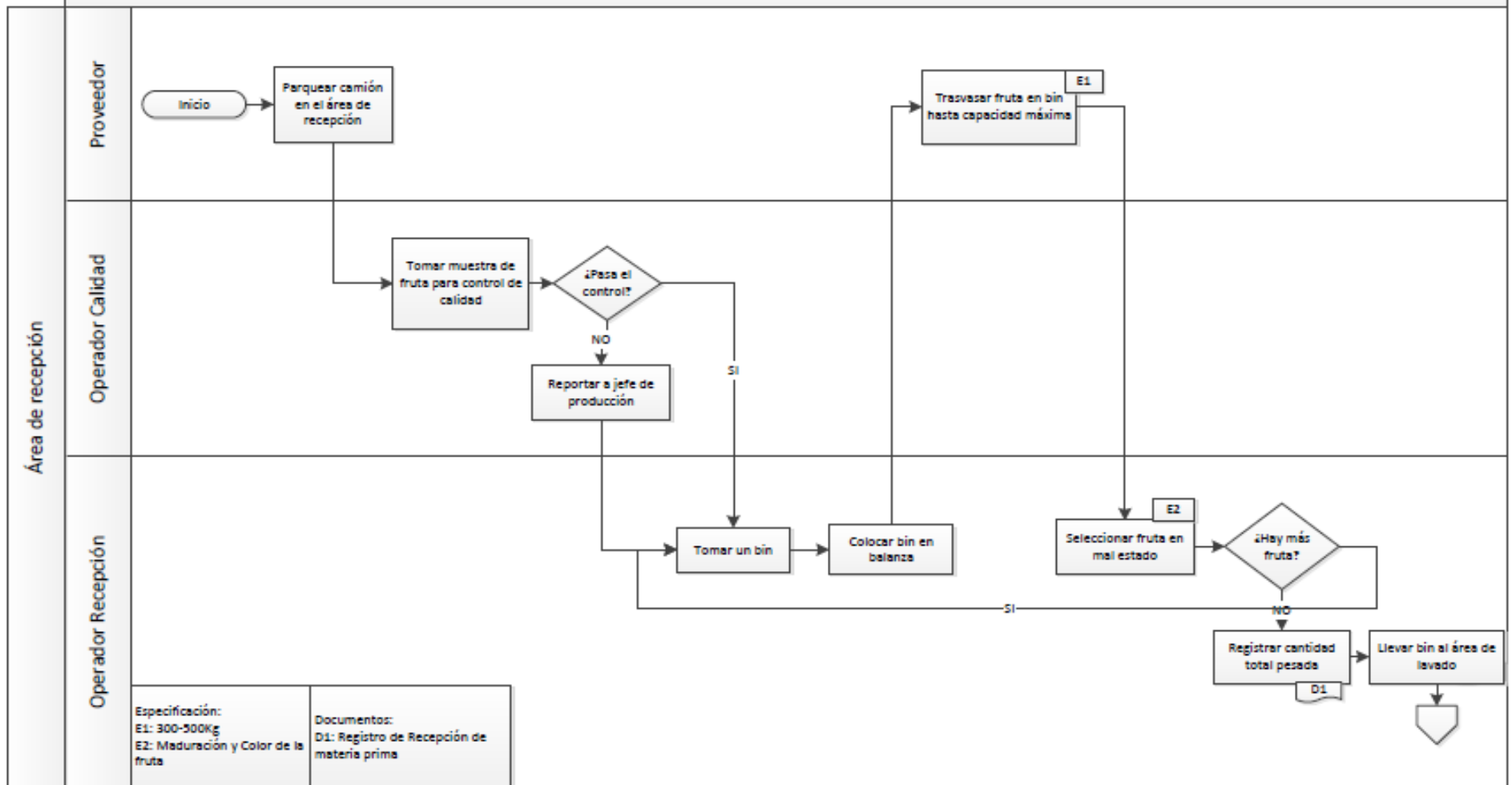
Proceso: Recepción de Materia Prima 1

Inicio: Llegada de materia prima

Fecha de elaboración: 25 de Septiembre de 2014

Fin: Entrega producto terminado en gavetas a bodega

Elaborado por: Moreno, Rhor.



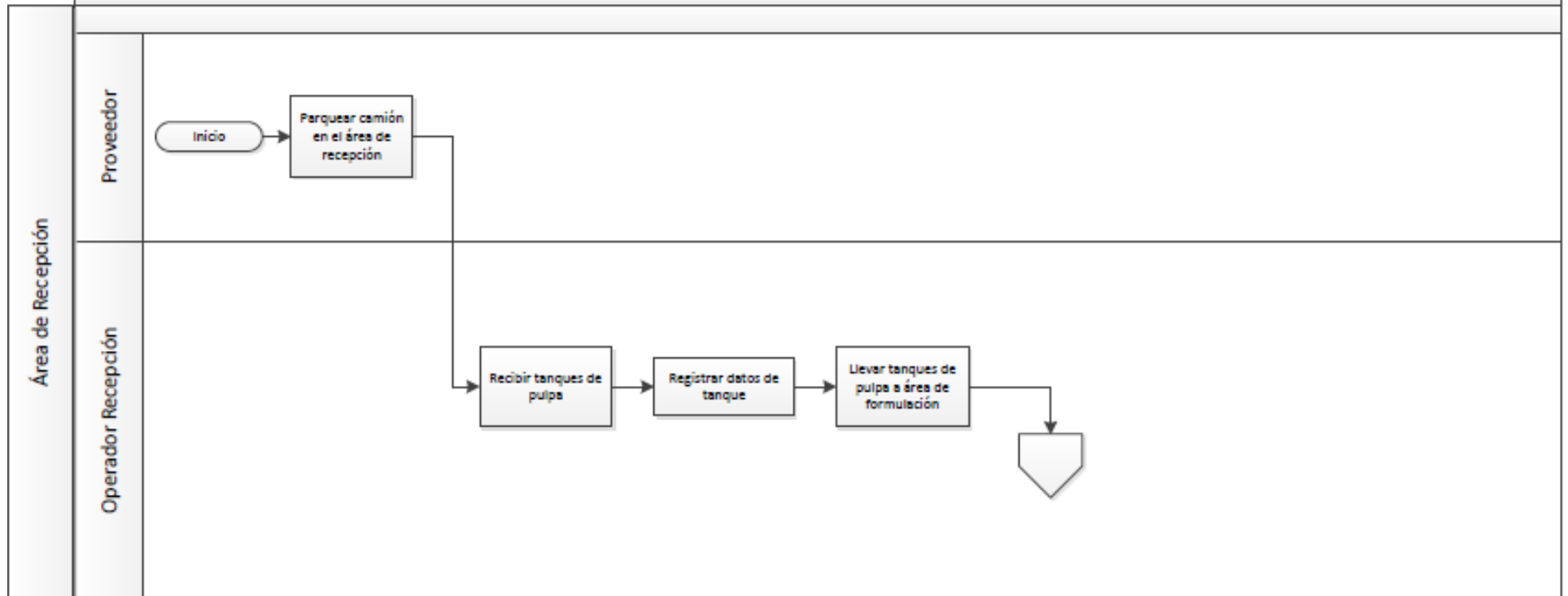
**Proceso: Recepción de Materia Prima 2**

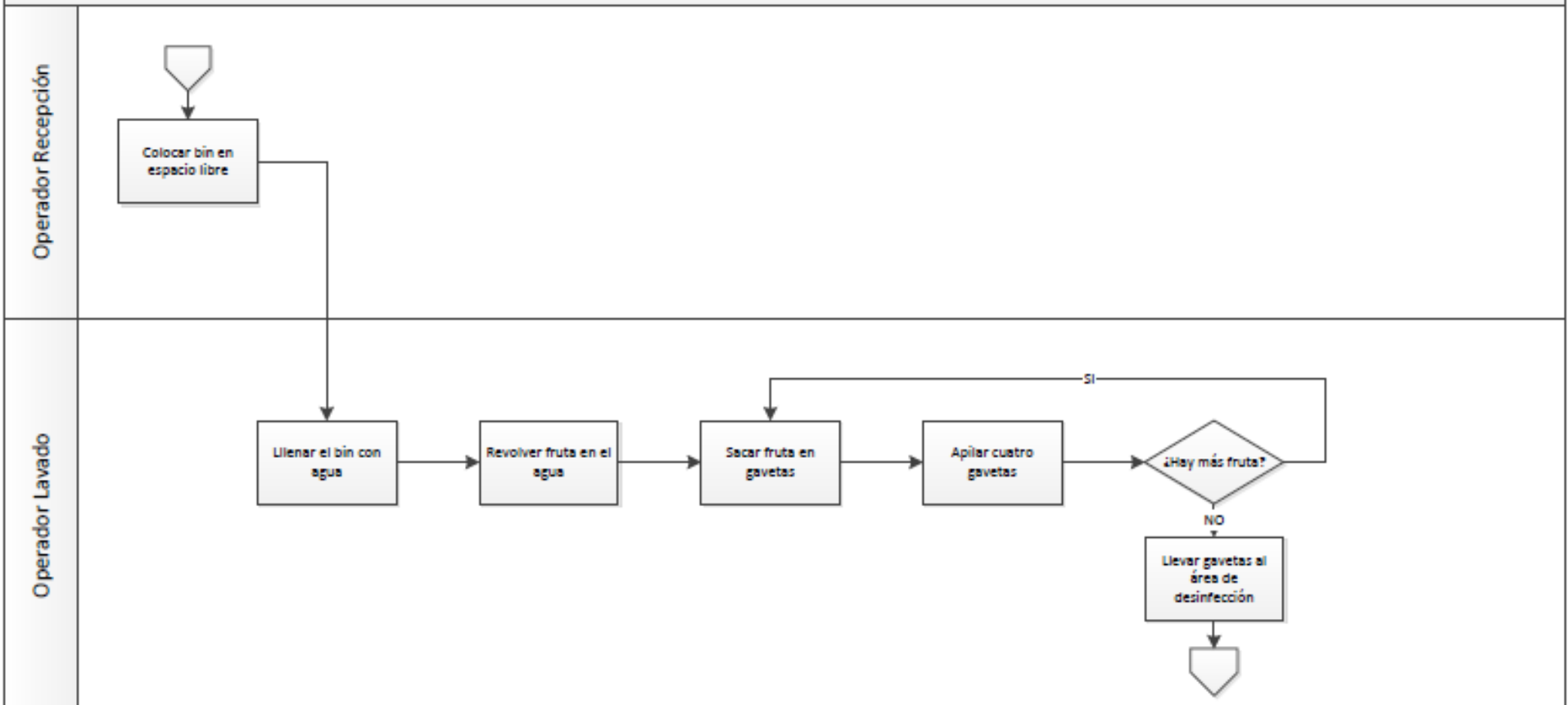
**Inicio:** Llegada de materia prima

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Llevar tanques de pulpa a área de formulación

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.



**Proceso: Lavado Materia Prima****Inicio:** Colocar un bin en espacio libre**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014**Fin:** Llevar gavetas al área de desinfección**Elaborado por:** Moreno, Rhor.



**Proceso: Desinfección de materia prima**

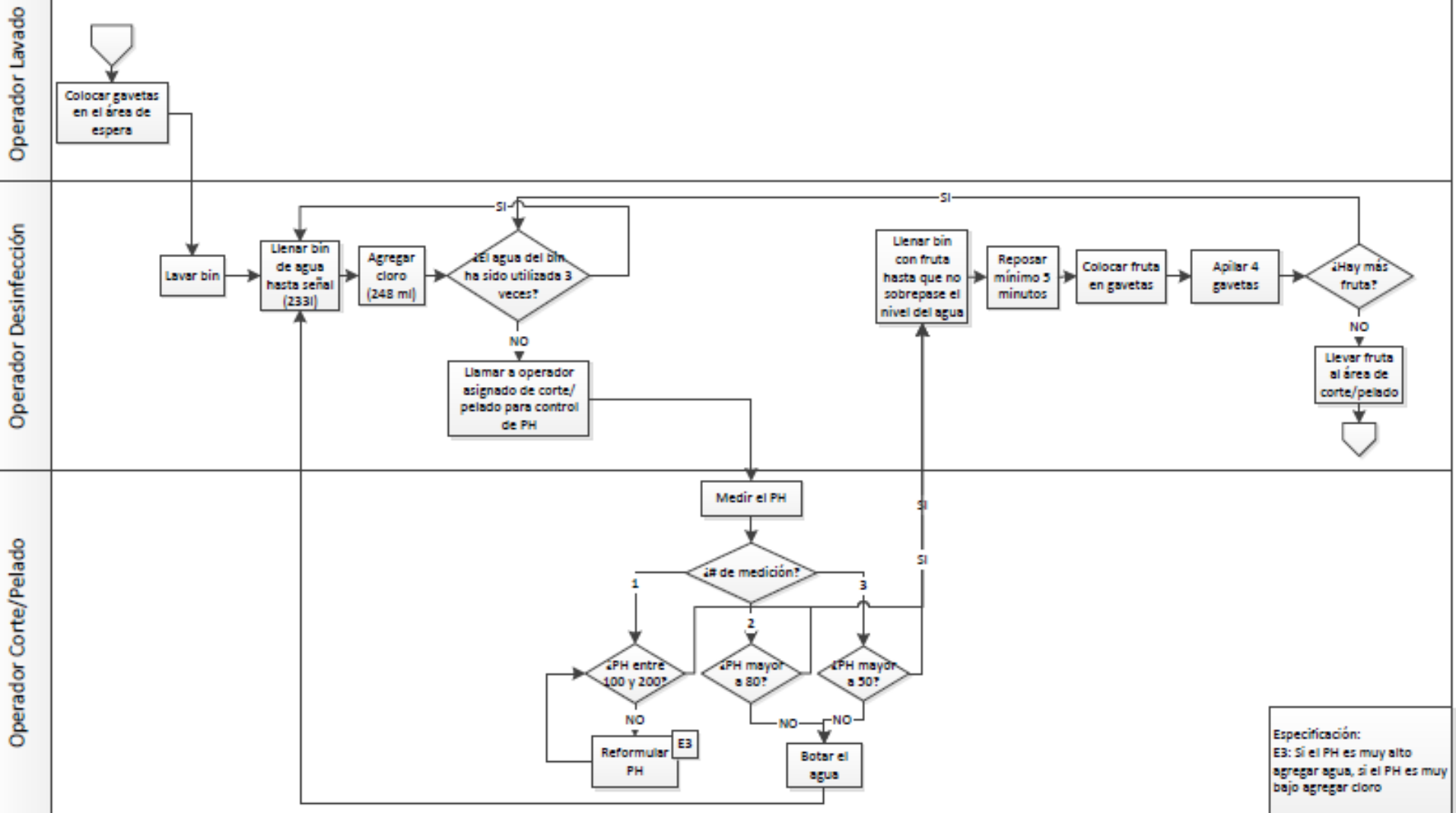
**Inicio:** Colocar gavetas en el área de espera

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Llevar gavetas al área de desinfección

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Área de Desinfección



**Proceso: Corte y Pelado 1**

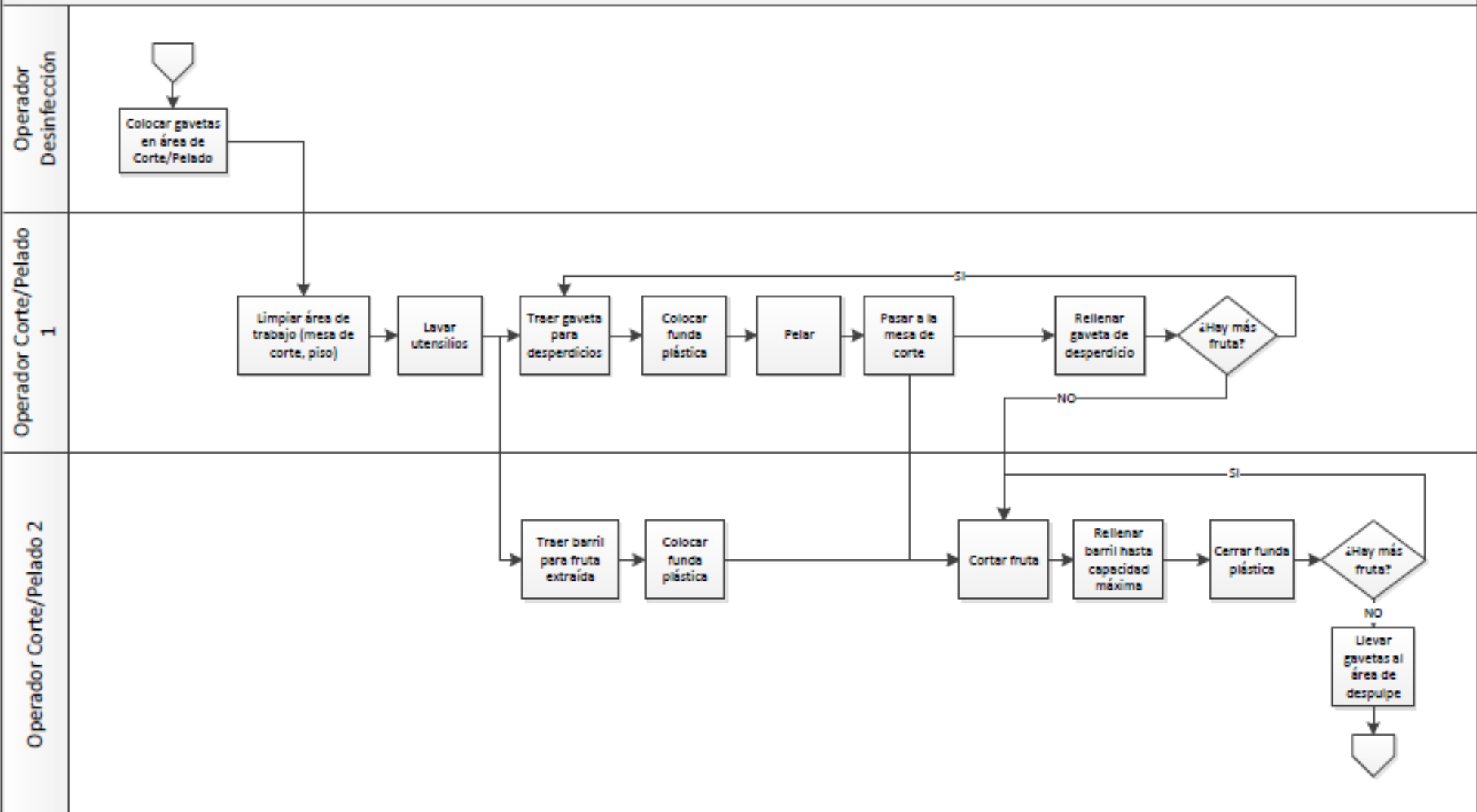
**Inicio:** Colocar gavetas en el área de corte y pelado

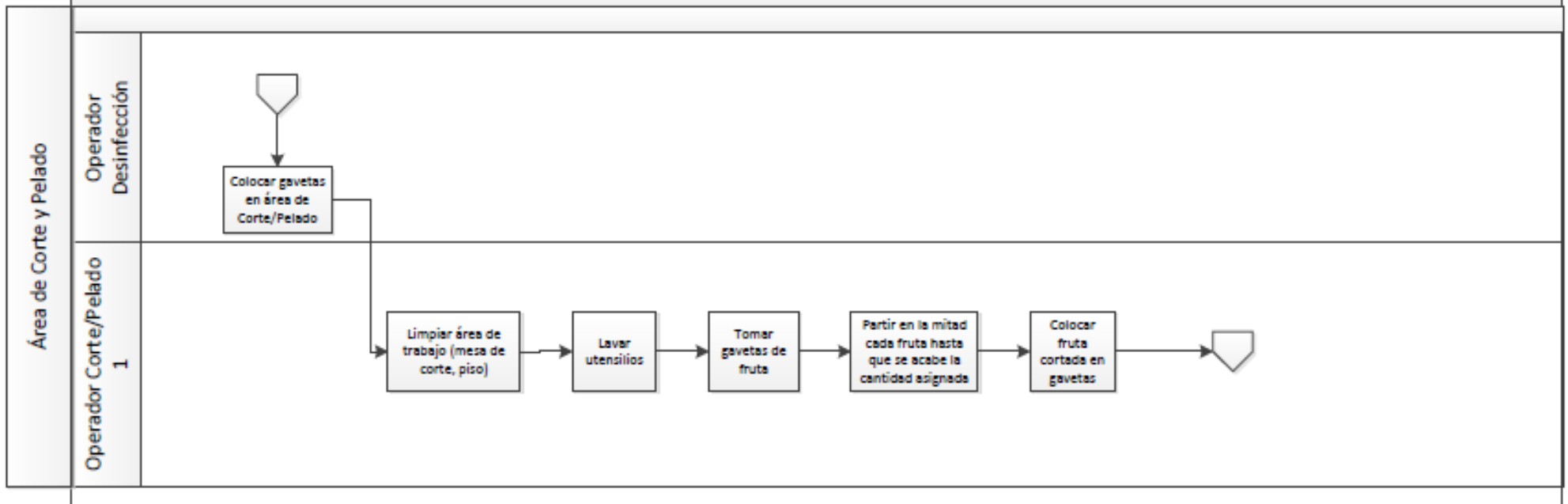
**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Llevar gavetas al área de despulpe

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Área de Corte y Pelado



**Proceso: Corte y Pelado 2****Inicio:** Colocar gavetas en el área de corte y pelado**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014**Fin:** Colocar fruta en gavetas**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Proceso: Corte y Pelado 3

Inicio: Lavar utensilios

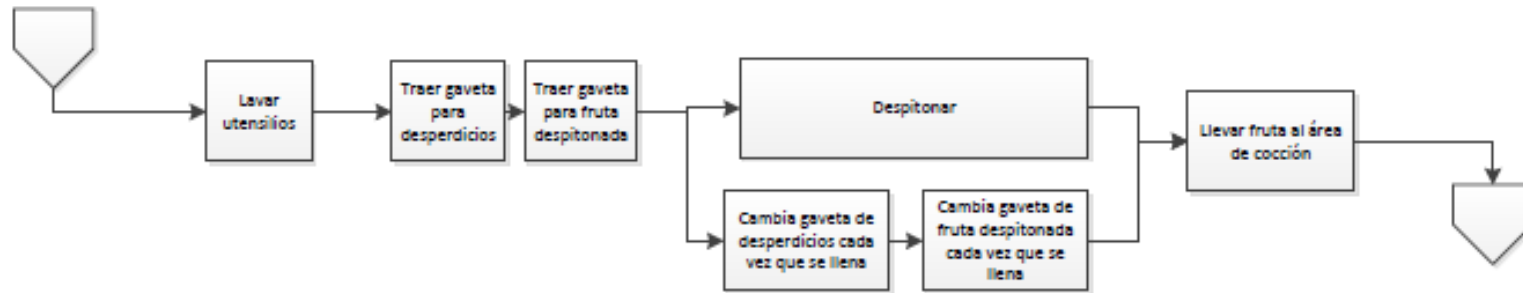
Fecha de elaboración: 25 de Septiembre de 2014

Fin: Colocar fruta en gavetas

Elaborado por: Moreno, Rhor.

Área de Lavado

Operador Corte/Pelado 1



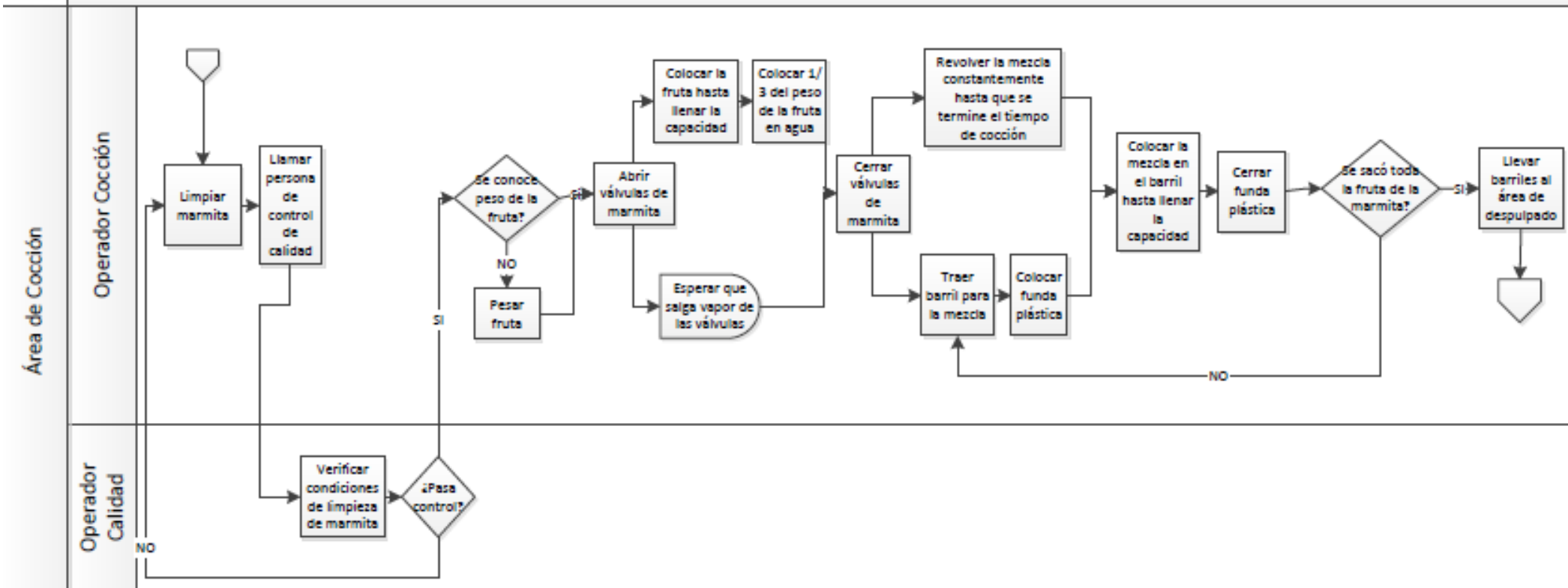
Proceso: Cocción

Inicio: Limpiar Marmita

Fecha de elaboración: 25 de Septiembre de 2014

Fin: Llevar barriles al área de despulpado

Elaborado por: Moreno, Rhor.



**Proceso: Despulpe 1**

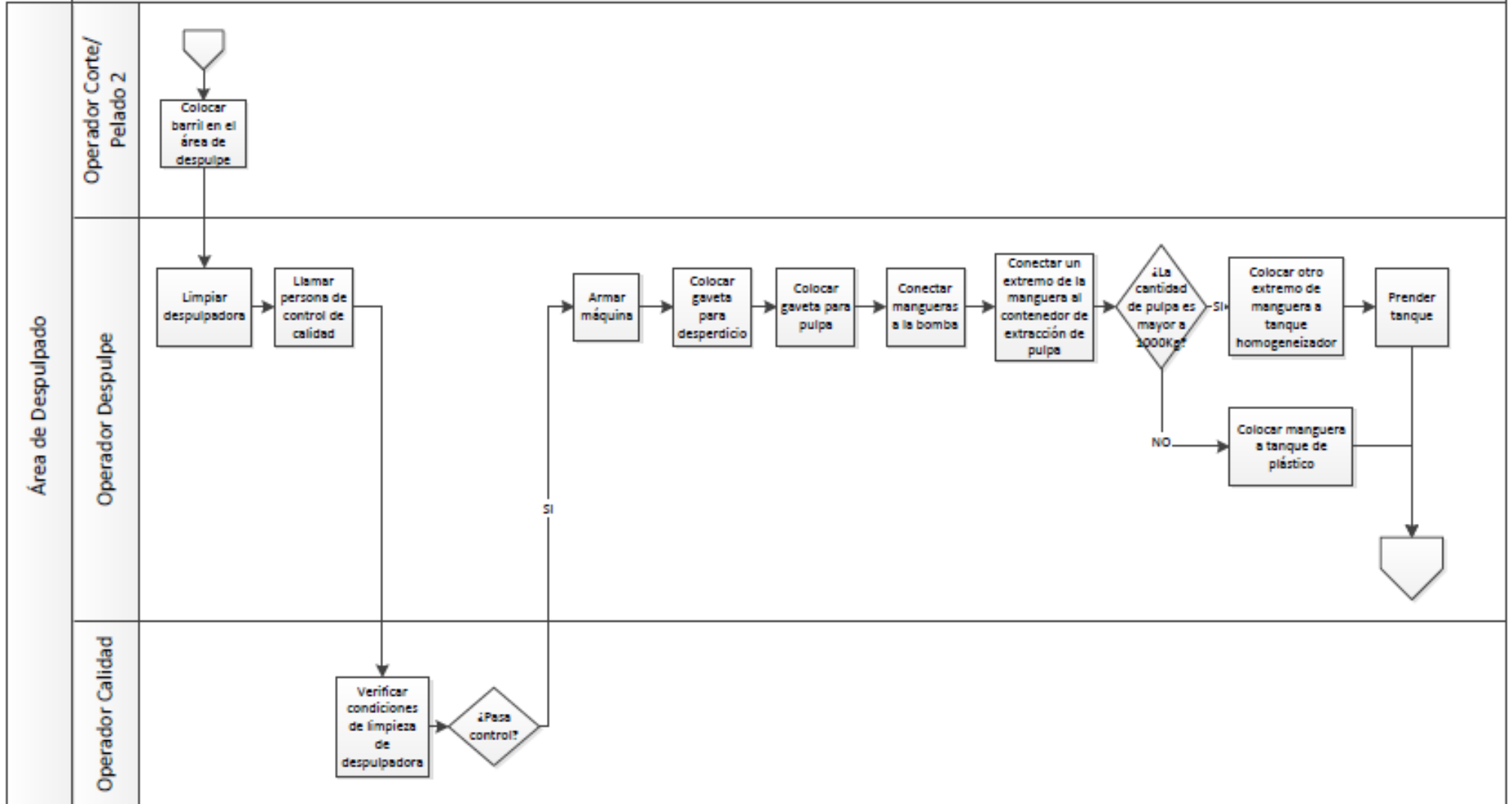
**Inicio:** Colocar barriles en el área de despulpe

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpe de fruta 1 de 2



**Proceso: Despulpe 1**

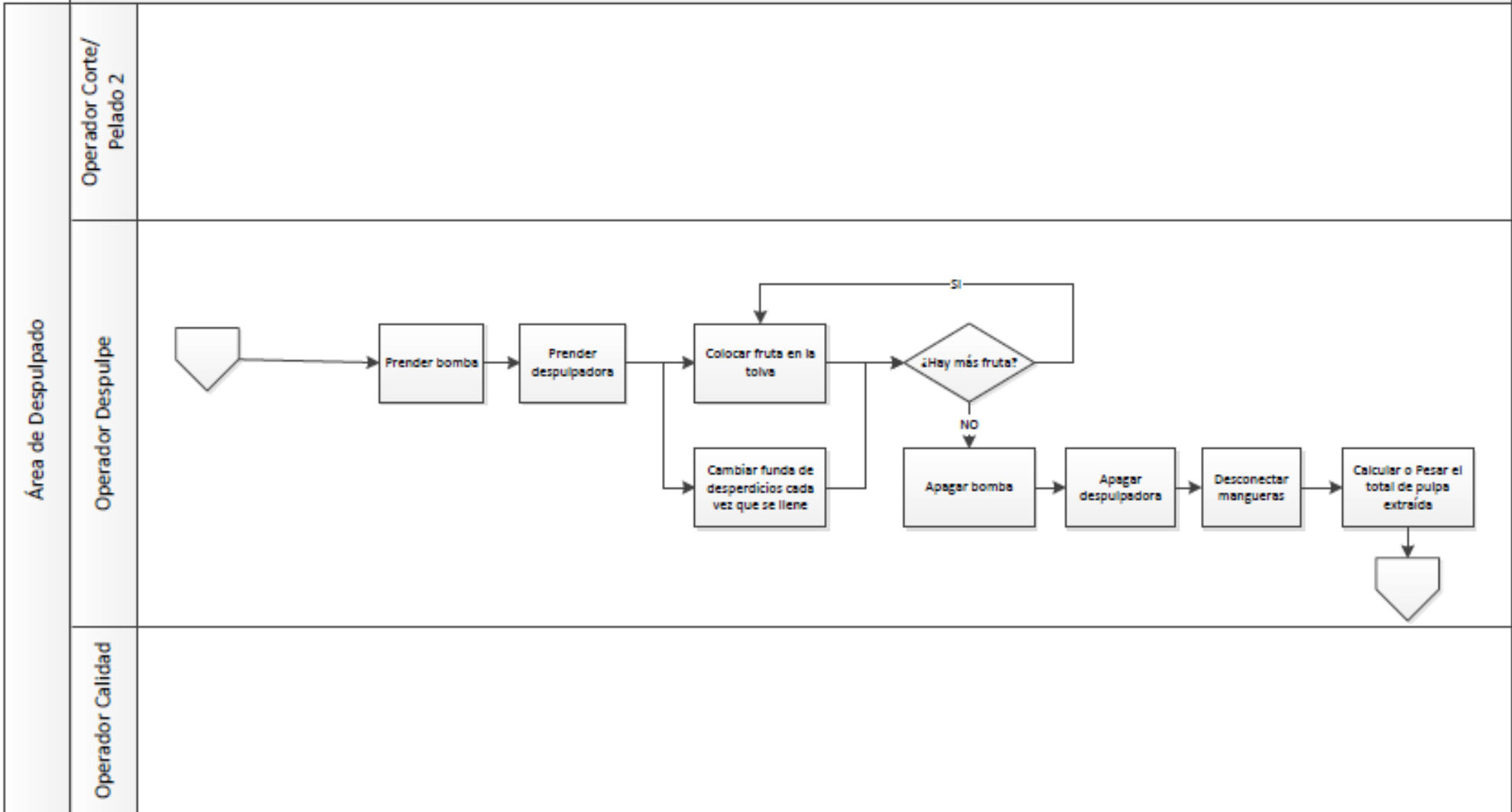
**Inicio:** Colocar barriles en el área de despulpe

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpe de fruta 2 de 2



**Proceso: Despulpe 2**

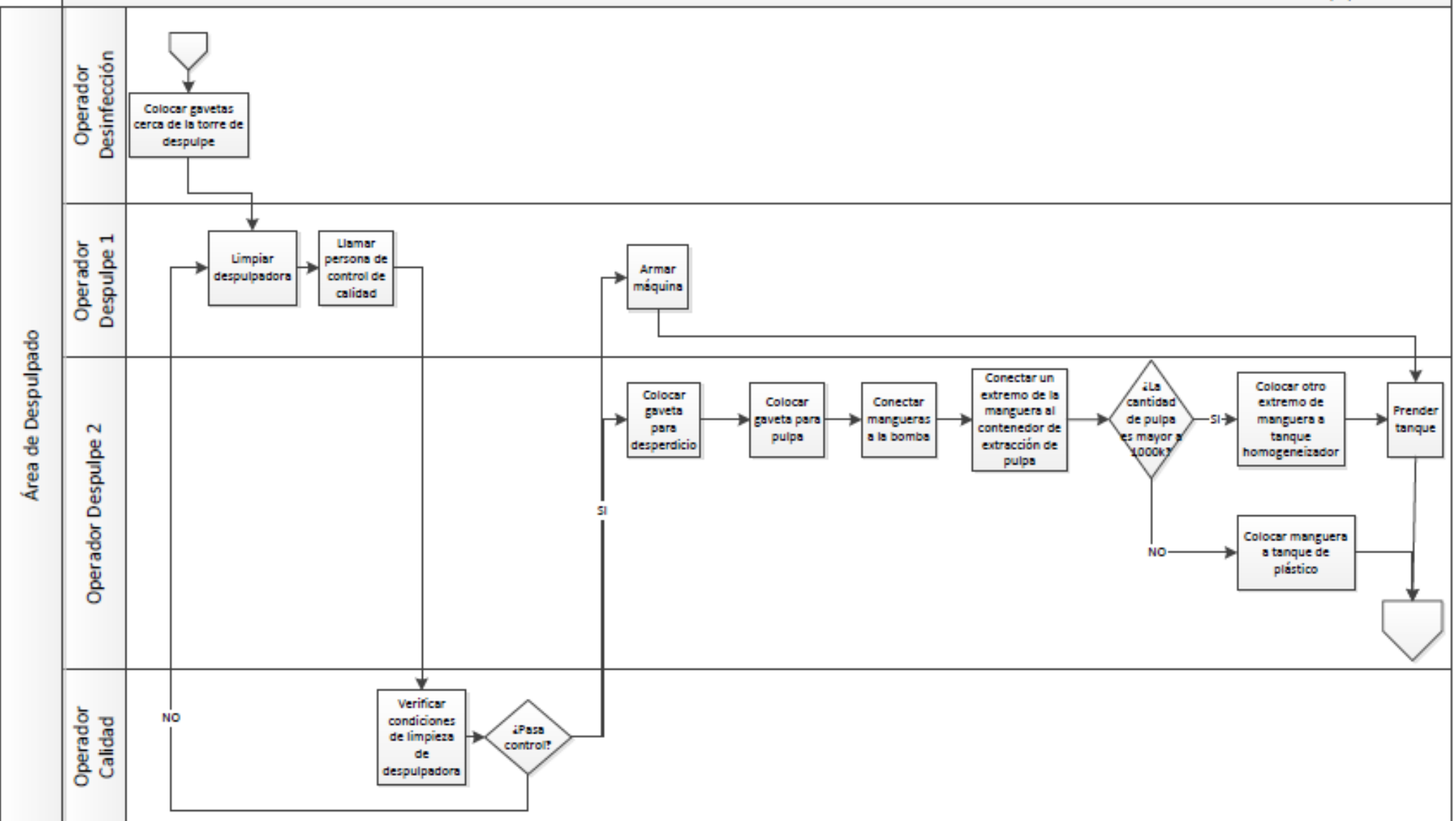
**Inicio:** Colocar gavetas cerca de la torre de despulpe

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpe de fruta 1 de 2





**Proceso: Despulpe 2**

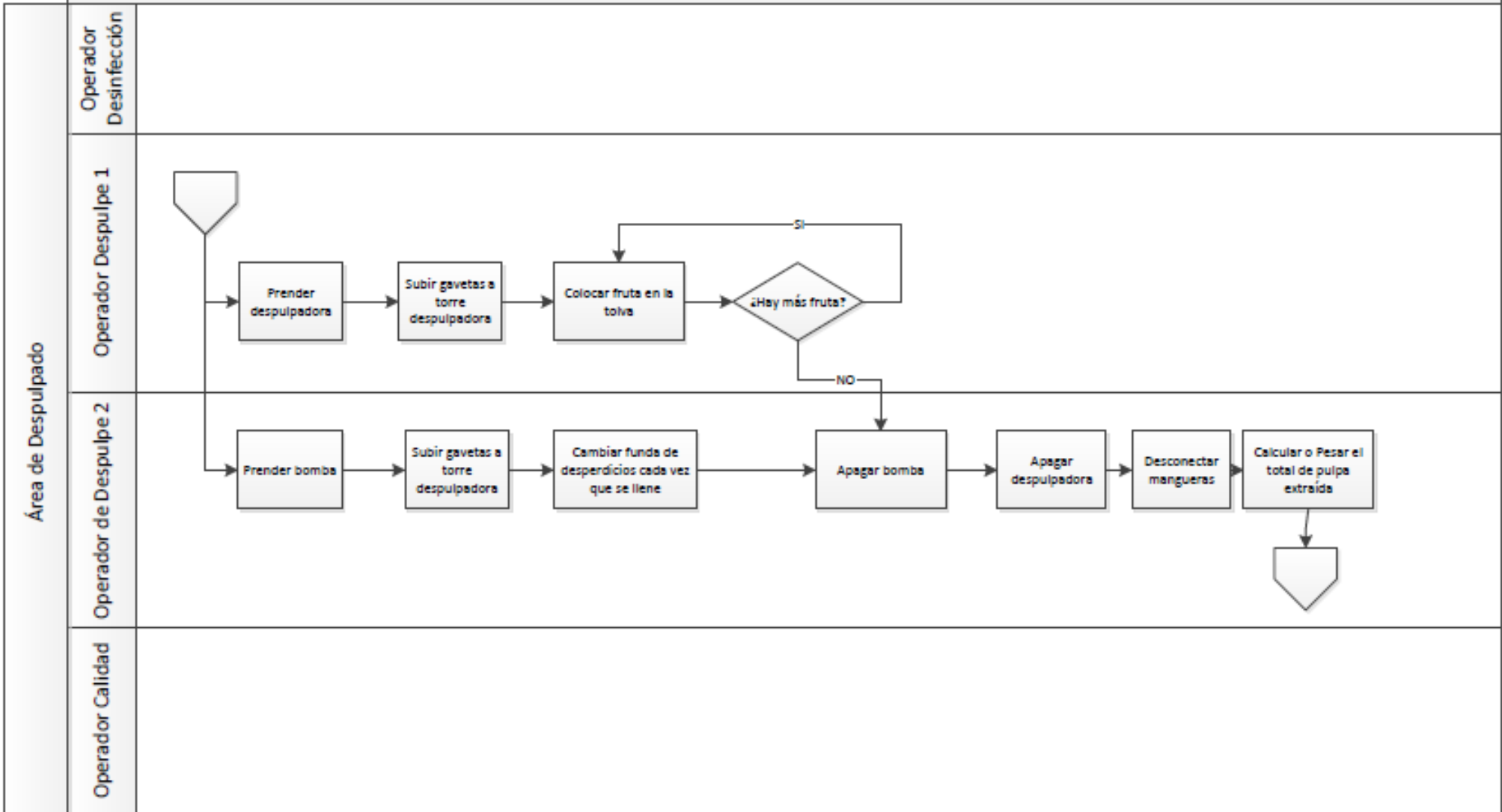
**Inicio:** Colocar gavetas cerca de la torre de despulpe

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpe de fruta 2 de 2



**Proceso: Despulpe 3**

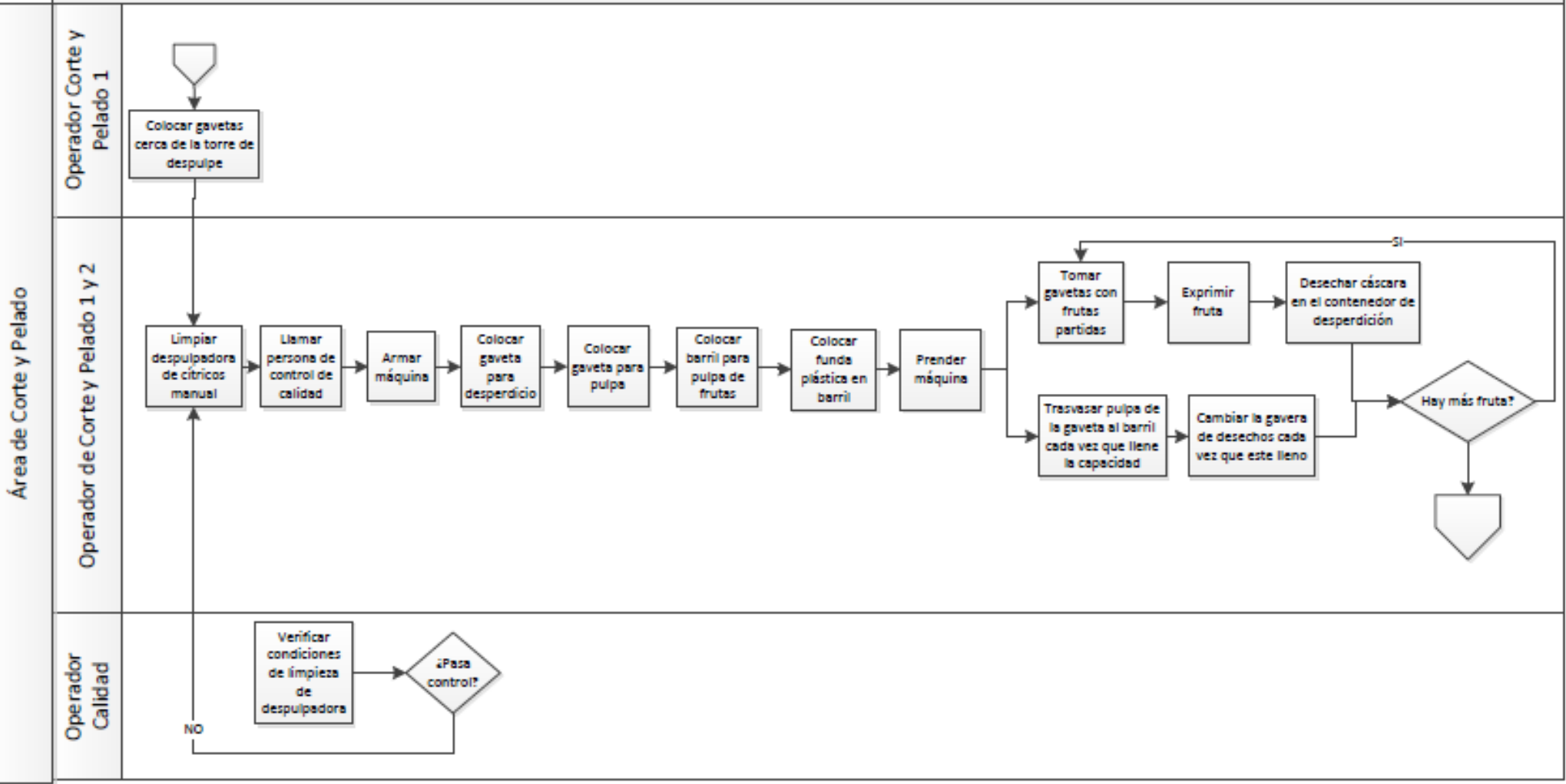
**Inicio:** Colocar gavetas cerca de la torre de despulpe

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpe de fruta 1 de 2



**Proceso: Despulpado 3**

**Inicio:** Colocar gavetas cerca de la torre de despulpado

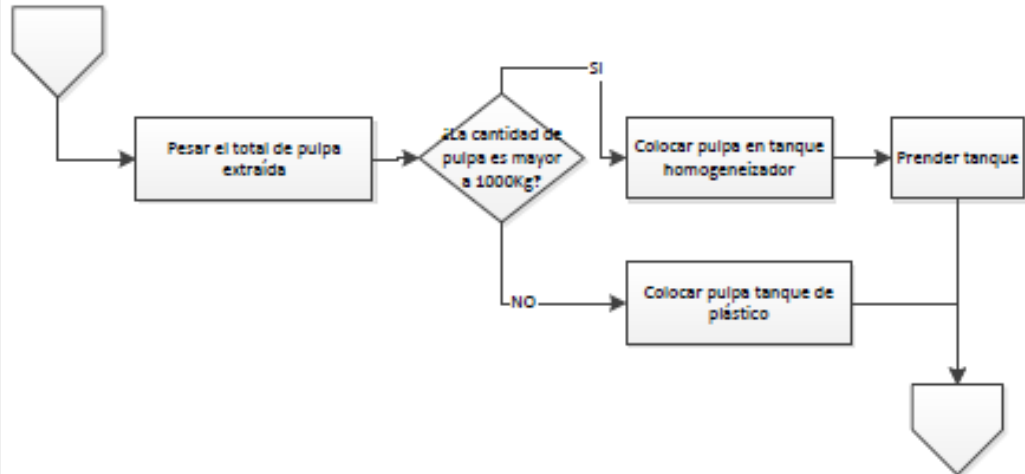
**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Calcular o pesar el total de pulpa extraída

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.

Despulpado de frutas 1 de 2

Área de Corte y Pelado	Operador Corte y Pelado 1
Área de Corte y Pelado	Operador de Corte y Pelado 1 y 2
Área de Corte y Pelado	Operador Calidad



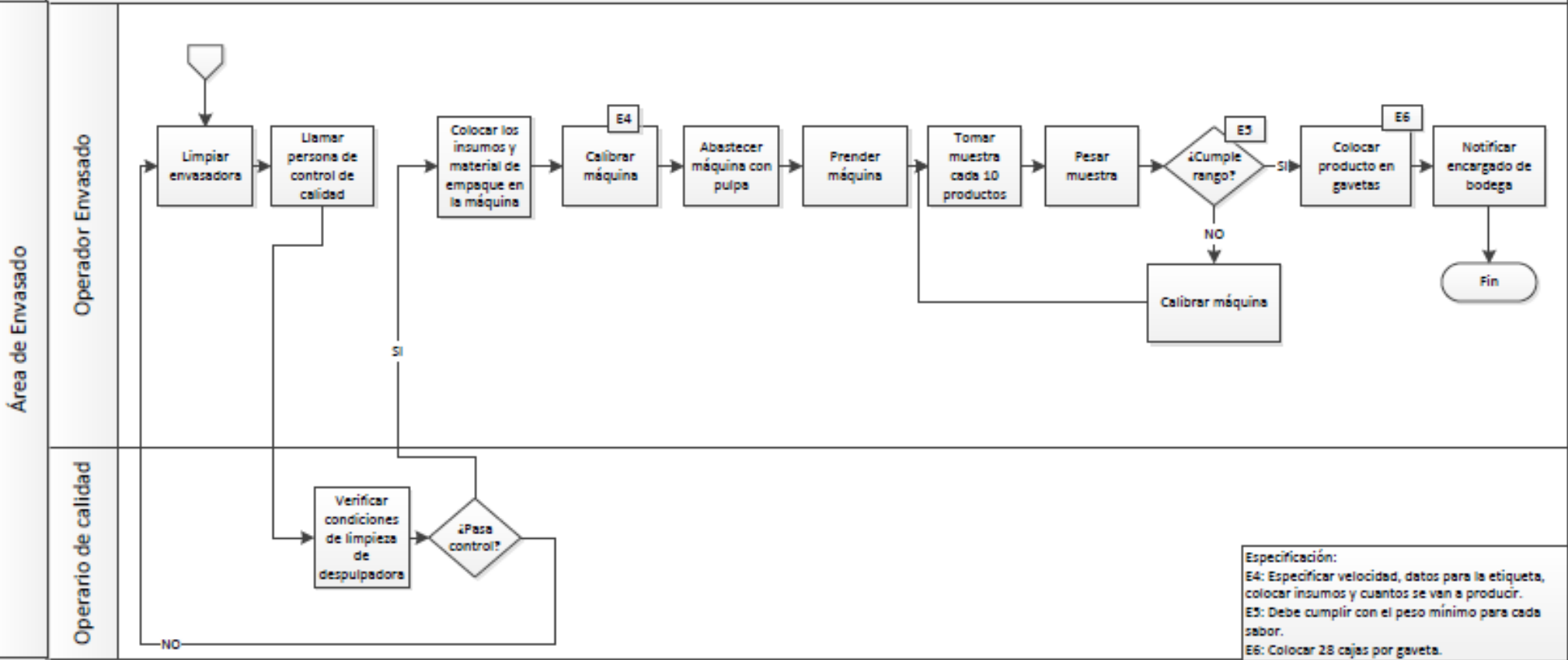
**Proceso: Envasado**

**Inicio:** Limpiar envasadora

**Fecha de elaboración:** 25 de Septiembre de 2014

**Fin:** Reportar al operario de bodega

**Elaborado por:** Moreno, Rhor.



**Especificación:**  
 E4: Especificar velocidad, datos para la etiqueta, colocar insumos y cuantos se van a producir.  
 E3: Debe cumplir con el peso mínimo para cada sabor.  
 E6: Colocar 28 cajas por gaveta.

7.3 Anexo3

7.3.1 Familia 1

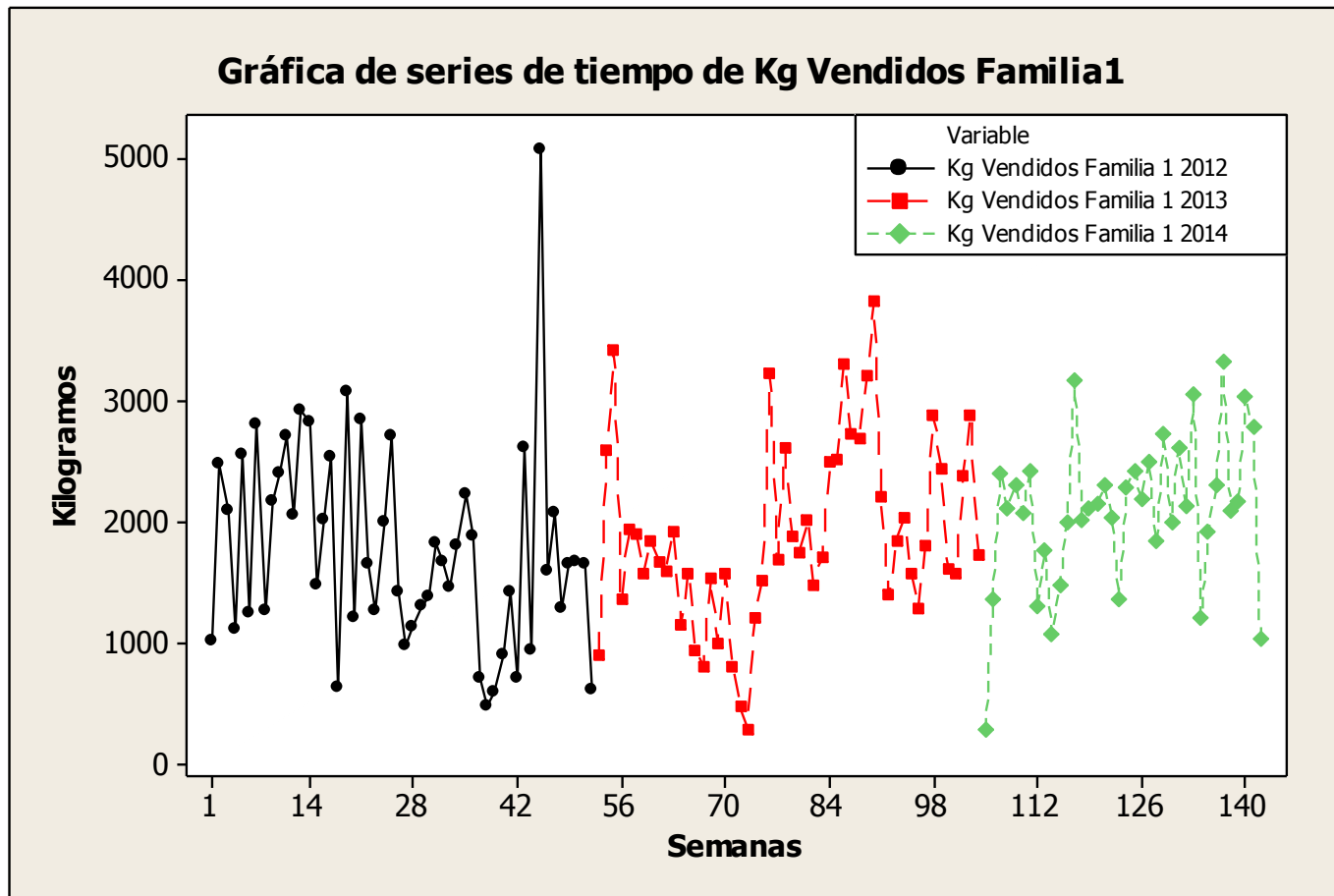


Figura 48: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 1

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

7.3.2 Familia 2

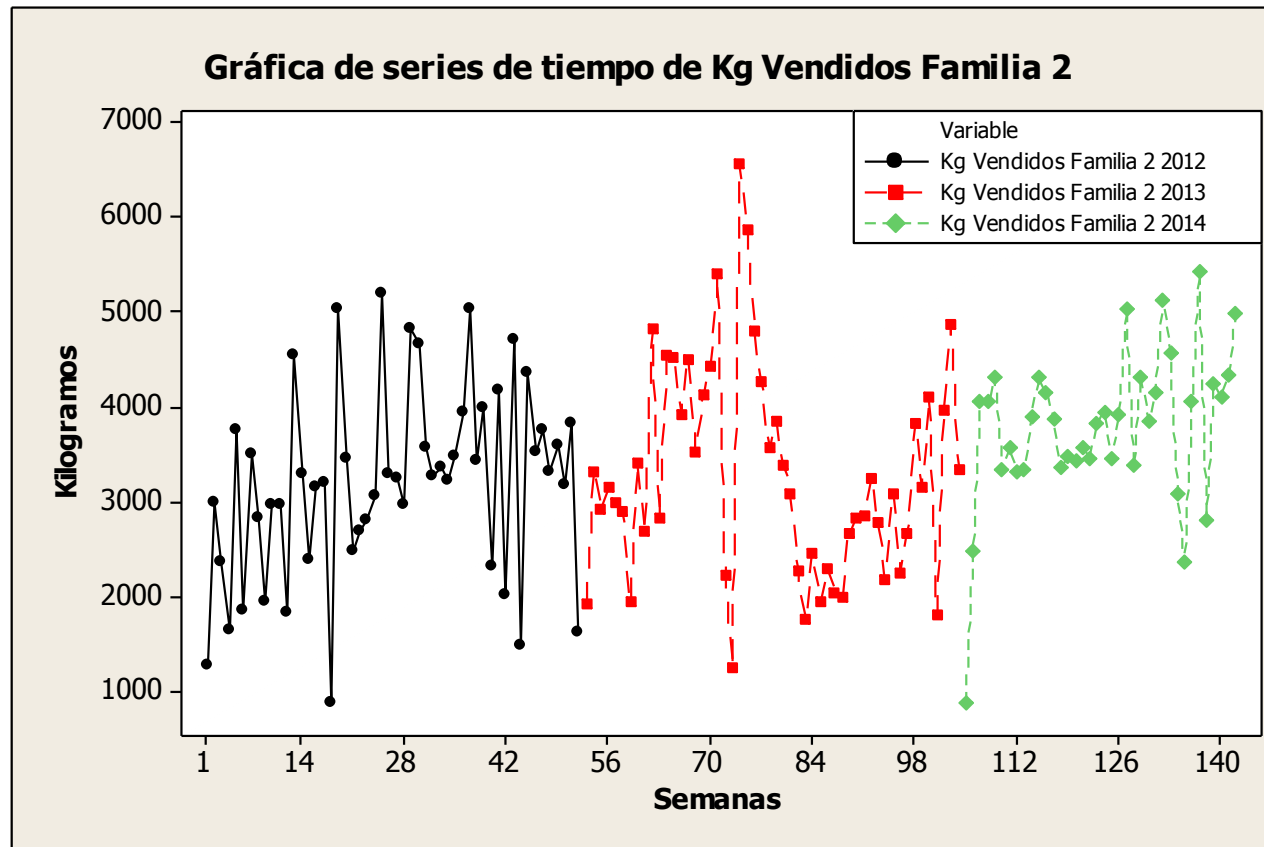


Figura 49: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 2

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

7.3.3 Familia 3

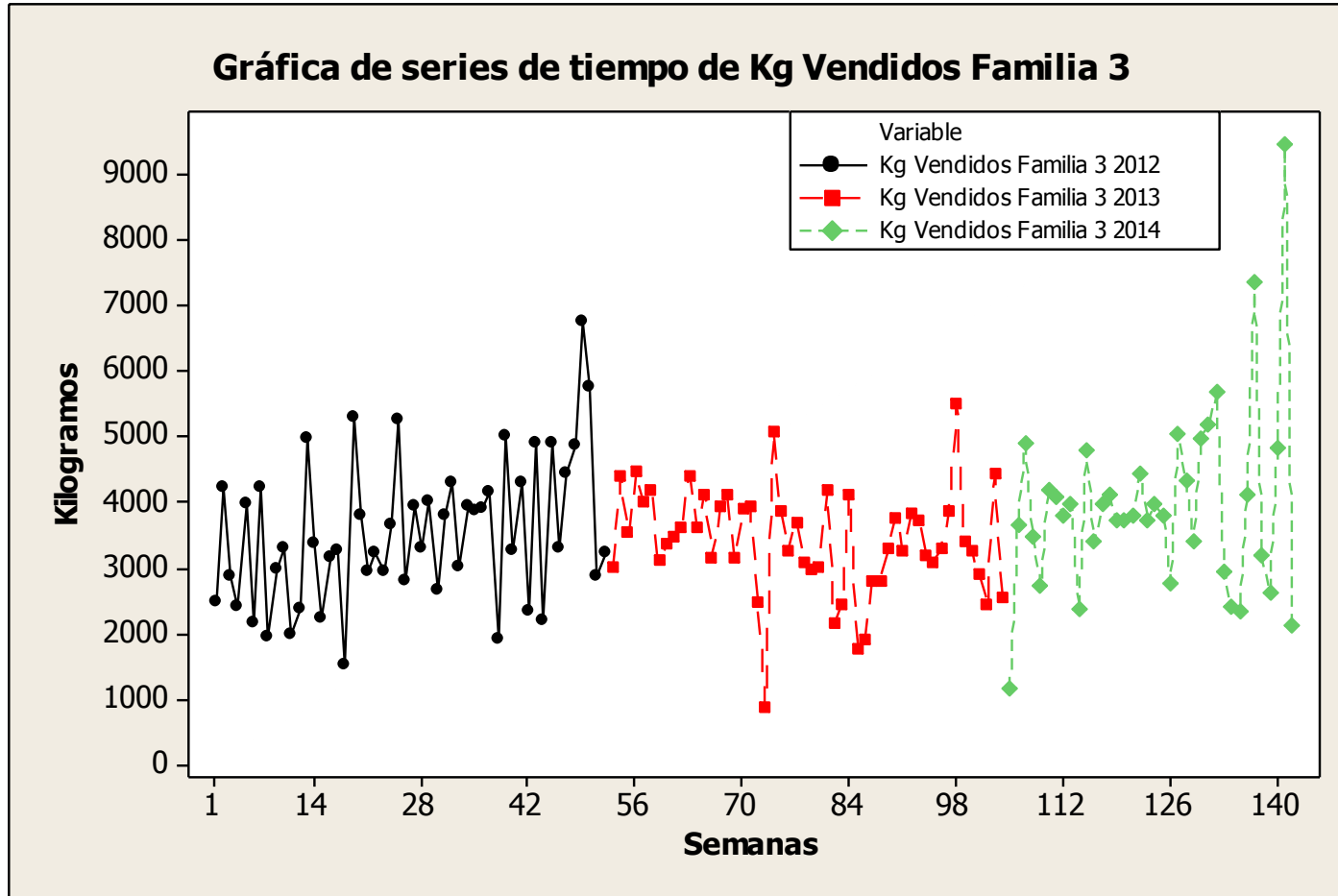


Figura 50: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 3

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

7.3.4 Familia 4

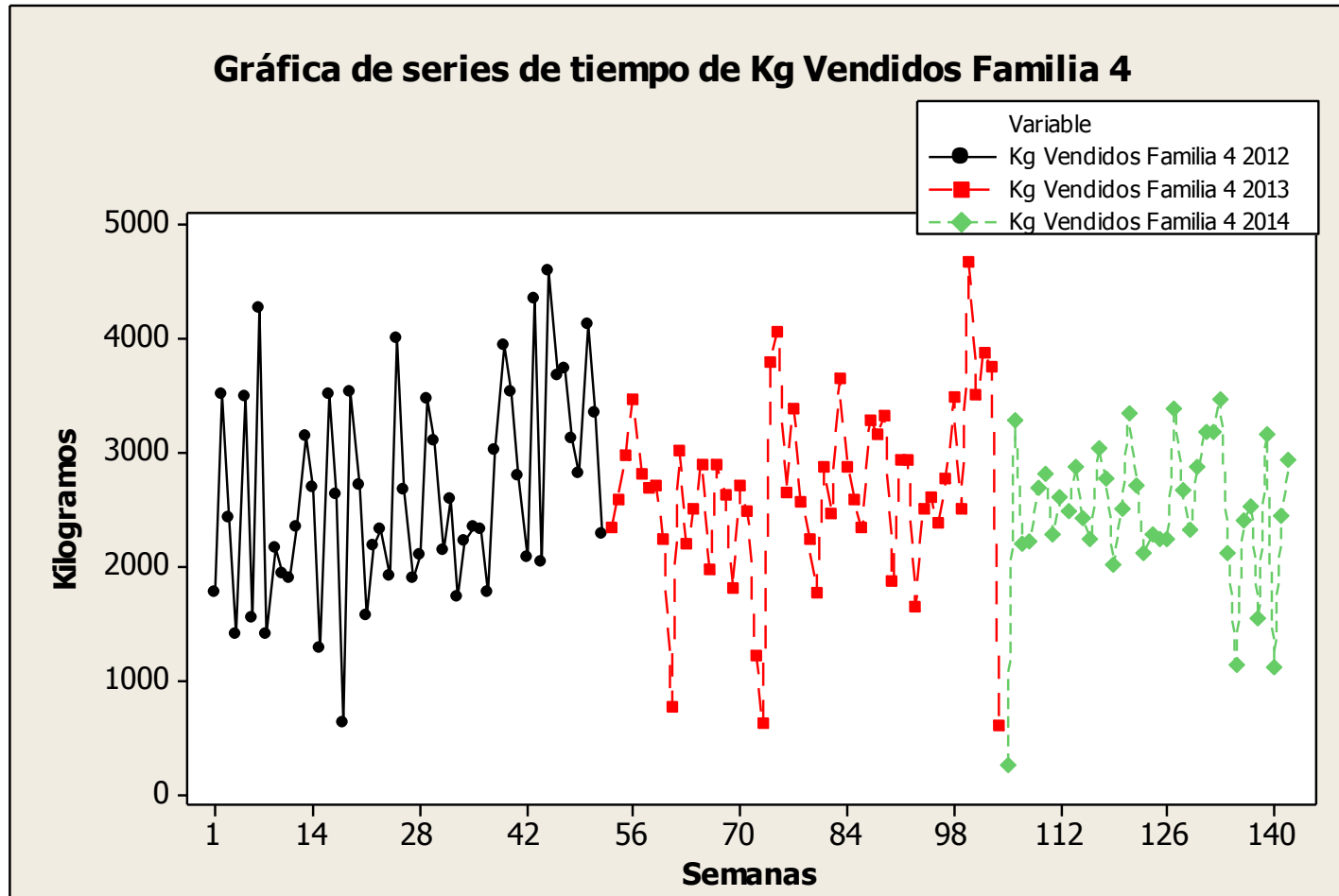


Figura 51: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 4

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia



7.3.5 Familia 5

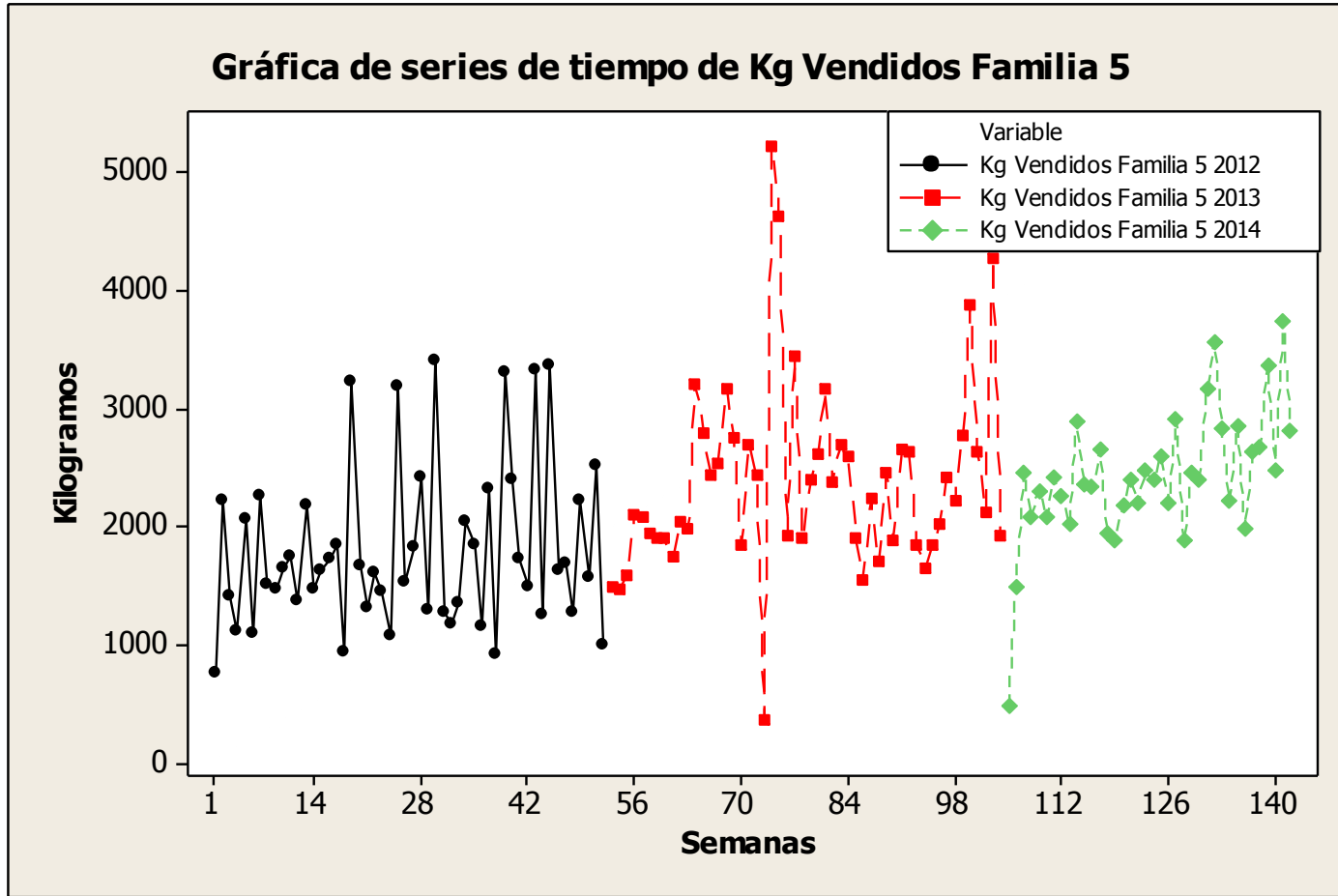


Figura 52: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 5

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

7.3.6 Familia 6

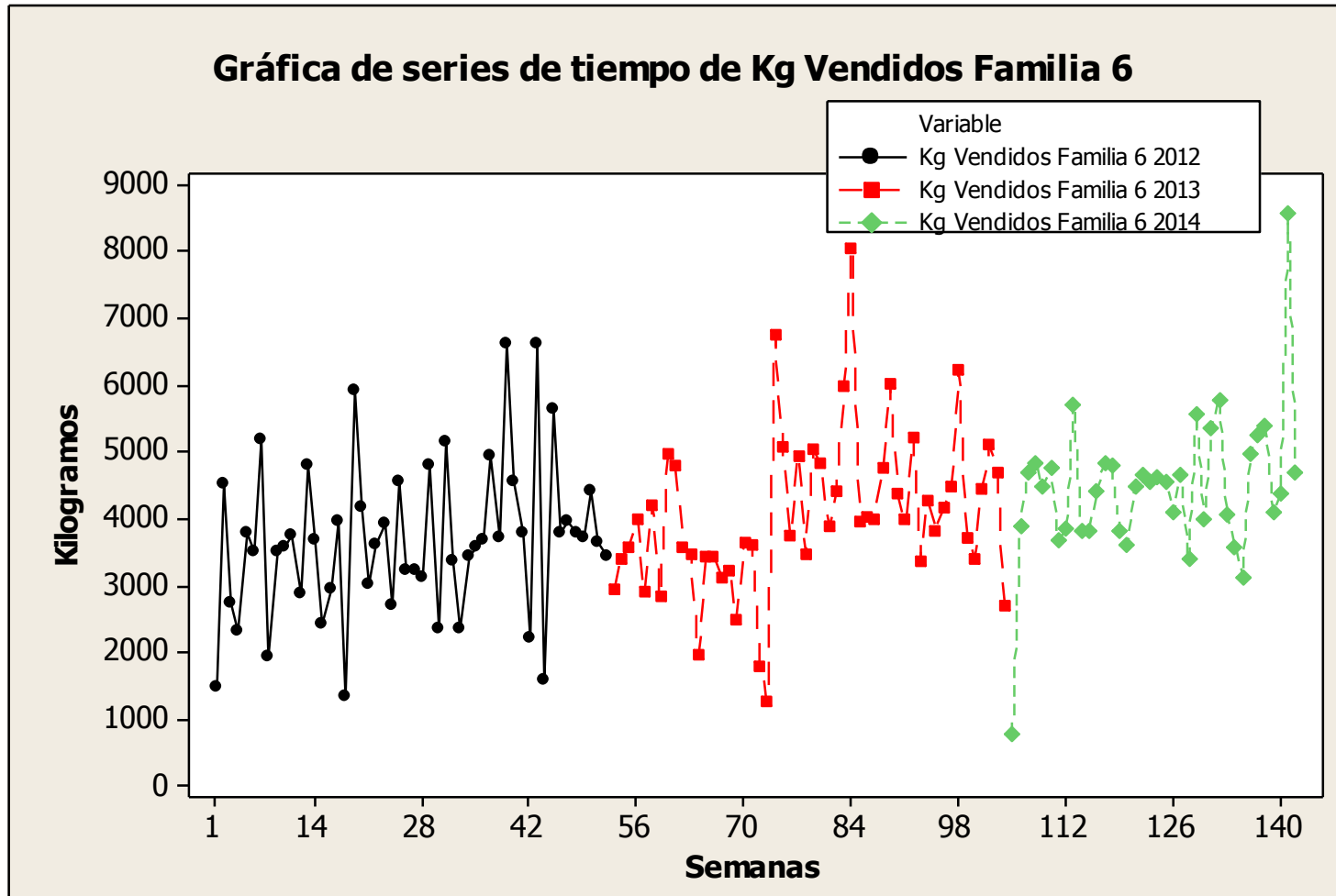


Figura 53: Series de tiempo de Kg Vendidos Familia 6

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

## 7.4 Anexo 4

### 7.4.1 Familia 1

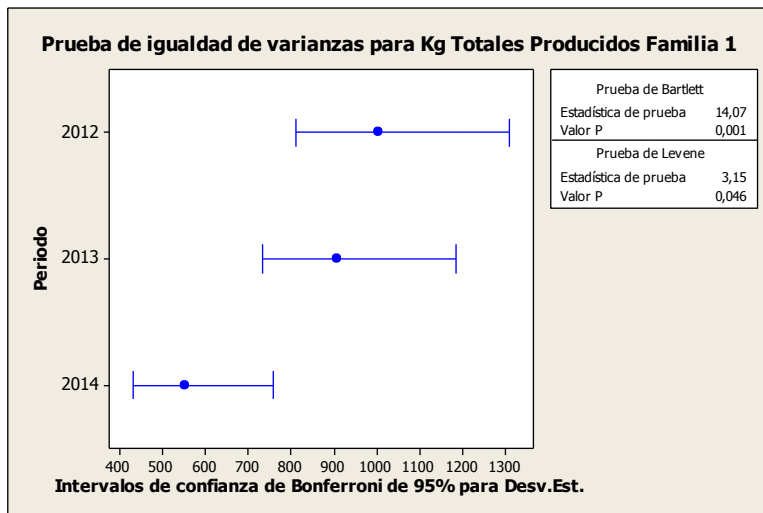


Figura 54: Prueba de igualdad de varianzas Familia 1

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

### 7.4.2 Familia 2

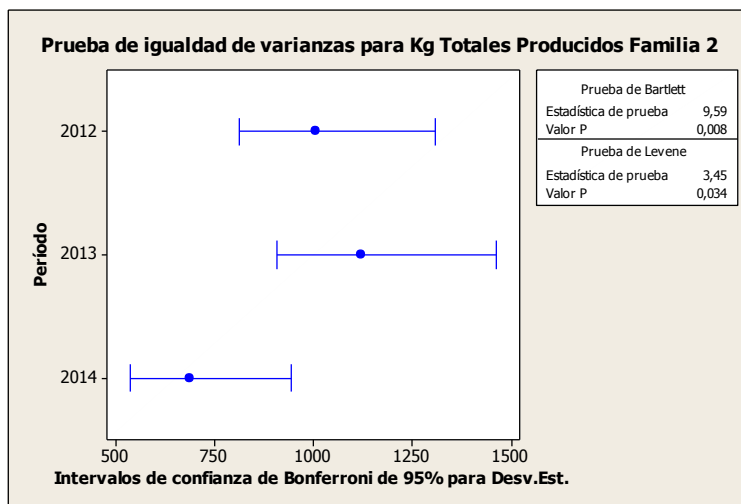


Figura 55: Prueba de igualdad de varianzas Familia 2

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

### 7.4.3 Familia 3

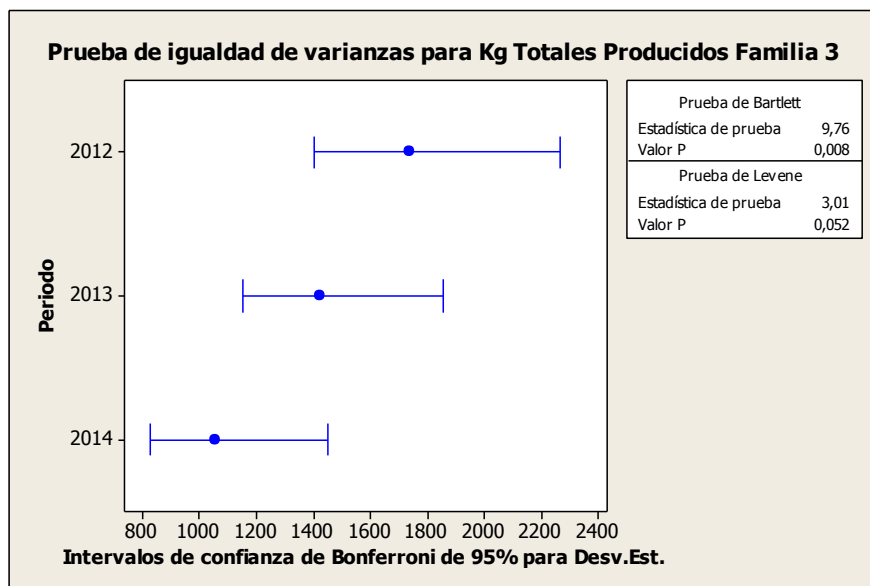


Figura 56: Prueba de igualdad de varianzas Familia 3

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

### 7.4.4 Familia 4

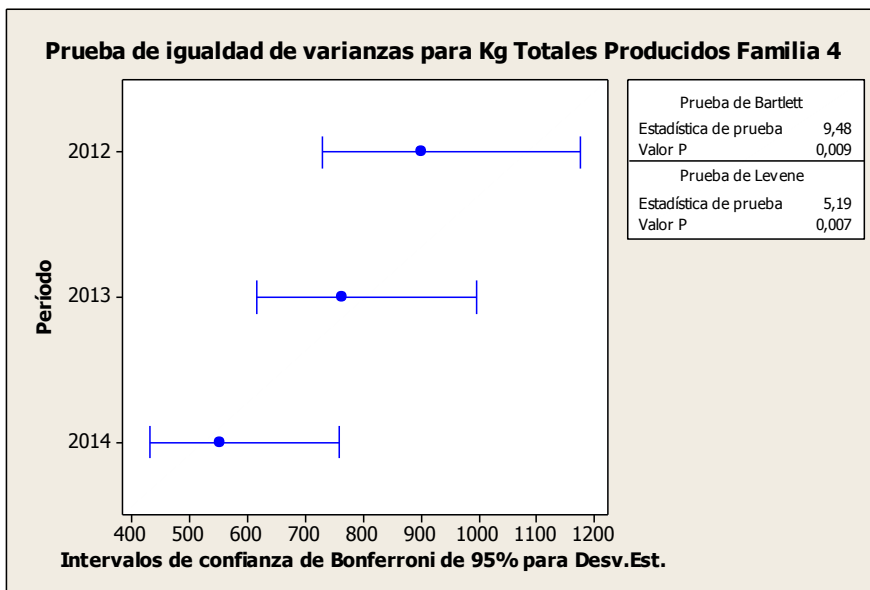


Figura 57: Prueba de igualdad de varianzas Familia 4

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

### 7.4.5 Familia 5

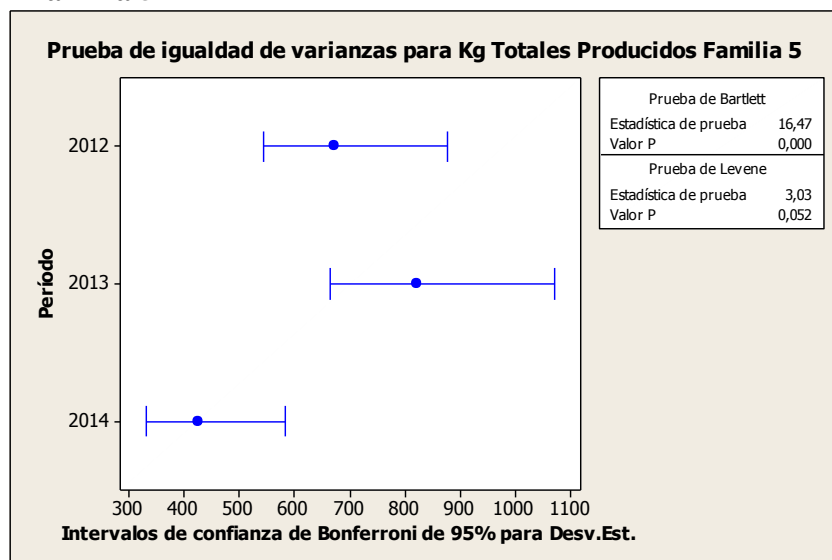


Figura 58: Prueba de igualdad de varianzas Familia 5

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

### 7.4.6 Familia 6

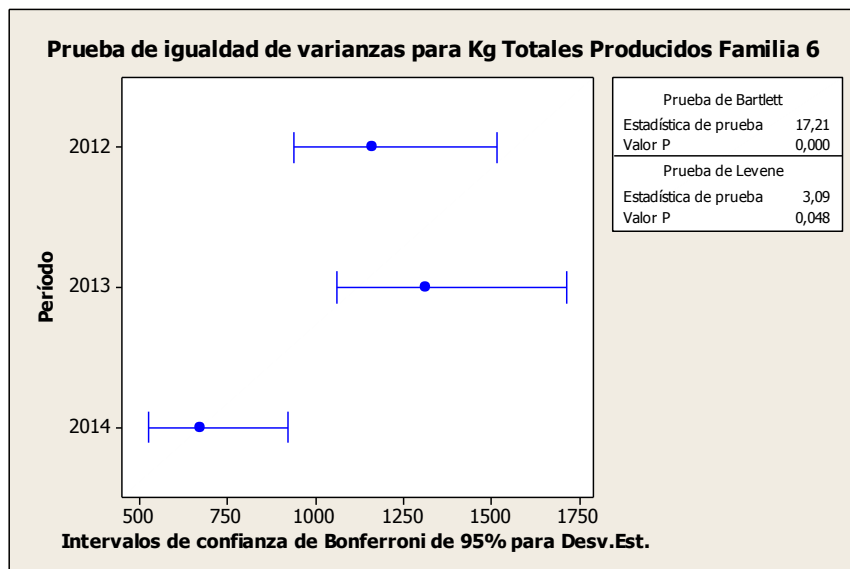


Figura 59: Prueba de igualdad de varianzas Familia 5

Fuente: UltraPulp Elaboración: Propia

## 7.5 Anexo 5

### Análisis de Autocorrelación de Familias de Producto

#### 7.5.1 Familia1

Desfase	ACF
1	-0,025722
2	-0,020103
3	-0,147918
4	0,238485
5	-0,293819
6	-0,035449
7	0,023837
8	0,331667
9	-0,006668
10	0,060015
11	-0,040540
12	0,096942
13	-0,108807
14	-0,012433
15	-0,104429
16	0,119973
17	-0,207152
18	-0,117174
19	-0,009436
20	0,219770
21	-0,098094
22	0,045886
23	-0,093878
24	0,043043
25	-0,289697
26	-0,056511
27	-0,116652
28	0,090156
29	0,026980
30	0,108319

*Tabla 59: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia1*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

### 7.5.2 Familia2

Desfase	ACF
1	0,045009
2	-0,206881
3	-0,092103
4	0,031430
5	0,172078
6	-0,001964
7	-0,081611
8	-0,061366
9	-0,010366
10	0,230166
11	-0,113942
12	0,031595
13	0,082564
14	-0,021555
15	0,092360
16	0,078119
17	-0,012155
18	0,001983
19	-0,124936
20	-0,109266
21	-0,149252
22	0,049994
23	-0,028261
24	0,013163
25	0,021463
26	-0,122477
27	-0,098142
28	0,095267
29	0,049948
30	-0,052019

*Tabla 60: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia2*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

### 7.5.3 Familia3

Desfase	ACF
1	-0,090491
2	-0,321756
3	-0,100051
4	0,247360
5	0,058424
6	-0,128689
7	-0,122427
8	-0,070743
9	0,207373
10	0,143107
11	-0,064361
12	-0,055269
13	0,048516
14	0,048520
15	-0,072448
16	-0,016884
17	0,008196
18	-0,074543
19	0,041424
20	0,016748
21	-0,016659
22	-0,001077
23	-0,085796
24	-0,001454
25	0,034538
26	0,085515
27	-0,141228
28	-0,038733
29	-0,019752
30	0,085854

*Tabla 61: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia3*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia



#### 7.5.4 Familia4

Desfase	ACF
1	0,157214
2	-0,340713
3	0,080140
4	0,018303
5	-0,232280
6	-0,013799
7	-0,165224
8	-0,224981
9	0,054490
10	0,076179
11	0,047093
12	0,181626
13	-0,021579
14	-0,166683
15	0,156368
16	0,082110
17	-0,183819
18	-0,030137
19	0,118149
20	-0,095310
21	-0,046012
22	0,053005
23	0,026234
24	-0,028537
25	-0,052117
26	0,015764
27	0,172591
28	0,003490
29	-0,139196
30	0,036625

*Tabla 62: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia4*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

### 7.5.5 Familia5

Desfase	ACF
1	0,163747
2	0,305188
3	0,053980
4	0,065013
5	-0,093654
6	0,206675
7	0,162749
8	0,172755
9	0,169335
10	0,254339
11	-0,081681
12	0,040560
13	-0,146507
14	0,001231
15	-0,010116
16	0,042829
17	-0,036994
18	0,071751
19	-0,198291
20	-0,096360
21	-0,166368
22	-0,126165
23	-0,167694
24	-0,034967
25	-0,093763
26	-0,185398
27	-0,022599
28	-0,019320
29	-0,154363
30	0,012502

*Tabla 63: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia5*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

### 7.5.6 Familia6

Desfase	ACF
1	-0,010332
2	-0,155527
3	-0,033067
4	0,044158
5	0,181473
6	-0,144244
7	-0,105950
8	-0,007025
9	0,217585
10	0,049138
11	-0,081788
12	0,061316
13	-0,136893
14	0,117000
15	-0,030537
16	0,051776
17	-0,098314
18	-0,060769
19	0,105977
20	-0,000947
21	-0,140568
22	-0,120755
23	0,042895
24	0,101480
25	-0,023517
26	-0,171986
27	-0,120020
28	0,180076
29	-0,047015
30	-0,114473

*Tabla 64: Función de autocorrelación: Kg Totales Producidos Familia6*

**Fuente:** UltraPulp **Elaboración:** Propia

7.6 Anexo 6

	piña	sandía	papaya	maracuyá	limón	mango	taxo	frutilla	mora	guayaba	toronja	naranja	manzana	guanábana	durazno	pera	tomate	naranjilla	tamarindo	coco
C1																				
C2																				
C3																				
C4																				
C5																				
C6																				
C7																				
C8																				
C9																				
C10																				
C11																				
C12																				
C13																				
C14																				
C15																				
C16																				
C17																				
C18																				
C19																				
C20																				
C21																				
C22																				
C23																				
C24																				
C25																				
C26																				
C27																				
C28																				
C29																				
C30																				
C31																				
C32																				

Tabla 65: Tabla de componentes extra para cada sabor de fruta

Elaboración: Propia

## 7.7 Anexo 7

Código de programa

```
Model Main_MODELO_FINAL_TESIS {  
  Set Frutas {  
    Index: i;  
  }  
  Set Lineas {  
    Index: j;  
  }  
  Set MateriaPrimaeInsumos {  
    Index: l;  
  }  
  Set Tiempo {  
    Index: t;  
  }  
  Parameter CostoProduccion {  
    IndexDomain: (i,j);  
  }  
  Parameter CostoInventario {  
    IndexDomain: i;  
  }  
  Parameter CostoEscacez {  
    IndexDomain: i;  
  }  
  Parameter CostoInventarioMateriaPrimaeInsumos {  
    IndexDomain: l;  
  }  
}
```

}

Parameter Demanda {

IndexDomain: (i,t);

}

Parameter TasaProduccion {

IndexDomain: (i,j);

}

Parameter HorasDisponibles {

IndexDomain: (j,t);

}

Parameter SuministroMaximo {

IndexDomain: (l,t);

}

Parameter InventarioInicial {

IndexDomain: i;

}

Parameter InventarioFinal {

IndexDomain: i;

}

Parameter InventarioInicialMateriaPrima {

IndexDomain: l;

}

Parameter BOM {

IndexDomain: (i,l);

}

Parameter SumatoriaNecesidades {

IndexDomain: l|ord(l)=52;

Definition: sum[t,NecesidadesMateriaPrimaInsumos(l,t)];

```
}  
Parameter InventarioFinalMateriaPrimaeInsumoss {  
  IndexDomain: I;  
}  
Variable CantidadProduccion {  
  IndexDomain: (t,i,j);  
  Range: nonnegative;  
}  
Variable MateriaPrimaeInsumosRecepcionar {  
  IndexDomain: (I,t);  
  Range: nonnegative;  
}  
Variable NecesidadesMateriaPrimaeInsumos {  
  IndexDomain: (I,t);  
  Range: nonnegative;  
}  
Variable InventarioFisico {  
  IndexDomain: (i,t);  
  Range: nonnegative;  
}  
Variable BalanceInventario {  
  IndexDomain: (i,t);  
  Range: free;  
}  
Variable InventarioFaltante {  
  IndexDomain: (i,t);  
  Range: nonnegative;  
}
```

Variable InventarioFinalMateriaPrimaeInsumos {

IndexDomain: (l,t);

}

Variable FO {

Range: free;

Definition:

$\text{sum}[(i,j,t), \text{CostoProduccion}(i,j) * \text{CantidadProduccion}(t,i,j)] + \text{sum}[(i,t), \text{CostoInventario}(i) * \text{InventarioFisico}(i,t)] + \text{sum}[(i,t), \text{CostoEscacez}(i) * \text{InventarioFaltante}(i,t)] + \text{sum}[(l,t), \text{CostoInventarioMateriaPrimaeInsumos}(l) * \text{InventarioFinalMateriaPrimaeInsumos}(l,t)];$

}

Constraint BalanceInventarioProducto {

IndexDomain: (i,t);

Definition: {

if(ord(t-1)=0)

then  $\text{BalanceInventario}(i,t) = \text{InventarioInicial}(i) + \text{sum}[j, \text{CantidadProduccion}(t,i,j)] - \text{Demanda}(i,t)$

else  $\text{BalanceInventario}(i,t) = \text{BalanceInventario}(i,t-1) + \text{sum}[j, \text{CantidadProduccion}(t,i,j)] - \text{Demanda}(i,t)$

endif;

}

}

Constraint AsignacionInventario {

IndexDomain: (i,t);

Definition:  $\text{BalanceInventario}(i,t) = \text{InventarioFisico}(i,t) - \text{InventarioFaltante}(i,t);$

}

Constraint CantidadProduccionn {

IndexDomain: (j,t);

Definition:

$\text{sum}[i, \text{CantidadProduccion}(t,i,j) * \text{TasaProduccion}(i,j)] \leq \text{HorasDisponibles}(j,t);$

Comment: {



```

    "La tasa de producción de la fórmula esta dividido para 1 "
}
}
Constraint BalanceInventarioMateriaPrimaeInsumos {
    IndexDomain: (l,t);
    Definition: {
        if(ord(t-1)=0)
            then
InventarioFinalMateriaPrimaeInsumos(l,t)=InventarioInicialMateriaPrima(l)+MateriaPrima
eInsumosRecepcionar(l,t)-NecesidadesMateriaPrimaeInsumos(l,t)
            else
InventarioFinalMateriaPrimaeInsumos(l,t)=InventarioFinalMateriaPrimaeInsumos(l,t-
1)+MateriaPrimaeInsumosRecepcionar(l,t)-NecesidadesMateriaPrimaeInsumos(l,t)
            endif;
    }
}
Constraint MaximaRecepcion {
    IndexDomain: (l,t);
    Definition: MateriaPrimaeInsumosRecepcionar(l,t)<=SuministroMaximo(l,t);
}
Constraint NecesidadesProductos {
    IndexDomain: (l,t);
    Definition:
NecesidadesMateriaPrimaeInsumos(l,t)=sum[i,BOM(i,l)*sum[j,CantidadProduccion(t,i,j)]];
}
Constraint CantidadFinalInventario {
    IndexDomain: (i,t);
    Definition: BalanceInventario(i,t)=Demanda(i,t)*0.5;
}
Constraint CantidadFinalInventarioInsumos {

```

IndexDomain: (l,t)|ord(t)=4;

Definition:

InventarioFinalMateriaPrimaInsumos(l|ord(l)=52,t)>=SumatoriaNecesidades(l)\*0.25;

}

Constraint CantidadFinalMateriaPrima {

IndexDomain: (l,t)|ord(l)>=1 and ord(l)<21;

Definition:

InventarioFinalMateriaPrimaInsumos(l,t)=InventarioInicialMateriaPrima(l);

}

MathematicalProgram PlaneaciondeProduccion {

Objective: FO;

Direction: minimize;

Constraints: AllConstraints;

Variables: AllVariables;

Type: Automatic;

}

Procedure MainInitialization;

Procedure MainExecution {

Body: solve PlaneaciondeProduccion;

}

Procedure MainTermination {

Body: {

return DataManagementExit();

}

}

}

## 7.8 Anexo 8

### Capturas de pantallas

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
PPiña	1150.42725					
PSandia	61.6725					
PPapaya	634.4375					
PMaracuya		1378.0475				
PLimon		1140.97				
PMango		904.8925				
PTaxo		511.43				
PFrutilla			1453.745			
PMora			1537.2775			
PGuayaba			1129.472937			
PToronja				22.95275		
PNaranja				2310.55025		
PManzana					1482.284	
PGuanabana					658.90875	
PDurazno					412.19475	
PPera					192.5585	
PTomate						2196.84525
PNaranjilla						1479.58675
PTamarindo						762.32825
PCoco						45.06975

Figura 60: Cantidad a Producir por sabores en el tiempo 1

	1	2	3	4
Piña	1257.992198	1343.222595	1343.222595	1343.222595
Sandia	75.98052	260.8144	260.8144	260.8144
Papaya	639.513	682.92	682.92	682.92
Maracuya	1107.398971	1223.037011	1231.635531	1240.348564
Limon	756.46311	836.0976975	841.9983975	847.80462
Mango	999.00132	1104.0828	1111.96812	1119.6492
Taxo	365.16102	403.6242	406.4802	409.3362
Frutilla	1150.203044	1272.757946	1282.444212	1291.984106
Mora	1382.166200	1529.083636	1540.553904	1552.062384
Guayaba	1509.653527	1654	1625	1555.184222
Toronja	15.0386418	16.530696	16.530696	16.530696
Naranja	2698.722692	2917.58224	2917.58224	2917.58224
Manzana	444.6852	497.68695	503.26095	508.83495
Guanabana	375.5779875	420.2645625	424.975185	429.683385
Durazno	107.170635	119.81398	121.159285	122.496075
Pera	48.139625	53.7635625	54.3660625	54.965
Tomate	1826.896510	1975.324428	1975.324428	1975.324428
Naranjilla	1296.117993	1401.34596	1401.34596	1401.34596
Tamarindo	130.3581308	140.91939	140.91939	140.91939
Coco	39.02138955	41.965326	41.965326	41.965326

Figura 61: Cantidad a recibir de la materia Prima en cada período

C3				0.04515875
C11		0.396215	0.7455705	0.7538305
C14		0.371652575	0.712599	0.712599
C15				0.25574335
C20	1.763465915	3.044849712	3.054841893	3.059866525
C21	11.70779801	13.99770739	14.07680896	14.14654378
C22	1.181997171	2.373927761	2.369867208	2.35660855
C24	40.29512316	210.1839648	211.6277542	213.0402012
C29	1.25509085	3.519362	3.519362	3.519362
C32	6246.480062	25000	25000	25000

Figura 62: Cantidad de Insumos a recibir en cada periodo

t	1	2	3	4
Piña	1257.992198	1343.222595	1343.222595	1343.222595
Sandía	75.98052	260.8144	260.8144	260.8144
Papaya	639.513	682.92	682.92	682.92
Maracuya	1107.398971	1223.037011	1231.635531	1240.348564
Limon	756.46311	836.0976975	841.9983975	847.80462
Mango	999.00132	1104.0828	1111.96812	1119.6492
Taxo	365.16102	403.6242	406.4802	409.3362
Frutilla	1150.203044	1272.757946	1282.444212	1291.984106
Mora	1382.166200	1529.083636	1540.553904	1552.062384
Guayaba	1509.653527	1654	1625	1555.184222
Toronja	15.0386418	16.530696	16.530696	16.530696
Naranja	2698.722692	2917.58224	2917.58224	2917.58224
Manzana	444.6852	497.68695	503.26095	508.83495
Guanabana	375.5779875	420.2645625	424.975185	429.683385
Durazno	107.170635	119.81398	121.159285	122.496075
Pera	48.139625	53.7635625	54.3660625	54.965
Tomate	1826.896510	1975.324428	1975.324428	1975.324428
NaranjaJilla	1296.117993	1401.34596	1401.34596	1401.34596
Tamarindo	130.3581308	140.91939	140.91939	140.91939
Coco	39.02138955	41.965326	41.965326	41.965326

Figura 63: Necesidades de Materia Prima en cada período

C1	0.023008545	0.0245674	0.0245674	0.0245674
C2	0.023008545	0.0245674	0.0245674	0.0245674
C3	0.09250875	0.31755	0.31755	0.31755
C4	0.06344375	0.06775	0.06775	0.06775
C5	0.13780475	0.15219475	0.15326475	0.154349
C6	0.081440325	0.09000675	0.090649575	0.09127575
C7	0.045178917	0.049498728	0.048630854	0.0465415
C8	0.002310550	0.00249793	0.00249793	0.00249793
C9	0.002310550	0.00249793	0.00249793	0.00249793
C10	0.1482284	0.16589565	0.16775365	0.16961165
C11	0.65890875	0.73730625	0.7455705	0.7538305
C12	0.123658425	0.1382469	0.139799175	0.141341625
C13	0.1540468	0.1720434	0.1739714	0.175888
C14	0.659053575	0.712599	0.712599	0.712599
C15	0.29591735	0.319942	0.319942	0.319942
C16	0.041013473	0.0441077	0.0441077	0.0441077
C17	0.103571072	0.1119797	0.1119797	0.1119797
C18	13.73034093	15.18045887	15.24064393	15.2790808
C19	6.341028225	6.9719825	7.0123275	7.0523025
C20	2.763465915	3.044849712	3.054841893	3.059866525
C21	12.70779801	13.99770739	14.07680896	14.14654378
C22	2.181997171	2.373927761	2.369867208	2.35660855
C23	4.526401575	5.00062075	5.03533075	5.069485
C24	190.2951232	210.1839648	211.6277542	213.0402012
C25	0.073416922	0.082672872	0.083282827	0.083880479
C26	0.575657775	0.62737425	0.6290271	0.6306791
C27	0.001129473	0.001237468	0.001215771	0.001163537
C28	0.004438760	0.00479913	0.00479913	0.00479913
C29	3.25509085	3.519362	3.519362	3.519362
C30	0.026448723	0.028630036	0.028646966	0.028663939
C31	0.004107649	0.004467397	0.004480240	0.004493169
C32	19465.65169	21455.66820	21524.14236	21561.70075

Figura 64: Necesidad de Insumos en cada período

t	1	2	3	4
PPiña	522.05725	522.05725	522.05725	522.05725
PSandia	89.9725	89.9725	89.9725	89.9725
PPapaya	287.9375	287.9375	287.9375	287.9375
PMaracuya	640.3475	644.895	649.4425	654.0325
PLimon	530.57	534.3525	538.135	541.875
PMango	420.7925	423.7675	426.785	429.76
PTaxo	237.83	239.53	241.23	242.93
PFrutilla	676.345	681.4875	686.6725	691.815
PMora	714.9775	720.46	725.9	731.34
PGuayaba	671.3729369	626.0411398	549.3125	510.85
PToronja	10.72275	10.72275	10.72275	10.72275
PNaranja	1061.62025	1061.62025	1061.62025	1061.62025
PManzana	693.804	701.7005	709.597	717.4935
PGuanabana	308.35875	311.865	315.3755	318.886
PDurazno	192.72475	194.91775	197.115	199.30375
PPera	89.9385	90.96275	91.987	93.007
PTomate	1009.51525	1009.51525	1009.51525	1009.51525
PNaranjilla	679.87675	679.87675	679.87675	679.87675
PTamarindo	350.23825	350.23825	350.23825	350.23825
PCoco	20.59975	20.59975	20.59975	20.59975

Figura 65: Figura 66: Inventario físico en cada período

t	1	2	3	4
C1	0.976991455	0.952424055	0.927856655	0.903289255
C2	0.976991455	0.952424055	0.927856655	0.903289255
C3	0.90749125	0.58994125	0.27239125	
C4	0.93655625	0.86880625	0.80105625	0.73330625
C5	0.86219525	0.7100005	0.55673575	0.40238675
C6	0.918559675	0.828552925	0.73790335	0.6466276
C7	0.954821083	0.905322354	0.8566915	0.81015
C8	2.497689450	2.495191520	2.492693590	2.490195660
C9	3.997689450	3.995191520	3.992693590	3.990195660
C10	3.5517716	3.38587595	3.2181223	3.04851065
C11	0.34109125			
C12	0.876341575	0.738094675	0.5982955	0.456953875
C13	0.8459532	0.6739098	0.4999384	0.3240504
C14	0.340946425			
C15	0.70408265	0.38414065	0.06419865	
C16	2.958986528	2.914878827	2.870771127	2.826663427
C17	7.896428927	7.784449227	7.672469527	7.560489827
C18	111.2696591	96.08920020	80.84855627	65.56947547
C19	53.65897177	46.68698927	39.67466177	32.62235927
C23	45.47359842	40.47297767	35.43764692	30.36816192
C25	0.926583078	0.843910206	0.760627379	0.6767469
C26	24.42434223	23.79696798	23.16794087	22.53726177
C27	0.998870527	0.997633059	0.996417287	0.99525375
C28	0.995561240	0.990762110	0.985962980	0.981163850
C30	0.973551277	0.944921241	0.916274274	0.887610335
C31	0.995892351	0.991424954	0.986944715	0.982451545
C32	10780.82838	14325.16017	17801.01781	21239.31706

Figura 67: Balance Inventario Insumos