



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO
DE LA EMPRESA “PRODUCTOS LOJÁN” MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA
TEORÍA DE RESTRICCIONES

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de: Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

Msc. Roque Alejandro Morán Gortaire

Autor

Ronny Javier Rivera Zambrano

2016

DECLARACIÓN DE PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Roque Alejandro Morán Gortaire

Master of Science

CI: 1704903317

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Ronny Javier Rivera Zambrano

CI: 1719088773

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermana por su gran apoyo, consejos y amor incondicional.

A la distinguida y prestigiosa Universidad de las Américas por haberme formado como profesional en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias.

A mi profesor guía, el Ingeniero Roque Morán Gortaire por sus conocimientos, tiempo y consejos acertados.

DEDICATORIA

A mi MADRE por ser mi guía, por el apoyo incondicional, gran consejera y por demostrarme que todo es posible en la vida.

A mi PADRE por el sacrificio realizado, que día a día me ha llevado a ser la persona que soy.

A mi HERMANA por ser la motivación y darme la fuerza para culminar exitosamente el presente trabajo de titulación.

A mis MAESTROS por haberme formado como profesional durante mi vida universitaria.

RESUMEN

La creciente demanda de alimentos elaborados a base de ingredientes naturales, está creando una oportunidad de crecimiento en el sector alimenticio; direccionando los esfuerzos de las empresas hacia la tecnificación de las líneas de producción.

Productos Loján es una PYME dedicada a la elaboración de humitas de sal y de dulce desde hace más de 20 años. La calidad y altos estándares de sus productos han llevado a la empresa a tener como único cliente a Corporación Favorita, sin embargo la creciente demanda de humitas ha ocasionado que la PYME en mención no logre abastecer satisfactoriamente la demanda solicitada por la corporación.

Según el testimonio del dueño y gerente general Milton Loján, es necesario aumentar la capacidad de la línea de producción, así como tecnificar la misma, para dejar de depender en gran medida de la producción manual de las humitas.

En la medición de tiempos inicial se detectó que la línea de producción se encuentra desbalanceada, que existen operarios con demasiado tiempo ocioso y existen cuellos de botella internos.

Consecuentemente se procedió aplicar la Teoría de Restricciones la cual requirió de un balanceo de la línea de producción que permitió reducir el tiempo ocioso por operario, logrando efectuar la misma cantidad de humitas con 9 operarios en lugar de 11.

Continuando con la aplicación de la teoría y pese a que el balanceo de línea supone una solución eficiente para mejorar la productividad, este esfuerzo no basta para lograr el aumento de producción deseado. Por tal motivo en el penúltimo paso, Elevar las Restricciones, se propone la adquisición de

maquinarias, las cuales mejoran los tiempos de ciclo de las operaciones y permiten aumentar la producción de la línea.

Las mejoras que se plantean en el presente proyecto han sido simuladas y probadas mediante software, dando por válidas las propuestas sugeridas para la empresa.

ABSTRACT

The increasing demand of processed food based on natural ingredients has been creating an opportunity of growth in the alimentary sector, focusing all enterprises efforts in the application of engineering techniques along the production lines.

Productos Loján is a small enterprise dedicated to the elaboration of “humitas” since 20 years ago. The quality and high standards of their products had taken them to have as unique a client as Corporación Favorita, nevertheless the increasing demand of humitas has created that the factory cannot supply successfully the demand expected by the corporation.

Based on the testimony of the owner and general manager Milton Loján, it is necessary to increase the factory capacity of production and include machinery some processes in order to not depend mostly in the manual production of the humitas.

An initial measurement of times detected that the production line was unbalanced and has operators with too much idle time.

Consequently this project proceeded to apply the Theory of Constraints which involved a new balance of line along the production line achieving a reduction of idle time per operator, reaching the same amount of “humitas” with 9 operators instead of 11.

Giving continuity to the theory, in spite of the balanced line supposes an efficient solution to increase productivity, this effort didn't reach the increase of production desired. For that reason, this project proposes the acquirement of machinery which improves the cycle times of the operations and allows the increase of production.

The improvements arising throughout this project have been simulated and tested by software, validating the improvements suggested for the enterprise.

Índice

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Descripción de la empresa.....	3
1.1.1	Actividad realizada por la empresa	3
1.1.2	Planeación Estratégica	5
1.1.3	Ubicación Geográfica	5
1.1.4	Estructura Orgánica.....	6
1.1.5	Infraestructura	7
1.1.6	Composición de una Humita.....	10
1.1.7	Composición de un Lote de Humitas	10
1.1.8	Proveedores de Productos Loján Cía. Ltda.....	11
1.2	Descripción del Problema	12
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo General.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1	Medición de tiempos	15
2.1.3	Suplementos por descanso	15
2.2	Mejoramiento Continuo	16
2.2.1	Lean Manufacturing	16
2.2.2	Trabajo Celular	16
2.2.3	Kanban	17
2.2.4	Trabajo estandarizado	18
2.3	Teoría de Restricciones	19
2.3.1	Reseña Histórica	19
2.3.2	Restricción.....	19
2.3.3	Supuestos de la Teoría de Restricciones.....	21
2.3.3.1	Pasos para implementar TOC	22
2.4	Drum Buffer Rope	22
2.4.1	Drum (Tambor)	23
2.4.2	Buffer (Amortiguador)	23
2.4.3	Rope (Cuerda).....	23
2.5	Administración de Inventarios.....	24
2.5.1	Costos de Inventarios	26

2.5.1.1 Inventario de Seguridad.....	27
2.5.1.2 Punto de Reorden.....	29
2.6 Cadena de Abastecimiento.....	29
2.6.1 Eslabones de la Cadena de Abastecimiento.....	30
2.7 Simulación.....	30
2.7.1 Ventajas de la Simulación.....	30
2.7.2 Softwares de Simulación.....	31
2.7.3 Flexsim Simulation Software 7.5.4.....	31
3. CAPÍTULO III: CADENA DE ABASTECIMIENTO	32
3.1 Estudio Preliminar.....	32
3.2 Eslabón Proveedores.....	32
3.3 Eslabón Manufactura.....	35
3.4 Eslabón Entregas al cliente.....	44
3.5 Eslabón Distribución.....	45
3.6 Eslabón Ventas.....	46
3.7 Takt Time.....	48
3.8 Tiempos de ciclo actuales.....	51
3.8.1 Suplementos de descanso.....	58
3.9 Distribución de la planta.....	62
4. CAPÍTULO IV: TEORÍA DE RESTRICCIONES.....	69
4.1 Identificar las Restricciones del Sistema.....	69
4.2 Explotar las Restricciones del Sistema.....	72
4.2.1 Balanceo de Línea.....	72
4.2.1.1 Cálculo de número de trabajadores ideal.....	78
4.2.2 Distribución de Carga de Trabajo.....	79
4.2.3 Creación de Células de Trabajo.....	80
4.3 Subordinar Todo a las Restricciones del Sistema.....	88
4.3.1 Drum Buffer Rope.....	88
4.3.1.1 Drum.....	89
4.3.1.2 Buffer.....	90
4.3.1.3 Rope.....	91
4.3.2 Propuesta de Tarjetas Kanban.....	92
4.3.2.1 Kanban Tipo 1: Proveedores.....	93

4.3.2.2 Kanban Tipo 2: Aprovechamiento	95
4.3.2.3 Kanban Tipo 3: Despacho de producto terminado	97
4.3.2.4 Kanban Tipo 4: Orden de Producción	97
4.3.2.5 Visualización Drum- Buffer- Rope	98
4.3.3 Variación de la demanda diaria	99
4.3.4 Ausentismo en los cuellos de botella	105
4.3.3.1 Probabilidad de ausentismo	108
4.3.5 Variación de demanda vs. Ausentismo	111
4.3.6 Punto de reorden	112
4.4 Elevar las Restricciones del Sistema	114
4.4.1 Semi-automatización de procesos	114
4.4.2 Carga de trabajo esperada con maquinaria	123
4.4.3 Indicadores de mejora	128
4.5 Validación de Restricciones	130
4.5.1 Indicadores de Mejora	130
5. CAPÍTULO V: SIMULACIÓN	137
5.1 Simulación de situación actual	137
5.2 Simulación de Mejora Propuesta	148
5.3 Comparación simulación actual ante simulación propuesta	153
6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	155
6.1 Costos de la mejora	155
6.2 Flujo de caja mensual	159
6.3 Valor Actual Neto (VAN)	160
6.4 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	160
7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
7.1 Conclusiones	162
7.2 Recomendaciones	163
REFERENCIAS	166
ANEXOS	170

Índice de figuras

Figura 1. Gasto del Consumo del hogar 2013.	3
Figura 2. Humita de Productos Loján Cía. Ltda.	4
Figura 3. Logo de Productos Loján Cía. Ltda.	5
Figura 4. Ubicación de la empresa Productos Loján Cía. Ltda.	6
Figura 5. Estructura Orgánica de Productos Loján Cía. Ltda.	7
Figura 6. Molinos y balanzas.	8
Figura 7. Etiquetadora y selladora.	9
Figura 8. Ventilador y cocinas semi-industriales.	9
Figura 9. Cuarto frío de 16 metros cuadrados.	9
Figura 10. Producto terminado.	11
Figura 11. Aplicación de Suplementos por Descanso.	16
Figura 12. Ejemplo de Célula de Manufactura.	17
Figura 13. Ejemplo de Tarjeta kanban.	18
Figura 14. Descripción gráfica de una restricción interna.	21
Figura 15. Ejemplo de Drum Buffer Rope.	24
Figura 16. Causas y ventajas de poseer un inventario.	25
Figura 17. Tipos de inventario.	26
Figura 18. Costos de inventario.	27
Figura 19. Descripción de fórmulas de inventario de seguridad.	28
Figura 20. Cadena de Abastecimiento de Productos Loján Cía. Ltda.	32
Figura 21. Bodega de Materias Primas.	35
Figura 22. Área de Preparación de Materia Prima.	36
Figura 23. Área de Deshojado y Corte de Maíz.	37
Figura 24. Área de Desgranado de Maíz.	38
Figura 25. Área de Molienda de Maíz.	39
Figura 26. Área de Mezcla de Ingredientes.	39
Figura 27. Área de Envoltura de Humitas.	40
Figura 28. Área de Cocción de Humitas.	41
Figura 29. Área de Enfriamiento de Humitas.	41
Figura 30. Área de Enfriamiento de Humitas.	42
Figura 31. Cuarto frío.	43

Figura 32. Célula de trabajo para operación de Envoltura.....	44
Figura 33. Distancia mínima a recorrer para entrega de producto final.	45
Figura 34. Centro de Distribución de Corporación La Favorita.	46
Figura 35. Ingresos de Corporación Favorita	47
Figura 36. Transacciones realizadas en Corporación Favorita.....	48
Figura 37. Demanda mensual de Productos Loján año 2014.	51
Figura 38. Apoya manos para estudio de tiempos.	52
Figura 39. Cronómetro digital.....	52
Figura 40. Tiempo normal y Tiempo de Ciclo Corregido.	62
Figura 41. Distribución por áreas de la planta de producción.	63
Figura 42. Flujo de producción.	64
Figura 43. Plano acotado de Productos Loján Cía. Ltda.	65
Figura 44. Fotografía de espacio subutilizado en planta.	66
Figura 45. Fotografía de espacio subutilizado en planta.	66
Figura 46. Espacio subutilizado en planta.	67
Figura 47. Estación de trabajo de Deshojado y Corte de maíz.....	67
Figura 48. Estación de trabajo de Desgranado de maíz.....	68
Figura 49. Tiempo corregido actual.....	71
Figura 50. Línea de Producción sin Balanceo.	73
Figura 51. Tiempo Ocupado por Operario.....	77
Figura 52. Célula de Trabajo 1.....	82
Figura 53. Célula de Trabajo 2.....	82
Figura 54. Célula de Trabajo 3.....	82
Figura 55. Célula de Trabajo 4.....	83
Figura 56. Línea de Producción con balanceo.	85
Figura 57. Nuevo Tiempo Ocupado por cada Operario.	86
Figura 58. Tambores de Productos Loján.	89
Figura 59. Amortiguadores de Productos Loján.	91
Figura 60. Cuerdas de Productos Loján.....	92
Figura 61. Tarjeta kanban mazorcas de maíz.	94
Figura 62. Tarjeta kanban ingredientes.....	94
Figura 63. Tarjeta kanban para queso.	95

Figura 64. Kanban para aprovisionamiento de materias primas.	96
Figura 65. Kanban de aprovisionamiento de mazorcas de maíz.	96
Figura 66. Kanban de despacho de producto terminado.	97
Figura 67. Orden de producción.	98
Figura 68. Drum Buffer Rope de Productos Loján.	98
Figura 69. Nivel de servicio en función del inventario.	102
Figura 70. Nivel de servicio en función del inventario.	103
Figura 71. Punto de reorden.	113
Figura 72. Preparación de Materia Prima.	115
Figura 73. Desgranado manual de maíz.	115
Figura 74. Deshojado y corte manual de maíz.	116
Figura 75. Envoltura manual de la humita.	116
Figura 76. Diagrama de flujo para Envoltura de humita.	117
Figura 77. Nuevo diagrama de flujo para Envoltura de humita.	118
Figura 78. Dosificadora de líquidos viscosos.	119
Figura 79. Desgranadora automática.	120
Figura 80. Tiempo de ciclo con implementación de maquinaria.	125
Figura 81. Tiempo ocupado con implementación de maquinaria.	126
Figura 82. Célula de trabajo final para Preparación de Materia Prima.	127
Figura 83. Célula de trabajo final para Deshojado y corte de maíz.	127
Figura 84. Operación de Desgranado de maíz.	127
Figura 85. Célula de trabajo final para Envoltura de Humita.	127
Figura 86. Mejora en tiempos de ciclo por operación.	129
Figura 87. Mejora en tiempos de ciclo.	132
Figura 88. Mejora en tiempo ocupado por operario.	134
Figura 89. Mejora en tiempo ocioso por operario.	136
Figura 90. Programación de Preparación de Materia Prima.	139
Figura 91. Vista aérea – línea de producción.	140
Figura 92. Operaciones 1-6 3D.	140
Figura 93. Operaciones 6-12 3D.	141
Figura 94. Célula de preparación de Materia Prima.	142
Figura 95. Célula de Deshojado y Corte de maíz.	142

Figura 96. Estación de Desgranado de maíz.	143
Figura 97. Estaciones de Molienda y Mezcla de ingredientes.	143
Figura 98. Abasto de materia prima.	143
Figura 99. Célula de Envoltura de la humita.....	144
Figura 100. Estación de cocción.	144
Figura 101. Estación de enfriamiento de la humita.....	145
Figura 102. Estaciones de enfriamiento y Empaquetado.	145
Figura 103. Almacenamiento de producto terminado.	146
Figura 104. Cuarto frío con producto terminado.	146
Figura 105. Resultados de situación actual.....	147
Figura 106. Célula de Preparación de materia prima propuesta.....	148
Figura 107. Célula de Deshojado y Corte propuesta.	149
Figura 108. Célula de Deshojado y Corte propuesta.	149
Figura 109. Célula de Envoltura de maíz propuesta.....	150
Figura 110. Resultados de situación propuesta.....	151
Figura 111. Vista de simulación terminada.....	152
Figura 112. Comparación de simulación actual y simulación propuesta.....	153
Figura 113. Comparación de simulación actual y simulación propuesta.....	154
Figura 114. Diagrama de flujo productivo: Eslabón Manufactura	171
Figura 115. Creación de Directorio de Proyecto.....	183
Figura 116. Inserción en Directorio de Proyecto.....	183
Figura 117. Análisis de Datos en Experfit.....	184
Figura 118. Inserción de datos para operación de Bodegaje.....	184
Figura 119. Inserción de tiempos para operación de Bodegaje.....	185
Figura 120. Distribución estadística para Bodegaje.	186
Figura 121. Selección de modelos a comparar.	187
Figura 122. Análisis de datos - Aplicaciones.	188
Figura 123. Opciones de representación para simulación.	189
Figura 124. Parámetros de simulación.....	190
Figura 125. Inserción de parámetros de simulación.	190
Figura 126. Vista de inserción de parámetros de simulación.....	191

Índice de tablas

Tabla 1. Base de datos para elaboración de una humita.....	10
Tabla 2. Base de datos de materias primas para un lote de humitas.	11
Tabla 3. Proveedores de Productos Loján.	12
Tabla 4. Lead time de proveedores.....	34
Tabla 5. Cuadro resumen de distribución de tareas por operario.	43
Tabla 6. Takt time de Productos Loján Cía. Ltda.....	50
Tabla 7. Tabla de Mundel.....	54
Tabla 8. Medición de tiempos para producción de un lote de humitas.	55
Tabla 9. Cálculo de observaciones recomendadas según Mundel.....	56
Tabla 10. Hoja de Medición Final de Tiempos para un Lote.....	57
Tabla 11. Cálculo de Suplementos por descanso para cada Proceso.....	60
Tabla 12. Hoja de Tiempo Corregido.	61
Tabla 13. Identificación de Restricciones Internas.	70
Tabla 14. Cálculo de tiempo ocupado por operario.	76
Tabla 15. Distribución de carga de trabajo y creación de células de trabajo. ...	81
Tabla 16. Mejora por balanceo de línea y células de trabajo.....	87
Tabla 17. Cálculo de desviación estándar de la demanda diaria.	101
Tabla 18. Inventario de seguridad de producto terminado.....	104
Tabla 19. Materias primas para variación de demanda.	105
Tabla 20. Ausencias del personal en el año 2015.	106
Tabla 21. Materias primas por ausencia de personal.	107
Tabla 22. Probabilidad de ausencia de un operario.	108
Tabla 23. Comparativo de inventarios de seguridad.	111
Tabla 24. Demanda promedio anual.	112
Tabla 25. Dosificadora de líquidos viscosos.....	119
Tabla 26. Mejora esperada con implementación de dosificadora.	120
Tabla 27. Desgranadora automática.	121
Tabla 28. Mejora esperada con implementación de desgranadora manual. ...	121
Tabla 29. Suplementos de descanso originales en cuellos de botella.	122
Tabla 30. Mejora en suplementos de descanso con maquinaria.	123
Tabla 31. Nueva distribución de carga de trabajo.	124

Tabla 32. Indicadores de mejora para tiempos de ciclo.....	128
Tabla 33. Indicadores de mejora para tiempos de ciclo.....	131
Tabla 34. Indicadores de mejora para tiempo ocupado.....	133
Tabla 35. Indicadores de mejora para tiempo ocioso.	135
Tabla 36. Distribución estadística por proceso.	138
Tabla 37. Costo de Materiales Indirectos.	155
Tabla 38. Costo de Materiales Directos.....	156
Tabla 39. Inversión.....	156
Tabla 40. Ahorros productivos.	157
Tabla 41. Flujo de caja mensual.....	159
Tabla 42. Resultado Valor Actual Neto.	160
Tabla 43. Resultado de la Tasa Interna de Retorno.	161
Tabla 44. Distribución Normal Estándar acumulada.....	174
Tabla 45. Medición de tiempos por unidad procesada.	182

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La alta demanda que posee el sector alimenticio a nivel mundial hace que cada vez sea más necesaria la producción eficiente de alimentos, y Ecuador no es la excepción. La tendencia de la industria ha impulsado la tecnificación de las empresas, incrementando la demanda de profesionales expertos en la materia, que implementen y controlen técnicas de ingeniería que aumentan la productividad de la industria.

“La industria de alimentos y bebidas es uno de los sectores más influyentes para potenciar negocios exitosos. Se dice que su influencia es tal, que dentro de los empleos más necesarios en el mundo, la Ciencia de los Alimentos es uno de ellos (...). En la actualidad hay un saldo a nivel mundial de USD 1 356 miles de millones de productos alimenticios comercializados en 2011, con un crecimiento promedio en los últimos tres años de 12%.” (EKOS, s.f.)

“El aumento de los ingresos y la población ejercerán nuevas presiones sobre los recursos, tanto renovables como no renovables, lo cual obligará a gestionarlos con prudencia. Las cuestiones ambientales también exigirán cada vez más atención.” (Organización Mundial de Comercio, s.f.)

“Hasta ahora, la agricultura mundial ha sido capaz de responder a la demanda creciente de productos agropecuarios. Aunque la población mundial se duplicó entre 1960 y 2000 y los niveles de nutrición mejoraron notablemente, los precios del arroz, trigo y maíz (los principales alimentos básicos del mundo) disminuyeron del orden del 60 por ciento. La caída de los precios indica que, a escala mundial, los suministros no sólo crecen al ritmo de la demanda, sino que incluso lo hacen con mayor rapidez.” (Food and Agriculture Organization for United Nations, s.f.)

Entidades como la World Health Organization destacan la necesidad de consumir alimentos de origen natural y tener una dieta balanceada, y así evitar consecuencias adversas para la salud como son el sobrepeso y la diabetes.

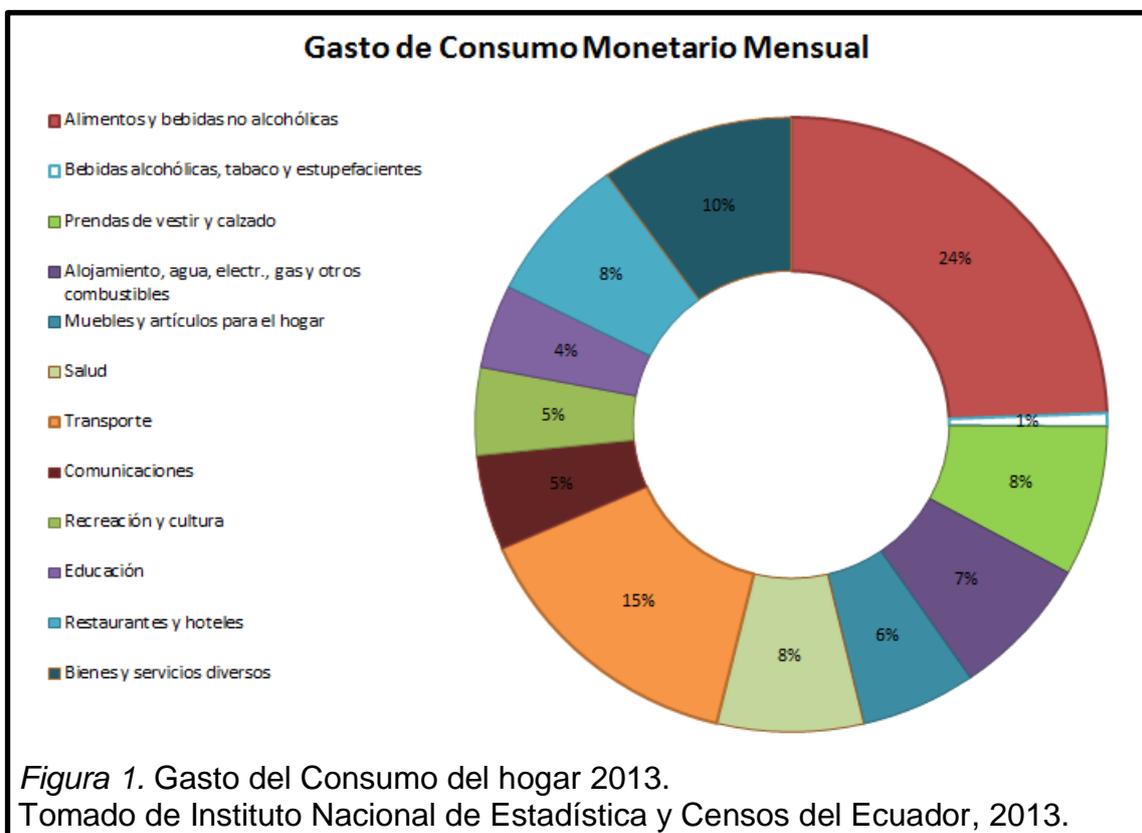
“Llevar una dieta sana a lo largo de la vida ayuda a prevenir la malnutrición en todas sus formas, así como distintas enfermedades no transmisibles y diferentes afecciones. Sin embargo, el aumento de la producción de alimentos procesados, la rápida urbanización y el cambio en los estilos de vida han dado lugar a un cambio en los hábitos alimentarios. Ahora se consumen más alimentos hipercalóricos, más grasas saturadas, más grasas de tipo trans, más azúcares libres y más sal o sodio; además, hay muchas personas que no comen suficientes frutas, verduras y fibra dietética, como por ejemplo cereales integrales.”
(World Health Organization, s.f.)

“Dentro de la economía ecuatoriana las industrias con mayor presencia sobre el PIB pertenecen al sector manufacturero con una participación del 12%; comercio (11%); construcción (10%); petróleo y minas (9,84%); y, agricultura (7%). En la industria manufacturera la rama de alimentos y bebidas contribuye con el 40% [de su producción] (...).” (EKOS, s.f.)

Este porcentaje evidencia la oportunidad de crecimiento en el sector; además es oportuno mencionar que la población crece geométricamente, y con ella la necesidad por consumir alimentos.

Además según la revista EKOS en un artículo publicado en marzo del 2014, “la industria tiene un peso considerable en la generación de fuentes de empleo. En Ecuador ofrece un aproximado de 2,2 millones de plazas de trabajo, lo que representa el 32,3% sobre el total de personas ocupadas.”

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, s.f.), “el 24,4% del Gasto de Consumo Monetario Mensual de los ciudadanos está destinado al consumo de Alimentos y bebidas no alcohólicas.”



1.1 Descripción de la empresa

1.1.1 Actividad realizada por la empresa

Productos Loján Cía. Ltda. es una pequeña industria alimenticia dedicada a la elaboración de Humitas, en las variedades de Sal y de Dulce, desde 1984.

Según el Diccionario de la Real Academia Española (2015) la palabra “*humita*” del quechua *humint’a*, se define como:

“Comida criolla hecha con pasta de maíz o granos de choclo triturados, a la que se agrega una fritura preparada generalmente con cebolla,

tomate y ají colorado molido. Se sirve en pequeños envoltorios de chala, en empanadas o a modo de pastel.”



Figura 2. Humita de Productos Loján Cía. Ltda.

“En primera instancia fueron cafeterías y restaurantes, que nos hacían pequeños pedidos para luego ir creciendo, tanto en cantidad de producto como en número de locales, hasta que pudimos ingresar como proveedores de Corporación Favorita (SUPERMAXI), convirtiéndose hoy en día en nuestro principal canal de distribución”. (Productos Loján Cía. Ltda., s.f.)

En el año 1993, la familia Loján Neira, deciden ser socios fundadores y constituir una compañía limitada, originándose así la empresa de nombre “Productos Loján Cía. Ltda.”

“La empresa tiene como orientación, fabricar productos de excelente calidad, el trabajar dentro del marco legal vigente y generar trabajo que permita a otras familias solventar sus necesidades y crecer tanto humana como profesionalmente.” (Productos Loján Cía. Ltda., s.f.)



Para lograr su meta de producción de aproximadamente 1200 humitas diarias, hace uso de 11 operarios, distribuidos en 12 estaciones de trabajo.

La jornada laboral está compuesta de 8 horas de trabajo, más una hora de almuerzo y 15 minutos de descanso en la mañana y tarde.

1.1.2 Planeación Estratégica

Misión

“Producir los mejores productos alimenticios, que superen las expectativas de los consumidores por su sabor único”. (Productos Loján Cía. Ltda., s.f.)

Visión

“Llegar a ser la empresa productora de derivados del maíz más importante a nivel mundial, ofreciendo la mejor calidad e inocuidad que garanticen la fidelidad y seguridad del cliente”. (Productos Loján Cía. Ltda., s.f.)

1.1.3 Ubicación Geográfica

Productos Loján está ubicada en el sector de Carapungo, específicamente en la Neptalí Godoy y Capitán Giovanni Calles Lote 1 y 7, al Noroeste del Gran Akí ubicado en la misma zona.



1.1.4 Estructura Orgánica

La estructura organizacional de la empresa está conformada por 3 áreas funcionales las cuales son: Contabilidad, Producción y Calidad, y un área estratégica como lo es la Gerencia General. Las áreas funcionales están relacionadas entre sí para el cumplimiento de objetivos de la organización, a pesar de que son departamentos independientes.

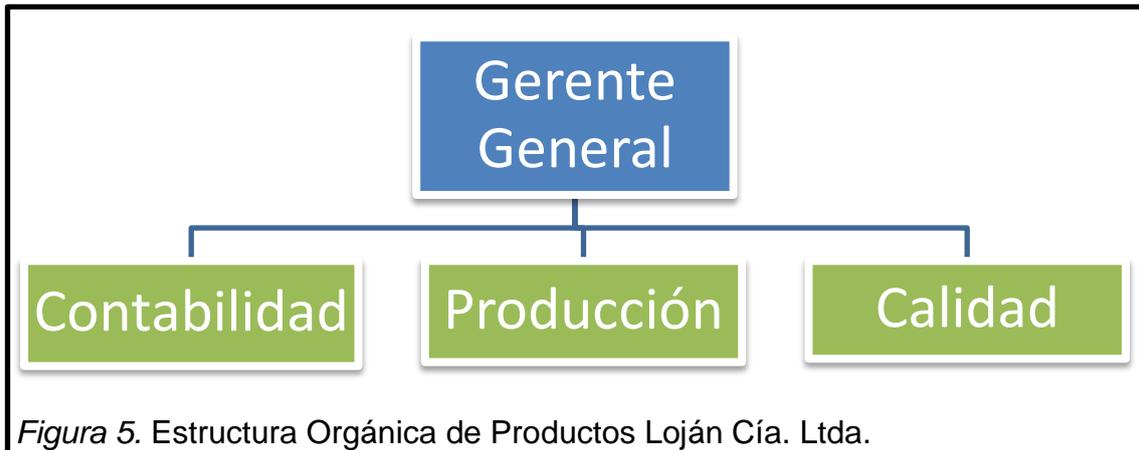


Figura 5. Estructura Orgánica de Productos Loján Cía. Ltda.

- **Gerencia General:** planifica, dirige y controla la orientación de las actividades hacia el cumplimiento de objetivos, misión y visión, además de buscar nuevas oportunidades de penetración de mercado.
- **Contabilidad:** planifica el presupuesto general de la empresa, supervisa los gastos, realiza pagos a proveedores, pagos de nómina y lleva control de los costos de producción.
- **Producción:** planifica la producción diaria, así como el abastecimiento oportuno de materias primas. También se encarga de llevar a cabo tareas de mantenimiento de maquinaria.
- **Calidad:** controla las características adquiridas del producto final como: peso, apariencia, sabor y textura. Además es el departamento encargado de precautelar la inocuidad alimentaria.

1.1.5 Infraestructura

Pese a tener una historia de más de veinte años, esta pequeña industria todavía posee oportunidades de mejora y crecimiento.

La Humita es un producto originalmente elaborado de manera artesanal, sin embargo las tendencias actuales del mercado están direccionando el cambio de la empresa hacia la tecnificación de su línea de producción.

La empresa cuenta con:

- 1 cuarto frío de 16 m².
- 4 balanzas de cocina.
- 2 molinos de granos pequeños.
- 1 etiquetadora y selladora.
- 4 cocinas semi-industriales.
- 1 balanza digital semi-industrial.



Figura 6. Molinos y balanzas.



Figura 7. Etiquetadora y selladora.



Figura 8. Ventilador y cocinas semi-industriales.



Figura 9. Cuarto frío de 16 metros cuadrados.

1.1.6 Composición de una Humita

Los ingredientes y métodos para elaborar una humita pueden variar dependiendo de la región e inclusive del país en el que se la realice. En el caso de Productos Loján se ha tenido acceso a parte de la receta de preparación de la humita de sal, teniéndose el detalle de los ingredientes en la Tabla 1.

Tabla 1. Base de datos para elaboración de una humita

BASE DE DATOS PARA UNA HUMITA		
Ingrediente	Cantidad	Unidad
Aceite de palma	20	ml
Manteca de Cerdo	7	g
Esencia de Vainilla	1	ml
Maíz	2	choclos
Sal	2	g
Queso Fresco	28	g
Polvo para hornear	14	g
Margarina vegetal	14	g

1.1.7 Composición de un Lote de Humitas

La producción diaria de la empresa está compuesta por un lote de 600 unidades en la mañana y otro lote de 600 unidades en la tarde; para la producción de un lote de humitas, la empresa se abastece de las materias primas que se detallan a continuación:

Tabla 2. Base de datos de materias primas para un lote de humitas.

BASE DE DATOS PARA UN LOTE DE HUMITAS		
Detalle	Cantidad	Unidad
Aceite de palma	13	litros
Manteca de Cerdo	4	kg
Esencia de Vainilla	625	ml
Maíz	21	costales
Sal	1	kg
Polvo para hornear	18	kg
Margarina vegetal	9	kg
Queso Fresco	9	kg



Figura 10. Producto terminado.

1.1.8 Proveedores de Productos Loján Cía. Ltda.

Para el abastecimiento de materias primas, Productos Loján posee 4 proveedores que han sido identificados en la Tabla 3.

Tabla 3. Proveedores de Productos Loján.

N°	Proveedor
1	Mercado Mayorista San Roque Mazorcas de maíz
2	Micro bodega Anita Aceite de palma Manteca de Cerdo Esencia de Vainilla Sal Polvo para hornear Margarina vegetal
3	Lácteos Cayambe Queso Fresco
4	Vargas Publicidad Fundas plásticas

1.2 Descripción del Problema

Actualmente Productos Loján comercializa sus productos exclusivamente a Corporación Favorita, esta última tiene varias filiales dedicadas a la venta de productos de consumo masivo como son:

- Megamaxi
- Supermaxi
- Súper Akí
- Gran Akí
- Akí

En base al testimonio del Gerente General de Productos Loján, el Sr. Milton Loján, se ha estimado que hay entre un 15 - 25 % de demanda insatisfecha por parte de Productos Loján hacia Corporación Favorita. En un ejemplo dado por Milton Loján, le han llegado pedidos de hasta 10.000 humitas semanales, de las cuales solo puede cubrir 7.200 unidades, utilizando toda la capacidad de producción y pagando horas extras al personal.

El Gerente también ha expresado la necesidad de implementar mejoras en la línea de producción debido a que existe tiempo ocioso en algunos operarios, sin embargo no se ha prescindido de ninguno de ellos, por temor a causar un incumplimiento en los pedidos del cliente.

Uno de los deseos más ambiciosos del Sr. Loján, es llegar a exportar las humitas hacia Europa y Estados Unidos, claro está sin descuidar a los clientes locales. De igual manera, expresó que es necesario hacer uso de la tecnología dentro de la línea de producción para no depender totalmente del talento humano, y así poder aumentar la capacidad de producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Mejorar la gestión a lo largo de la Cadena de Abastecimiento de la empresa Productos Loján Cía. Ltda. potenciando el eslabón de Manufactura, empleando como herramienta principal la Teoría de Restricciones.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Reducción de tiempo ocioso y aumento de capacidad de producción de la empresa.
- Aplicación de la Teoría de Restricciones en las restricciones identificadas en el eslabón de Manufactura.
- Simulación de propuesta de mejora con la ayuda del Flexsim Simulation Software 7.5.4.
- Generar indicadores de mejora para poder comparar la situación actual con la situación esperada.

- Análisis de factibilidad financiera de la propuesta de mejora, teniendo en cuenta la Tasa Interna de Retorno a esperarse.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Medición de tiempos

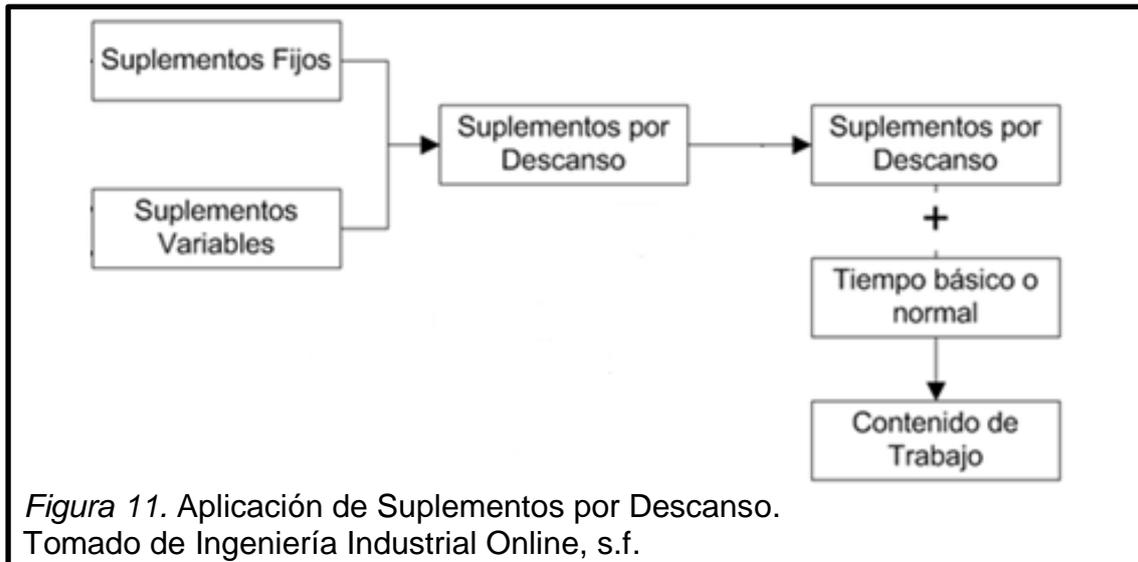
“El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según un método de ejecución establecido. Su finalidad consiste en establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución de una tarea.” (Cruelles, 2013, p. 22)

2.1.3 Suplementos por descanso

Es importante considerar en la medición de tiempos que las personas están expuestas a factores como cansancio, estrés laboral, necesidades fisiológicas, condiciones atmosféricas, etc.

“Suplemento por descanso es el que se añade al tiempo normal para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su cuantía depende de la naturaleza del trabajo”. (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

En la Figura 11 se esquematiza la adición de los suplementos de descanso al tiempo básico, para obtener como resultado un tiempo de contenido de trabajo.



2.2 Mejoramiento Continuo

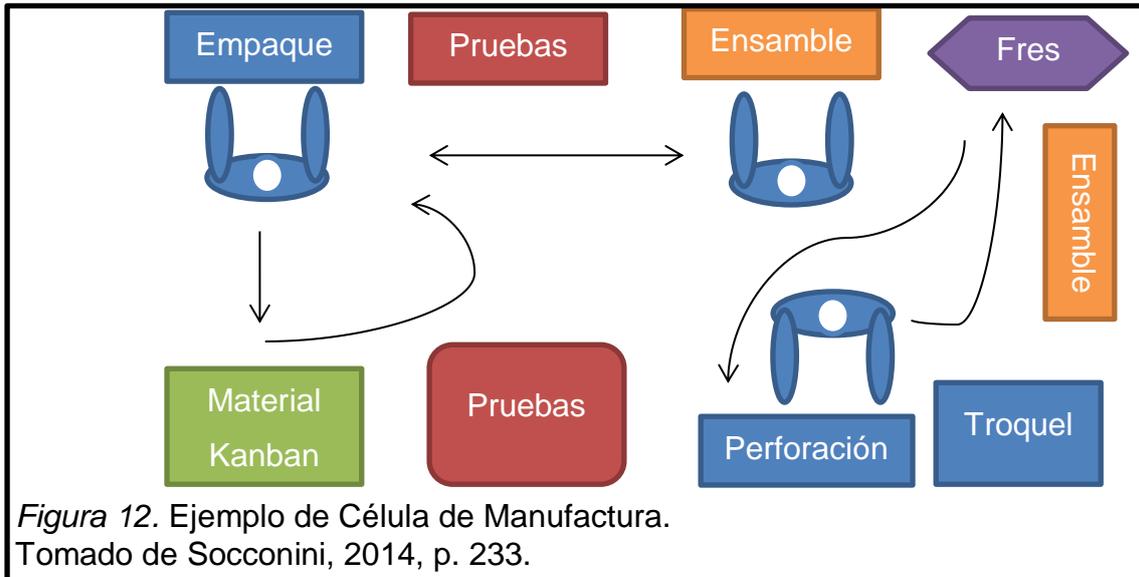
2.2.1 Lean Manufacturing

En la manufactura esbelta o *lean manufacturing*, se busca producir más bienes o servicios, utilizando menos recursos; consiguiendo este objetivo mediante el uso de diferentes herramientas que se mencionan a lo largo del presente capítulo.

La manufactura esbelta tiene como finalidad “(...) entregarle al cliente lo que exactamente quiere (calidad, costo, entrega), en el momento preciso que lo necesita, ni antes ni después.” (Socconini, 2014, p. 17).

2.2.2 Trabajo Celular

“Es un concepto en el que la distribución de las operaciones se mejora significativamente, haciendo fluir el proceso ininterrumpidamente entre operación y operación, reduciendo drásticamente el tiempo de respuesta y maximizando las habilidades del personal” (Socconini, 2014, p. 230).



Usualmente las células de trabajo están orientadas en forma de “U” (como muestra la Figura 12), con el objetivo de reducir el tiempo de desplazamiento y a su vez poder producir pequeños lotes o ensambles de manera ininterrumpida.

2.2.3 Kanban

El sistema *Kanban* es un modelo utilizado en la manufactura esbelta, basado en el sistema *pull* (jalar); dicho de otra manera, su objetivo principal es abastecer de producto o materias primas a la estación de trabajo solicitante.

“*Kanban* es una tarjeta [medio visual] que identifica los artículos, controla el flujo de los artículos y registra resultados”. (Socconini, 2014, p.279)

“*Kanban* proporciona un medio de abastecer o desabastecer de material en proceso de fabricación. El material puede incluir materias primas, partes, componentes y subconjuntos, incluyendo piezas fabricadas en la empresa o compradas a proveedores externos”. (Cimorelli, 2013, p.2)

A continuación la Figura 13 muestra un ejemplo de tarjeta *Kanban* de una línea de producción de engranajes.

Anaquele de almacén núm.	F26-18	Código de la pieza núm.	A5-34	Proceso anterior
Pieza núm.	56690-321			FORJA B-2
Nombre de la pieza	PIÑÓN IMPULSOR			Proceso posterior
Tipo de automóvil	SX50BC			MECANIZACIÓN
Capacidad de la caja:		Tipo de la caja:		
20		B		

*Figura 13. Ejemplo de Tarjeta kanban.
Tomado de Socconini, 2014, p. 281.*

2.2.4 Trabajo estandarizado

Una de las finalidades del presente proyecto es lograr la estandarización del trabajo, logrando una asignación de tareas previamente planificada. Además para la consecución de este objetivo se requiere tener de operarios multidisciplinarios, que puedan desempeñarse en varias estaciones de trabajo, sin afectar a los tiempos de ciclo de cada proceso.

“El trabajo estándar es un instrumento para mantener la productividad, la calidad y la seguridad a niveles altos. Ello favorece una sólida estructura para desarrollar el trabajo en los tiempos previstos y para evidenciar las oportunidades de crear mejoras en los procedimientos de trabajo. Sin estándar el sistema productivo es un sistema fuera de control, en el sentido en que no pueden existir actividades específicas y repetitivas en las que basar una mejora continua”. (Galgano, 2002, p.124).

2.3 Teoría de Restricciones

2.3.1 Reseña Histórica

La Teoría de las Restricciones o por sus siglas en inglés *T.O.C.* (*Theory of Constraints*) fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt en el año 1984.

“Esta teoría plantea que siempre hay al menos una restricción en la producción de las empresas. Dicha restricción, cuando venga al caso puede también ser llamada cuello de botella, y lo que se pretende efectuar, es identificar la restricción y reestructurar la organización o parte de ella, para eliminar la ineficiencia del antes mencionado cuello de botella.” (Goldratt, 1993, pp. 58-61)

La idea central es que en toda empresa hay, por lo menos una restricción, caso contrario la organización podría producir infinitamente y generar ganancias ilimitadamente.

2.3.2 Restricción

Es toda condición, proceso o recurso que tiene como “característica principal una reducida capacidad de producción en comparación con las demás estaciones de trabajo. Habitualmente es escasa y costosa, caso contrario sería fácil su reemplazo o aumentar su capacidad”. (World Heritage Encyclopedia, s.f.)

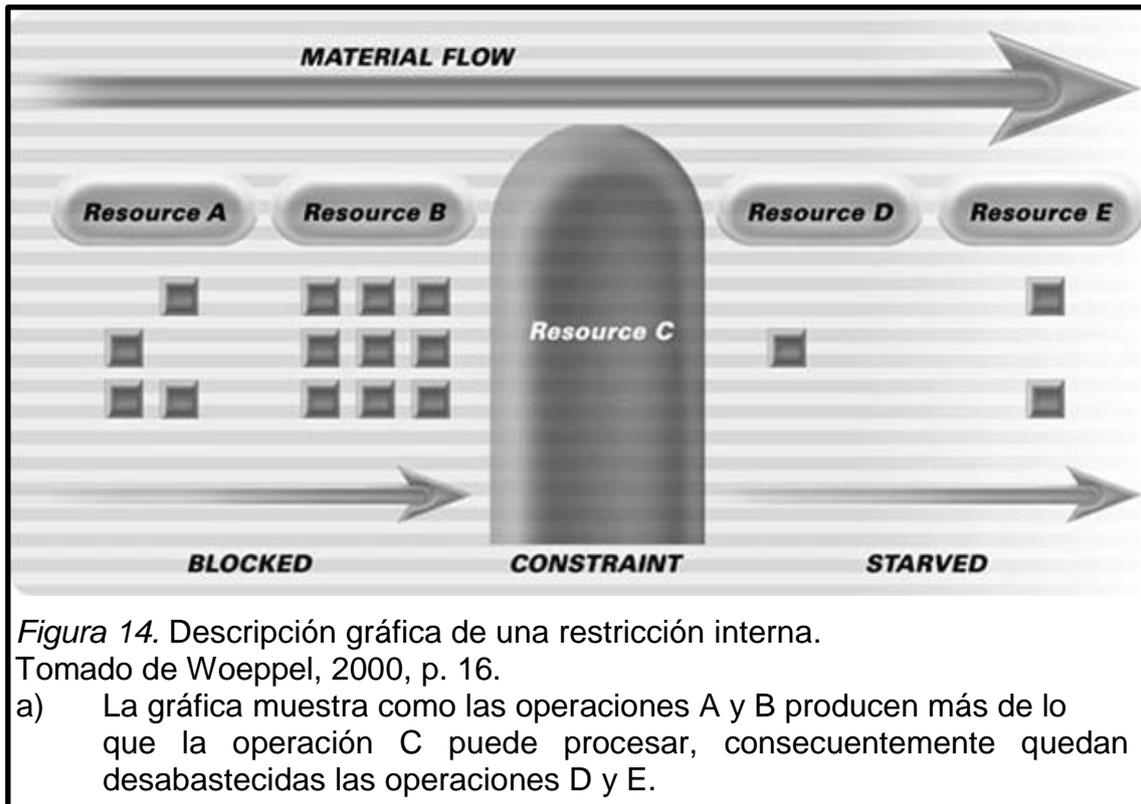
Restricciones externas (Casas, 2013):

- **Restricción de Mercado:** La demanda máxima de un producto está limitada por el mercado; satisfacerla depende de la capacidad para cubrir los factores de éxito establecidos como el precio, la oportunidad de entrega, etc.

- **Restricción de Materiales:** Se limita por la disponibilidad de materiales en cantidad y calidad adecuada. La falta de material en el corto plazo es resultado de mala programación, asignación o calidad.

Restricciones internas (Casas, 2013):

- **Restricción de Capacidad:** Es el resultado de tener un equipo con una capacidad que no satisface la demanda requerida o que la satisface muy por encima de lo instalado.
- **Restricción Logística:** Restricción inherente en el sistema de planeación y control de producción. Las decisiones y parámetros establecidos en éste sistema pueden afectar desfavorablemente el flujo de producción.
- **Restricción Administrativa:** Estrategias y políticas definidas por la empresa que limitan la generación de ingresos y fomentan la optimización local.
- **Restricción de Comportamiento:** Actitudes y comportamientos desfavorables del personal como la actitud de “ocuparse todo el tiempo” y la tendencia a trabajar lo fácil.



2.3.3 Supuestos de la Teoría de Restricciones

La aplicación de la Teoría de Restricciones recomienda el uso del método socrático, el cual fomenta la participación del personal, el desarrollo de soluciones propias, y el trabajo en equipo.

T.O.C. "favorece la aplicación de metodologías que impliquen el desarrollo del "know how" (saber cómo), en lugar de la utilización de consultores externos." (World Heritage Encyclopedia, s.f.)

Según Eliyahu Goldratt (1993, p. 50) en la Teoría de Restricciones, la meta de una empresa es "ganar dinero".

- Si una empresa no gana una cantidad ilimitada de dinero es porque "algo" se lo está impidiendo: sus restricciones.

- Restricción no es sinónimo de recurso escaso.
- Existen criterios de decisión erróneos, que impiden alcanzar el máximo desempeño.

2.3.3.1 Pasos para implementar TOC

Eliyahu Goldratt plantea 5 pasos a seguir para implementar la Teoría de Restricciones:

1. **Identificar las restricciones del sistema:** encontrar la variable que condiciona el ritmo de producción.
2. **Explotar las restricciones del sistema:** implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
3. **Subordinar todo a la restricción anterior:** toda la línea de producción debe funcionar al ritmo que marca la restricción.
4. **Elevar las restricciones del sistema:** hacer cambios necesarios para incrementar la capacidad de la restricción.
5. **Mejora continua:** trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

2.4 Drum Buffer Rope

Lograr la exitosa implementación de la Teoría de Restricciones, implica hacer uso de diversas herramientas que se usarán dependiendo de la particularidad del caso; con frecuencia, la herramienta *Drum Buffer Rope*, es usada para complementar la implementación de la Teoría de Restricciones.

2.4.1 Drum (Tambor)

El tambor o por su nombre en inglés *Drum* es la restricción que posee el sistema de producción, es decir, su ritmo de producción no es igual al de las demás áreas o estaciones de trabajo, debido a que presenta limitaciones, ya sean internas o externas.

Por conceptos idénticos, esta restricción también puede ser denominada “cuello de botella”, donde la fábrica no va a poder producir más de lo que la limitación pueda procesar y por lo tanto, un minuto perdido en la limitación, es un minuto perdido en el flujo.” (Teocé Consultors, 2007, p. 12)

2.4.2 Buffer (Amortiguador)

El Amortiguador o *Buffer* son todas aquellas medidas que evitarán que el Tambor se quede desabastecido o inactivo, asegurando el máximo funcionamiento del mismo.

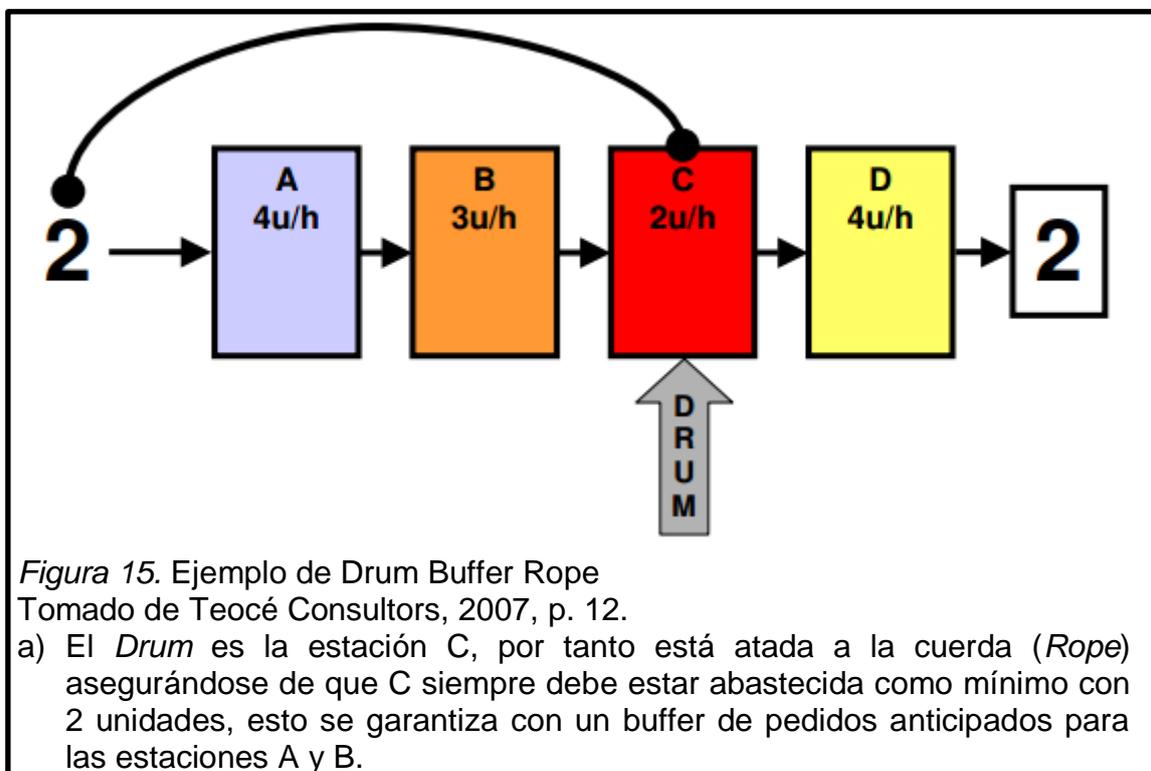
Estas medidas generalmente son la generación de pedidos anticipados a las estaciones de trabajo que preceden a la limitación, por consecuencia, direccionando los esfuerzos hacia el *Just In Time (J.I.T.)*, entre estaciones de trabajo.

2.4.3 Rope (Cuerda)

La Cuerda o por su nombre en inglés *Rope*, nos va a permitir tener siempre abastecido al *Drum*, la mejor manera de mejorar el flujo de la línea productiva no es “atacando” a todas las estaciones de trabajo buscando mejoras a nivel individual, sino más bien, generando una mejora global, únicamente enfocándose en el eslabón más débil -tambor-.

“La Cuerda nos contesta a la pregunta de ¿cuánto lanzar?, y la respuesta es todo aquello que el [Tambor] necesite, pero no más. Es decir, atamos los lanzamientos con una cuerda desde el *Drum*”. (Teocé Consultors, s.f.)

“El [Amortiguador] con el que dotamos a cada cuerda contiene un margen de seguridad, es decir, los materiales se han lanzado con tiempo suficiente para que lleguen a sus destinos de forma anticipada. Esto se va a reflejar en la existencia de un inventario de productos esperando a ser procesados por la limitación o esperando a ser entregados”. (Teocé Consultors, 2007, p. 12)



2.5 Administración de Inventarios

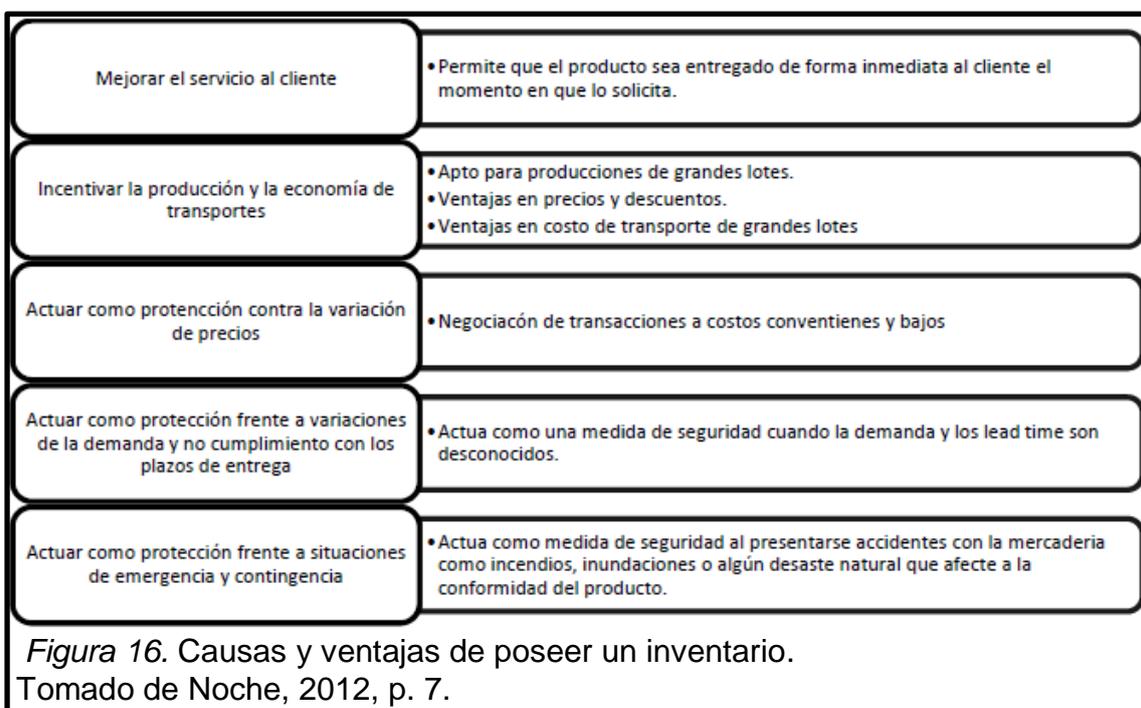
“La cantidad de inventario se calcula para satisfacer la demanda de los clientes. El objetivo es tener un stock suficiente para satisfacer la demanda proveniente de los clientes. El deseo principal de la gestión del inventario es tener la menor cantidad de inventario para satisfacer las demandas de los clientes.” (Thomopoulos, 2015, p. 149)

“El manejo de inventarios dentro de la línea de producción posee varias ventajas como por ejemplo: el evitar el desabastecimiento de la línea de producción, la disminución de tiempos de aprovisionamiento, capacidad de respuesta al cliente, nivel de servicio, entre otras.” (Thomopoulos, 2015, p. 147)

El disponer de un inventario se vuelve contraproducente, cuando se lo posee de manera excesiva y desordenada; ya sean materiales, productos intermedios o productos finales, estos tienen un costo no sólo por el objeto, sino también el almacenaje, la superficie que ocupa, la vida útil del producto, el personal que requiere e inclusive el consumo de energía.

Por tales motivos, es necesario establecer un equilibrio entre el poseer inventario y el reducir costos de almacenamiento, estableciendo inventarios únicamente donde sea necesario.

La Figura 16 detalla las razones y beneficios de poseer un control de inventarios.



También es importante mencionar que existen diferentes tipos de inventario, por consiguiente, la utilización de uno u otro, dependerá, de las características que presente la empresa o línea de producción.

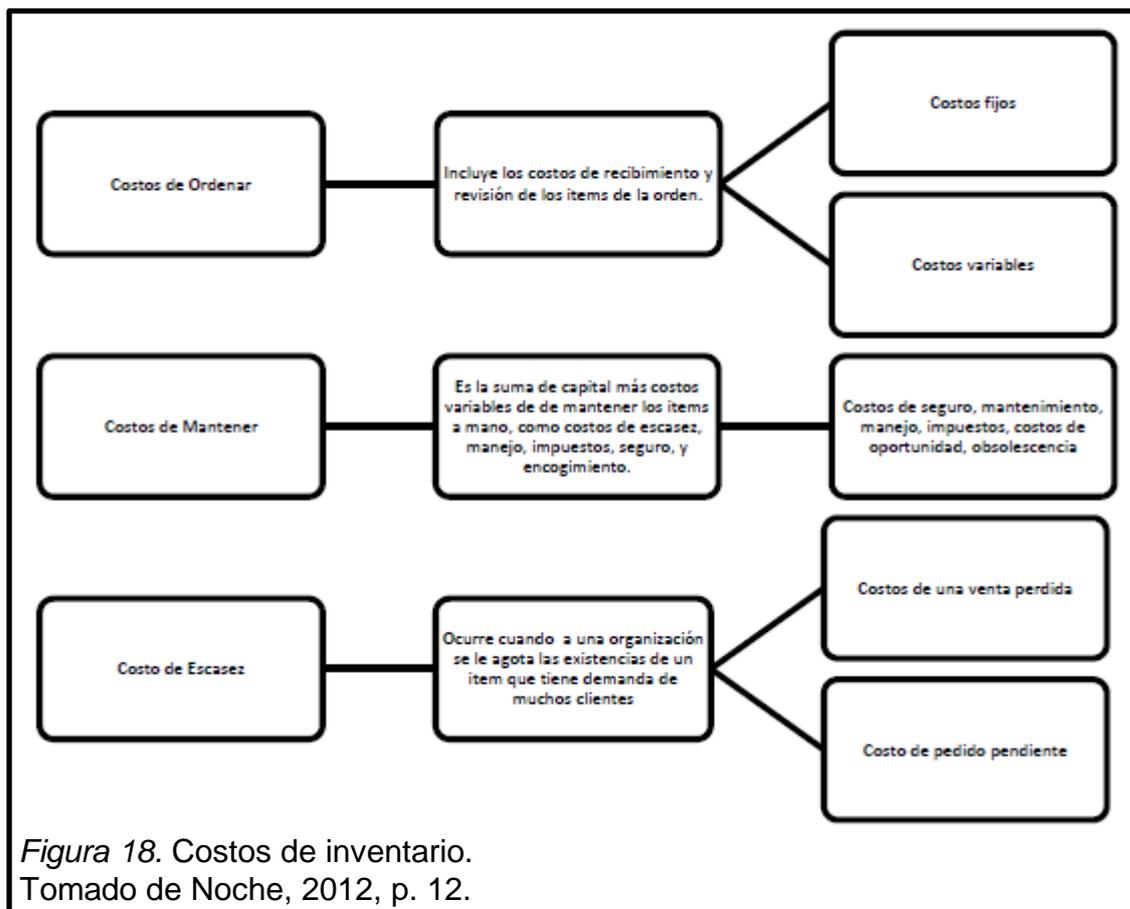
Ciclo de stock	• Utilizado para economías de escala.
Stock de seguridad	• Utilizado cuando los suministros y la demanda son inciertos.
Stock de temporada	• Utilizado cuando existe un desajuste entre la demanda y la tasa de suministro.
Stock de especulación	• Utilizado cuando existe incertidumbre en el precio de la materia prima, producto semi-elaborado y elaborado.
Stock en tubería	• Utilizado en el lead time de producción y transporte.
Stock muerto	• Utilizado cuando existe un cambio ya sea en el ámbito político o económico.

Figura 17. Tipos de inventario.
Tomado de Noche, 2012, p. 8.

2.5.1 Costos de Inventarios

Como se mencionó anteriormente, para que el control de inventarios sea fructífero para la empresa, debe ser tomado en cuenta dentro de la contabilidad de costos.

La Figura 18 explica los 3 tipos de costos que se deben considerar para decidir si es necesaria la creación de un inventario.



2.5.1.1 Inventario de Seguridad

“El inventario de seguridad es el inventario adicional que se mantiene para responder ante demandas superiores a las previstas. Este tipo de acción se toma cuando se desconocen las exigencias futuras de los clientes, como suele ocurrir en centros de distribución, almacenes y puntos de venta. En las plantas industriales, donde se ha establecido anteriormente un programa de producción, no suele ser necesario un inventario de seguridad. Dos métodos comunes para el cálculo de existencias de seguridad son: El Método del Nivel de Servicio (*Service Level Method*) y el Método de Porcentaje de Llenado (*Percent Fill Method*).” (Thomopoulos, 2015, p. 149)

Este tipo de inventario, se acostumbra a usar en la industria para garantizar la continuidad de las operaciones, puede ser ubicado en cualquier parte de la cadena de suministro, siempre y cuando tenga un sustento lógico y técnico.

El inventario de seguridad o *Safety Stock* presenta varias ventajas como (Thomopoulos, 2015, p. 163):

- Entregar un alto nivel de servicio al cliente.
- Tener capacidad de respuesta ante variación de la demanda.
- Evitar costos de pedidos extras o de última hora.
- Tener capacidad de reacción en caso de un desperfecto en la planta.

El presente trabajo y de ser necesario, se utilizará el Método del Nivel de Servicio, el cual emplea las fórmulas que se detallan a continuación:

Demanda promedio: $D_L = D * L$ (Ecuación 1)

Desviación de la demanda durante *lead time*: $\sigma_L = \sqrt{L} * \sigma_D$ (Ecuación 2)

Inventario de Seguridad: $SS = k * \sigma_L$ (Ecuación 3)

Tomado de Noche, 2012, p. 22.

Sigla	Descripción
L	Tiempo de espera para reabastecimiento
D	Demanda promedio por unidad de tiempo
D_L	Demanda durante el periodo de reabastecimiento
σ_L	Desviación de la demanda durante el lead time
σ_D	Desviación de la demanda promedio
SS	Inventario de seguridad
k	Nivel de servicio

Figura 19. Descripción de fórmulas de inventario de seguridad.
Tomado de Noche, 2012, p. 21.

2.5.1.2 Punto de Reorden

El punto de reorden, representa el momento ideal para iniciar el proceso de reabastecimiento de inventario. En este punto se tendrá un lapso de tiempo (*lead time*) que evitará las rupturas de *stock* o la interrupción de la línea de producción.

Para el cálculo del punto de reorden se deben considerar dos factores importantes:

1. **Punto de reorden con demanda conocida.** Cuando el mercado tiene un comportamiento de consumo predeterminado, basado en históricos de ventas. (Noche, 2012, p. 21)

$$\text{Punto de reorden: } \mathbf{ROP} = \mathbf{D_l} = \mathbf{D * L} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Tomado de Noche, 2012, p. 22.

2. **Punto de reorden con demanda incierta.** Cuando el mercado tiene fluctuaciones constantes en la demanda de productos, lo que ocasiona que se deba generar un inventario de seguridad. (Noche, 2012, p. 21)

$$\text{Punto de reorden: } \mathbf{ROP} = \mathbf{D_l} + \mathbf{SS} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Tomado de Noche, 2012, p. 22.

2.6 Cadena de Abastecimiento

Cadena de abastecimiento, cadena de suministro o mundialmente conocida como *Supply Chain* se define como: “la red de servicios, materiales y flujos de información que vincula los procesos de relaciones con los clientes, surtido de pedido y relaciones con los proveedores de una empresa, con los procesos de sus proveedores y clientes.” (Krajewski, 2008, p. 372)

2.6.1 Eslabones de la Cadena de Abastecimiento

1. **Proveedores:** representa a todo el aprovisionamiento de materias primas necesarias para la producción.
2. **Manufactura:** engloba todas las operaciones necesarias para transformar las materias primas en productos terminados.
3. **Distribución:** este eslabón contiene a todos los canales de distribución, así como los medios de transporte utilizados para la logística.
4. **Ventas:** representa los puntos de venta donde se pondrán a disposición los productos terminados.
5. **Cliente:** es el consumidor final del producto terminado, el cual puede ser una persona natural, o una entidad como: empresas, fábricas, instituciones, etc.

2.7 Simulación

2.7.1 Ventajas de la Simulación

- La Simulación de Procesos en la actualidad es una herramienta muy utilizada en la Ingeniería Industrial, debido a que permite representar de manera gráfica y estadística, un modelo tomado de la realidad para poder predecir su comportamiento.
- “Proporciona la capacidad de poder analizar las posibles alternativas [de mejora], sin tener que alterar físicamente el [modelo] (por ejemplo, una mejor distribución de planta, evaluación de diferentes estrategias productivas, etc.). Se podrá conocer de antemano el impacto de dichas modificaciones o, en su caso, la irrelevancia de estas”. (Simergia Engineering, 2013)

2.7.2 Softwares de Simulación

Algunos ejemplos de softwares de simulación son (Banks, 2005, pp. 141-151):

- Flexsim
- Arena
- Automod
- ExtendSim
- ProModel
- AnyLogic
- SIMUL8
- Simulación SSF

2.7.3 Flexsim Simulation Software 7.5.4

Para llevar a cabo la simulación de las propuestas de mejora a generarse en el presente trabajo, se hará uso del Flexsim Simulation Software 7.5.4. Dicha herramienta permite emplear simulaciones en tercera dimensión (3D), insertando imágenes reales como planos de AutoCAD o máquinas.

Su facilidad de uso hace que el software sea amigable y compatible con cualquier ordenador, teniendo una prestación muy amplia y variada en la industria, extendiendo su uso desde sistemas de manufactura, hasta modelos de servicios hospitalarios.

“Flexsim 1.0 fue lanzado en febrero de 2003. Se contaba con una nueva creación en cuanto a motores de simulación, un entorno de modelado 3D y una perfecta integración con C-. Desde su lanzamiento, el software de simulación Flexsim se ha convertido en el estándar por el cual los paquetes de simulación de eventos discretos son juzgados”. (Flexsim Simulation Products Inc., 2015)

3. CAPÍTULO III: CADENA DE ABASTECIMIENTO

3.1 Estudio Preliminar

El presente estudio se realizó en la empresa Productos Loján Cía. Ltda., en la cadena de abastecimiento de la misma.



Tomando en cuenta que los eslabones de *Distribución* y *Ventas* son controlados en su totalidad por Corporación Favorita, las propuestas de mejora se direccionarán hacia los eslabones *Proveedores*, *Manufactura* y *Entregas al Cliente*, y por petición del gerente general de Productos Loján, se buscará potenciar mayoritariamente al eslabón de *Manufactura*. En el Anexo 1 se detalla el diagrama de flujo del eslabón *Manufactura*.

3.2 Eslabón Proveedores

El eslabón de Proveedores engloba todas las microempresas encargadas de abastecer de las diferentes materias primas, necesarias para el proceso de producción de las humitas.

Productos Loján maneja un sistema de pedidos basados mediante vía telefónica y el correo electrónico. La Tabla 4 detalla: el proveedor, cantidad de materia prima y periodo de entrega (*lead time*), que suministra cada proveedor a la empresa.

Para los proveedores 1, 2 y 3, la solicitud de pedido se la realiza vía telefónica, mientras que para el proveedor 4, la solicitud de pedido se realiza vía correo electrónico.

Es importante tener en cuenta, que, para cualquier análisis futuro se deberá tener presente el periodo de entrega (*lead time*) del proveedor, así como el día de entrega de las materias primas; a continuación la Tabla 4, sintetiza esta información:

Tabla 4. Lead time de proveedores.

PROVEEDORES DE PRODUCTOS LOJÁN						
N°	Proveedor	Cantidad	Unidad	Periodo de recepción	Lead Time	Días de Entrega
1	Mercado Mayorista San Roque					
	Mazorcas de maíz	24	costales	diario	1 día	
2	Microbodega Anita					
	Aceite de palma	144	L	1 vez a la semana	8 días	lunes
	Manteca de Cerdo	51	kg			
	Esencia de Vainilla	7	L			
	Sal	13	kg			
Polvo para hornear	204	kg				
3	Margarina vegetal	102	kg			
	Lácteos Cayambe					
4	Queso Fresco	17	kg	diario	1 día	
	Vargas Publicidad					
	Fundas plásticas	14500	unidades	2 veces por mes	15 días	lunes

3.3 Eslabón Manufactura

En el eslabón de *Manufactura* es donde ocurre el proceso de transformación de materias primas en producto terminado. Dicho eslabón posee una única línea de producción para las humitas de sal, la cual consta de 12 operaciones y 11 operarios multifuncionales.

Las características de cada proceso se describen a continuación:

1.- Bodegaje

Descripción: descarga de materia prima y transporte hacia la bodega.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 1.253 segundos por lote.

Personas: en este proceso se utiliza 1 operador. Las operaciones de Bodegaje y Abasto de Materia Prima son realizadas por el mismo operario.



Figura 21. Bodega de Materias Primas.

2.- Abasto de Materia Prima

Descripción: suministrar a las estaciones de Preparación de Materia Prima y Mezcla de Ingredientes, todas las materias primas necesarias para la producción.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 1.507 segundos por lote.

Personas: se utiliza el mismo operador de bodegaje. Este operador al concluir sus procesos, se dirige a la estación de *Envoltura de la humita* para envolver 150 humitas.

3.- Preparación de Materia Prima

Descripción: se retira las hojas externas del maíz, además de cortar la punta y base de la mazorca.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 14.762 segundos por lote.

Tiempo promedio por unidad: 12,30 segundos.

Personas: en este proceso se emplean 2 operadores.



Figura 22. Área de Preparación de Materia Prima.

4.- Deshojado y Corte de Maíz

Descripción: se cepillan las hojas externas del maíz, se las retira y se cortan las partes dañadas. Las hojas de la mazorca se guardan, pues servirán para el proceso de envoltura.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 15.074 segundos por lote.

Tiempo promedio por unidad: 25,12 segundos

Personas: En este proceso se utilizan 2 operadores.



5.- Desgranado del Maíz

Descripción: se desgrana manualmente el maíz, una unidad a la vez.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 14.442 segundos por lote.

Tiempo promedio por unidad: 12,03 segundos

Personas: 1 operador.



Figura 24. Área de Desgranado de Maíz.

6.- Molienda de maíz

Descripción: moler los granos de maíz utilizando dos molinos manuales de maíz adaptados con un motor.

Tipo de operación: semiautomática.

Tiempo normal: 4.098 segundos por lote.

Tiempo promedio por 50 unidades: 341,49 segundos.

Personas: se utiliza un operador.



Figura 25. Área de Molienda de Maíz.

7.- Mezcla de Ingredientes

Descripción: mezclar maíz molido, aceite de palma, manteca de cerdo, esencia de vainilla, sal, queso fresco, polvo para hornear y margarina vegetal en un solo contenedor.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 3.446 segundos por lote.

Personas: se utiliza el mismo operador de la operación de *Molienda de maíz*.



Figura 26. Área de Mezcla de Ingredientes.

8.- Envoltura de la humita

Descripción: la mezcla obtenida en el proceso anterior se unta en las hojas de maíz lavadas y se pesa manualmente en una balanza digital.

Tipo de operación: manual.

Tiempo normal: 13.173 segundos por lote.

Tiempo promedio por unidad: 25,33 segundos

Personas: En este proceso se utiliza 1 operador permanente y 3 operarios multitarea. En esta célula colaboran los operarios de: *Abasto de Materia Prima, Enfriamiento y Almacenado.*



Figura 27. Área de Envoltura de Humitas.

9.- Cocción

Descripción: se cocina las humitas en ollas tamaleras. Las ollas son colocadas manualmente por el operador. Se utilizan 4 cocinas semi-industriales.

Tipo de operación: semiautomática.

Tiempo promedio para 50 unidades: 2.706 segundos por lote.

Personas: En este proceso se utiliza 1 operador. Este operario alterna la realización de este proceso con la operación de Empaquetado.



Figura 28. Área de Cocción de Humitas.

10.- Enfriamiento

Descripción: las humitas salen a una temperatura elevada del área de cocción, por tal motivo es necesario enfriarlas con un ventilador, para poder empaquetarlas posteriormente.

Tipo de operación: semiautomática.

Tiempo normal: 1.869 segundos por lote.

Personas: En este proceso se utiliza 1 operador. Antes de realizar el enfriamiento de las humitas, este operador también colabora en la célula de *Envoltura de la humita*.



Figura 29. Área de Enfriamiento de Humitas.

11.- Empaquetado

Descripción: las humitas una vez que han sido enfriadas, son empaquetadas en pares. Para el empaque se usan fundas de plástico. Se utiliza una empaquetadora - etiquetadora.

Tipo de operación: semiautomática.

Tiempo normal: 8.319 segundos por lote.

Personas: para este proceso se utiliza al mismo operador de *Cocción*.



Figura 30. Área de Enfriamiento de Humitas.

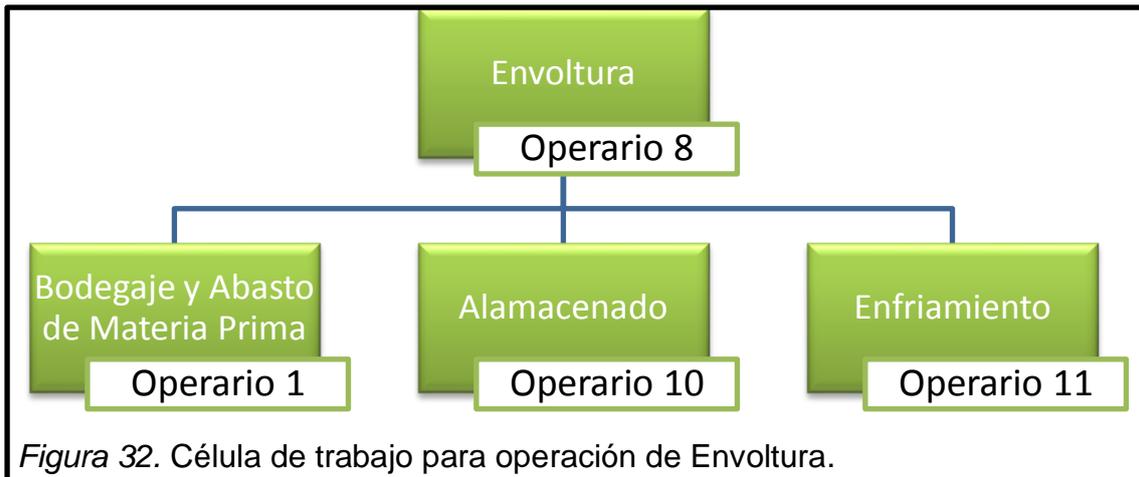
12.- Almacenado

Descripción: el producto terminado es almacenado por un operador en el cuarto frío. Se dispone de un cuarto frío de 12 metros cuadrados.

Tipo de operación: semiautomática.

Tiempo normal: 1.291 segundos por lote.

Operarios: este proceso requiere de 1 operador, el cual con anterioridad ayuda en la célula de *Envoltura de la humita*.



3.4 Eslabón Entregas al cliente

El eslabón de Entregas al Cliente consiste en el transporte del producto terminado hacia el centro de distribución de Corporación Favorita C.A. Las entregas son realizadas de manera diaria por un transportista particular contratado por Productos Loján. Esta persona es la encargada de llevar el producto terminado desde la fábrica hasta el centro de distribución, ubicado en el sector de Amaguaña.

El trayecto para entregar el producto terminado consta de 50 km aproximadamente, tardando entre hora y media a dos horas hasta llegar al centro de distribución; cabe mencionar que la oscilación del tiempo de entrega depende de las condiciones climáticas y del tránsito vehicular.

A continuación se muestra una imagen de la ruta a recorrer por el camión, para realizar cada entrega:



Figura 33. Distancia mínima a recorrer para entrega de producto final.

3.5 Eslabón Distribución

El eslabón de Distribución está controlado en su totalidad por Corporación Favorita C.A. A este lugar llegan más de 6000 proveedores y desde allí se distribuyen miles de alimentos y productos hacia los locales de Supermaxi, Megamaxi, AKI, Gran AKI y Súper AKÍ. (Corporación Favorita, s.f.)

“La instalación está dividida en ocho bodegas, más un área para las oficinas administrativas y otra para la cafetería. Las áreas son: Abastos, Perecibles, (dentro de la que se encuentran Frutas y Legumbres, Lácteos y Embutidos, Central de carnes y Central de pollos; Pescados y mariscos), Mercancías Generales, Juguetes, Servicios Generales, Mantenimiento y Bodega de Canastos”. (Corporación Favorita, s.f.)

“La bodega de abarrotos es la que mayor volumen de productos abarca. En 2012 el área total de las bodegas del [centro de distribución] era de

165.947 metros cuadrados; no obstante el área total del terreno es de más de 100 hectáreas”. (EKOS, s.f.)

Las entregas al centro de distribución en el caso de productos perecibles se las realiza de manera diaria. Los horarios y fechas de entrega son establecidos de manera rigurosa por la corporación.

“Es tal la capacidad de almacenamiento y de eficiencia en despachos que es considerado el mejor Centro de Distribución de América Latina”. (EKOS, s.f)



Figura 34. Centro de Distribución de Corporación La Favorita.
Tomado de Corporación Favorita C.A., s.f.

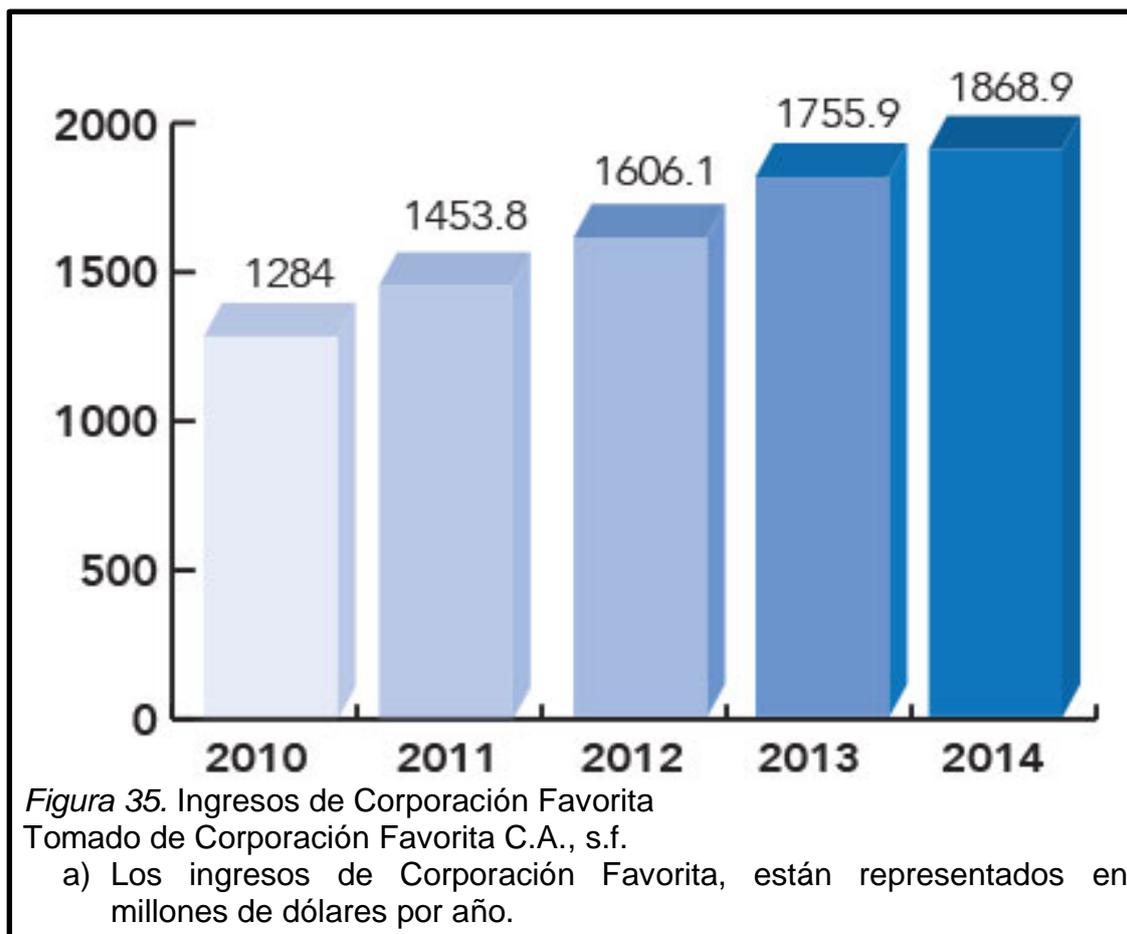
3.6 Eslabón Ventas

El centro de Distribución de Corporación Favorita es el encargado de abastecer a los diferentes puntos de venta localizados a lo largo de todo el país. Productos Loján está presente en cadenas como: Megamaxi, Supermaxi, Akí, Gran Akí y Súper Akí.

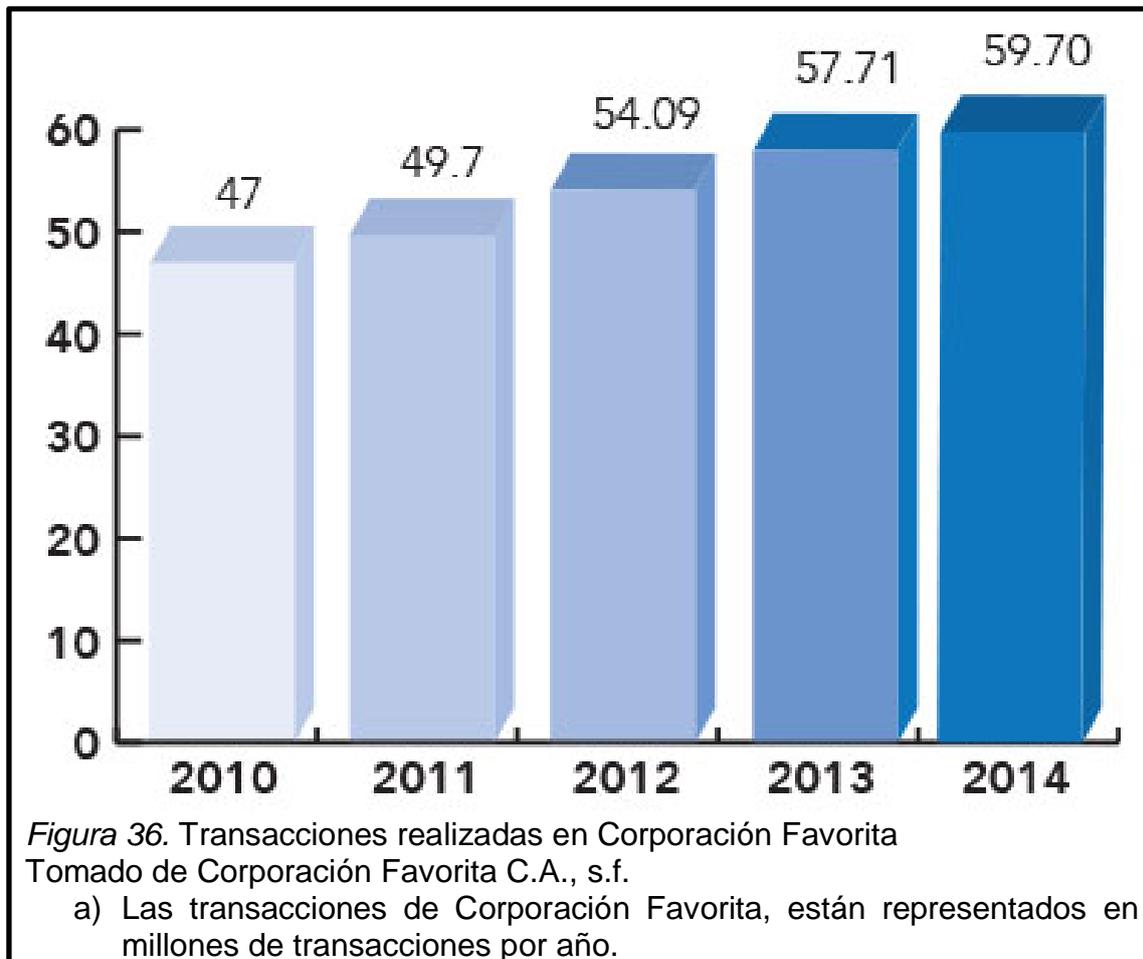
“Todos estos puntos de venta reciben miles de transacciones diarias originadas por sus millones de clientes concentrados en las ciudades

más importantes del país como lo son Quito, Guayaquil, Cuenca, Ibarra, Ambato, Riobamba, Latacunga entre algunas otras". (EKOS, s.f.)

A continuación se presenta la gráfica de ingresos de Corporación Favorita por años, en la misma se puede apreciar la magnitud y alcance que posee como corporación.



Para la corporación es difícil determinar un número de clientes exacto, puesto que cada individuo puede realizar decenas de transacciones (compras) mensuales, por tal motivo Corporación Favorita, prefiere contabilizar las transacciones realizadas anualmente por todos sus clientes.



3.7 Takt Time

El *Takt Time* se define como: “la cadencia a la cual un producto debe ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente”. (MTM Ingenieros, 2016)

Dicho de otra forma, este cálculo permite entender cuánto tiempo debe tomar la elaboración de un producto para poder responder a la demanda del cliente.

El cálculo del *Takt Time* depende de la complejidad de la industria, turnos de trabajo, cantidad de productos de la línea, descansos, etc.

A continuación la Ecuación 6 detalla las variables a incluir en el cálculo del *Takt Time* para Productos Loján:

$$Takt\ Time = \frac{(horas\ por\ turno * número\ de\ turnos) - descansos\ por\ turno}{número\ de\ lotes\ diario}$$

(Ecuación 6)

Tomado de Socconini, 2014 p. 210

Como se mencionó en el apartado “1.1.1 Actividad realizada por la empresa”, la jornada de trabajo de Productos Loján está compuesta por 8 horas al día, dentro de estas ocho horas se incluyen 2 descansos de 15 minutos cada uno, uno en la mañana y otro por la tarde, la jornada también comprende un espacio de 60 minutos para el almuerzo de los trabajadores.

Es importante mencionar que a partir de este cálculo, todas las estimaciones, nuevas formulaciones y cálculos futuros del presente trabajo, estarán dados en segundos por lote (s/lote), a menos que se indique lo contrario.

La Tabla 6 muestra el detalle de la demanda mensual de Productos Loján Cía. Ltda. del año 2015, así como los indicadores obtenidos para calcular el tiempo *Takt*.

Aplicando la Ecuación 6 y teniendo como sustento la Tabla 6, se obtuvo:

$$Takt\ Time = \frac{(28800 * 1) - 5400}{1,87}$$

(Ecuación 7)

$$Takt\ Time = 12511\ s/lote$$

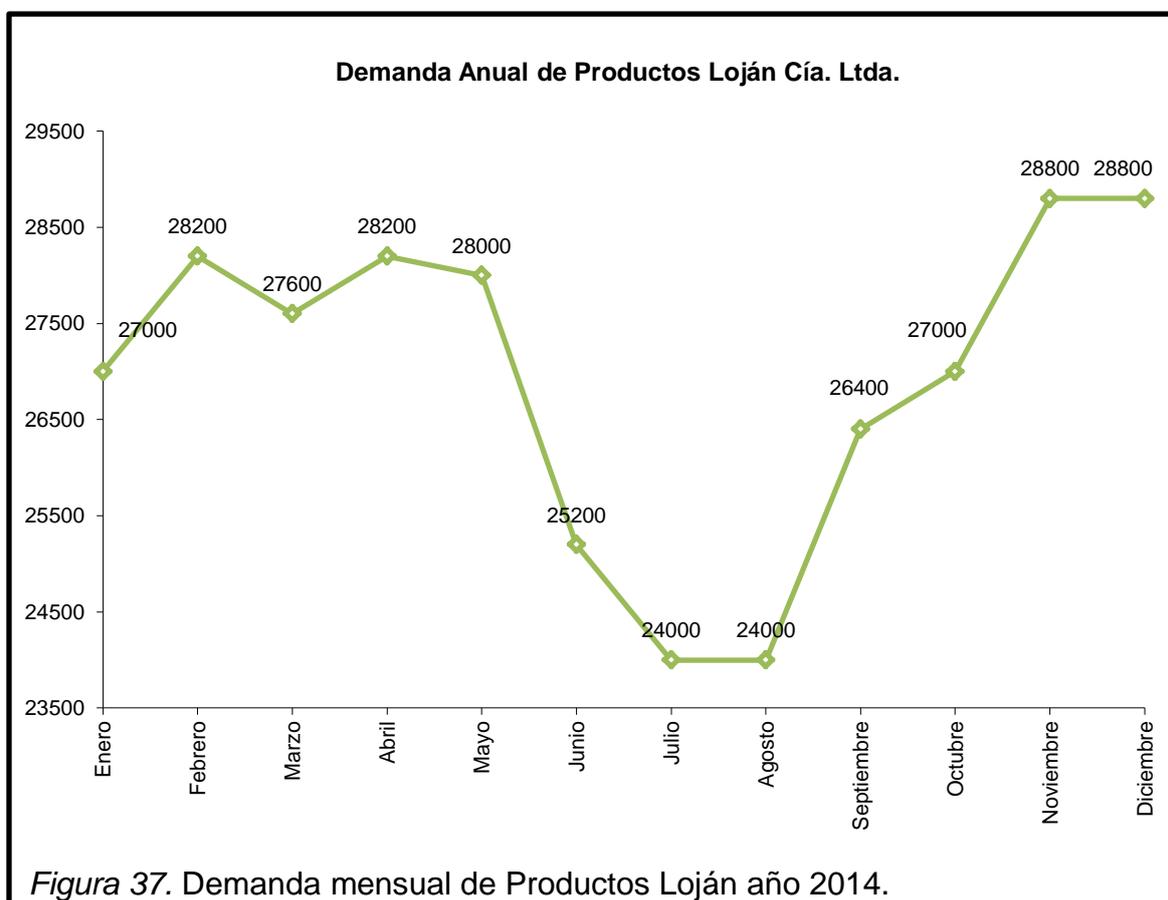
El tiempo *Takt* da una referencia del ritmo al que se debe producir cada lote, y por tanto toda la línea de producción debe alinearse y enfocar sus esfuerzos en cumplir con un tiempo igual o menor. Por consiguiente, cada 12.511 segundos, el cliente estará dispuesto a comprar un lote de humitas.

Tabla 6. *Takt time* de Productos Loján Cía. Ltda.

Cálculo del Takt Time para productos Loján Cía. Ltda.													
Indicadores	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Desviación Estándar
UND/MES	27000	28200	27600	28200	28000	25200	24000	24000	26400	27000	28800	28800	1639,78
LOT/MES	45	47	46	47	47	42	40	40	44	45	48	48	2,73
UND/SEM	6750	7050	6900	7050	7000	6300	6000	6000	6600	6750	7200	7200	409,95
UND/DIA	1125	1175	1150	1175	1167	1050	1000	1000	1100	1125	1200	1200	68,32
LOT/SEM	11	12	12	12	12	11	10	10	11	11	12	12	0,68
Días laborables			24										Demanda Mensual 44,89 lotes
Horas por turno			8										Tiempo disponible sin paras 28800 segundos
Turnos			1										Tiempo disponible diario 23400 segundos
Descansos x turno (min)			30										Tiempo disponible por lote 11700 segundos
Almuerzo			60										Demanda diaria 1,87 lotes
TAKT TIME									12511 s/lote		3,48 h/lote		

Con la finalidad de brindar una idea clara de la fluctuación de la demanda de la empresa, se desarrolló la Figura 37, la cual muestra la gráfica de la demanda en función del tiempo.

En la Figura 37 se visualiza un incremento gradual de la demanda para los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, esto se debe a las festividades de la época, así como el cambio climático por el comienzo del invierno en la ciudad de Quito - Ecuador. También se visualiza una caída en la demanda del producto, debido a la estación de verano.



3.8 Tiempos de ciclo actuales

Para la medición de tiempo en la línea de producción de Productos Loján se emplearon los siguientes elementos de medición.

1. **Apoya manos para estudio de tiempos:** este artículo de plástico y de dimensiones similares a la hoja A4, sirvió para fijar el formato para toma de tiempos.



2. **Cronómetro digital:** la toma de tiempos con cronómetro fue realizada utilizando el método de vuelta a cero, es decir una vez que se realiza la toma de tiempo, se detiene el cronómetro y se resetea el mismo, para volver al valor de cero.



3. **Formato para toma de tiempos:** para poder realizar la toma de tiempos fue necesario elaborar un formato práctico y que ayude al observador para apuntar los datos, este formato se presenta en el Anexo 2.

Para realizar la toma de tiempos es necesario determinar cuántas observaciones se deben hacer; para lo cual se utilizará el procedimiento recomendado por Cruelles J. (2013) en su libro la “Mejora de Métodos y Tiempos de Fabricación”.

Pasos para el cálculo de observaciones necesarias (Cruelles, 2013, p.40):

1. Se realizan cinco (o diez) tomas de tiempos de la operación objeto de estudio.
2. Se toma la cantidad mayor (A) y la cantidad menor (B).
3. Se divide la resta entra la suma del máximo y del mínimo.

$$\frac{A-B}{A+B} \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Tomado de (Cruelles, 2013, p.40)

4. El resultado de este cociente se comprueba en la Tabla de Mundel (Tabla 7) que indicará el número de observaciones o tomas que se deben medir.

Con el objetivo de asegurar el entendimiento de la aplicación del procedimiento de Mundel, a continuación se muestra un ejemplo de la aplicación de la Ecuación 8 para el proceso de Bodegaje, (los datos utilizados se tomaron de la Tabla 8):

$$\frac{A-B}{A+B} = \frac{1283-1228}{1283+1228} = \frac{55}{2511} = 0.022 \quad \text{(Ecuación 9)}$$

El coeficiente obtenido en la Ecuación 9 no aparece en la Tabla de Mundel por ser demasiado bajo, por tanto se tomará en cuenta el valor superior inmediato que es 0.05, que sugiere que para 5 observaciones iniciales y con un coeficiente de 0.05 se deberá realizar 3 observaciones del proceso en estudio.

Tabla 7. Tabla de Mundel

TABLA DE MUNDEL					
(A-B)/(A+B)	Serie inicial de		(A-B)/(A+B)	Serie inicial de	
	5	10		5	10
0,05	3	1	0,28	93	53
0,06	4	2	0,29	100	57
0,07	6	3	0,3	107	61
0,08	8	4	0,31	114	65
0,09	10	5	0,32	121	69
0,1	12	7	0,33	129	74
0,11	14	8	0,34	137	78
0,12	17	10	0,35	145	83
0,13	20	11	0,36	154	88
0,14	23	13	0,37	162	93
0,15	27	15	0,38	171	98
0,16	30	17	0,39	180	103
0,17	34	20	0,4	190	108
0,18	38	22	0,41	200	114
0,19	43	24	0,42	210	120
0,2	47	27	0,43	220	126
0,21	52	30	0,44	230	132
0,22	57	33	0,45	240	138
0,23	63	36	0,46	250	144
0,24	66	39	0,47	282	150
0,25	74	42	0,48	273	156
0,26	80	46	0,49	285	163
0,27	86	49	0,5	296	170

Siguiendo el procedimiento recomendado por Cruelles J., inicialmente se han tomado 5 tiempos de ciclo para cada operación, dando origen a la Tabla 8.

Tabla 8. Medición de tiempos para producción de un lote de humitas.

HOJA DE MEDICIÓN INICIAL DE TIEMPOS PARA UN LOTE								
No.	Proceso	Tipo de Operación	1	2	3	4	5	Tiempo de ciclo promedio
1	Bodegaje	Manual	1260	1280	1254	1228	1283	1261
2	Abasto de materia prima	Manual	1512	1507	1502	1503	1505	1506
3	Preparación de materia prima	Manual	7800	7800	6600	7800	7800	7560
4	Deshojado y corte del maíz	Manual	15000	14400	14400	15000	15000	14760
5	Desgranar el maíz	Manual	14000	14000	14000	15000	15000	14400
6	Molienda	Semiautomática	3780	3936	4056	4356	4296	4085
7	Mezcla de ingredientes	Manual	3600	3600	3600	3000	3600	3480
8	Envoltura de la humita	Manual	5040	5040	5250	5040	4830	5040
9	Cocción	Semiautomática	2701	2700	2703	2705	2708	2703
10	Enfriamiento	Semiautomática	1861	1863	1888	1857	1883	1870
11	Empaquetado	Semiautomática	9000	9000	8400	8400	8400	8640
12	Almacenado	Manual	1280	1285	1285	1292	1295	1287

Continuando con la metodología, se aplicó la ecuación 8 a todas las operaciones de la línea, se obtuvo como resultado la Tabla 9, donde se ha detallado los coeficientes basados en los límites superior e inferior de cada proceso.

Tabla 9. Cálculo de observaciones recomendadas según Mundel.

CÁLCULO DE OBSERVACIONES NECESARIAS SEGÚN TABLA DE MUNDEL								
No.	Proceso	Tipo de Operación	A	B	A-B	A+B	A-B/A+B	Observaciones recomendadas
1	Bodegaje	Manual	1283	1228	55	2511	0,022	3
2	Abasto de materia prima	Manual	1512	1502	10	3014	0,003	3
3	Preparación de materia prima	Manual	7800	6600	1200	14400	0,083	8
4	Deshojado y corte del maíz	Manual	15000	14400	600	29400	0,020	3
5	Desgranar el maíz	Manual	15000	14000	1000	29000	0,034	3
6	Molienda	Semiautomática	4356	3780	576	8136	0,071	6
7	Mezcla de ingredientes	Manual	3600	3000	600	6600	0,091	10
8	Envoltura de la humita	Manual	5250	4830	420	10080	0,042	3
9	Cocción	Semiautomática	2708	2700	8	5408	0,001	3
10	Enfriamiento	Semiautomática	1888	1857	31	3745	0,008	3
11	Empaquetado	Semiautomática	9000	8400	600	17400	0,034	3
12	Almacenado	Manual	1295	1280	15	2575	0,006	3

Al aplicar esta metodología se está garantizando que los tiempos observados poseen una probabilidad del 95% de estar correctas, dejando un +/-5% de desviación para tiempos atípicos. (Cruelles, 2013, p.39)

Para tener la certeza de que todas las observaciones de los procesos están dentro del 95% de probabilidad de estar correctas, se elaboró una nueva tabla de tiempos; teniendo como número máximo de observaciones el valor sugerido para la operación de Preparación de materia prima y Mezcla de Ingredientes en la Tabla 9, que es de 10 observaciones.

Tabla 10. Hoja de Medición Final de Tiempos para un Lote.

HOJA DE MEDICIÓN FINAL DE TIEMPOS PARA LA PRODUCCIÓN DE UN LOTE												
No.	Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tiempo normal
1	Bodegaje	1229	1261	1232	1276	1259	1260	1243	1250	1249	1274	1253
2	Abasto de materia prima	1505	1504	1508	1504	1511	1502	1512	1507	1504	1510	1507
3	Preparación de materia prima	7381	7384	7377	7378	7377	7375	7382	7379	7375	7381	7379
4	Deshojado y corte del maíz	15074	15074	15074	15074	15074	15074	15074	15074	15074	15074	15074
5	Desgranar el maíz	14501	14811	14117	14639	14125	14464	14316	14673	14460	14311	14442
6	Molienda	3875	4187	4117	4221	4066	4319	3852	3816	4294	4232	4098
7	Mezcla de ingredientes	3007	3050	3307	3055	3333	4200	3752	3438	3658	3659	3446
8	Envoltura de la humita	5071	5065	5064	5069	5066	5069	5062	5061	5071	5065	5066
9	Cocción	2702	2714	2710	2705	2708	2710	2704	2701	2706	2703	2706
10	Enfriamiento	1868	1860	1858	1874	1871	1887	1867	1865	1865	1876	1869
11	Empaquetado	8262	7933	8383	8871	7959	8988	7921	8863	7845	8161	8319
12	Almacenado	1295	1291	1288	1291	1294	1289	1293	1293	1293	1287	1291

*El tiempo Normal, es el tiempo promedio de las 10 mediciones realizadas.

Una vez concluido el proceso de medición de tiempos, es necesario manejar un tiempo de referencia para cada proceso, el tiempo promedio calculado será de ahora en adelante el tiempo normal o tiempo estándar, cuyo valor se origina del cálculo del promedio de las 10 observaciones realizadas en la tabla anterior.

3.8.1 Suplementos de descanso

“El tiempo normal de una operación no puede aplicarse tal cual en un proceso, sino que debe ser corregido teniendo en cuenta las condiciones de la operación. Los suplementos están expresados en porcentajes y solo deben aplicarse a las operaciones correspondientes a tiempo-hombre, ya bien sea tiempo-hombre-máquina parada o tiempo-hombre-máquina marcha, nunca a un tiempo-máquina (...).” (Cruelles, 2013, p. 51)

Idealmente el tiempo normal calculado a partir de la Tabla 10, es el tiempo idóneo en el que cada proceso debería culminar la producción de un lote de humitas, sin embargo en la práctica este tiempo se vuelve inalcanzable. Esto debido a que hay que considerar que 8 de los 12 procesos son manuales y los restantes 4 son semiautomáticos, consecuentemente los operarios siempre están interviniendo en cada operación y como es de esperarse, las personas son propensas a fatiga, movimientos repetitivos, monotonía, condiciones atmosféricas, etc., que sin lugar a duda tendrán afectación directa sobre el tiempo de ciclo del proceso.

Para poder obtener un tiempo real y que incluya las condiciones antes mencionadas o mejor conocidas como Suplementos por Descanso, el tiempo normal debe ser sometido a un ajuste, el cual consiste en adicionar un porcentaje de tiempo, al tiempo normal previamente obtenido.

“El objeto principal de cualquier suplemento de descanso es [incrementar] el tiempo normal de una operación, para que un operario

cumpla con el tiempo establecido operando a actividad normal, sin que por ello vea mermadas sus condiciones físicas.” (Cruelles, 2013, p. 52)

Para la aplicación de suplementos por descanso, la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T.) recomienda la tabla de la *Personnel Administration Ltd.* (Anexo 3), por su rigurosidad científica y su sencilla aplicación en los estudios.

Los suplementos de descanso se analizan individualmente para cada operación, teniendo como fórmula:

$$\text{Suplemento de descanso} = \text{suplemento fijo} + \text{suplemento adicional}$$

(Ecuación 10)

Tomado de Cruelles, 2013, p.52

1. El suplemento fijo siempre será de 9% (Anexo 3) que corresponde a:
 - Suplemento base por necesidades personales 5%.
 - Suplemento base por fatiga 4%.

2. Mientras que el suplemento adicional dependerá de las condiciones de trabajo del operario.

Consecuentemente se podrá obtener el Tiempo Corregido:

$$\text{Tiempo corregido} = \text{Tiempo normal} \times (1 + \text{suplemento adicional})$$

(Ecuación 11)

Tomado de Cruelles, 2013, p.52

Cabe recalcar que la asignación de los valores tomados del Anexo 3, pueden diferir de un observador a otro, esto en honor a que se utiliza la percepción, experiencia, el sentido común, la vista, el oído, el olfato e inclusive el tacto para asignar un suplemento por descanso.

Tabla 11. Cálculo de Suplementos por descanso para cada Proceso

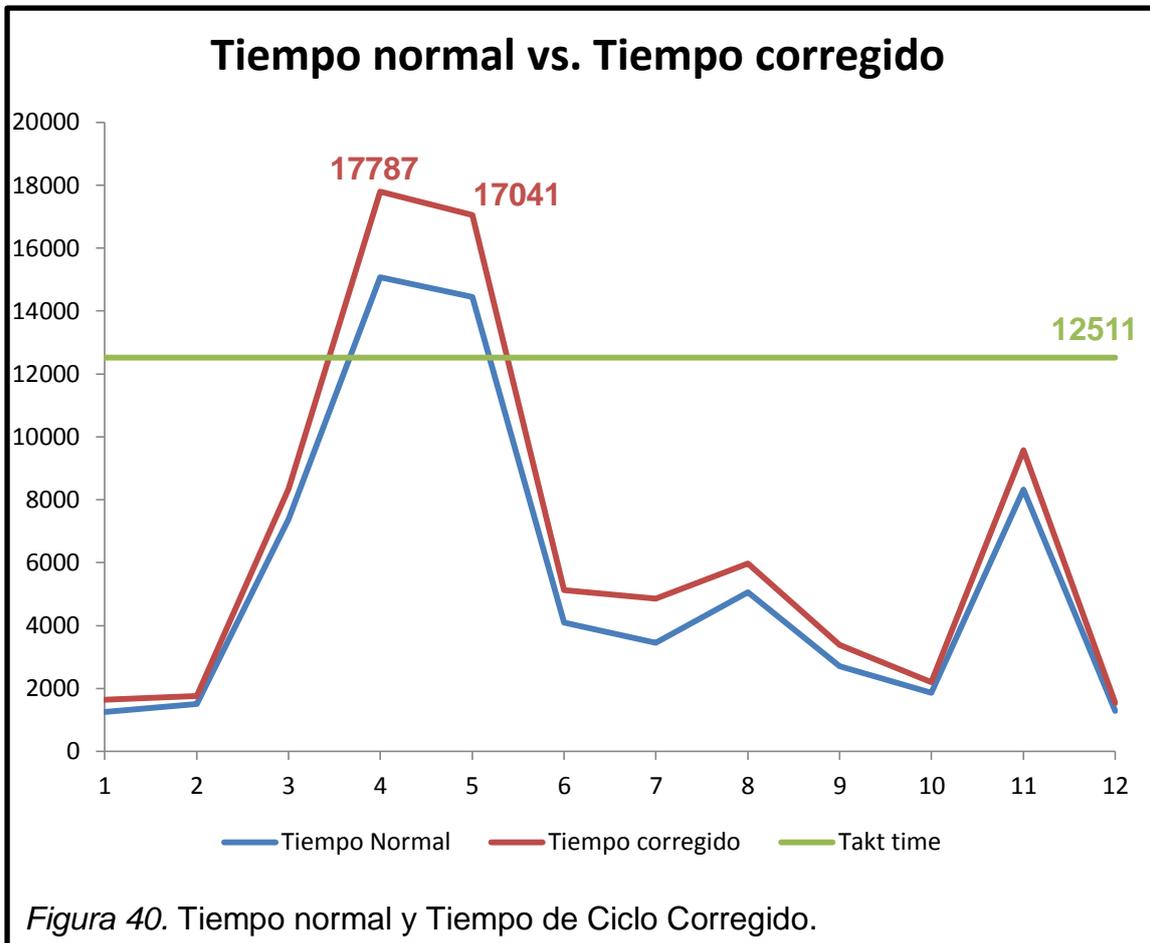
No.	Proceso	Suplementos constantes				Suplementos variables								Total
		Necesidades Personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Fuerza / energía muscular	Mala iluminación	Condiciones atmosféricas	Concentración intensa	Ruido	Tensión mental	Monotonía	Tedio	
1	Bodegaje	5%	4%	2%	2%	17%	-	-	-	-	1%	-	-	31%
2	Abasto de materia prima	5%	4%	2%	2%	3%	-	-	-	-	1%	-	-	17%
3	Preparación de materia prima	5%	4%	-	-	-	-	-	-	-	1%	1%	2%	13%
4	Deshojado y corte del maíz	5%	4%	-	2%	-	-	-	-	-	1%	4%	2%	18%
5	Desgranar el maíz	5%	4%	-	2%	-	-	-	-	-	1%	4%	2%	18%
6	Molienda	5%	4%	2%	-	13%	-	-	-	-	1%	-	-	25%
7	Mezcla de ingredientes	5%	4%	2%	7%	22%	-	-	-	-	1%	-	-	41%
8	Envoltura de la humita	5%	4%	2%	-	-	-	-	2%	-	4%	1%	-	18%
9	Cocción	5%	4%	2%	-	13%	-	-	-	-	1%	-	-	25%
10	Enfriamiento	5%	4%	2%	-	5%	-	-	-	-	1%	1%	-	18%
11	Empaquetado	5%	4%	2%	-	0%	-	-	-	-	1%	1%	2%	15%
12	Almacenado	5%	4%	2%	2%	5%	-	-	-	-	1%	-	-	19%

A partir de la tabla anterior, se obtuvo el tiempo corregido para cada operación como se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. Hoja de Tiempo Corregido.

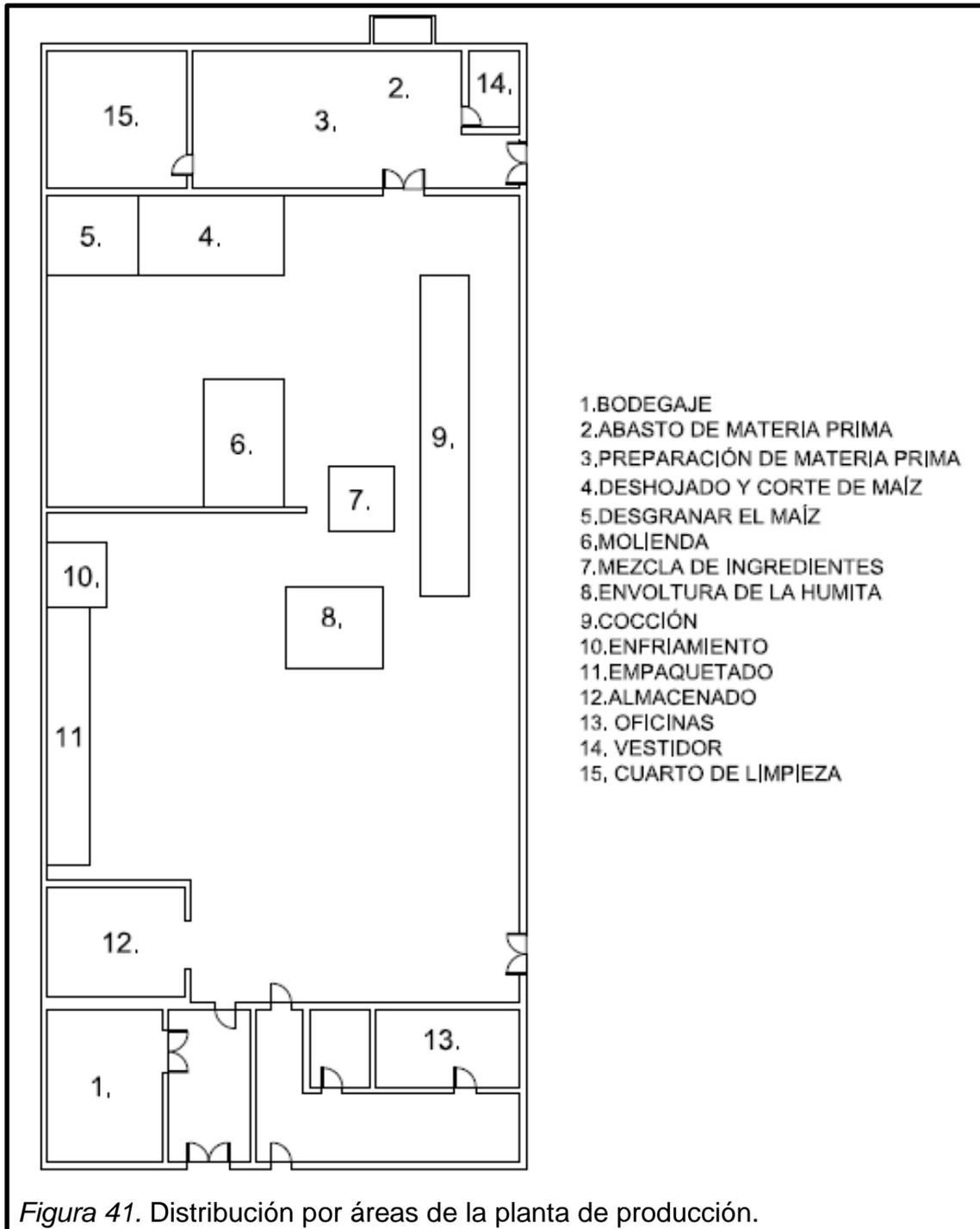
HOJA DE TIEMPO CORREGIDO PARA UN LOTE					
No.	Proceso	Tiempo Normal	Porcentaje por suplementos de descanso	Tiempo por suplementos de descanso	Tiempo corregido
1	Bodegaje	1253	31%	389	1642
2	Abasto de materia prima	1507	17%	256	1763
3	Preparación de materia prima	7379	13%	959	8338
4	Deshojado y corte del maíz	15074	18%	2713	17787
5	Desgranar el maíz	14442	18%	2600	17041
6	Molienda	4098	25%	1024	5122
7	Mezcla de ingredientes	3446	41%	1413	4859
8	Envoltura de la humita	5066	18%	912	5978
9	Cocción	2706	25%	677	3383
10	Enfriamiento	1869	18%	336	2206
11	Empaquetado	8319	15%	1248	9566
12	Almacenado	1291	19%	245	1537

Inclusive visualmente es posible evidenciar el aumento porcentual de tiempo como lo muestra la Figura 40.



3.9 Distribución de la planta

La distribución de la planta no sigue un esquema técnicamente definido, por el contrario, ha sido el gerente y el pasar del tiempo que han dado origen a la distribución actual de la fábrica. La Figura 41 detalla las 15 áreas distribuidas a lo largo de los 525 metros cuadrados de construcción de la fábrica de Productos Loján Cía. Ltda.



Como se menciona en el párrafo anterior, las áreas de la fábrica se han distribuido sin el uso de una técnica de ingeniería como: “distribución por proceso, por producto o por posición fija.” (Renders y Heizer, 2007, pp. 170-188)

En la Figura 42 se han enumerado las operaciones de manera secuencial empezando desde el proceso 1 (Bodegaje) y terminando en el proceso 12 (Almacenado de producto terminado). Entendiéndose así, cual es el flujo de materiales desde la recepción de materia prima hasta el almacenado del producto terminado.

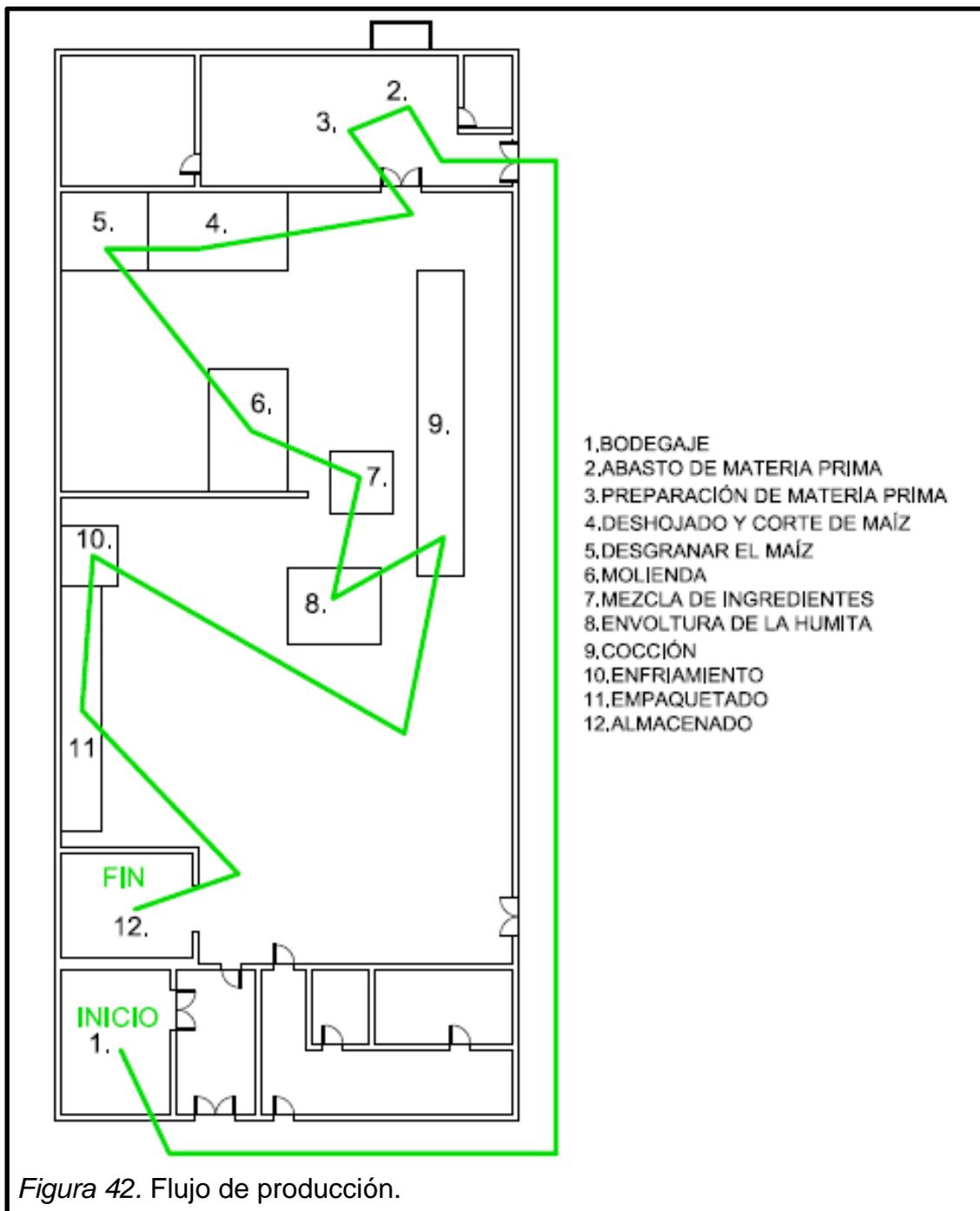


Figura 42. Flujo de producción.

El *layout* de la planta posee 525 metros cuadrados de superficie, y de toda esa superficie 144 metros cuadrados están subutilizados; hecho que permite toda una reingeniería de la distribución de la planta, sin embargo el presente trabajo sólo hace referencia a esta oportunidad de mejora como una circunstancia habilitante para la creación de células de trabajo.

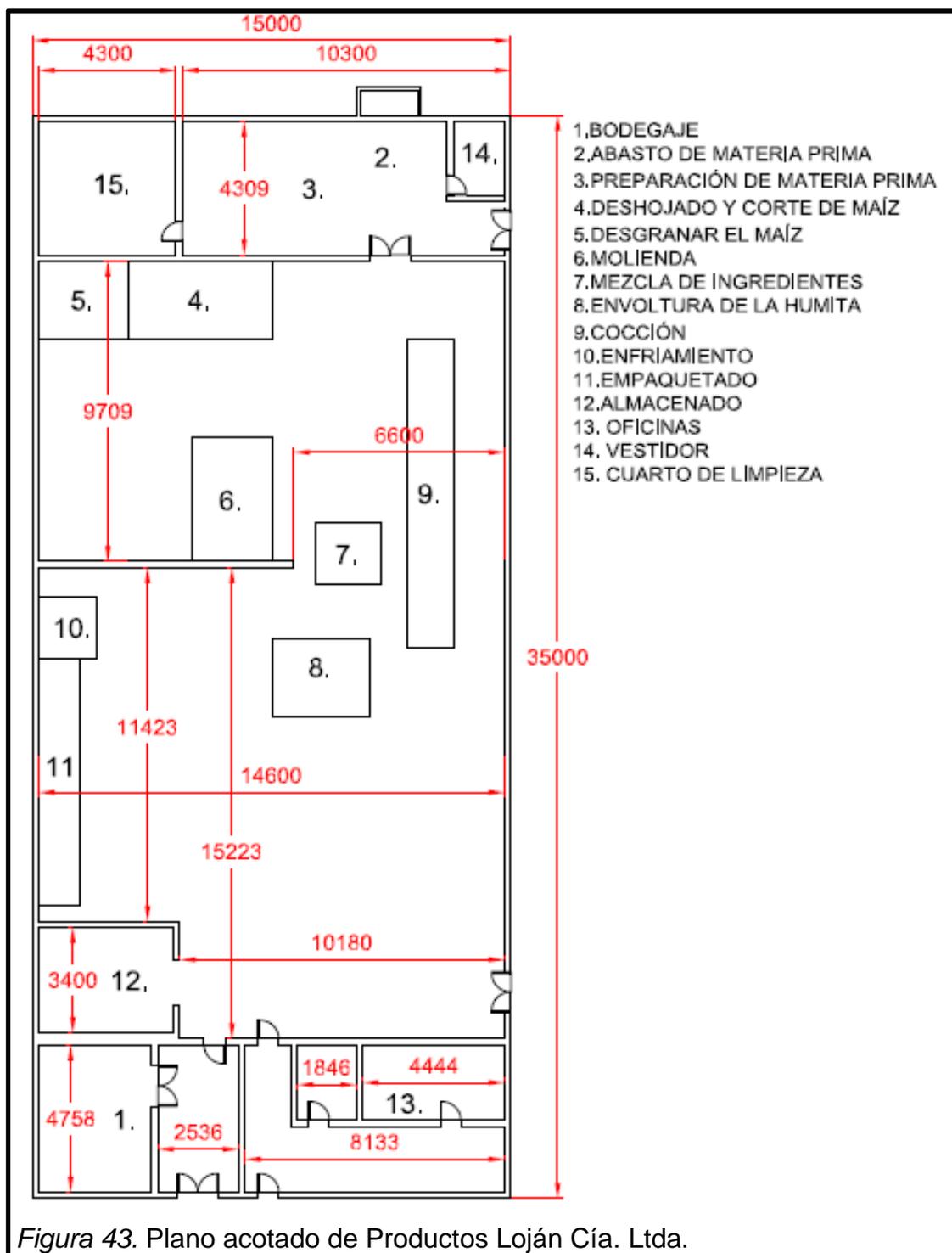


Figura 43. Plano acotado de Productos Loján Cía. Ltda.



Figura 44. Fotografía de espacio subutilizado en planta.

a) Espacio libre de 114 metros cuadrados



Figura 45. Fotografía de espacio subutilizado en planta.

a) Espacio libre de 30 metros cuadrados.

Para un mejor entendimiento de la ubicación del espacio disponible, se ha representado este espacio mediante áreas sombreadas en la Figura 46. El área sombreada más grande, pertenece a la Figura 44, mientras que el área sombreada más pequeña pertenece a la Figura 45.

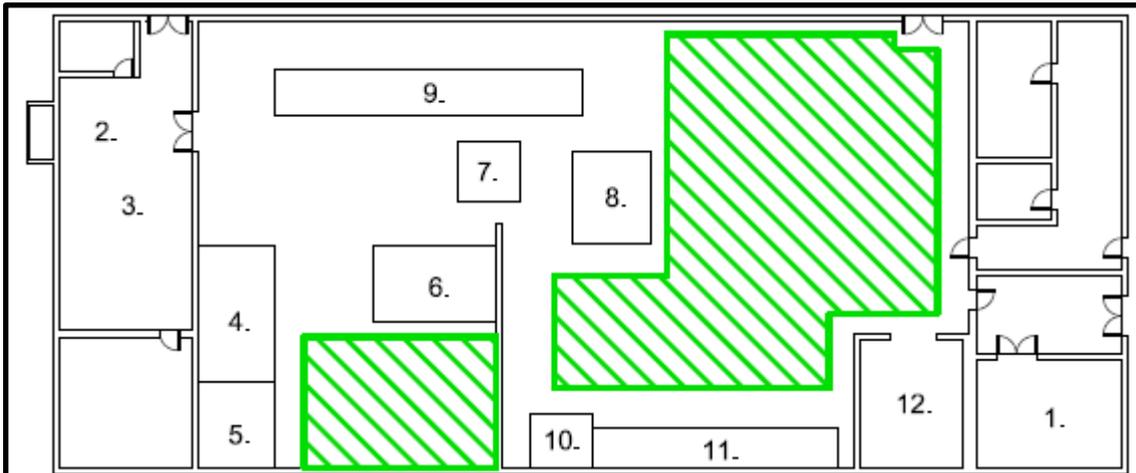


Figura 46. Espacio subutilizado en planta.

- a) Las áreas sombreadas representan el espacio libre de la fábrica, y que permite modificaciones de layout o la creación de células de trabajo.

Como evidencian la Figura 47 y la Figura 48, los puestos de trabajo no superan los 4 metros cuadrados de superficie, por tal motivo es fácil agruparlos para generar trabajo celular.



Figura 47. Estación de trabajo de Deshojado y Corte de maíz.



Figura 48. Estación de trabajo de Desgranado de maíz.

4. CAPÍTULO IV: TEORÍA DE RESTRICCIONES

En este capítulo se demuestra que con modificaciones técnicas en el eslabón de Manufactura, se podrá generar una mejora integral en toda la cadena de suministro.

Para Productos Loján el eslabón de Manufactura es el principal eje de funcionamiento de la Cadena de Abastecimiento, esto debido a que el eslabón que le antecede (Proveedores) basa sus entregas de materias primas según el plan de producción de la fábrica; y por consiguiente los eslabones subsecuentes al de Manufactura como: *Entregas al Cliente*, *Distribución* y *Ventas*, determinarán su funcionalidad en base a la producción de la línea, por ejemplo: si la línea de producción se retrasa en entregas o se originara una sobreproducción, estos eventos tendrían un desenlace en todos los eslabones de la cadena.

Dado el grado de importancia del eslabón *Manufactura*, es necesario establecer, si la línea de producción está o no balanceada.

4.1 Identificar las Restricciones del Sistema

En este primer paso de la Teoría de Restricciones se debe identificar todas las restricciones del eslabón *Manufactura*.

Cuando una operación no cumple con el tiempo *Takt* y sobrepasa este, se identifica una restricción interna en la línea de producción, y por el contrario, si una operación es demasiado rápida con relación al *Takt Time*, se determina una restricción externa.

Por ejemplo en las restricciones *Internas*, se hace referencia a que la empresa no puede alcanzar un nivel óptimo de producción por debajo del *Takt Time*, esto debido a que hay un motivo que lo impide (administrativo, logístico, de

capacidad o comportamiento del personal), ese “motivo” es el que debe ser identificado, para que después del uso de herramientas de ingeniería se pueda eliminar la restricción o por lo menos atenuarla.

En cambio las restricciones *Externas* hacen alusión al tamaño del mercado, gustos y preferencias de los consumidores, empresas competidoras, bienes sustitutos, ubicación geográfica, escasez de materiales, entre otras.

Para poder identificar restricciones en el sistema, hay que ir más allá de una inspección visual de la fábrica; es necesario encontrar las limitaciones de la línea mediante una manera técnica, con una medición de tiempos y con un total entendimiento del accionar de cada estación de trabajo.

Para visualizar las restricciones de la línea de producción, se ha elaborado la Tabla 13 y la Figura 49. En la Tabla 13 se ha comparado el Tiempo Corregido ante el Tiempo *Takt*, donde las operaciones que están por encima del *Takt Time* han sido resaltadas de color vino, para diferenciarlas como *restricciones internas* de la línea de producción.

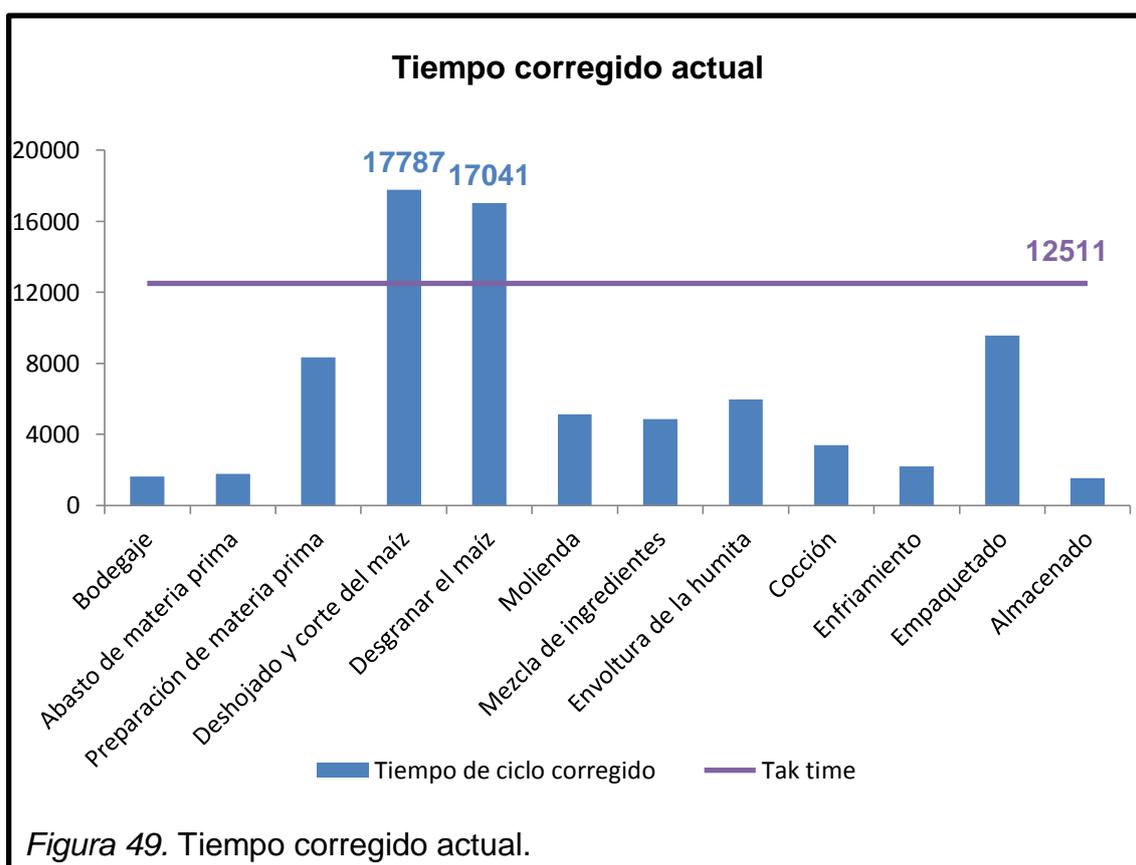
No obstante existen operaciones que son demasiado rápidas en comparación con el tiempo *takt*, éstas deben su rapidez a la simplicidad del proceso o al uso de maquinaria como: molino para granos, cocinas, ventilador, etiquetadora, etc.

Tabla 13. Identificación de Restricciones Internas.

IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES				
No.	Proceso	Tiempo Normal	Tiempo corregido	Takt time
1	Bodegaje	1253	1642	12511
2	Abasto de materia prima	1507	1763	12511
3	Preparación de materia prima	7379	8338	12511
4	Deshojado y corte del maíz	15074	17787	12511
5	Desgranar el maíz	14442	17041	12511

6	Molienda	4098	5122	12511
7	Mezcla de ingredientes	3446	4859	12511
8	Envoltura de la humita	5066	5978	12511
9	Cocción	2706	3383	12511
10	Enfriamiento	1869	2206	12511
11	Empaquetado	8319	9566	12511
12	Almacenado	1291	1537	12511

En la Figura 49 se puede observar que hay operaciones que son demasiado rápidas con respecto a los 12.511 segundos correspondientes al Tiempo *Takt*, mientras que hay otras, que se demoran hasta 14 veces más comparadas con la operación más rápida.



Estas diferencias marcadas entre una operación y otra, son una clara evidencia del desbalance que existe en la línea de producción, por tal motivo se debe balancear la línea de producción teniendo como eje principal las restricciones

previamente identificadas; lo que direcciona este proyecto hacia la aplicación del segundo paso de la Teoría de Restricciones.

4.2 Explotar las Restricciones del Sistema

En este paso de la Teoría de Restricciones se busca obtener el máximo rendimiento de las restricciones. Sin embargo se ha demostrado la necesidad de balancear la línea de producción, distribuyendo la carga de trabajo equitativamente entre todos los operarios, teniendo como objetivo principal reducir la sobrecarga de trabajo para las operaciones 4 y 5, Deshojado y Desgranar maíz respectivamente.

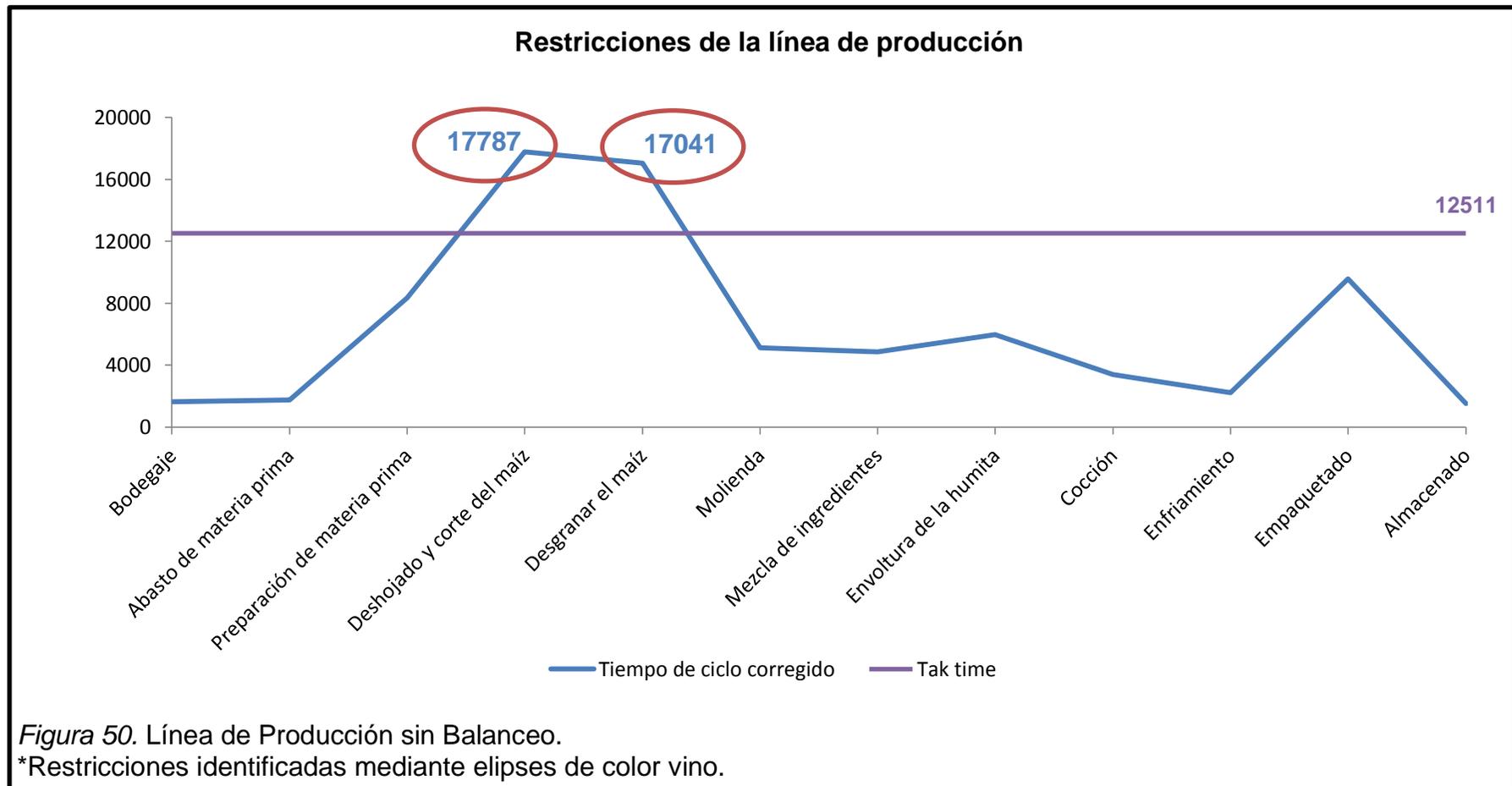
4.2.1 Balanceo de Línea

Las consecuencias del desbalanceo de la carga trabajo en la línea de producción son diversas, y dependiendo de la industria podrían ascender a sumas importantes de dinero, como por ejemplo: el tener retrasos en las entregas de productos terminados, exceso de inventario en la línea, pago de horas extras a operarios, menor productividad, *lead time* elevado, etc.

“El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.” (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

“En la práctica es mucho más sencillo balancear una línea de [producción] compuesta por operarios, dado que los cambios suelen aplicarse con tan solo realizar movimientos en las tareas realizadas por un operario a otro. Para ello también hace falta que dentro de la organización se ejecute un programa de diversificación de habilidades, para que en un momento dado un operario pueda desempeñar cualquier función dentro del proceso.” (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

Para ayudar a la visualización de los cuellos de botella dentro de una línea de producción, es recomendable realizar una gráfica de tiempo en función de la operación, en la Figura 50 es posible identificar de manera rápida las restricciones de la línea con una simple inspección visual.



Una vez conocida la carga de trabajo por operación, y una vez que se han determinado las restricciones de la línea de producción, es necesario hacer un Balanceo de Línea, el cual puede realizarse haciendo uso de una de las siguientes opciones o combinándolas si el caso lo requiriera:

- Distribución de carga de trabajo entre los procesos.
- Contratación de personal.
- Creación de células de trabajo.
- Eliminación de descansos en los cuellos de botella.
- Horas extras en las estaciones fuera del *Takt time*.

Con la finalidad de poder decidir cuál de las anteriores opciones mencionadas es o son las más ideales, se deberá tener un completo entendimiento del tiempo ocupado por cada operario para la producción de un lote de humitas.

Para el cálculo del *Tiempo Ocupado por Operario* es necesario considerar todas las actividades que realizan durante la jornada de trabajo.

En la Tabla 14 se ha calculado el tiempo ocupado por cada operario durante la producción de un lote de humitas (600 unidades), donde el *Tiempo Ocupado* obedece a la siguiente fórmula:

$$\textit{Tiempo Ocupado} = \textit{Tiempo de Ciclo Corregido} + \textit{Tiempo de Traslado}$$

(Ecuación 12)

Mientras que el *Tiempo Ocioso* obedece a la siguiente ecuación:

$$\textit{Tiempo Ocioso} = \textit{Takt Time} - \textit{Tiempo Ocupado}$$

(Ecuación 13)

En la Tabla 14 se ha resaltado con color verde a los operarios que conforman la célula de trabajo de Envoltura de la Humita, donde los operarios 1, 8, 10 y 11, apoyan con la envoltura de 150, 200, 150 y 100 humitas respectivamente.

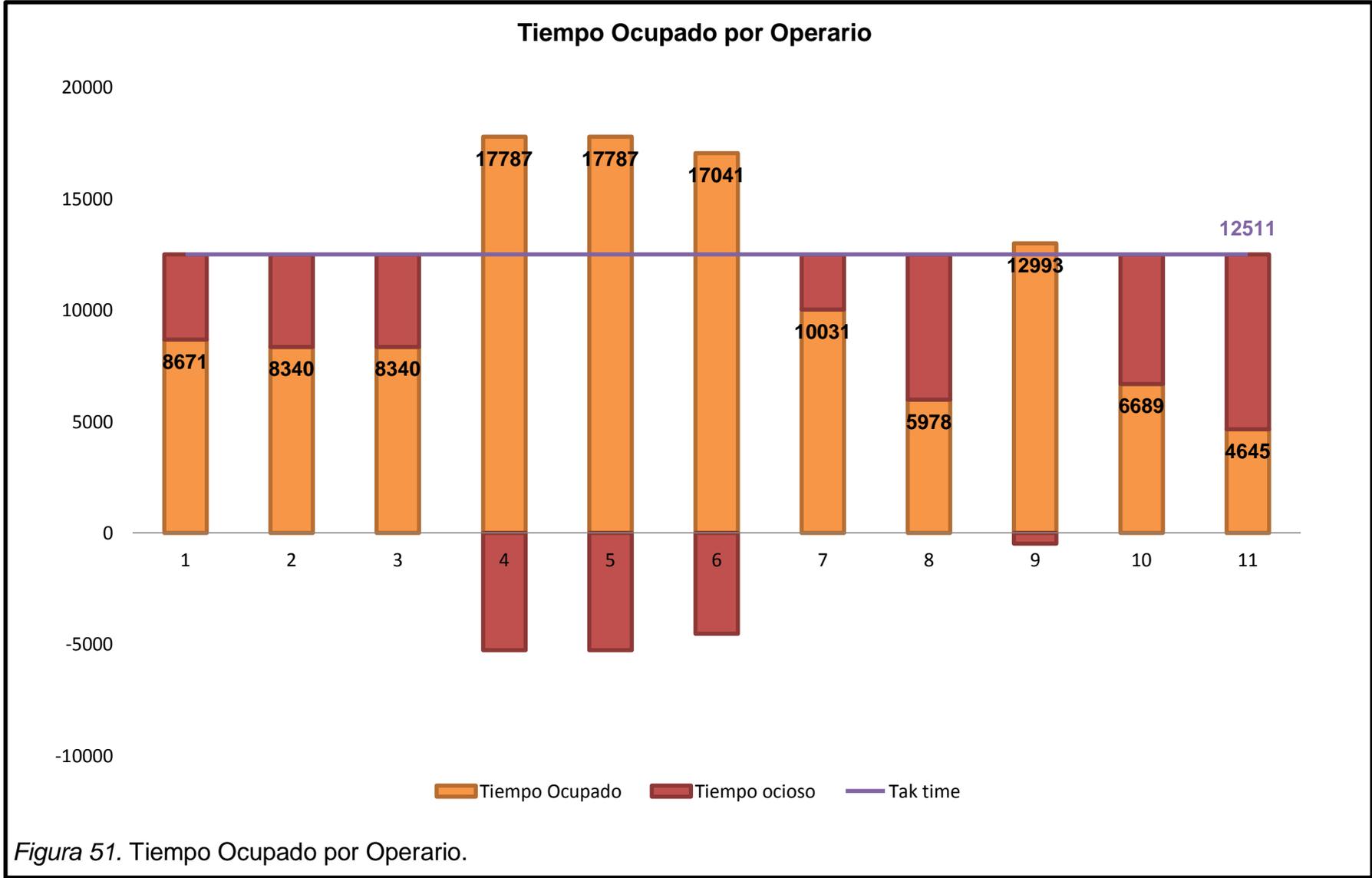
La columna de Tiempo Ocioso, hace referencia al tiempo que cada operario desperdicia o no agrega valor al producto, si bien es cierto hay utensilios o estaciones de trabajo que deben limpiarse, no se debe sobreestimar el tiempo para estas actividades. Dentro de esta columna existen números con signo positivo que indican exceso de tiempo improductivo, mientras que los números con signo negativo, evidencian que hay una sobrecarga de trabajo para la persona.

Al identificar el tiempo ocioso por operario (sea positivo o negativo), se puede determinar cómo distribuir el trabajo y a qué estación, consecuentemente se evitará tener operarios con exceso de trabajo y lograr distribuir de manera equitativa toda la carga de trabajo.

Tabla 14. Cálculo de tiempo ocupado por operario.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN										
Operario	Proceso	Secuencia de operación	Tiempo corregido	Tiempo de traslado (s)	Tiempo Ocupado (s)	Tiempo Ocioso (s)	Tiempo Ocioso (min)	Tiempo Ocioso (h)	Unidades a procesar	Unidad de medida
1	Bodegaje	1	1642						12	tote
	Abasto de materia prima	2	1763	782	8671	3840	64	1,1	12	tote
									Ayuda en célula de envoltura	150
2	Preparación de materia prima	3	8340		8340	4171	70	1	600	choclos
3	Preparación de materia prima		8340		8340	4171	70	1	600	choclos
4	Deshojado y corte del maíz	4	17787		17787	-5276	-88	-1,5	600	choclos
5	Deshojado y corte del maíz	4	17787		17787	-5276	-88	-1,5	600	choclos
6	Desgranar el maíz	5	17041		17041	-4530	-76	-1,3	1200	choclos
7	Molienda	6	5122						12	tote
	Mezcla de ingredientes	7	4859	50	10031	2480	41	0,7	12	tote
8	Envoltura de la humita	8	5978		5978	6533	109	1,8	200	humitas
9	Cocción	9	3383	44	12993	-482	-8	-0,1	12	tote
	Empaquetado	11	9566						600	humitas
10	Enfriamiento	10	2206		6689	5822	97	1,6	12	tote
									Ayuda en célula de envoltura	150
11	Almacenado	12	1537	132	4658	7853	131	2,2	12	tote
									Ayuda en célula de envoltura	100
Total						50434,11	840,57	14,01		

*Los operarios resaltados de color verde, pertenecen a la célula de trabajo especificada en la Figura 32.



La Figura 51 es una clara visualización del desbalanceo de trabajo que existe en la línea de producción; es evidente que para los operarios 4, 5 y 6 hay un exceso de trabajo, y para poder cumplir con el objetivo diario de producción se debe incurrir en el pago de horas extras, mientras que los demás operarios realizan procesos que son menos minuciosos o rápidos con respecto al Tiempo Disponible, teniendo como consecuencia el cumplimiento de producción diaria de manera anticipada, dando origen a tiempos ociosos.

Para atenuar este desbalance se distribuirá la sobrecarga de trabajo de los operarios 4, 5 y 6. Esta acción desembocará en la creación de células de trabajo, que tienen como finalidad utilizar a todos los operarios de la planta e incrementar el uso eficiente de cada estación de trabajo.

4.2.1.1 Cálculo de número de trabajadores ideal

En base a los tiempos de ciclo obtenidos y al tiempo ocioso calculado, es útil saber si la línea de producción cuenta con la cantidad de operarios necesarios, esto debido que podría ser que la línea esté con exceso de trabajadores o por el contrario, que se requiera de la contratación de más personal.

Para calcular el número necesario de trabajadores se empleará la siguiente fórmula:

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{\sum \text{Tiempo corregido total}}{\text{Takt time}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Tomado de Socconini, 2014, p. 241.

$$\text{Número de trabajadores} = \frac{79212}{12511} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$\text{Número de trabajadores} = 6,33 \approx 7 \text{ personas}$$

El cálculo anterior evidencia la existencia de demasiadas personas en la línea de producción, por tal motivo, la mala distribución de carga de trabajo y el exceso de personal, son las causas directas de la existencia de tiempo ocioso.

4.2.2 Distribución de Carga de Trabajo

Teniendo como base de datos la Tabla 14, se cita el siguiente ejemplo de distribución de carga de trabajo, donde el operario 8 ayudará al operario 4 con la sobrecarga de trabajo:

- El operario 8 encargado de llevar a cabo la operación de Envoltura posee 6.533 segundos de tiempo improductivo, por tanto está en condiciones de ayudar a un operario con sobrecarga de trabajo, en este ejemplo ayudará al operario 4, de Deshojado y Corte de Maíz, quien presenta 5.276 segundos de exceso de trabajo.
- Para poder hacer efectiva la distribución de carga de trabajo, la *Carga Distribuida* debe ser afectada por el suplemento de descanso de la operación de *Deshojado y corte de Maíz*, que en este caso es del 18%, (ver Tabla 11).

*Carga Distribuida = Tiempo a ayudar * suplemento de descanso*

(Ecuación 16)

*Carga Distribuida = 5.276 * 1,18 = 6.225,68 segundos*

- Aplicando la Ecuación 16, el tiempo ocioso del operario 8 quedará expresado de la siguiente forma:

Tiempo Ocioso = Takt Time – Tiempo Ocupado – Carga Distribuida

(Ecuación 17)

$$\text{Tiempo Ocioso} = 12.511 - 5.978 - 6.225,68 = -307,32 \text{ segundos}$$

- Sí después de la distribución de trabajo realizada, persistiera el tiempo ocioso con signo positivo o negativo, se recomienda volver a realizar la distribución de carga de trabajo, seleccionando otra combinación de operarios.

4.2.3 Creación de Células de Trabajo

En la Tabla 15, se tomó como eje central de las células de trabajo a los operarios con mayor carga de trabajo. En el caso de Productos Loján, los operarios 2 y 3, serán el núcleo de la primera célula de trabajo, los operarios 4 y 5 serán el núcleo de la segunda célula de trabajo y por último, el operario 8 será el núcleo de la tercera célula de trabajo (previamente establecida por el Gerente General -Envoltura-).

El objetivo de crear dos células adicionales a la de *Envoltura de la humita*, es lograr tener una carga de trabajo equitativa para cada operario, logrando así reducir las horas extra de trabajo y el excesivo tiempo ocioso.

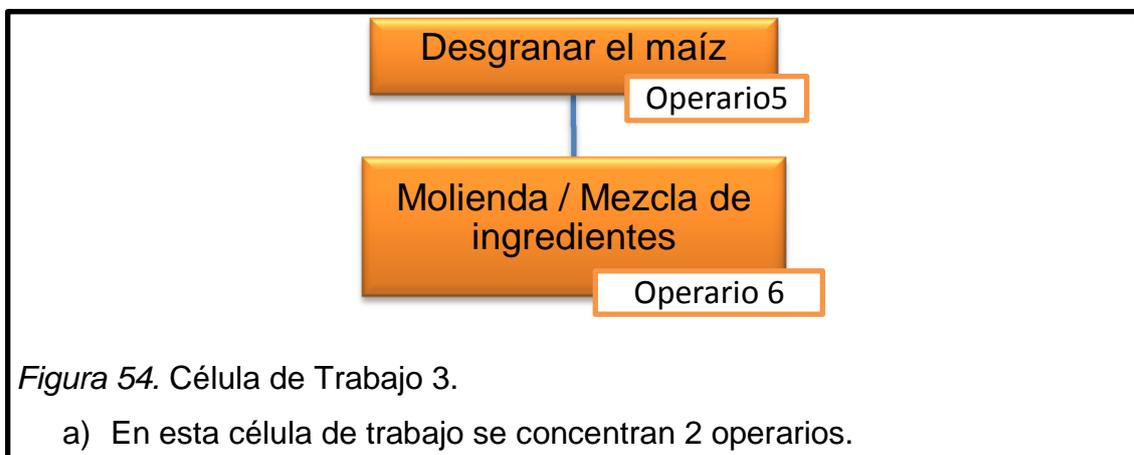
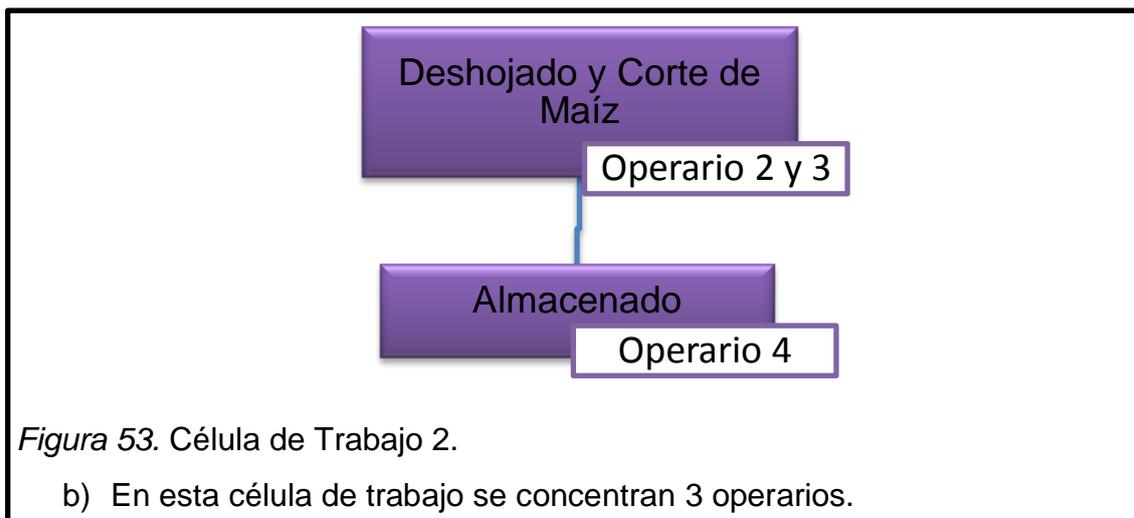
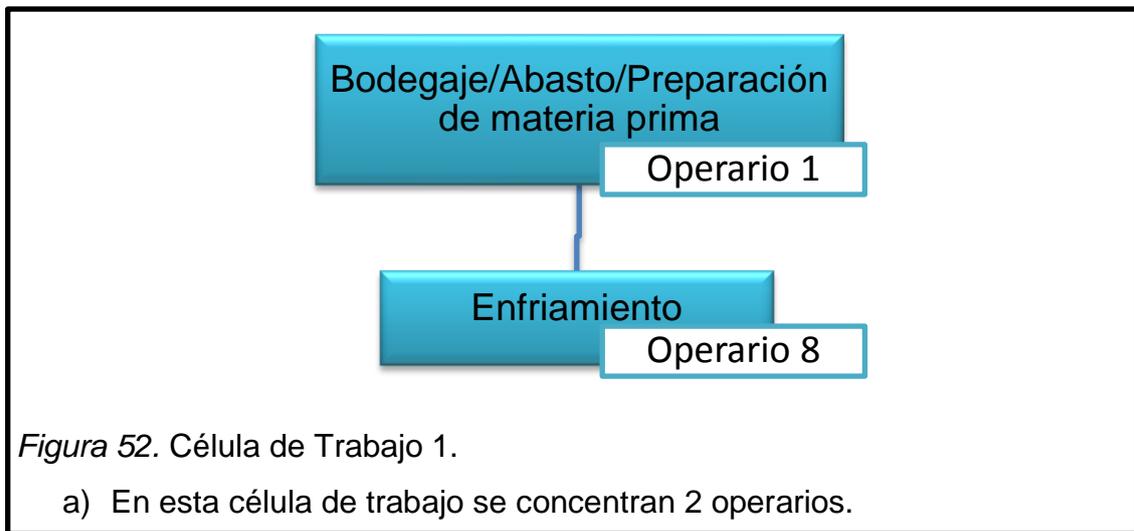
Por consiguiente los operarios que no son parte del núcleo de alguna célula de trabajo, deben ayudar a una célula en específico para poder generar el balanceo de línea.

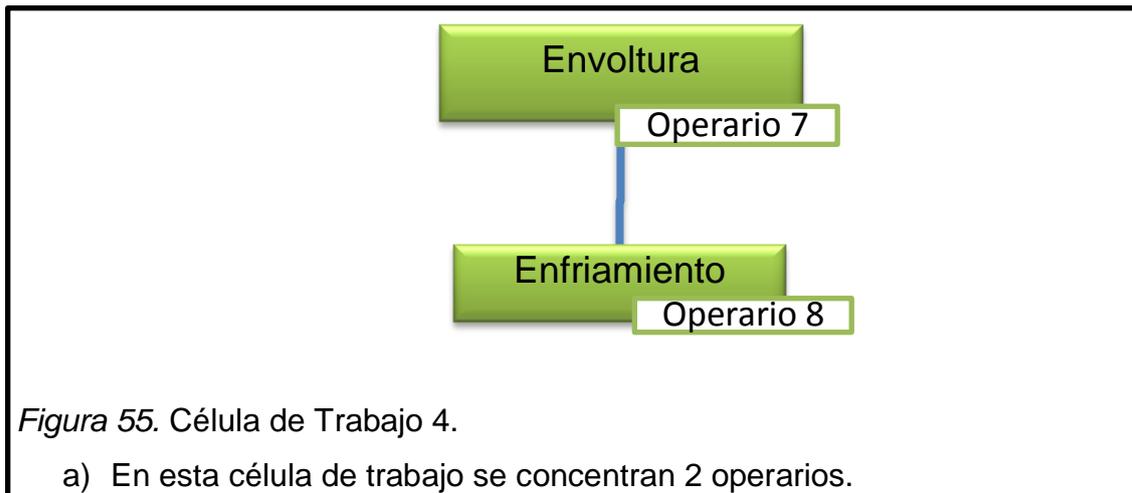
La identificación de las células de trabajo se ha diferenciado por colores en la Tabla 15. Para la conformación de las mismas se tomó en cuenta la distancia recorrida por cada operario entre estaciones de trabajo para ayudar en célula.

Tabla 15. Distribución de carga de trabajo y creación de células de trabajo.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN											
Operario	Proceso	Operación	Tiempo corregido con balanceo de línea	Tiempo de traslado	Tiempo Ocupado	Tiempo Ocioso (s)	Tiempo Ocioso (min)	Tiempo Ocioso (h)	Unidades a procesar en célula	Unidad de medida	
1	Bodegaje	1	1642						12	tote	
	Abasto de materia prima	2	1763	806	15331	-2821	-47	-0,8	12	tote	
	Preparación de materia prima	3	11120						800	choclos	
2	Deshojado y corte del maíz	4	12303		12303	208	3	0,1	415	choclos	
3	Deshojado y corte del maíz	4	12303		12303	208	3	0,1	415	choclos	
4	Almacenado	12	1537	180	12686	-175	-3	0,0	12	tote	
									Ayuda en célula de Deshojado y corte	370	choclos
5	Desgranar el maíz	5	12497		12497	14	0	0,0	880	choclos	
6	Molienda	6	5122						12	tote	
	Mezcla de ingredientes	7	4859	54	14580	-2069	-34	-0,6	12	tote	
									Ayuda en célula de Desgranado	320	choclos
7	Envoltura de la humita	8	15544		11957	554	9	0,2	400	humitas	
8	Enfriamiento	10	2206	38	13782	-1271	-21	-0,4	12	tote	
									Ayuda en célula de Envoltura	200	humitas
									Ayuda en célula de Preparación	400	choclos
9	Cocción	9	3383						12	tote	
	Empaquetado	11	9566	44	12993	-482	-8	-0,1	600	humitas	
Total						2160,45	36,01	0,60			

La conformación para las células de trabajo es la que se propone a continuación:





Para la obtención del *Tiempo corregido con balanceo de línea* se visualiza que algunos tiempos no han cambiado respecto al original, este resultado es muy lógico debido a que no hay razón de fuerza mayor para hacer que los procesos rápidos marchen mucho más rápido, sino por el contrario, lo ideal es que la operación de *Preparación de Materia prima, Deshojado y Corte, Desgranado y Envoltura* -y a la vez núcleos de las células de trabajo-, estén por debajo del Tiempo Disponible.

Con la elaboración de la Tabla 15 se ha logrado reducir el tiempo ocioso por operario, distribuyendo de manera eficiente la carga de trabajo y sin descuidar la cantidad de producción diaria; además una de las justificaciones para desarrollar el presente proyecto es el exceso de tiempo ocioso por operario, con el balanceo de línea se logró suprimir dos operarios, si bien es cierto todavía no se ha logrado eliminar totalmente el tiempo ocioso, pero se logró pasar de 14,01 horas a 0,60 horas –los beneficios económicos se presentarán en el capítulo VI Análisis Costo Beneficio-.

Por consiguiente el *Tiempo corregido con balanceo* para los cuellos de botella ahora está más cerca del *Tiempo Takt*, sin embargo lo ideal es que todas las operaciones estén por debajo de este tiempo, hecho que se demostrará en el apartado 4.4 *Elevar las restricciones del sistema*.

Para la generación de las Figuras 56 y Figura 57, se desarrolló un *Takt Time* variable para cada estación de trabajo, teniendo como consecuencia que las estaciones de trabajo estén disponibles únicamente el tiempo que sea necesario para procesar un lote de humitas.

El *Takt Time* variable, es igual al tiempo corregido con balanceo de línea.

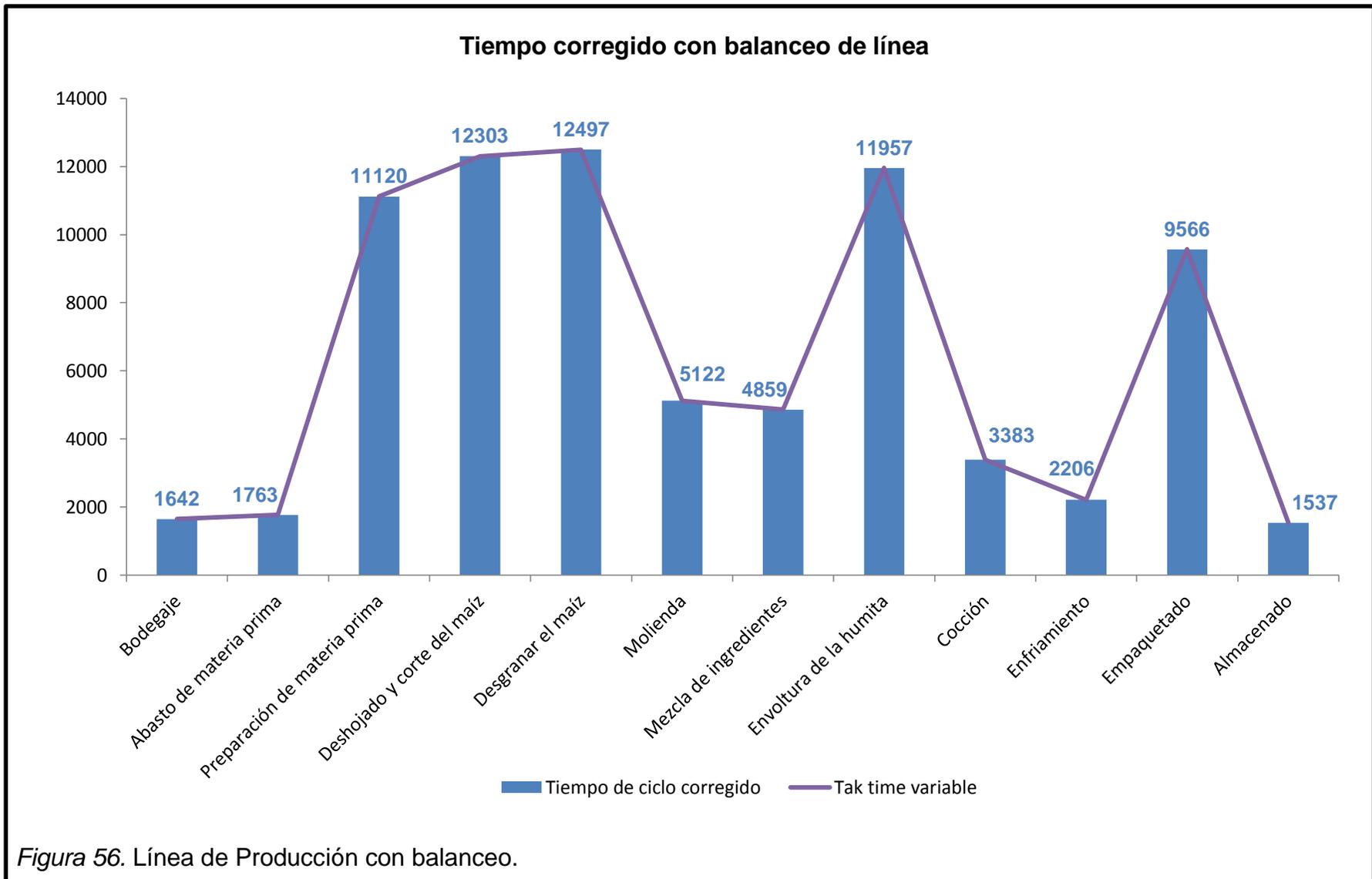
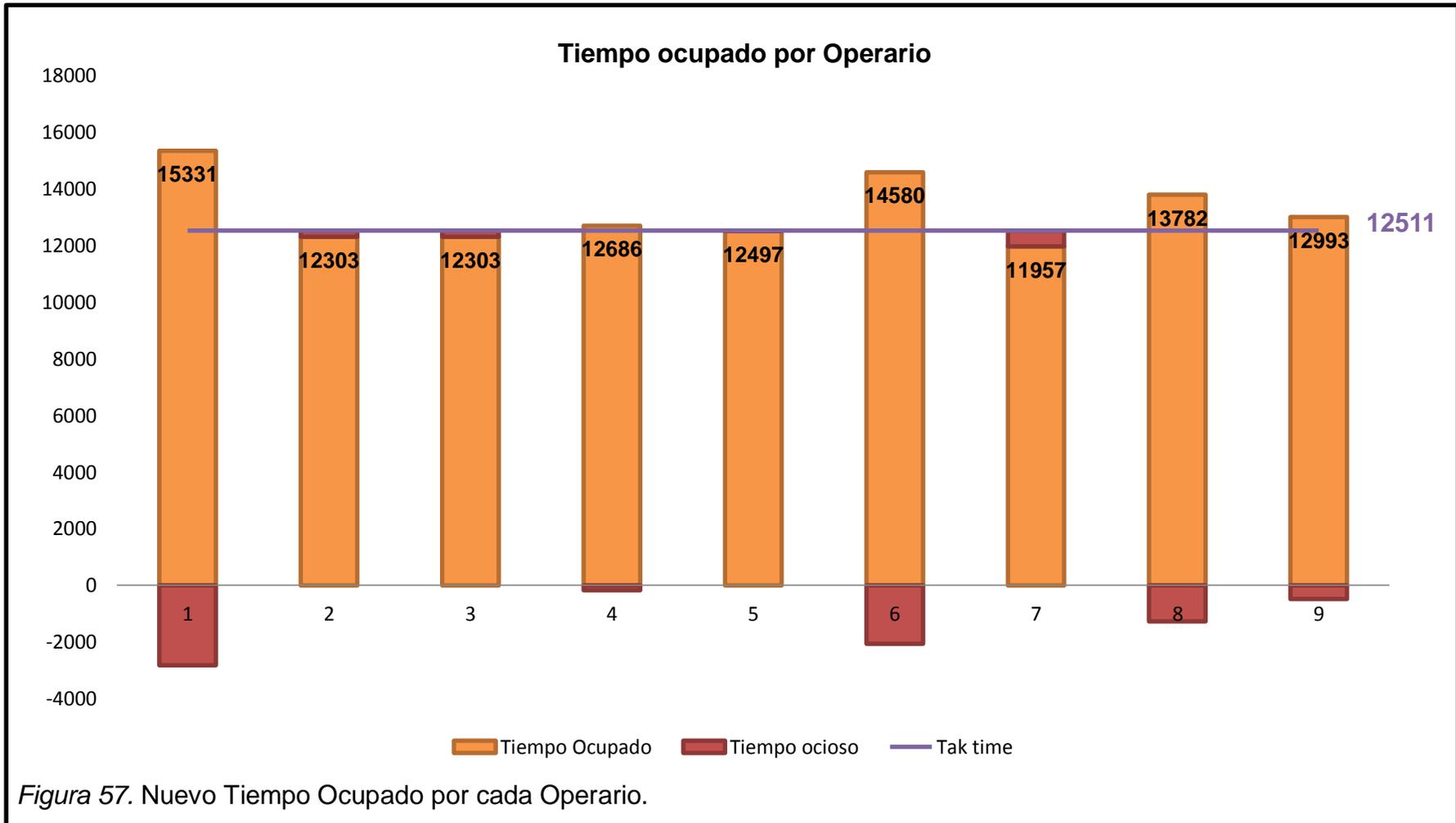


Figura 56. Línea de Producción con balanceo.

Para poder visualizar el *Nuevo Tiempo Ocupado por Operario* se creó la Figura 57 después del balanceo de línea. Es evidente que ya no existe tanta fluctuación en el tiempo ocupado por cada operario.



En los apartados 4.2.2 *Distribución de Carga del Trabajo* y 4.2.3 *Creación de Células de Trabajo* se logró mejorar los tiempos de ciclo de las operaciones con sobrecarga de trabajo, además de reducir drásticamente el tiempo ocioso que poseían los operarios.

Tabla 16. Mejora por balanceo de línea y células de trabajo.

MEJORA OBTENIDA CON EL BALANCEO DE LÍNEA						
Secuencia de operación	Proceso	Tiempo corregido	Tiempo corregido con balanceo	Mejora en tiempo de ciclo	Porcentaje de mejora	Observación
1	Bodegaje	1642	1642			
2	Abasto de materia prima	1763	1763			
3	Preparación de materia prima	8340	11120	-2780	-33%	Se le agregó carga de trabajo
4	Deshojado y corte del maíz	17787	12303	5484	31%	
5	Desgranar el maíz	17041	12497	4544	27%	
6	Molienda	5122	5122			
7	Mezcla de ingredientes	4859	4859			
8	Envoltura de la humita	5978	11957	-5978	-100%	Se le agregó carga de trabajo
9	Cocción	3383	3383			
10	Enfriamiento	2206	2206			
11	Empaquetado	9566	9566			
12	Almacenado	1524	1537	-13	-1%	Se le agregó carga de trabajo

La operación de envoltura ahora procesa la misma cantidad de unidades, sólo que con menos operarios en célula, por tal motivo el tiempo de ciclo aumenta, convirtiéndose en un nuevo cuello de botella.

Al crear las 4 células de producción (Figuras 52, 53, 54 y 55) se logró que todas las restricciones produzcan a su máximo ritmo, sin haber realizado inversión alguna. Simplemente se distribuyó de manera ordenada y equitativa la carga de trabajo para todos los operarios.

Consecuentemente al haber balanceado la línea de producción con la distribución de carga de trabajo y la creación de células de trabajo, se cumple con el paso 2 de la Teoría de Restricciones, logrando Explotar las Restricciones del Sistema.

4.3 Subordinar Todo a las Restricciones del Sistema

Al hablar de subordinar “todo” a las restricciones del sistema, se está integrando actividades, procesos, recursos, planificación, personal y sobretodo sincronía a la línea de producción.

4.3.1 Drum Buffer Rope

Al aplicar el tercer paso de la teoría de restricciones, se debe comprender que la palabra “todo” en este apartado hace referencia a los eslabones de la cadena de abastecimiento y la armonía que estos deberán generar para nunca dejar de mantener activos a los cuellos de botella.

Pese a haber Explotado al Máximo las Restricciones de la línea, todavía se logra identificar restricciones internas localizadas en las operaciones 3, 4, 5 y 8, lo cual indica que se debe continuar enfocando los esfuerzos de subordinar “todo” teniendo como ejes principales los núcleos de las células de trabajo.

4.3.1.1 Drum

Los tambores o *drums* son

- Preparación de Materia Prima
- Deshojado y Corte
- Desgranado de maíz
- Envoltura de la humita.

Estos cuellos de botella son los que marcan el ritmo de producción de la línea, y por tanto, la línea no puede producir más de lo que los tambores puedan procesar.

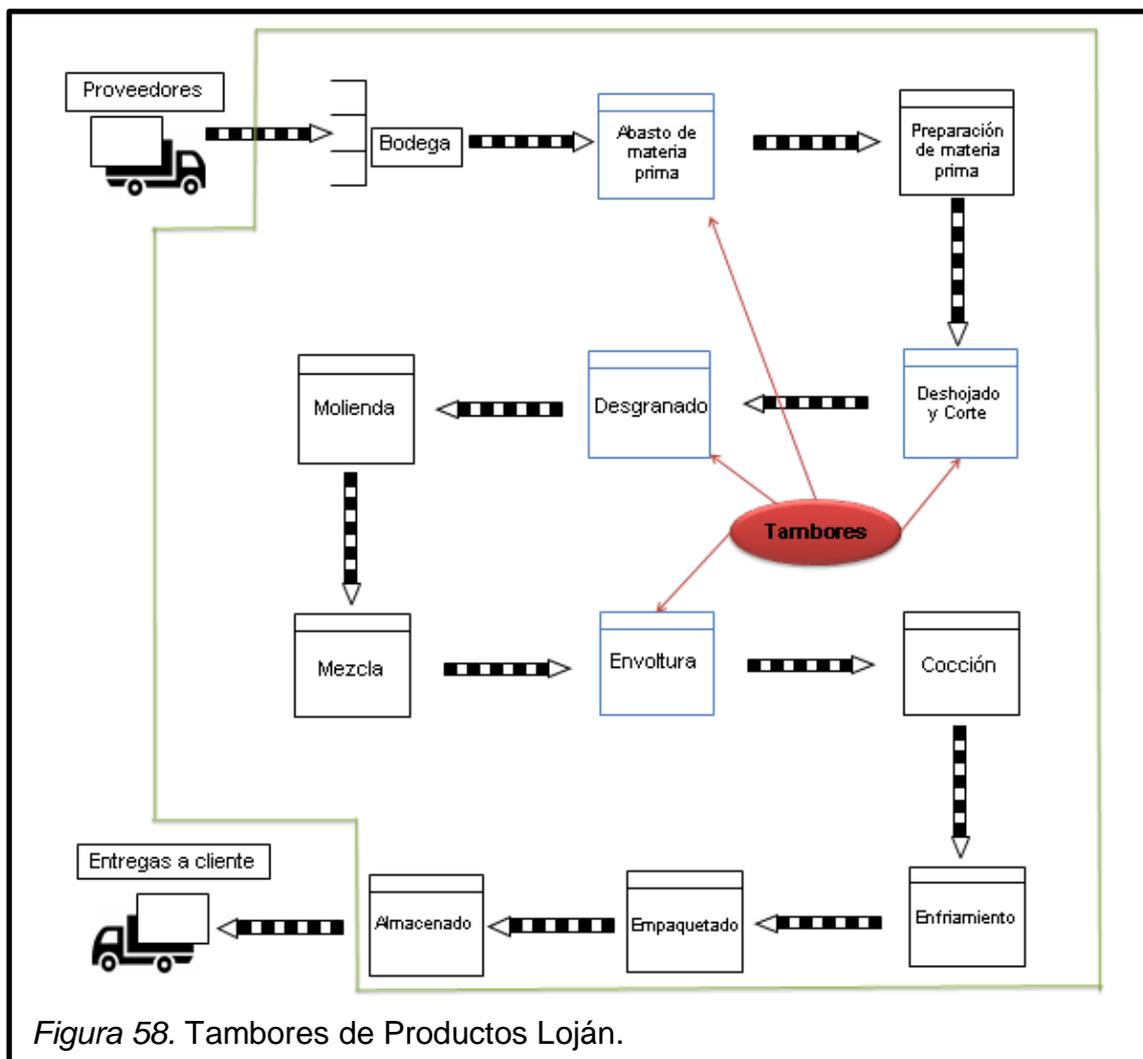


Figura 58. Tambores de Productos Loján.

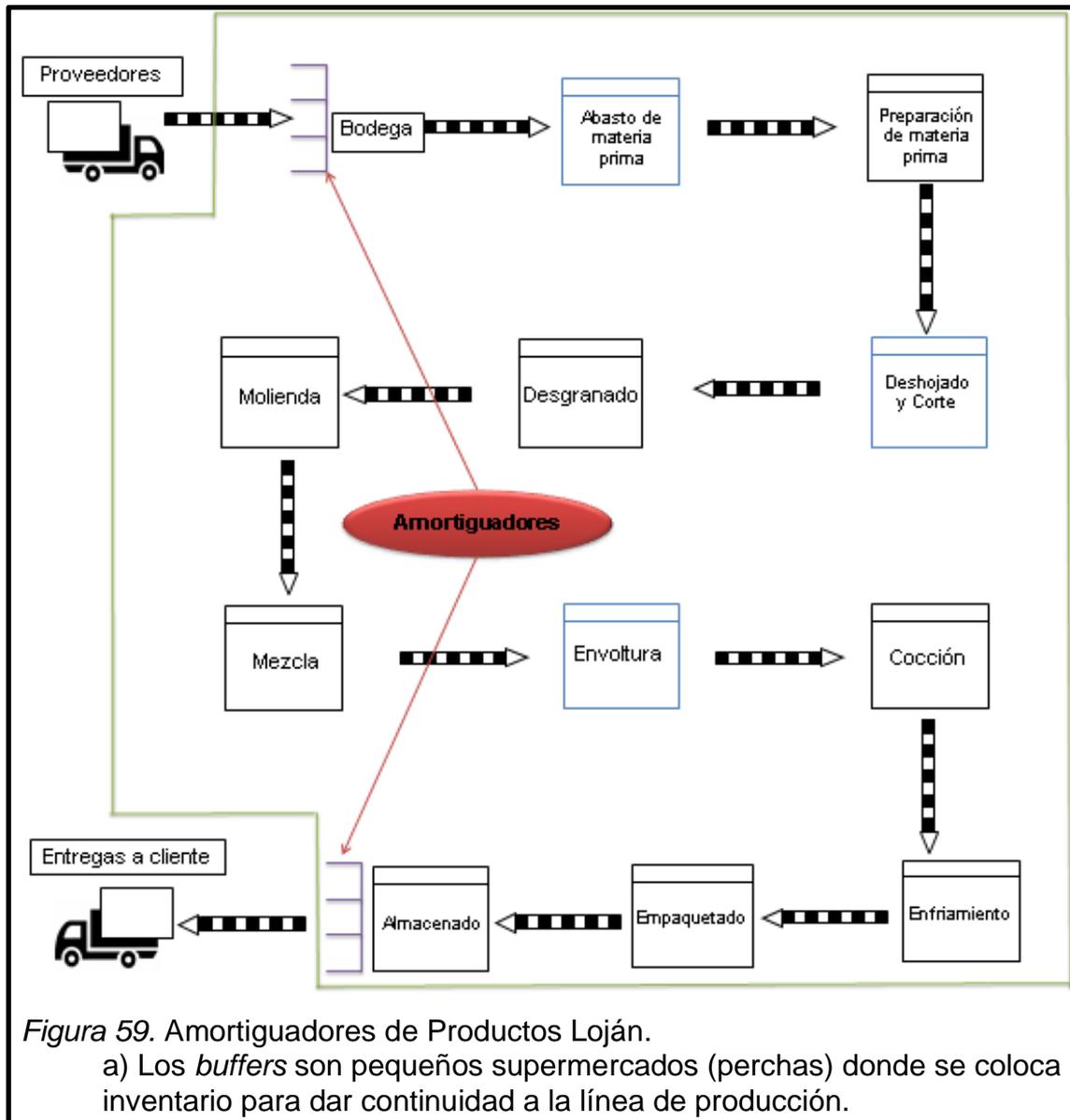
4.3.1.2 Buffer

Los *buffers*, o dicho en español, los amortiguadores, son los mecanismos que evitan cualquier para no programada de los cuellos de botella, por lo general, los *buffers*, son “pequeños supermercados [perchas] donde se coloca inventario para dar continuidad a la línea de producción que se encuentran antes y después del cuello de botella” (Teocé Consultors, s.f.); sin embargo para Productos Loján hay que considerar la secuencia de operaciones y sobretodo que el producto y las materias primas son perecederas.

Al decir que una materia prima es perecedera, se hace referencia a que, por ejemplo en el tambor de Desgranado, no se puede tener un inventario de maíz desgranado, porque los granos empiezan a oxidarse con el ambiente, de igual manera no se puede tener inventario antes de la estación de envoltura, debido a que la mezcla de ingredientes, empezaría a degradarse con el pasar de las horas.

Si la estación de *Preparación de Materia Prima* no está resguardada con un inventario de seguridad, los tres tambores restantes corren el riesgo de quedarse sin materia prima para procesar; por tal motivo, se colocó un *buffer* en la *Bodega* y otro en la operación de *Almacenado*.

La Figura 59 permite visualizar los amortiguadores propuestos en el presente proyecto:



4.3.1.3 Rope

La cuerda o en inglés *rope*, es el vínculo de comunicación que existe entre los cuellos de botella y el abastecimiento de materia prima.

Dentro de las herramientas de manufactura esbelta las tarjetas *kanban* son muy utilizadas en la industria. Su objetivo principal es abastecer o retirar materias primas o productos de las estaciones de trabajo solicitante.

Las cuerdas, que se proponen en la Figura 59, son tarjetas *kanban* que tienen como objetivo generar pedidos de abastecimiento de materias primas.

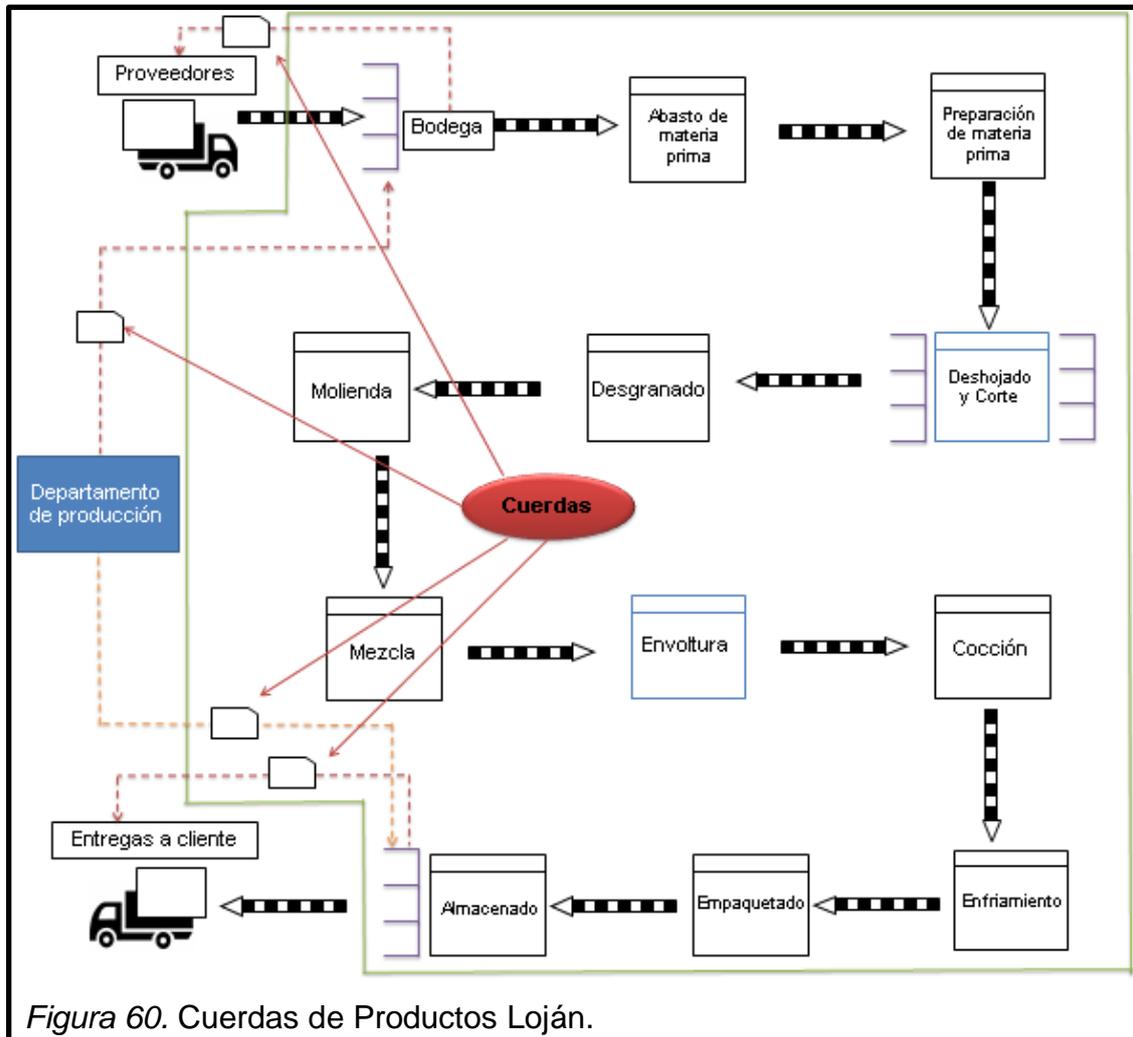


Figura 60. Cuerdas de Productos Loján.

4.3.2 Propuesta de Tarjetas Kanban

La mecánica de funcionamiento de las tarjetas *Kanban* es la siguiente:

- El amortiguador colocado en Bodega, sirve para tener contabilizado el inventario de materias primas. Cuando llega la orden de despacho (*Kanban* Tipo 2) del Departamento de Producción, se ordena el reabastecimiento de materias primas mediante las tarjetas *kanban* proveedores (Tipo 1) enviada de manera electrónica.

- El operario de Bodega, debe suministrar mazorcas de maíz a la estación de *Preparación de materia prima* y suministrar: aceite de palma, manteca de cerdo, esencia de vainilla, sal, queso, polvo para hornear y margarina vegetal a la estación de *Mezcla de ingredientes*.
- Se ubica otra tarjeta *kanban de despacho de producto terminado* (Tipo 3) en el amortiguador de Almacenado. Cuando llega la orden de despacho desde el Departamento de Producción, el operario de almacenado entregará al transportista el producto terminado.

4.3.2.1 Kanban Tipo 1: Proveedores

Para establecer una comunicación fluida con los proveedores, y mejorar la comunicación a lo largo de la cadena de abastecimiento, se recomienda incluir una tarjeta *kanban* que informe a los proveedores de: qué materia prima necesitan, qué cantidades y cuándo las necesitan.

Esta tarjeta puede ser emitida a manera de orden de compra o como documento habilitante para el aprovisionamiento. Además es muy recomendable que esta tarjeta sea empleada de manera electrónica, dados los beneficios que esto conlleva.

La Figura 61, 62 y 63 muestran las tarjetas *kanban* Tipo 1, a ser enviadas a los diferentes proveedores de materias primas:

Tipo 1	Kanban Mazorcas de maíz	Productos Loján Cía. Ltda. 	
Nombre de la materia prima:	<i>Mazorcas de maíz</i>	Fecha de pedido:	--/--/----
Cantidad:	42	Fecha de entrega:	--/--/----
Unidad de medida:	<i>costales</i>	Lead time:	1 día
Embalaje tipo:	<i>costales</i>	Hora de entrega:	07:00 am
Identificación de lote:	<i>LMM - 0001</i>	Persona que solicita:	<i>Milton Loján</i>

Figura 61. Tarjeta kanban mazorcas de maíz.

Tipo 1	Kanban Microbodega Anita						Productos Loján Cía. Ltda. 	
Materia prima:	<i>Aceite de palma</i>	<i>Manteca de Cerdo</i>	<i>Esencia de Vainilla</i>	<i>Sal</i>	<i>Polvo para hornear</i>	<i>Margarina vegetal</i>	Persona que solicita:	<i>Milton Loján</i>
Cantidad:	144	51	7	13	204	102	Fecha de pedido:	--/--/----
Unidad de medida:	<i>litros</i>	<i>kg</i>	<i>L</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	Fecha de entrega:	--/--/----
Embalaje tipo:	<i>Funda plástica, botella plástica.</i>						Lead Time:	8 días
Identificación de lote:	<i>LMA - 0001</i>						Hora de entrega:	07:00 am

Figura 62. Tarjeta kanban ingredientes.

Tipo 1	Kanban Lácteos Cayambe	Productos Loján Cía. Ltda. 	
Nombre de la materia prima:	<i>Queso</i>	Fecha de pedido:	<i>--/--/----</i>
Cantidad:	<i>17</i>	Fecha de entrega:	<i>--/--/----</i>
Unidad de medida:	<i>Kg</i>	Hora de pedido:	<i>--:--</i>
Embalaje tipo:	<i>funda plástica</i>	Hora de entrega:	<i>07:00 am</i>
Identificación de lote:	<i>LLC - 0001</i>	Persona que solicita:	<i>Milton Loján</i>

Figura 63. Tarjeta kanban para queso.

4.3.2.2 Kanban Tipo 2: Aprovisionamiento

El Kanban tipo 2, es una tarjeta destinada al aprovisionamiento de materias primas dentro de la línea de producción, el dimensionamiento del Kanban dependerá de la producción diaria de humitas, pero en promedio se producen 2 lotes diarios de 600 unidades cada uno.

Las tarjetas sugeridas a continuación, habilitan al operario de bodegaje de abastecer de materias primas a las diferentes estaciones de trabajo que lo necesiten.

La Figura 64 y 65 muestra la tarjeta *kanban* Tipo 2 para la producción de un lote de humitas:

Tipo 2	Kanban de aprovisionamiento de Ingredientes							Productos Loján Cía. Ltda. 	
Materia prima:	<i>Aceite de palma</i>	<i>Manteca de Cerdo</i>	<i>Esencia de Vainilla</i>	<i>Sal</i>	<i>Polvo para hornear</i>	<i>Margarina vegetal</i>	<i>Queso Fresco</i>	Emitido por:	<i>Departamento de Producción</i>
Cantidad:	13	4	625	1	18	9	9	Hora de pedido:	--:--
Unidad de medida:	<i>litros</i>	<i>kg</i>	<i>ml</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	<i>kg</i>	Hora de entrega:	--:--
								Estación de destino:	<i>Mezcla de ingredientes</i>

Figura 64. Kanban para aprovisionamiento de materias primas.

Tipo 2	Kanban de aprovisionamiento de mazorcas de maíz	Productos Loján Cía. Ltda. 	
Materia prima:	<i>Mazorcas de maíz</i>	Emitido por:	<i>Departamento de Producción</i>
Cantidad:	21	Hora de pedido:	--:--
Unidad de medida:	<i>costales</i>	Hora de entrega:	--:--
		Estación de destino:	<i>Preparación de materia prima</i>

Figura 65. Kanban de aprovisionamiento de mazorcas de maíz.

4.3.2.3 Kanban Tipo 3: Despacho de producto terminado

Con el objetivo de vincular al eslabón de *Entregas al Cliente* al *DBR*. Se recomienda usar el *kanban* Tipo 3, que indica al transportista particular, qué cantidad transporta y en qué día y a qué hora deben ser entregados los productos.

La figura a continuación muestra un ejemplo recomendado de *kanban* Tipo 3:

Tipo 3	Kanban de despacho de producto terminado		Productos Loján Cía. Ltda. 		
Producto:	<i>Humitas</i>	Sal	X	Cliente:	<i>Corporación Favorita</i>
Cantidad:	<i>1200</i>		Fecha de retiro:	<i>--/------</i>	
Unidad de medida:	<i>humitas</i>		Fecha de entrega:	<i>--/------</i>	
Embalaje tipo:	<i>funda de plástico</i>		Hora de retiro:	<i>--:--</i>	
Identificación de lote:	<i>LCF - 0001</i>		Hora de entrega:	<i>--:--</i>	
Aprobado por:	<i>Departamento de Producción</i>		Transportista:	<i>(colocar nombre de transportista)</i>	

Figura 66. Kanban de despacho de producto terminado.

4.3.2.4 Kanban Tipo 4: Orden de Producción

El departamento de producción debe emitir una orden de producción para que, la bodega de producto terminado que ha quedado vacía, sea abastecida nuevamente por producto terminado.

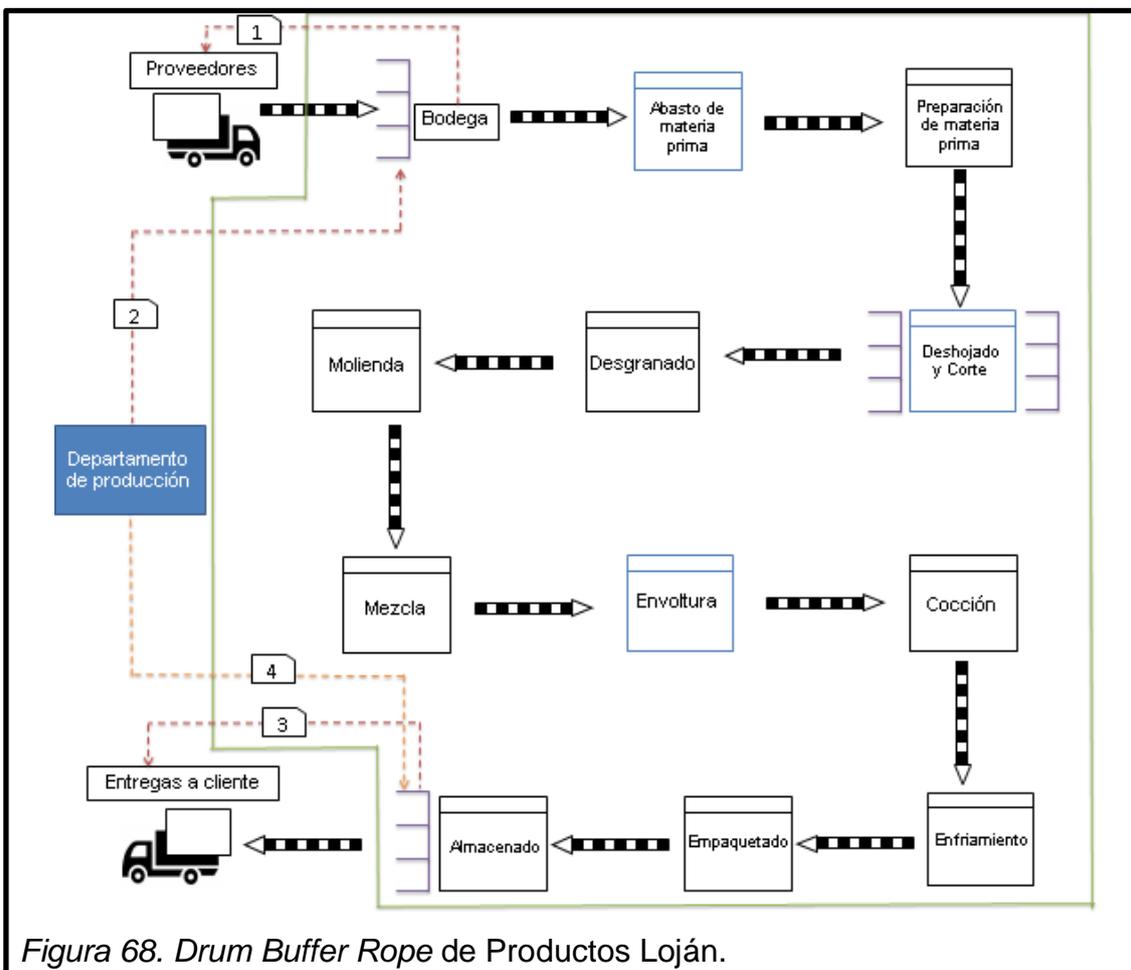
La figura a continuación muestra un ejemplo recomendado de *kanban* Tipo 4:

Tipo 4	Orden de producción			Productos Loján Cía. Ltda.	
					
Producto:	Humitas	Sal	X	Cliente:	Corporación Favorita
		Dulce			
Cantidad:	1200			Fecha de pedido:	--:--
Unidad de medida:	humitas			Hora de pedido:	--:--
Identificación de lote:	OP - 0001			Persona que autoriza:	Milton Loján

Figura 67. Orden de producción.

4.3.2.5 Visualización Drum- Buffer- Rope

El esquema a sugerir mediante el presente trabajo se visualiza en la siguiente figura:



Para poder dar continuidad a la implementación del *DBR*, es necesario tomar en cuenta que existen 2 amenazas que atentan contra el funcionamiento del *DBR* y por consiguiente con el plan de producción diario, estas amenazas son:

1. Variación de la demanda diaria
2. Ausentismo del personal

Estas dos amenazas se analizan a continuación en los apartados 4.3.2 y 4.3.3.

4.3.3 Variación de la demanda diaria

Toda organización que ejerza una actividad lucrativa, se debe enfrentar a la variabilidad de la demanda, la cual, basa su pronóstico en los registros históricos de ventas de periodos pasados y previsiones futuras.

Productos Loján posee una variación de demanda prácticamente estable como muestra la Tabla 17, donde la desviación estándar diaria es de 68,32 unidades.

“En la cadena de suministro, [el nivel de servicio] es la probabilidad esperada de no llegar a una situación de desabastecimiento durante el siguiente ciclo de reabastecimiento y, por lo tanto, también es la probabilidad de no perder ventas. La duración del ciclo es, implícitamente, el *lead time* o tiempo de entrega.” (Lokad, 2015).

Si bien es cierto, el poseer un inventario de seguridad garantiza diferentes niveles de servicio hacia los clientes, también implica costos como:

“El costo del capital de trabajo, el costo del espacio de almacenamiento, el costo de las manipulaciones de rutina del inventario (carga/descarga/almacenamiento/movimiento, etc.). Además de todos estos costos evidentes, se pueden agregar para algunos productos el

costo de obsolescencia, el costo del inventario vencido y destruido, etc.” (Lokad, 2015).

La cantidad de inventario de seguridad dependerá del giro de negocio de la empresa. En el caso de Productos Loján Cía. Ltda., por tratarse de productos alimenticios, que tienen un periodo de vida útil de 10 días en cadena de frío, es necesario tener un inventario de seguridad con rotación diaria, por tal motivo los siguientes cálculos se direccionarán hacia la obtención de un inventario de seguridad dado en *unidades/día*.

Para el cálculo del inventario de seguridad se utilizará el Método del Nivel de Servicio así como la Ecuación 3, detallada anteriormente en el capítulo 2.

Inventario de seguridad o *safety stock*: $SS = k * \sigma_L$ (Ecuación 18)

- k , es el nivel de servicio hacia el cliente.
- σ_L , es la desviación estándar de la demanda durante el *lead time*.

El primer paso para el cálculo del inventario de seguridad, es calcular la desviación estándar de la demanda durante el *lead time* (σ_L). Para poder obtener este valor, se obtiene previamente la desviación estándar de la demanda diaria (σ_D), como lo muestra la Tabla 17, a continuación:

Tabla 17. Cálculo de desviación estándar de la demanda diaria.

CÁLCULO DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DEMANDA DIARIA													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Desviación Estándar(σ_D)
Promedio de demanda diaria (unidades/día)	1125	1175	1150	1175	1167	1050	1000	1000	1100	1125	1200	1200	68,32

El *lead time* a considerarse es de 8 días, pues el proveedor 2 (Micro bodega Anita), es el proveedor de materias primas perecibles que posee mayor *lead time*, y por consiguiente será el proveedor que más tiempo se demore en entregar materias primas en caso de una variación de demanda.

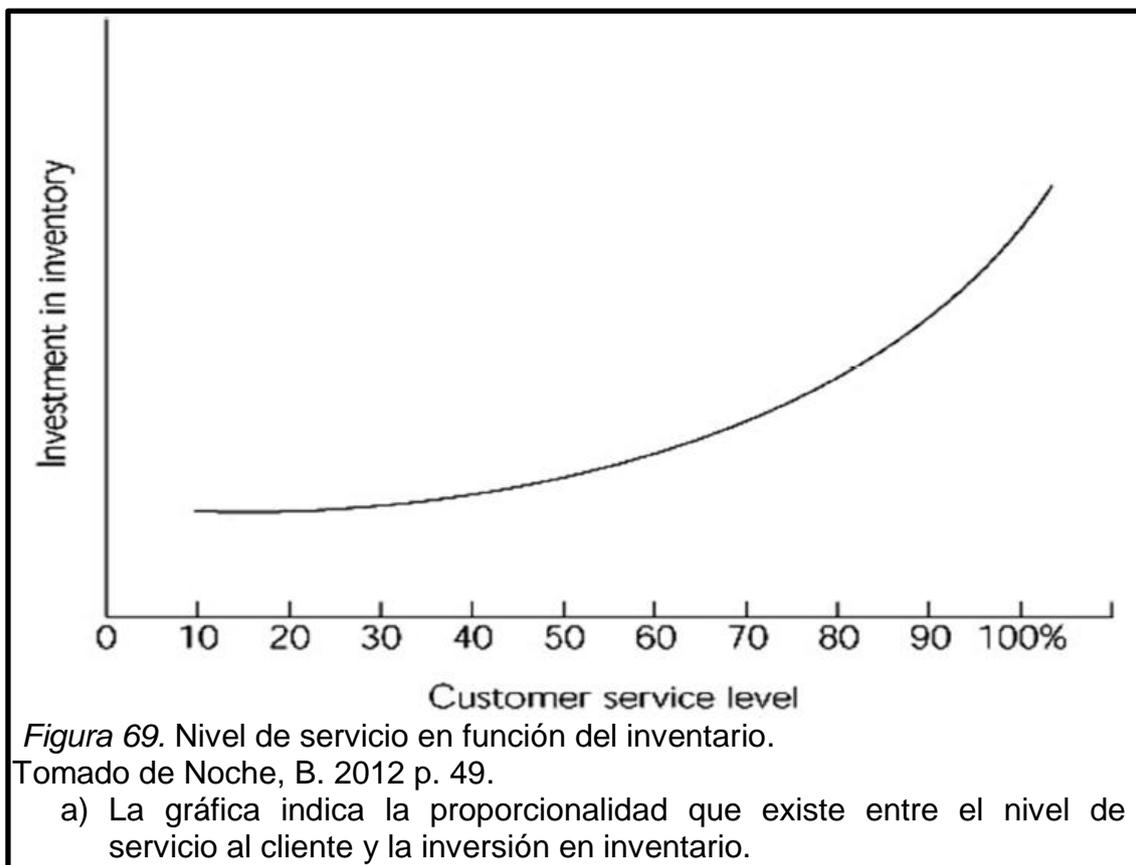
A este tiempo de entrega de 8 días se le debe sumar el tiempo en que se demora generar una orden de compra desde Productos Loján. Normalmente una orden de compra se demora 0,5 días en ser generada, teniendo como resultado un *lead time* total de 8,5 días (*L*).

Ahora, se debe calcular la desviación estándar durante el *lead time* (σ_L), por consiguiente al aplicar Ecuación 2, se obtiene el siguiente resultado:

Desviación de la demanda durante *lead time*: $\sigma_L = \sqrt{L} * \sigma_D$ (Ecuación 19)

$$\sigma_L = \sqrt{8,5} * 68,32 = 199,19$$

El siguiente paso es definir el *nivel de servicio* (k) que se desee tener para dar respuesta ante un posible desabastecimiento. Cabe recalcar que mientras más alto sea el nivel de servicio, mayor será el nivel de inventario como lo muestra la Figura 69.



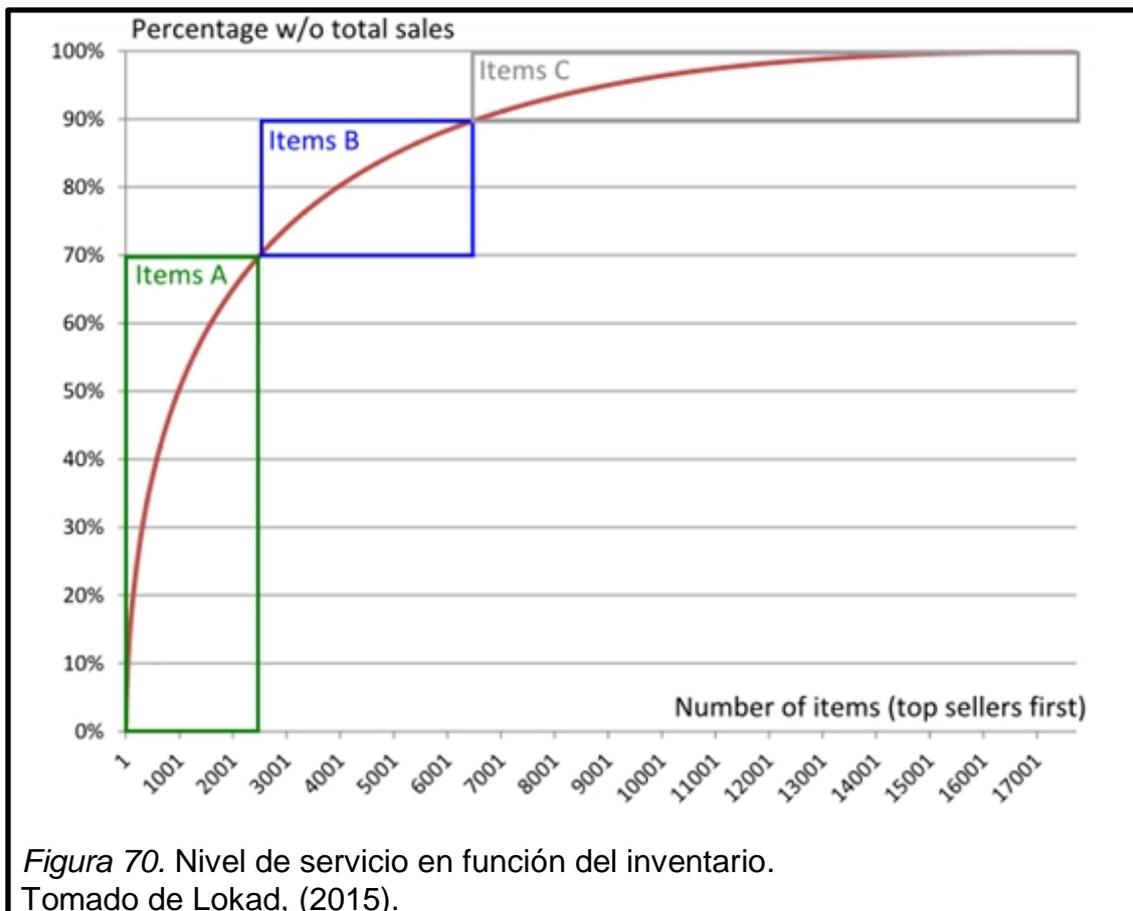


Figura 70. Nivel de servicio en función del inventario.
Tomado de Lokad, (2015).

“El conocido método de análisis ABC se basa en la idea de que cuanto más ganancia genera un producto, más importante se supone que es ese producto (...). Esta suposición generalmente arroja resultados razonables, si bien existen excepciones notables, y ofrece un modo conveniente de categorizar productos de acuerdo con su respectivo volumen de ventas. A cada categoría se le asigna luego su propio nivel de servicio.” (Lokad, 2015)

En ocasiones, el nivel de servicio también se definirá dependiendo de la importancia que se le quiera dar a cada cliente, por ejemplo: (Lokad, 2015):

- a) Artículos A, principal 20 % de productos, clasificados como “pocos artículos de importancia crucial”: alto nivel de servicio, por ejemplo 96-98 %.

- b) Artículos B, siguiente 20-30 % de productos, clasificados como “clase intermedia”: nivel de servicio medio, por ejemplo 91-95 %.
- c) Artículos C, último 50-60 % de productos, clasificados como “artículos triviales”: nivel de servicio más bajo, por ejemplo 85-90 %.

El nivel de servicio que se desea proyectar para Productos Loján, debe ser el nivel de servicio más alto posible, esto debido a que Corporación Favorita es su único cliente; consecuentemente es mandatorio no fallar en la entrega de producto terminado, puesto a que, de darse este hecho, no sólo implica una pérdida económica para la empresa, sino también una multa por incumplimiento en la entrega de pedidos.

Normalmente las empresas tienden a trabajar con un 95% de nivel de servicio; sin embargo, en el caso de Productos Loján, es necesario seleccionar el nivel de servicio más alto posible, es decir el 99%, donde el restante 1% será el margen de error, o margen de riesgo de sufrir una ruptura de inventario.

Tabla 18. Inventario de seguridad de producto terminado.

Inventario de Seguridad de Producto Terminado			
Indicador	σ_D	\sqrt{L}	σ_L
unidades/día	8,94	8,5	199,19
Nivel de servicio (z)	k	Pedido diario	
84%	1	199,19	
85%	1,04	207,16	
90%	1,28	254,96	
95%	1,65	328,66	
96%	1,75	348,58	
97%	1,88	374,48	
98%	2,05	408,34	
99%	2,33	464,11	

Al seleccionar un nivel de servicio del 99%, se deberá tener en el cuarto frío un total de 464,11 unidades, que para fines prácticos son 465 unidades, pero hay que considerar que las humitas se empaquetan en pares, por tanto se deberá disponer de 466 unidades o 233 pares de humitas empaquetadas.

Para poder tener un inventario de 466 unidades de producto terminado, se debe tener también la cantidad de materia prima necesaria para producir ese número de unidades, por lo tanto la cantidad de materias primas necesarias para cubrir el inventario de seguridad queda determinada en la Tabla 19.

Tabla 19. Materias primas para variación de demanda.

Inventario de Seguridad de Materias Primas por variación de demanda		
Detalle	Cantidad	Unidad
Aceite de palma	9320	ml
Manteca de Cerdo	3303	g
Esencia de Vainilla	466	ml
Maíz	932	choclos
Sal	826	g
Polvo para hornear	13211	g
Margarina vegetal	6606	g
Queso Fresco	6606	g

Claro está, que el aprovisionamiento exacto de las cantidades antes mencionadas, dependerá totalmente de las presentaciones y las unidades que el proveedor esté en condiciones de ofrecer.

4.3.4 Ausentismo en los cuellos de botella

Por el hecho de que los cuellos de botella son operaciones exclusivamente manuales, se depende de la presencia de los operarios para su funcionamiento; consecuentemente, si un operario llegara a ausentarse en una de las restricciones, obligaría a los demás operarios a asumir la carga de

trabajo faltante, con certeza incurriendo en el pago de horas extra y demora en toda la línea de producción, o peor aún, un desfase en la cadena de suministro.

Para solventar este problema, se debe tener idea de cuán frecuente es el ausentismo dentro de la línea de producción. Para obtener este dato, se procedió a recopilar los datos de todas las ausencias del personal durante el año 2015, esta información se detalla en el Anexo 5.

Tabla 20. Ausencias del personal en el año 2015.

TABLA DE AUSENCIAS CONSOLIDADA	
Operario	Total de ausencias al año
1	8
2	7
3	9
4	8
5	11
6	12
7	9
8	7
9	7
10	5
11	5
Promedio mensual	7,33
Horas de ausencia mensual	66,00
Horas de ausencia diaria	2,75

La recomendación del presente proyecto y para evitar el pago de horas extras –problemática a solventar- es la creación de un inventario de seguridad que contemple la ausencia de un operario en la línea de producción.

Es posible calcular niveles de inventario cuando existe una interrupción del abastecimiento como lo menciona el artículo “*Transshipment and safety stock under stochastic supply interruption in a production system*,” publicado en *Science Direct* en el año 2012, sin embargo no existe una fórmula específicamente diseñada, que relacione la ausencia de personal con el nivel de inventario de seguridad.

Consecuentemente, el cálculo del inventario de producto terminado viene dado por la siguiente expresión:

$$\text{Inventario de producto terminado} = \frac{\text{Horas de ausencia diaria} * \text{Producción diaria}}{\text{Horas por turno}} \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$\text{Inventario de producto terminado} = \frac{2,75 * 1200}{8} = 412,5 \text{ unidades/día} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Como no es posible producir exactamente 412,5 unidades, se procedió a redondear al inmediato superior, manejando ahora la cifra de 413 unidades, pero las humitas deben ser empaquetadas en pares, por tal motivo se manejará la cantidad de 414 humitas o 207 pares de humitas.

En la Tabla 21 se ha calculado la cantidad de inventario de materias primas que se deberá tener para cubrir las 414 unidades de producto terminado.

Tabla 21. Materias primas por ausencia de personal.

INVENTARIO DE SEGURIDAD POR AUSENCIA DE PERSONAL		
Detalle	Cantidad	Unidad
Aceite de palma	8280	ml
Manteca de Cerdo	2934	g
Esencia de Vainilla	414	ml
Maíz	828	choclos
Sal	734	g
Polvo para hornear	11737	g
Margarina vegetal	5868	g
Queso Fresco	5868	g

4.3.3.1 Probabilidad de ausentismo

Para decidir si es necesario o no la implementación de un inventario de seguridad por ausencia de personal, se recomienda calcular la probabilidad de que se ausente un trabajador en un día laborable.

En el Anexo 5 se detallan todas las probabilidades de ausencia diaria del personal; posteriormente se obtuvo la probabilidad de ausencia más alta para ese operario, dando origen a la columna “Probabilidad mensual más alta”, y a este valor se lo dividió para los 24 días laborables de Productos Loján, obteniéndose como resultado la columna “Probabilidad Diaria”.

Tabla 22. Probabilidad de ausencia de un operario.

TABLA DE PROBABILIDADES CONSOLIDADA	
Probabilidad mensual más alta	Probabilidad diaria
0,21	0,009
0,08	0,003
0,13	0,005
0,25	0,010
0,13	0,005
0,13	0,005
0,13	0,005
0,08	0,003
0,13	0,005
0,08	0,003
0,08	0,003
Valor más alto	0,010

Para el cálculo de la probabilidad de ausencia de un operario se utilizará el “Valor más Alto” obtenido en la Tabla 22.

“Si al realizar un experimento una vez, solo hay dos resultados posibles, [presente o ausente] se tiene una prueba de Bernoulli. Se acostumbra a referirse a uno de los resultados como “éxito”, que aparece con

probabilidad p , y al otro resultado como “fracaso”, que sucede con probabilidad q . Es evidente que p y q no son negativos y que $p + q = 1$.” (Galindo, 2008, p.120)

Para calcular la probabilidad de ausencia de uno o varios trabajadores, es necesario determinar una Distribución de Probabilidad. El cálculo de la ausencia del personal se basa en que de un espacio de muestra $n = 11$ operarios, estos tienen dos opciones, se ausentan o se presentan a trabajar, por tal motivo se ha escogido a la Distribución de Bernoulli o Binomial.

“Se llama binomial a la ley de distribución de una variable aleatoria discreta X que describe el número k de éxitos en una sucesión de n pruebas de Bernoulli independientes, en cada una de las cuales la probabilidad de éxito es igual a p .” (Galindo, 2008, p.121)

La probabilidad se calcula mediante:

$$\Pr(X = k) = C_n^k (p)^k (q)^{n-k} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Tomado de (Galindo, 2008, p.121)

Donde:

$$X \sim \text{Bin}(n, p)$$

$X =$ ausencias de trabajadores

$p =$ probabilidad de ausencia

$q =$ probabilidad de asistir

$k =$ éxitos esperados

$n =$ trabajadores en la línea de producción

A partir de la Tabla 22, se obtuvo la probabilidad ($p = 0,01$) de que un trabajador se ausente durante un día cualquiera en la línea de producción, y por consiguiente se determinó también el valor ($q = 0,99$).

A continuación se plantearon escenarios donde se ausenta un número k de trabajadores y se calculan las probabilidades de dicho escenario:

- De que no se ausente un trabajador.

$$\Pr(X = 0) = C_9^0(0,01)^0(0,99)^{11-0} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$\Pr(X = 0) = 0,8953 = 89.53\%$$

- De que un trabajador se ausente

$$\Pr(X = 1) = C_9^1(0,01)^1(0,99)^{11-1} \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$\Pr(X = 1) = 0,0813 = 8.13\%$$

- De que dos trabajadores se ausenten

$$\Pr(X = 2) = C_9^2(0,01)^2(0,99)^{11-2} \quad (\text{Ecuación 25})$$

$$\Pr(X = 2) = 3,288 \times 10^{-3} = 0.33\%$$

- De que al menos un trabajador se ausente.

$$\Pr(X > 1) = 1 - \Pr(\leq 1) \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$\Pr(X > 1) = 1 - [\Pr(X = 0) + \Pr(X = 1)] \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$\Pr(X > 1) = 1 - [C_9^0(0,01)^0(0,99)^{11-0} + C_9^1(0,01)^1(0,99)^{11-1}] \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$\Pr(X > 1) = 0,0234 = 2,34\%$$

- De que al menos dos trabajadores se ausenten.

$$\Pr(X > 2) = 1 - \Pr(\leq 2) \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$\Pr(X > 2) = 1 - [\Pr(X = 0) + \Pr(X = 1) + \Pr(X = 2)] \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$\Pr(X > 2) = 1 - [C_9^0(0,01)^0(0,99)^{11-0} + C_9^1(0,01)^1(0,99)^{11-1} + C_9^2(0,01)^2(0,99)^{11-2}] \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$\Pr(X > 2) = 0,02 = 2.01\%$$

4.3.5 Variación de demanda vs. Ausentismo

Al comparar los dos inventarios de seguridad calculados anteriormente, el inventario obtenido para una eventual ausencia de personal (466 unidades) supera al inventario obtenido ante una posible variación de la demanda diaria (414 unidades).

Tabla 23. Comparativo de inventarios de seguridad.

Comparativo de Inventarios de Seguridad			
Detalle	En caso de variación de demanda diaria	En caso de ausencia de personal	Unidad
Aceite de palma	9320	8280	ml
Manteca de Cerdo	3303	2934	g
Esencia de Vainilla	466	414	ml
Maíz	932	828	choclos
Sal	826	734	g
Polvo para hornear	13211	11737	g
Margarina vegetal	6606	5868	g
Queso Fresco	6606	5868	g
Producto terminado	466 unidades	414 unidades	

4.3.6 Punto de reorden

El punto de reorden indica cuándo se ha llegado a un nivel de inventario mínimo y se debe reabastecer el inventario en bodega. Para calcular el punto de reorden o *reorder point (ROP)* se deben aplicar las siguientes expresiones:

$$\text{Demanda promedio: } D_L = D * L \quad (\text{Ecuación 32})$$

Tomado de Noche, 2012, p. 22.

D: Demanda promedio diaria.

L : *Lead time* de reabastecimiento.

$$\text{Punto de reorden: } ROP = D_l + SS = D * L + SS \quad (\text{Ecuación 33})$$

Tomado de Noche, 2012, p. 22.

SS: Safety stock o inventario de seguridad para ausencia del personal.

La demanda promedio diaria (**D**) se calcula en la siguiente tabla:

Tabla 24. Demanda promedio anual.

Mes	Demanda mensual (unidades/mes)	Demanda diaria (unidades/día)
Enero	27000	1125
Febrero	28200	1175
Marzo	27600	1150
Abril	28200	1175
Mayo	28000	1167
Junio	25200	1050
Julio	24000	1000
Agosto	24000	1000
Septiembre	26400	1100
Octubre	27000	1125
Noviembre	28800	1200
Diciembre	28800	1200
Promedio	26933	1122

Aplicando la Ecuación 5, se obtuvo el punto de reorden de producto terminado.

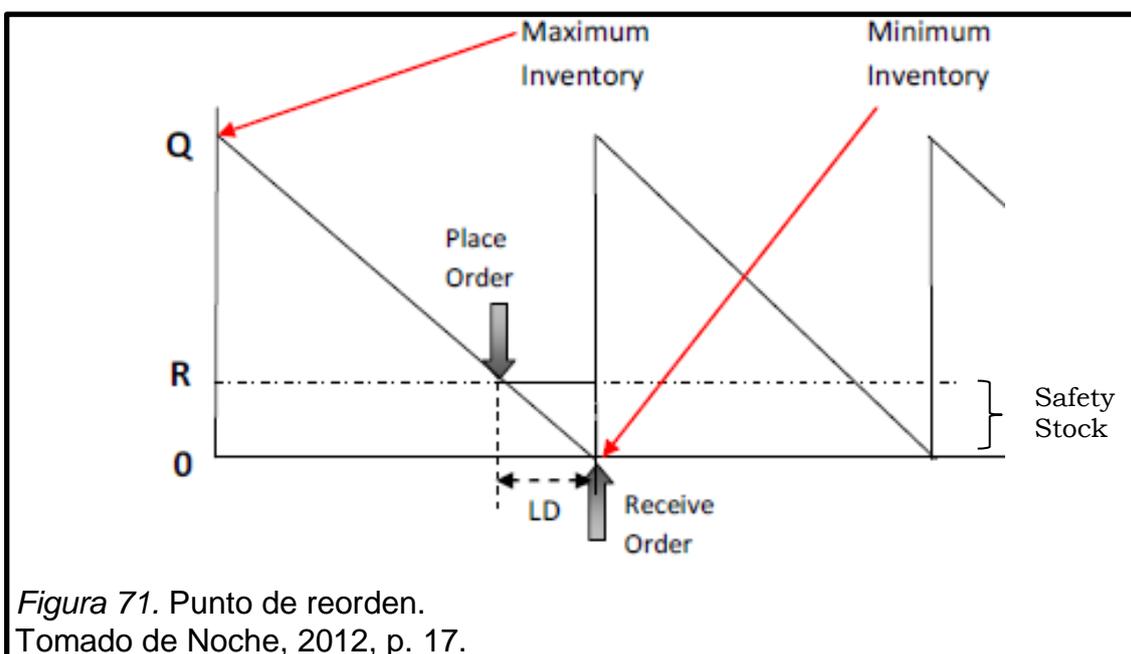
$$ROP = D_l + SS = D * L + SS \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$ROP = D_l + SS = 1122 * 1 + 466 \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$ROP = D_l + SS = 1588 \text{ unidades}$$

El lead time (L) posee el valor de 1, debido a que el producto tan solo posee 10 días de vida útil, por lo tanto, el inventario debe rotarse diariamente, además las condiciones de “Corporación Favorita comprometen a cualquiera de sus proveedores a realizar entregas diarias de productos perecibles.” (Ekos, s.f.)

Con el objetivo de entender el funcionamiento del punto de reorden, en la Figura 62 se detalla el accionar de esta herramienta del control de inventarios y posteriormente se explica su funcionamiento.



- La letra **Q** representa el nivel máximo de inventario que se tendrá en bodega, en el caso de Productos Loján el inventario máximo recomendado será de 1314 unidades diarias (excluido el inventario de seguridad).

- La letra **R**, es el punto de reorden, es decir, es un indicador de que se debe realizar un nuevo pedido de materias primas (*place order*), para evitar quedar desabastecidos.
- Una vez generada la orden de compra (*place order*), transcurrirá un periodo de tiempo (*lead time=1día*) hasta que se vuelva a reabastecer la bodega con el inventario de seguridad (*receive order*).

4.4 Elevar las Restricciones del Sistema

En este punto de la Teoría de Restricciones, es necesario incrementar la capacidad de los cuellos de botella. Para lograr este incremento se han planteado las siguientes propuestas:

- Semi-automatización de procesos.
- Nueva distribución de carga de trabajo.

4.4.1 Semi-automatización de procesos

“En síntesis, la Automatización Industrial se puede entender como la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los procesos industriales y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, y la participación de fuerza física humana es mínima (...)”. (Electro Industria Emb., 2016)

La ventaja de la semi-automatización de procesos, es la reducción de tiempos de ciclo de las operaciones. Además, atenúa la fatiga física y mental del operador, por tanto, incrementa su nivel de productividad.

Para potenciar los cuellos de botella de la línea de producción, se debe analizar la factibilidad de implementar una máquina que ayude a la mejora del proceso.

Las operaciones de Preparación de Materia Prima, *Desgranado de maíz*, *Deshojado y Corte de Maíz* y *Envoltura de humita*, se realizan de manera manual -como indican las imágenes a continuación-. Por tal motivo la ayuda que una máquina debe dar, debe ser específica para eliminar tareas y así mejorar el tiempo de ciclo.





Lastimosamente no hay una máquina disponible en el mercado que pueda sustituir eficientemente las tareas en las operaciones de Preparación de Materia Prima y Deshojado y Corte de Maíz. Afortunadamente para las operaciones de Desgranado y Envoltura, sí existen máquinas que pueden ayudar en la operación.

Existen dosificadoras de líquidos viscosos, capaces de depositar la cantidad exacta de masa, dando la posibilidad de eliminar la tarea de rellenar y pesar la humita manualmente.

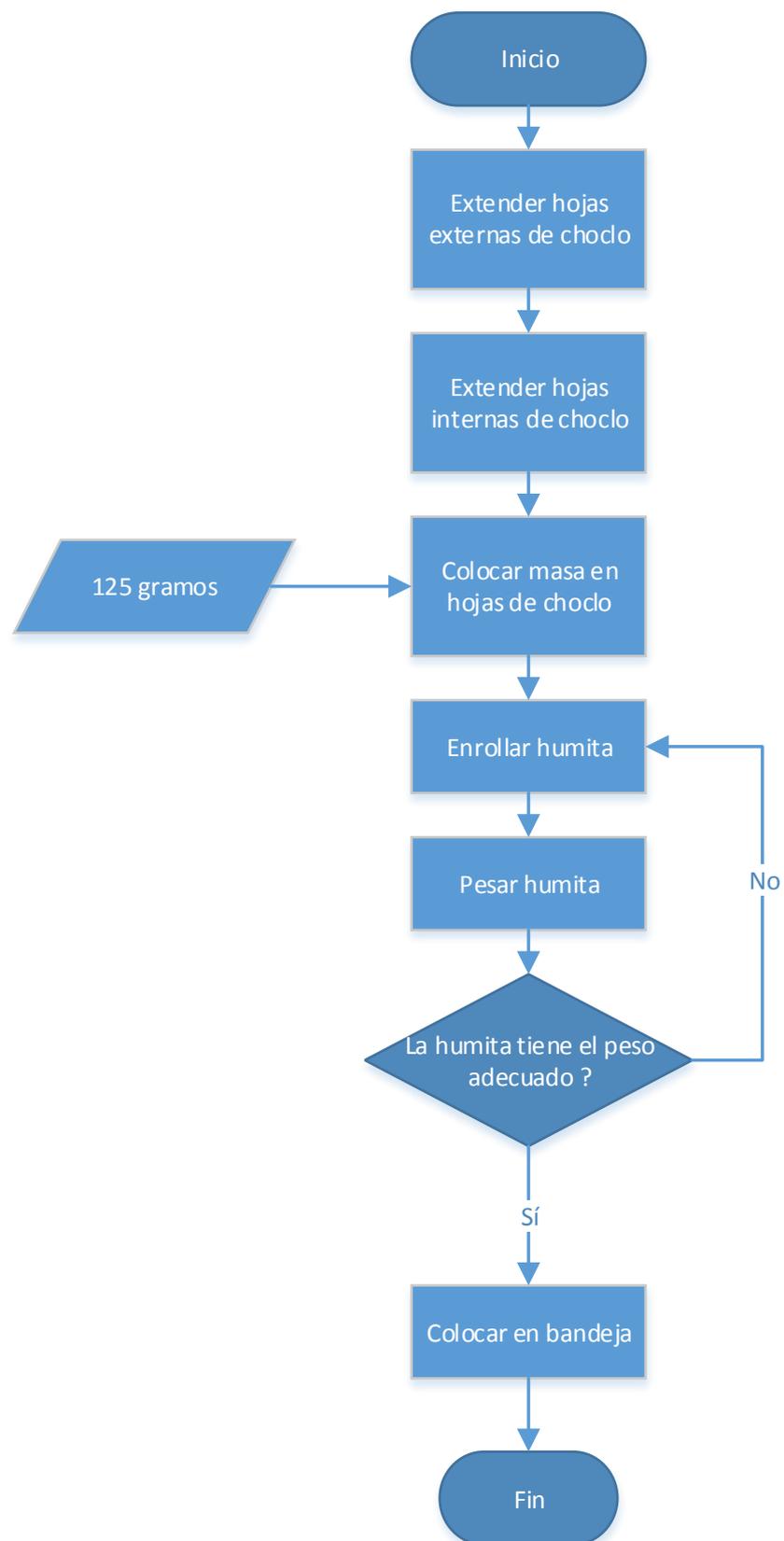


Figura 76. Diagrama de flujo para Envoltura de humita.

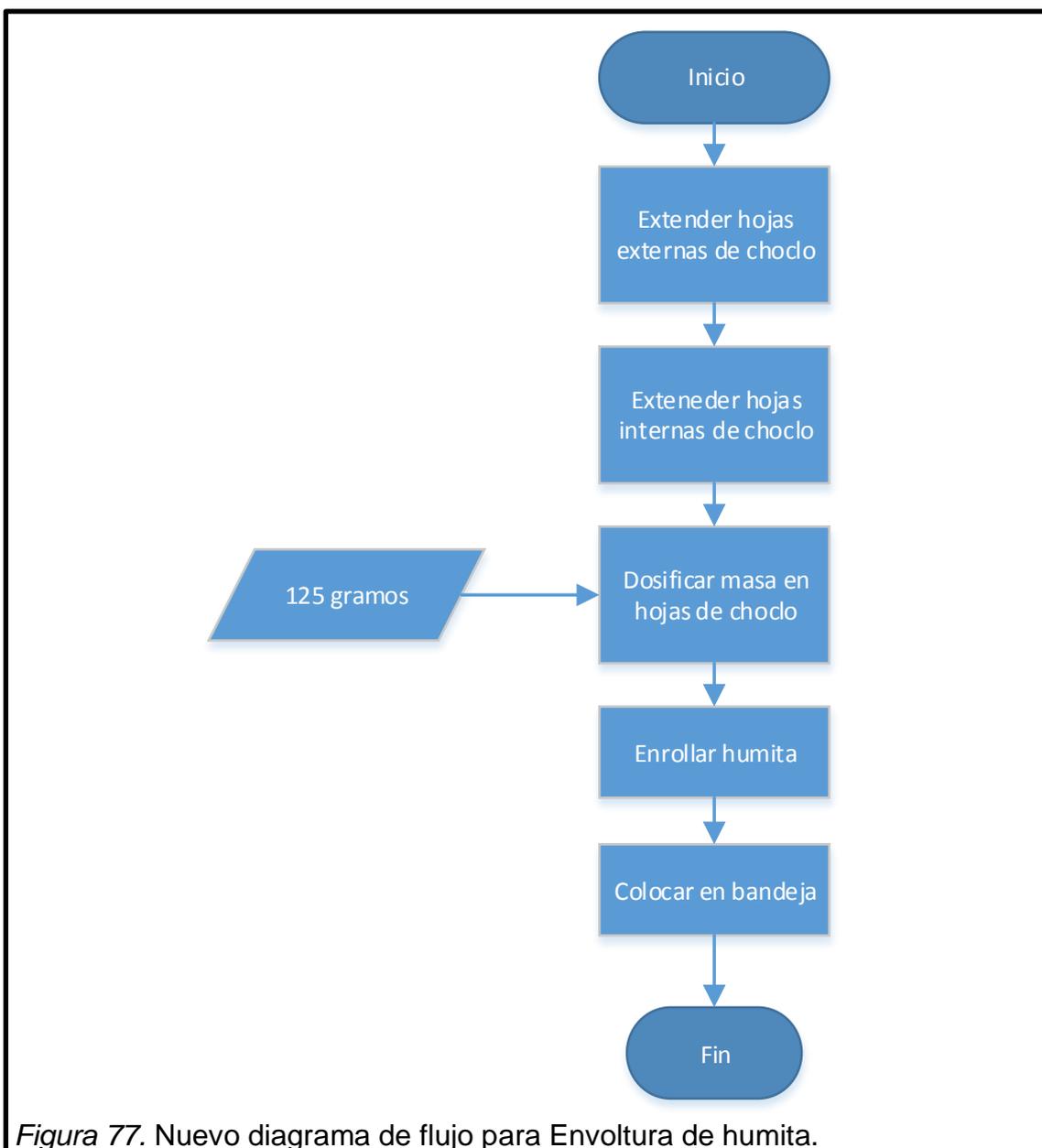


Figura 77. Nuevo diagrama de flujo para Envoltura de humita.

Existen diversas dosificadoras en el mercado y para múltiples usos; sin embargo, tras una búsqueda de la máquina más adecuada, se llegó a la selección de la Dispensadora de líquidos viscosos IM-DV1. El proveedor es una empresa nacional con diversos locales comerciales a lo largo del Ecuador; por tal motivo, se elimina la necesidad de importación de la máquina o repuestos.

A continuación se puede visualizar la máquina dispensadora, cuya estructura está compuesta de acero inoxidable y soldaduras reforzadas (Ingemaq, 2016):



Esta dosificadora puede despachar 20 dosis por minuto, con un volumen que de dosificación variable de hasta 400ml, teniendo como resultado esperado, una dosificación de 6 humitas por minuto.

Tabla 25. Dosificadora de líquidos viscosos.

Cantidad	Máquina	Dosificación	Golpes por minuto	Costo
1	Dosificadora IM-DV1	300 ml	20	\$ 5.300,00
1	Compresor de 2HP			\$ 265,00
1	Costo de instalación			\$ 50,00
1	Manguera para compresor Horizon Good Year			\$ 18,00

En la tabla 26, se visualiza una proyección esperada de los resultados tras la implementación de dos dosificadoras, donde se demuestra que se puede tener una mejora del 28% en la productividad del operario.

Tabla 26. Mejora esperada con implementación de dosificadora.

	Tiempo actual	Tiempo esperado	Mejora	
			segundos	porcentaje
Tiempo ideal de envoltura	25,33	19,00	6,33	25%
Suplemento por descanso	18%	13%	-	5%
Tiempo real de envoltura	29,89	21,47	8,42	28%
Tiempo ocupado por operario	17935	12882	5053	28%

Para ayudar a la disminución de tiempo de ciclo de la operación de Desgranado, se ha encontrado disponible en el mercado una desgranadora automática, la cual es capaz de desgranar una mazorca de maíz entre 2 y 3 segundos, reduciendo drásticamente el riesgo de una enfermedad ocupacional y el tiempo de ciclo de la operación.



La desgranadora automática se encuentra disponible en el portal de compras en internet Amazon.com, con un costo aproximado de USD530.

Tabla 27. Desgranadora automática.

Cantidad	Máquina	Costo
1	220V Electric corn Sheller	\$ 530

A continuación se presenta la mejora esperada con la implementación de la desgranadora en la línea de producción.

Tabla 28. Mejora esperada con implementación de desgranadora manual.

MEJORA ESPERADA CON DESGRANADORA AUTOMÁTICA				
	Tiempo actual	Tiempo esperado	Mejora	
			segundos	porcentaje
Tiempo ideal de desgranado	12,03	3,00	9,03	75%
Suplemento por descanso	18%	11%	-	7%
Tiempo real de desgranado	14,20	3,33	10,87	77%
Tiempo ocupado por el operario	17041	3996	13045	77%

Como se observa en la tabla anterior, la mejora no sólo se espera en una reducción de tiempo de ciclo, sino también en una disminución del porcentaje de suplemento de descanso y consecuentemente en una drástica reducción una posible enfermedad ocupacional, pues se debe recordar que originalmente el desgranado de maíz se lo realiza de manera manual.

Las tablas 29 y 30 detallan las diferencias entre los suplementos de descanso actuales y esperados, para las operaciones de *Envoltura* y *Desgranado de Maíz*.

Tabla 29. Suplementos de descanso originales en cuellos de botella.

SUPLEMENTOS DE DESCANSO ANTERIORES													
Proceso	Suplementos constantes		Suplementos variables										Total
	Necesidades Personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Fuerza / energía muscular	Mala iluminación	Condiciones atmosféricas	Concentración intensa	Ruido	Tensión mental	Monotonía	Tedio	
Desgranar el maíz	5%	4%	-	2%	-	-	-	-	-	1%	4%	2%	18%
Envoltura de la humita	5%	4%	2%	-	-	-	-	2%	-	4%	1%	-	18%

Tabla 30. Mejora en suplementos de descanso con maquinaria.

SUPLEMENTOS DE DESCANSO ESPERADOS													
Proceso	Suplementos constantes		Suplementos variables										Total
	Necesidades Personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Fuerza / energía muscular	Mala iluminación	Condiciones atmosféricas	Concentración intensa	Ruido	Tensión mental	Monotonía	Tedio	
Desgranar el maíz	5%	4%	-	-	-	-	-	-	-	1%	1%	-	11%
Envoltura de la humita	5%	4%	2%	-	-	-	-	-	-	1%	1%	-	13%

4.4.2 Carga de trabajo esperada con maquinaria

Con la implementación de la maquinaria sugerida, la línea de producción se vuelve más rápida.

En la Tabla 31 de ha vuelto a realizar una nueva distribución de carga de trabajo, con los nuevos tiempos de ciclo que estas mejoras ocasionarían.

Tabla 31. Nueva distribución de carga de trabajo.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN										
Operario	Proceso	Operación	Tiempo corregido	Tiempo de traslado	Tiempo Ocupado	Tiempo disponible extra (s)	Tiempo disponible extra (min)	Tiempo disponible extra (h)	Unidades a procesar en célula	Unidad de medida
1	Bodegaje	1	1642						12	tote
	Abasto de materia prima	2	1763	806	12482	29	0	0,0	12	tote
	Preparación de materia prima	3	8271						595	choclos
2	Deshojado y corte del maíz	4	8301		8301	4210	70	1,2	280	choclos
3	Deshojado y corte del maíz	4	8182		8182	4329	72	1,2	276	choclos
4	Molienda	6	5122						12	tote
	Mezcla de ingredientes	7	4859	54	12407	104	2	0,0	12	tote
						Ayuda en célula de Deshojado y Corte			80	choclos
5	Almacenado	12	1537	180	10284	2227	37	0,6	12	tote
						Ayuda en célula de Deshojado y corte			289	choclos
6	Desgranar el maíz	5	3996		12149	362	6	0,1	1200	choclos
						Ayuda en célula de Deshojado y Corte			275	choclos
7	Envoltura de la humita	8	11057		11057	1454	24	0,4	515	humitas
8	Enfriamiento	10	2206	38	12478	33	1	0,0	12	tote
						Ayuda en célula de Envoltura			85	humitas
						Ayuda en célula de Preparación			605	choclos
9	Cocción	9	3383						12	tote
	Empaquetado	11	9566	44	12993	-482	-8	-0,1	600	humitas
Total						13229,79	220,50	3,67		

Tiempo corregido con implementación de maquinaria

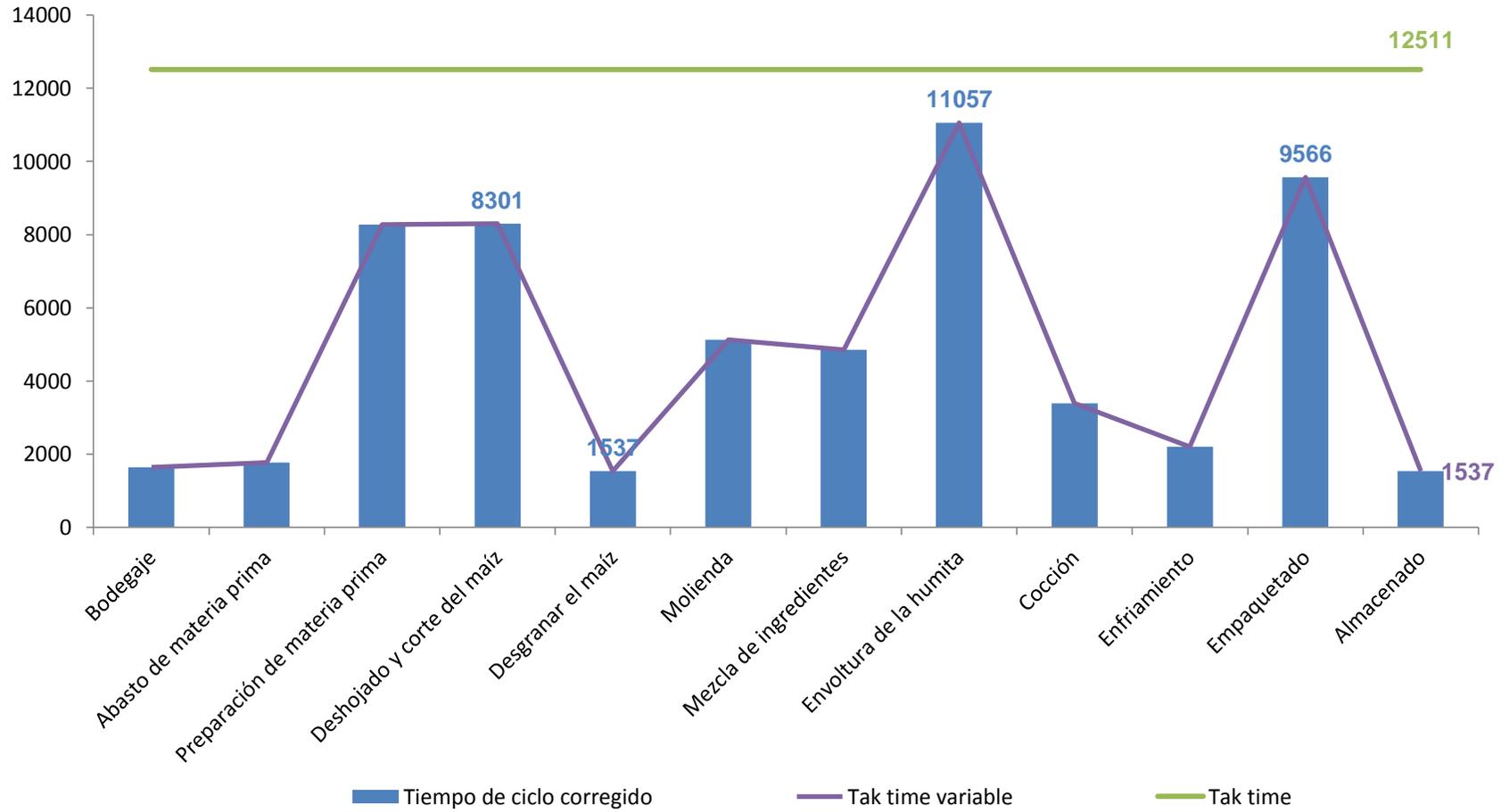


Figura 80. Tiempo de ciclo con implementación de maquinaria.

Tiempo ocupado por operario con implementación de maquinaria

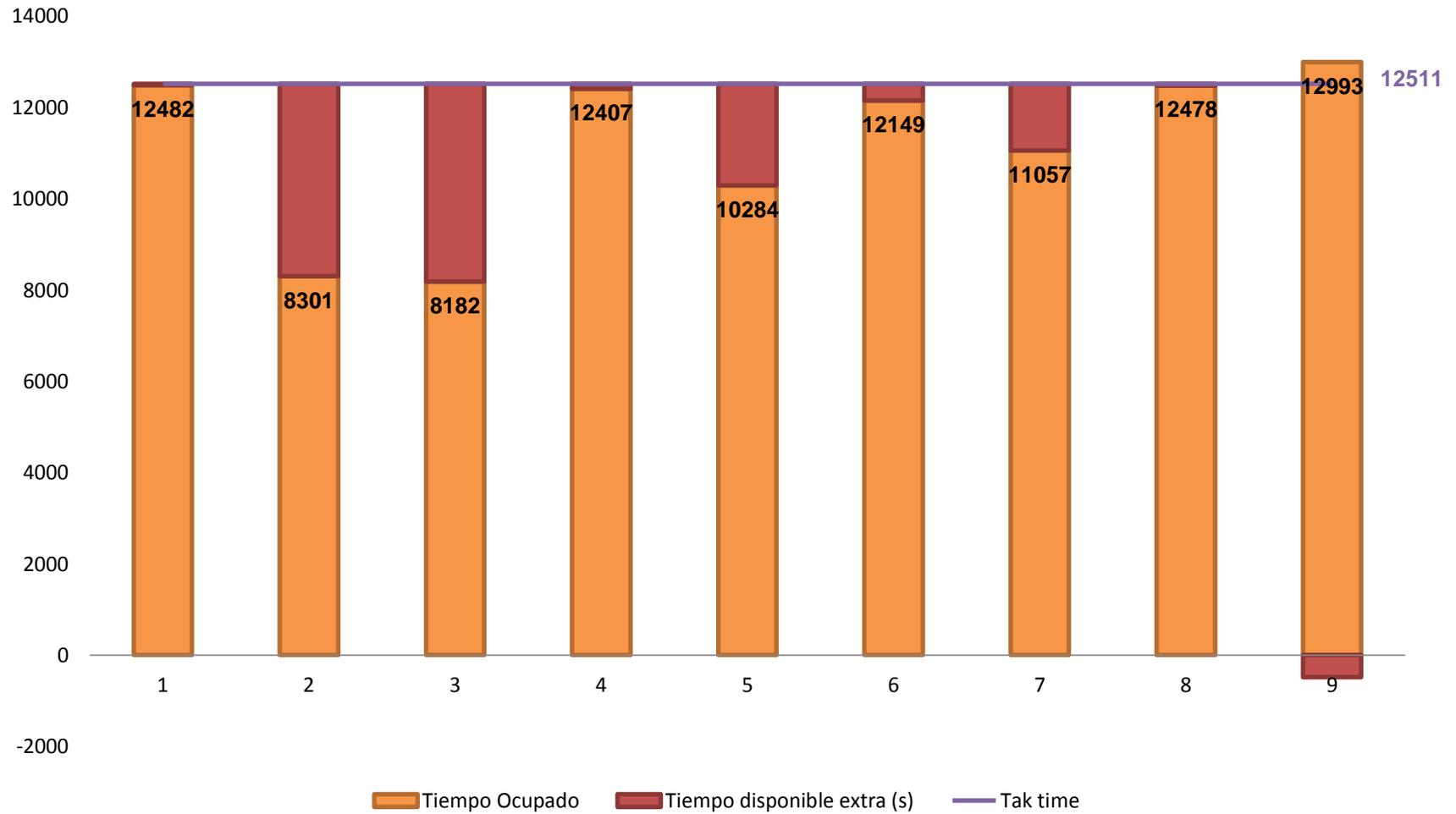
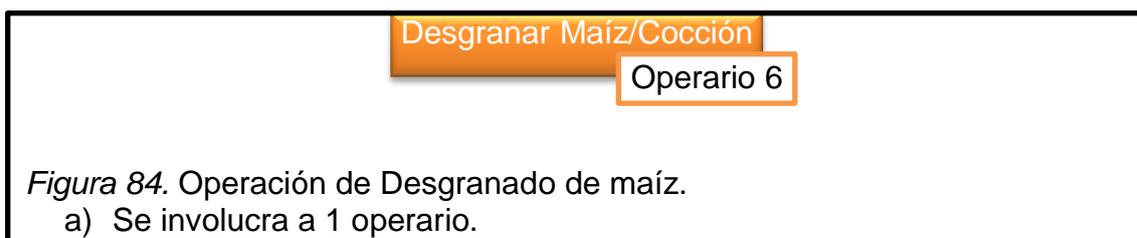


Figura 81. Tiempo ocupado con implementación de maquinaria.

Con la distribución de trabajo generada a partir de la implementación de la maquinaria, se obtuvieron las células de trabajo finales:



4.4.3 Indicadores de mejora

Tabla 32. Indicadores de mejora para tiempos de ciclo.

INDICADORES DE MEJORA PARA TIEMPOS DE CICLO								
No. Proceso	Tiempo de ciclo sin balanceo de línea / lote	Tiempo de ciclo con balanceo de línea/lote	Takt Time sin maquinaria	Mejora en tiempo de ciclo con balanceo de línea/lote	Tiempo de ciclo con balanceo de línea y maquinaria/lote	Takt Time mejorado	Mejora en tiempo de ciclo con maquinaria/lote	Observación
1 Bodegaje	1642	1642	12511		1642	6255		
2 Abasto de materia prima	1763	1642	12511		1763	6255		
3 Preparación de materia prima	7660	1642	12511		6064	6255	20,83%	El tiempo de ciclo se redujo un 20,83%.
4 Deshojado y corte del maíz	17562	1642	12511	91%	6205	6255	64,67%	El tiempo de ciclo se redujo un 64,67%.
5 Desgranar el maíz	17041	1642	12511	90%	3663	6255	78,51%	El tiempo de ciclo se redujo un 78,51%.
6 Molienda	5122	1642	12511		5122	6255		
7 Mezcla de ingredientes	4859	1642	12511		4859	6255		
8 Envoltura de la humita	7473	1642	12511	78%	5904	6255	20,99%	El tiempo de ciclo se redujo un 20,99%.
9 Cocción	3383	1642	12511		900	6255		
10 Enfriamiento	2206	1642	12511		2206	6255		
11 Empaquetado	9566	1642	12511		4385	6255		
12 Almacenado	1524	1642	12511		1537	6255		

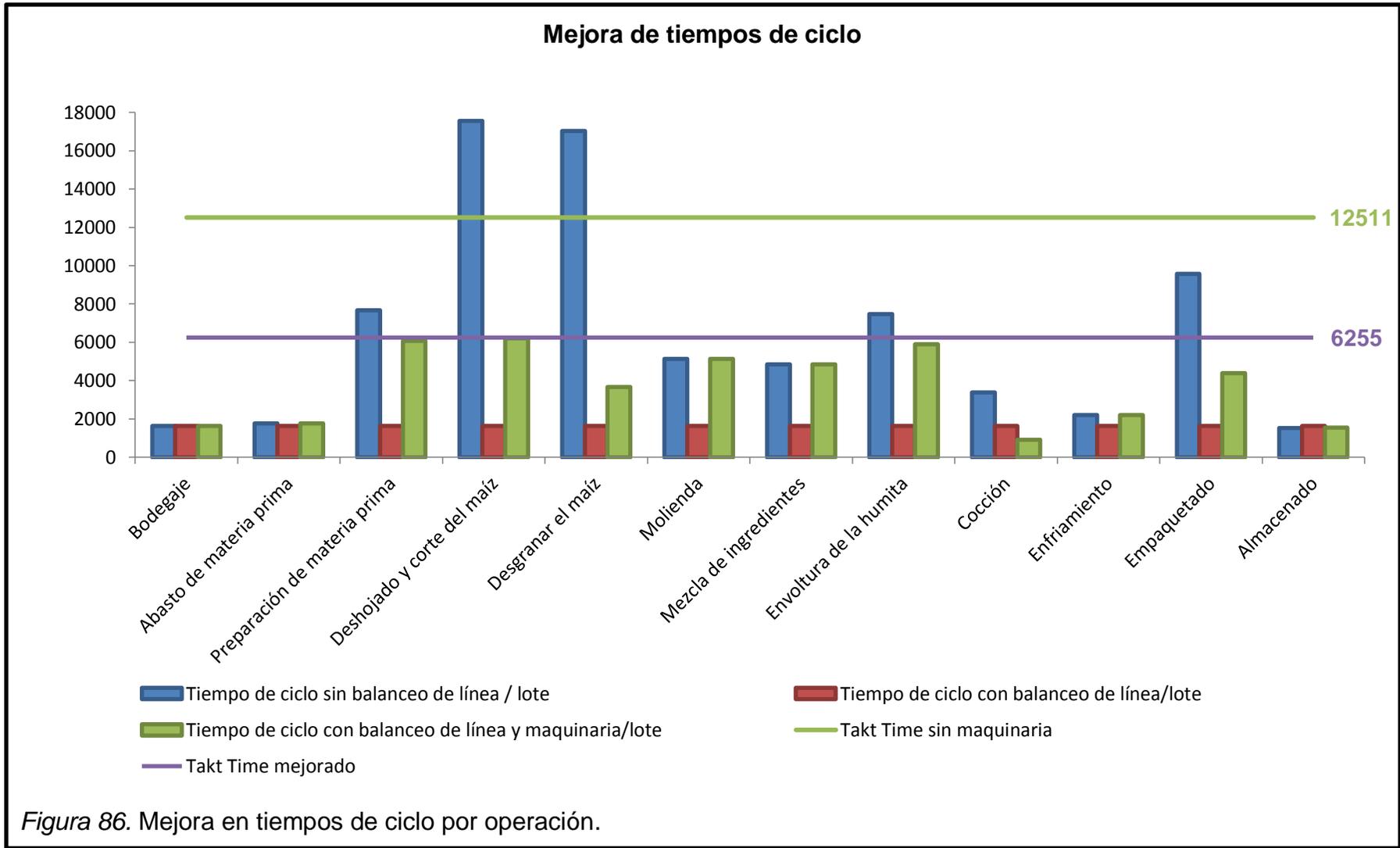


Figura 86. Mejora en tiempos de ciclo por operación.

4.5 Validación de Restricciones

Este es el último paso de la Teoría de Restricciones, y a su vez evoca al mejoramiento continuo, puesto que se debe volver a evaluar cuáles son las nuevas restricciones internas o externas de la cadena de suministro. Para el presente proyecto se ha concluido con la aplicación de T.O.C. y se deja a cargo del gerente de Productos Loján decidir qué nuevas acciones de mejora implementar.

4.5.1 Indicadores de Mejora

Tabla 33. Indicadores de mejora para tiempos de ciclo.

INDICADORES DE MEJORA PARA TIEMPOS DE CICLO							
No.	Proceso	Tiempo de ciclo sin balanceo de línea / lote	Tiempo de ciclo con balanceo de línea/lote	Mejora en tiempo de ciclo con balanceo de línea/lote	Tiempo de ciclo con balanceo de línea y maquinaria/lote	Mejora en tiempo de ciclo con maquinaria/lote	Observación
1	Bodegaje	1642	1642		1642		
2	Abasto de materia prima	1763	1763		1763		
3	Preparación de materia prima	8340	11120	-33,33%	8271	0,83%	El tiempo de ciclo se redujo un 0,83%.
4	Deshojado y corte del maíz	17787	12303	30,83%	8301	53,33%	El tiempo de ciclo se redujo un 53,33%.
5	Desgranar el maíz	17041	12497	26,67%	1537	90,98%	El tiempo de ciclo se redujo un 90,98%.
6	Molienda	5122	5122		5122		
7	Mezcla de ingredientes	4859	4859		4859		
8	Envoltura de la humita	5978	11957	-100,00%	11057	-84,95%	Se aumentó carga de trabajo.
9	Cocción	3383	3383		3383		
10	Enfriamiento	2206	2206		2206		
11	Empaquetado	9566	9566		9566		
12	Almacenado	1537	1537		1537		

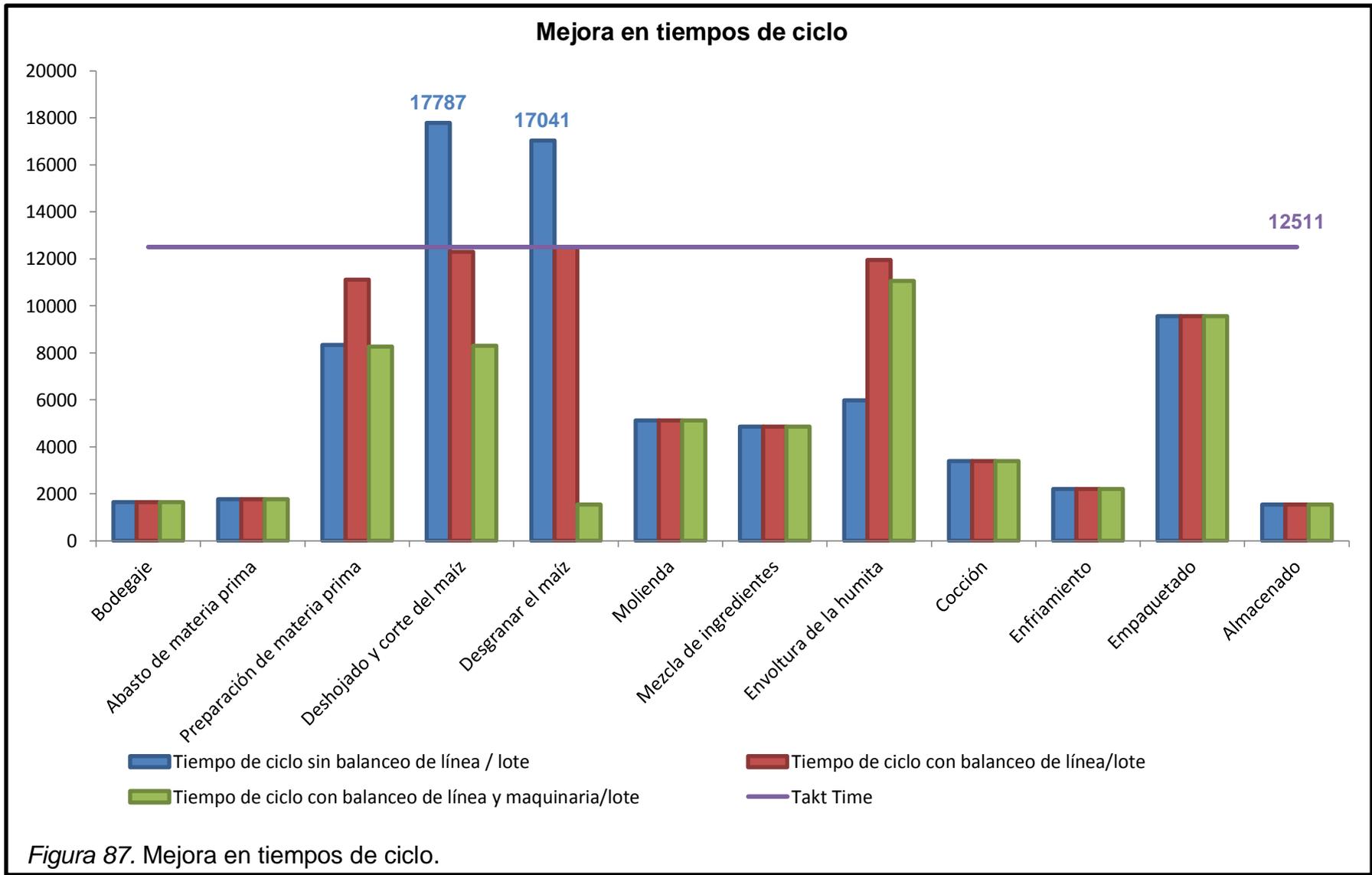


Tabla 34. Indicadores de mejora para tiempo ocupado.

INDICADORES DE MEJORA PARA TIEMPO ODUPADO							
Operario	Tiempo ocupado sin balanceo de línea/lote	Tiempo ocupado con balanceo de línea/lote	Tiempo ocupado con balanceo de línea y maquinaria/lote	Porcentaje de tiempo ocupado sin balanceo de línea/lote	Porcentaje de tiempo ocupado con balanceo de línea/lote	Porcentaje de tiempo ocupado con maquinaria/lote	Observación
1	8671	15331	12482	69,31%	122,54%	99,77%	
2	8340	12303	8301	66,66%	98,34%	66,35%	Oportunidad para incrementar producción.
3	8340	12303	8182	66,66%	98,34%	65,40%	Oportunidad para incrementar producción.
4	17787	12686	12407	142,17%	101,40%	99,17%	
5	17787	12497	10284	142,17%	99,89%	82,20%	
6	17041	14580	12149	136,21%	116,54%	97,10%	
7	10031	11957	11057	80,18%	95,57%	88,38%	
8	5978	13782	12478	47,79%	110,16%	99,74%	
9	12993	12993	12993	103,86%	103,86%	103,86%	Sobrecarga de 8 minutos de trabajo.

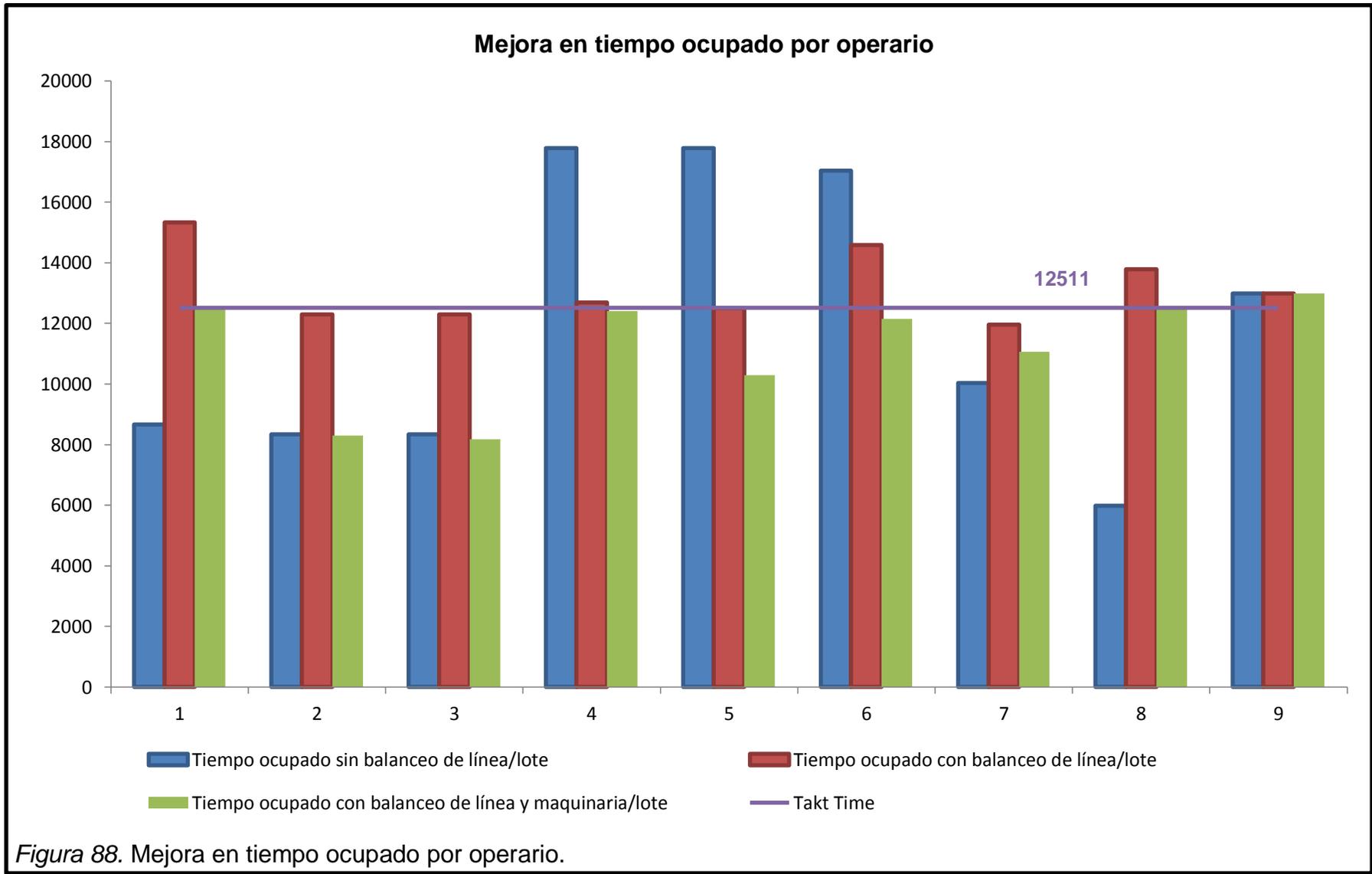
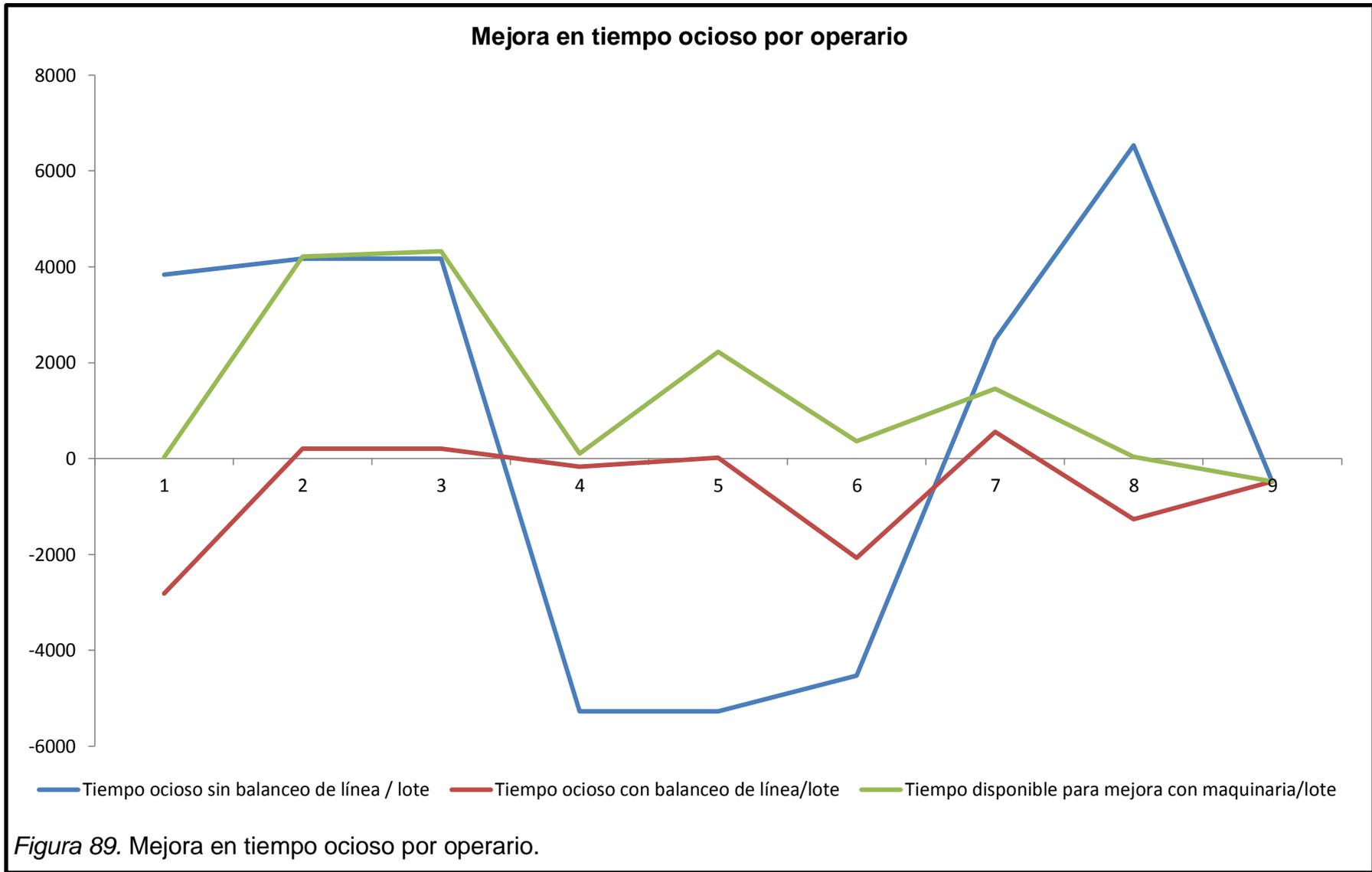


Tabla 35. Indicadores de mejora para tiempo ocioso.

INDICADORES DE MEJORA PARA TIEMPO OCIOSO						
Operario	Tiempo ocioso sin balanceo de línea / lote	Tiempo ocioso con balanceo de línea/lote	Tiempo ocioso con maquinaria/lote	Porcentaje de tiempo ocioso sin balanceo de línea/lote	Porcentaje de tiempo ocioso con balanceo de línea/lote	Porcentaje de tiempo ocioso con maquinaria/lote
1	3840	-2821	29	30,69%	-22,54%	0,23%
2	4171	208	4210	33,34%	1,66%	33,65%
3	4171	208	4329	33,34%	1,66%	34,60%
4	-5276	-175	104	-42,17%	-1,40%	0,83%
5	-5276	14	2227	-42,17%	0,11%	17,80%
6	-4530	-2069	362	-36,21%	-16,54%	2,90%
7	2480	554	1454	19,82%	4,43%	11,62%
8	6533	-1271	33	52,21%	-10,16%	0,26%
9	-482	-482	-482	-3,86%	-3,86%	-3,86%



5. CAPÍTULO V: SIMULACIÓN

En el presente capítulo se simulan las mejoras propuestas en el capítulo 4, objetivo que se cumplirá utilizando el software Flexsim 7.5.4. Las simulaciones se realizaron para un lote de producción, contando únicamente las horas productivas, sin incluir recesos ni almuerzo.

5.1 Simulación de situación actual

La simulación de la situación inicial se basa en los datos presentados en la Tabla 12 y en la descripción de procesos del apartado 3.3 *Eslabón Manufactura*.

Un error muy común en la simulación de líneas de producción es asumir que los tiempos de ciclo obedecen a una distribución normal de media μ y desviación estándar σ . Por tal motivo y para evitar incurrir en el mencionado error, es necesario determinar a qué distribución se ajusta el comportamiento de cada operación.

La determinación de las distribuciones estadísticas se realizó con el software “*Experfit*”, el cual viene incluido como opción en el *Flexsim Simulation Software* 7.5.4.

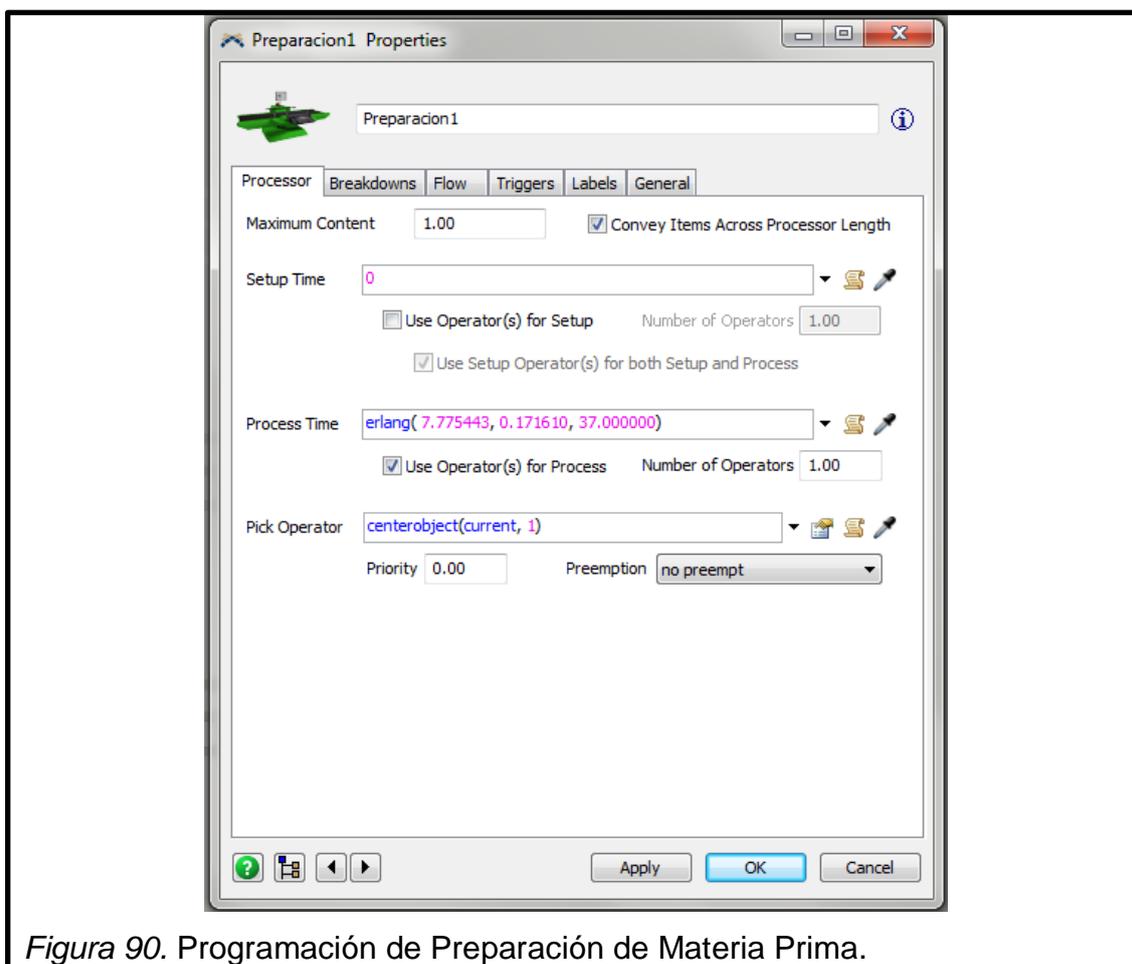
Experfit permite determinar a qué distribución estadística se asemeja el comportamiento de un rango de datos, para el caso de este proyecto se utilizará como base de datos el Anexo 6, el cual posee el muestreo de tiempos por unidad procesada.

Tabla 36. Distribución estadística por proceso.

DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS POR PROCESO			
No.	Operación	Distribución estadística	Parámetros
1	Bodegaje	Johnson Bounded	johnsonbounded(133.871790, 140.861432, -0.211570, 0.457623)
2	Abasto de materia prima	Johnson Bounded	johnsonbounded(146.249494, 147.569282, -0.291650, 0.818422)
3	Preparación de materia prima	Erlang	erlang(7.775443, 0.171610, 37.000000)
4	Deshojado y corte del maíz	Beta	beta(26.589596, 31.432106, 2.256756, 2.051062)
5	Desgranar el maíz	Exponential	exponential(27.040609, 1.277391)
6	Molienda	Johnson Bounded	johnsonbounded(347.520329, 454.505250, -1.432558, 0.677120)
7	Mezcla de ingredientes	Lognormal2	lognormal2(134.636287, 292.929308, 0.131075)
8	Envoltura de la humita	Beta	beta(25.438386, 30.272318, 5.771979, 5.545062)
9	Cocción	Exponential	exponential(3374.588033, 8.161967)
10	Enfriamiento	Wiebull	weibull(2191.073976, 14.319303, 0.877945)
11	Empaquetado	Loglogistic	loglogistic(0.000000, 16.420599, 34.098907)
12	Almacenado	Erlang	erlang(11.727274, 0.201364, 24.000000)

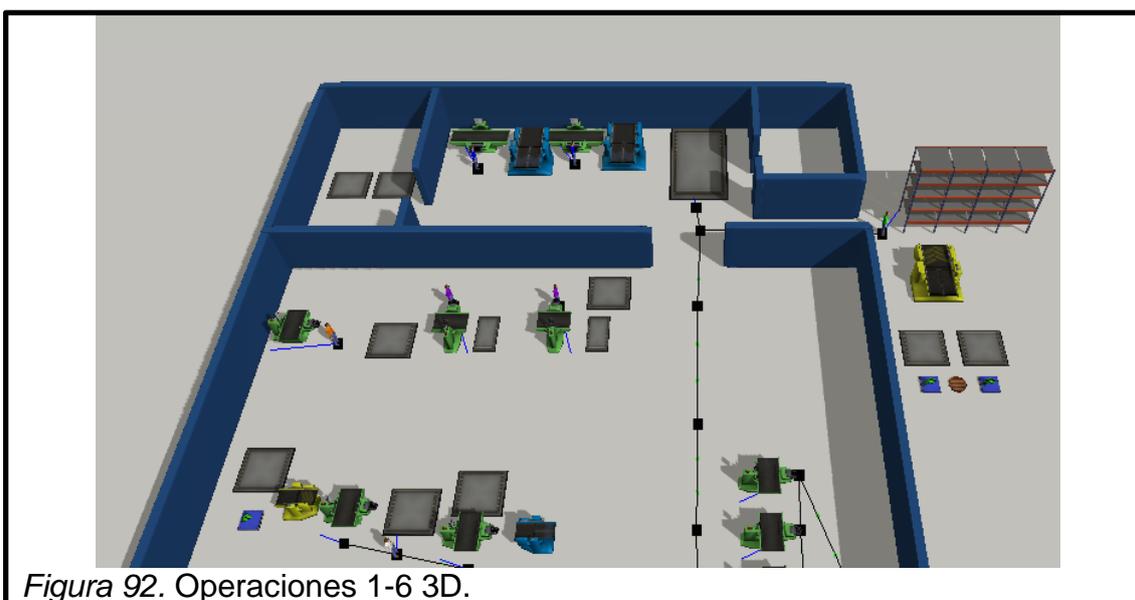
Una vez obtenidos las distribuciones estadísticas de cada operación, se procedió a programar cada estación de trabajo con la distribución estadística correspondiente, así como la asignación de operarios para los diferentes procesos.

Como ejemplo de programación, a continuación, se presenta a la operación de Preparación de materia prima:



Es importante tomar en cuenta las rutas que utilizan los operarios para desplazarse, dado que en una situación real los operarios deben sortear paredes y abrir puertas, por lo tanto se ha incluido en la simulación las rutas que toman los operarios para movilizarse de un lugar a otro.

Las rutas han sido representadas con líneas y cuadrados negos.



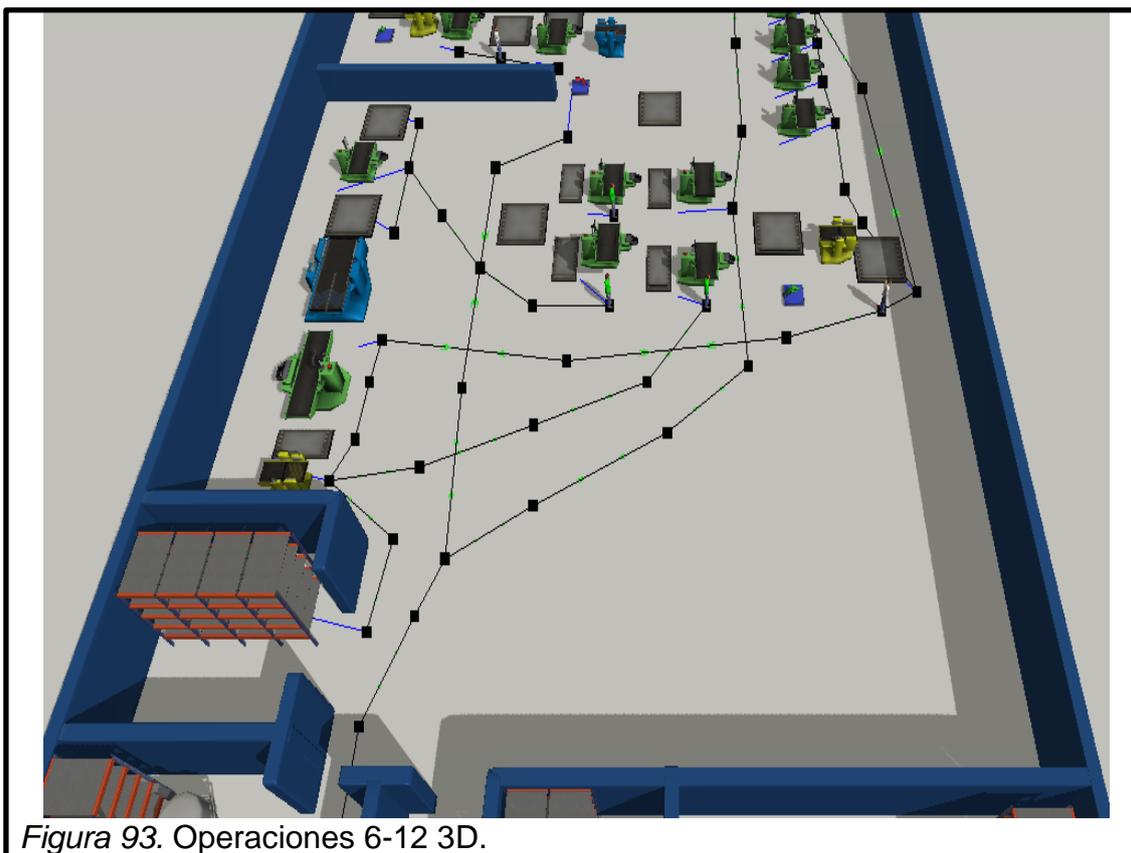


Figura 93. Operaciones 6-12 3D.

Una de las grandes ventajas del Flexsim Simulation Software 7.5.4, es que permite representar de manera muy cercana a la realidad, todas las características que se presentan en una sistema de producción industrial.

Para la simulación tanto de la simulación actual como de la situación propuesta, se ha representado las mazorcas de maíz con esferas de color verde oscuro, el maíz deshojado con esferas de color amarillo, y las humitas con esferas de color verde lima.

A continuación se presentan imágenes de las diferentes células de trabajo que conforman la línea de producción de humitas de Productos Loján Cía. Ltda.



Figura 94. Célula de preparación de Materia Prima.



Figura 95. Célula de Deshojado y Corte de maíz.



Figura 96. Estación de Desgranado de maíz.

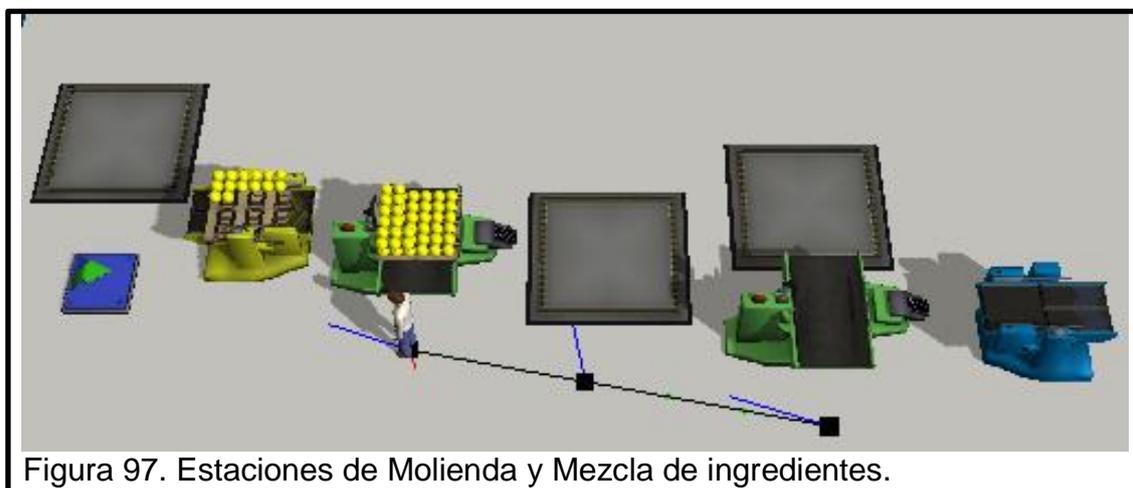


Figura 97. Estaciones de Molienda y Mezcla de ingredientes.

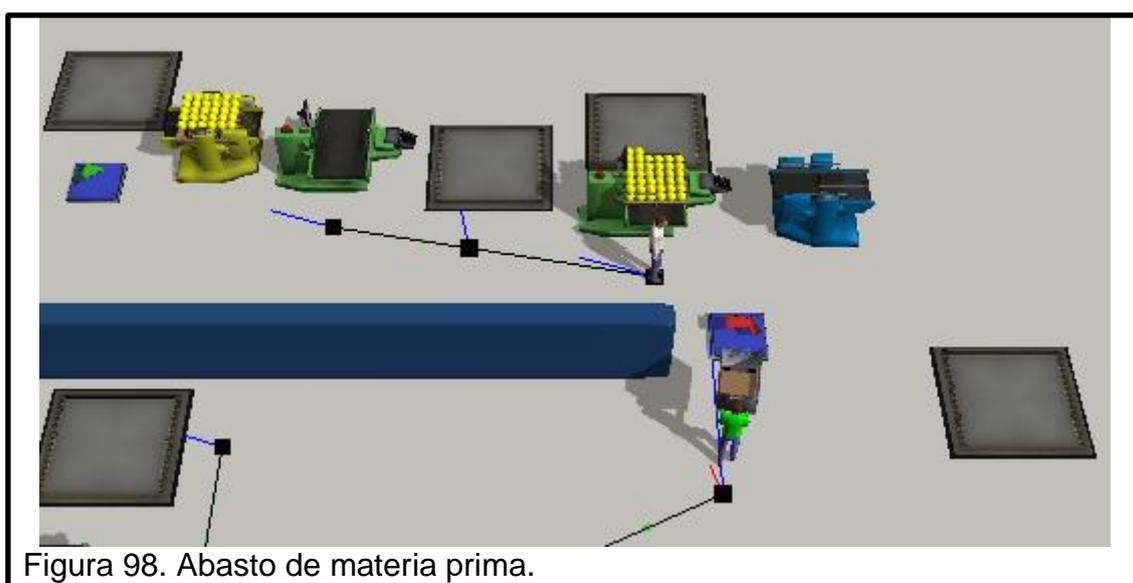


Figura 98. Abasto de materia prima.

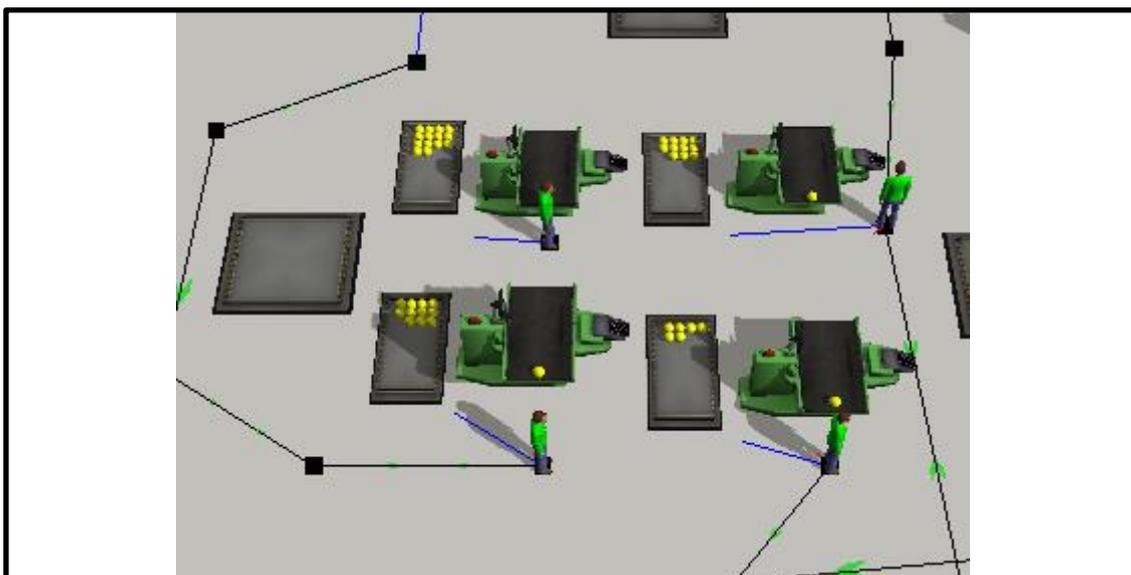


Figura 99. Célula de Envoltura de la humita.

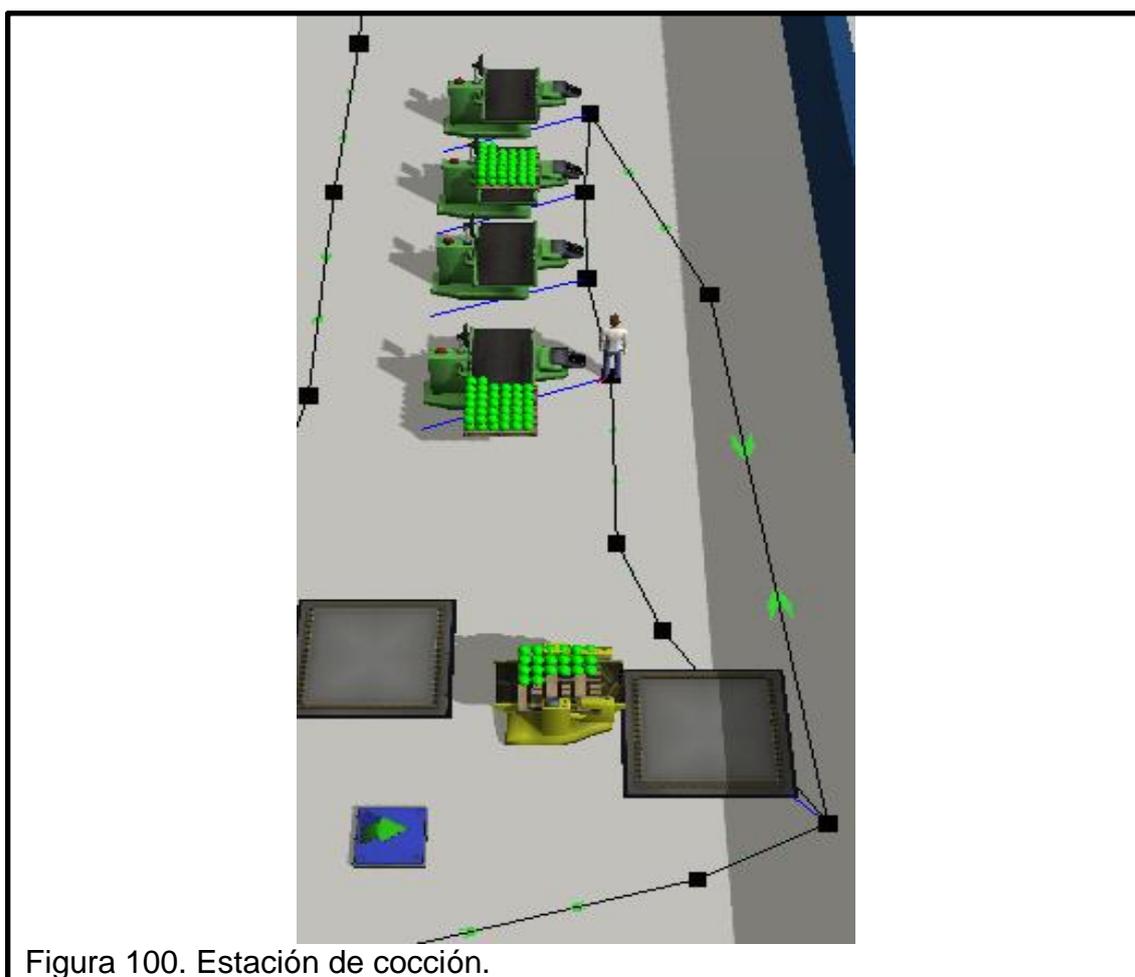


Figura 100. Estación de cocción.

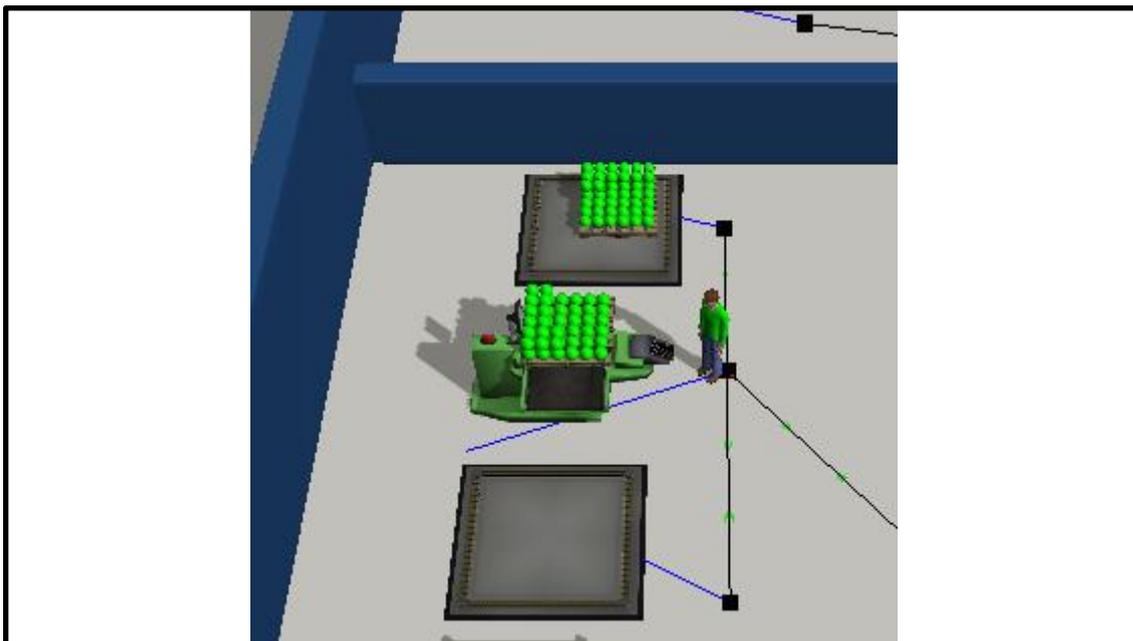


Figura 101. Estación de enfriamiento de la humita.

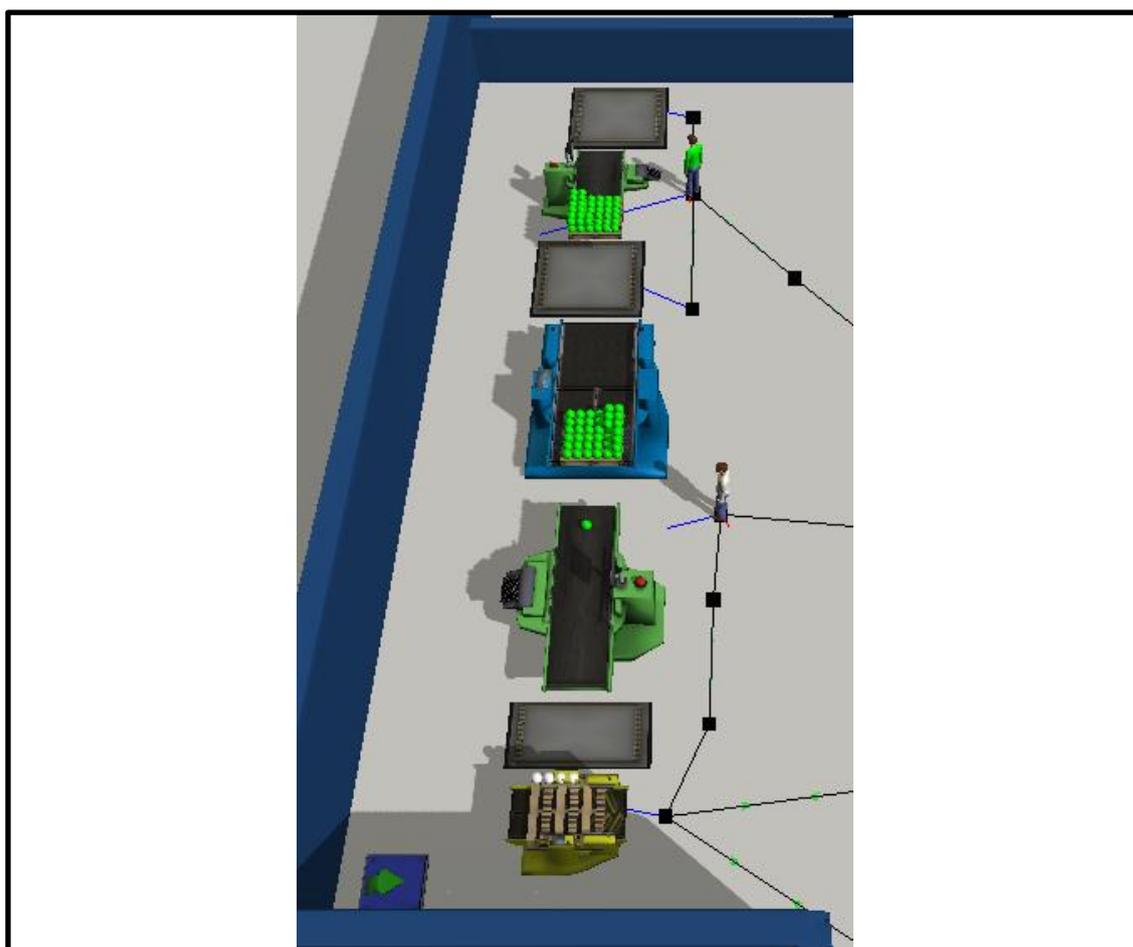
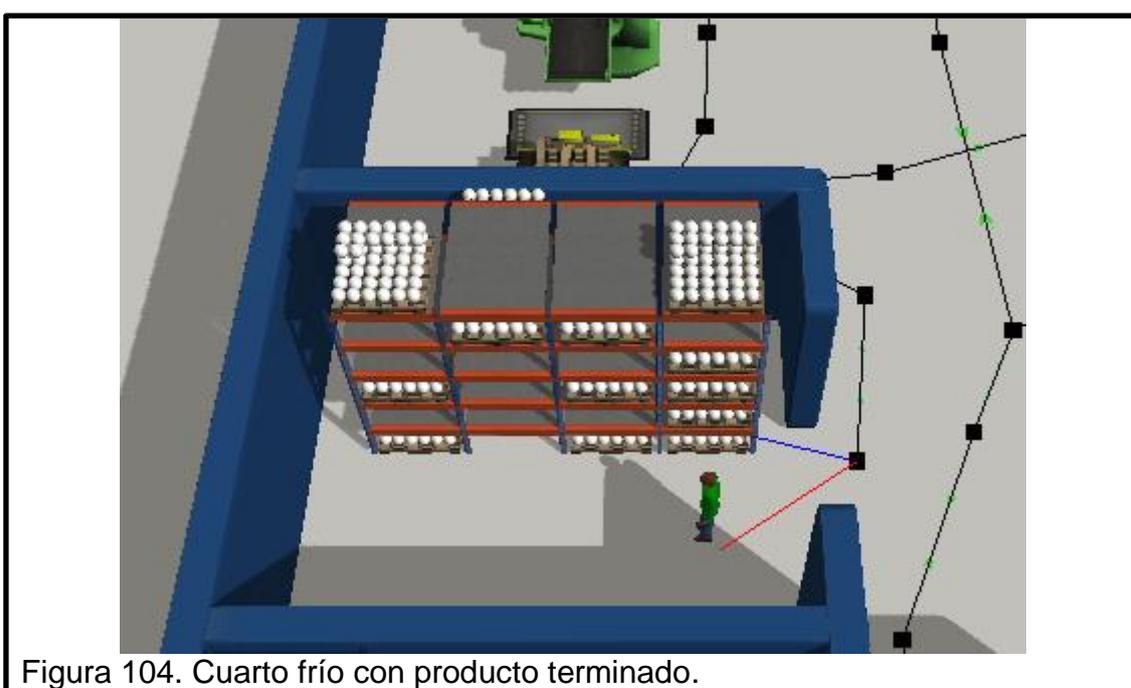
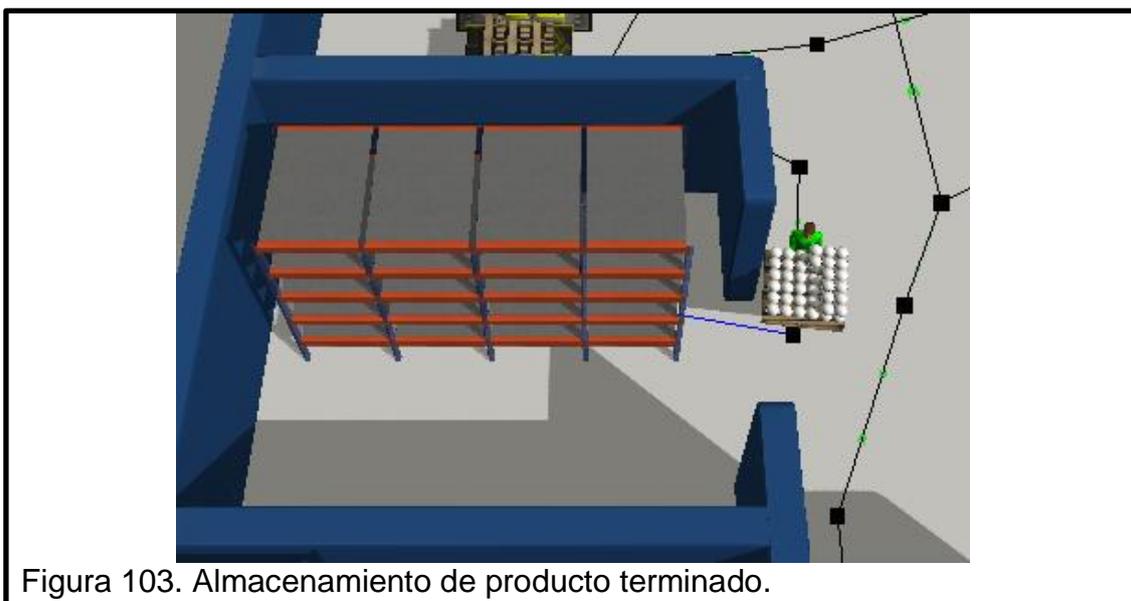


Figura 102. Estaciones de enfriamiento y Empaquetado.



Una vez programadas todas las estaciones de trabajo, asignados los operarios, creadas las rutas de traslado y establecidos todos los parámetros de programación, se procede a obtener los resultados de la simulación actual.

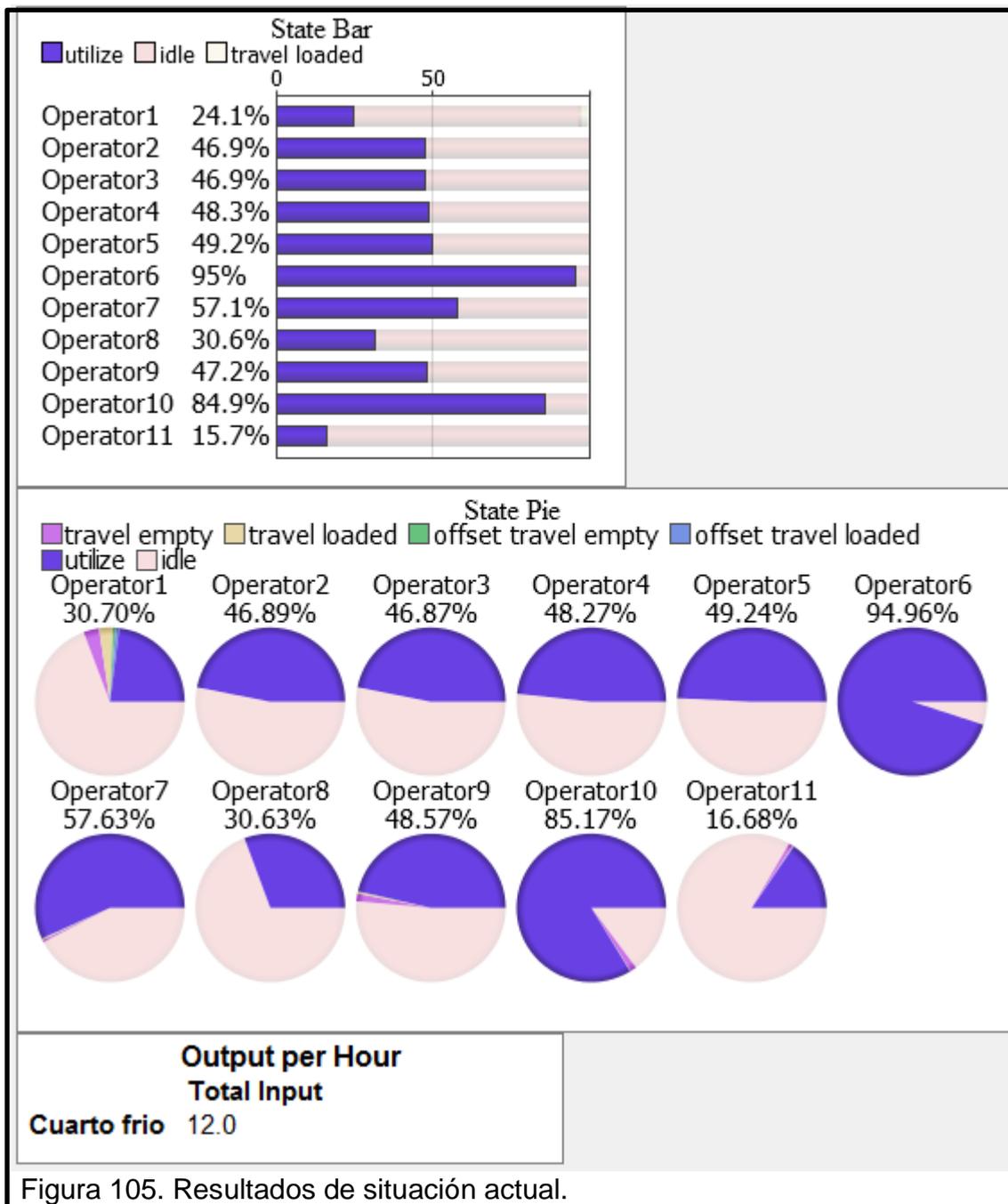


Figura 105. Resultados de situación actual.

5.2 Simulación de Mejora Propuesta

En este apartado del proyecto se ha simulado la situación propuesta incluyendo las mejoras esperadas por la maquinaria y la reducción de dos operarios en la línea de producción.

Como se mencionó en el Capítulo IV, se decidió mantener la célula de preparación de materia prima.

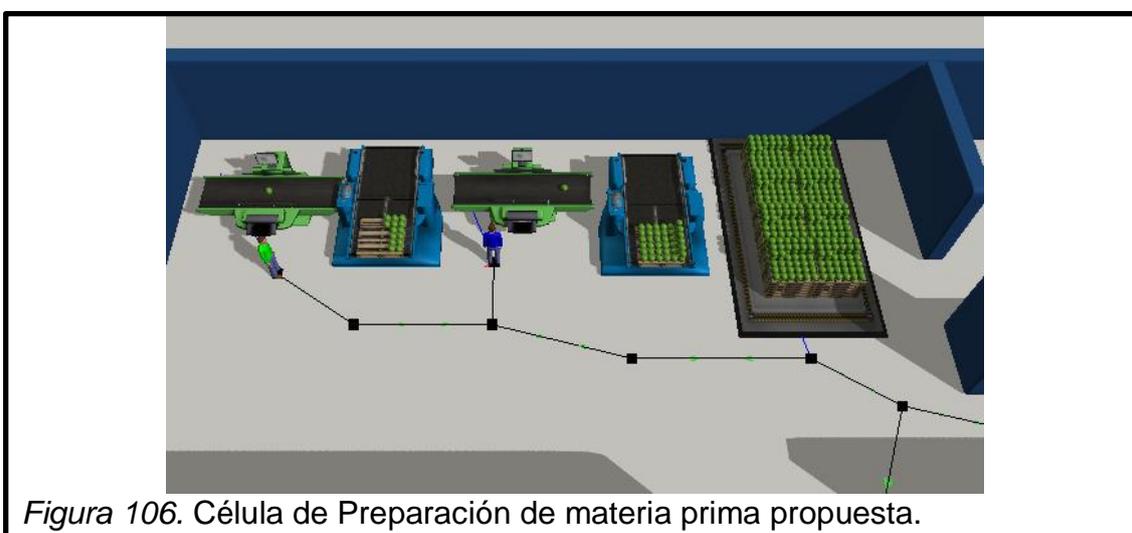
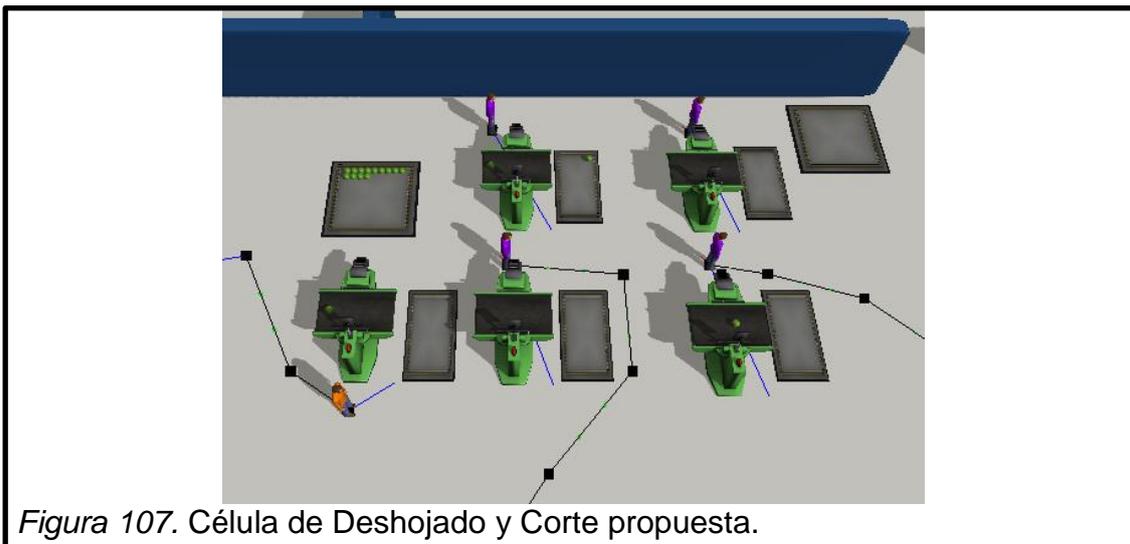


Figura 106. Célula de Preparación de materia prima propuesta.

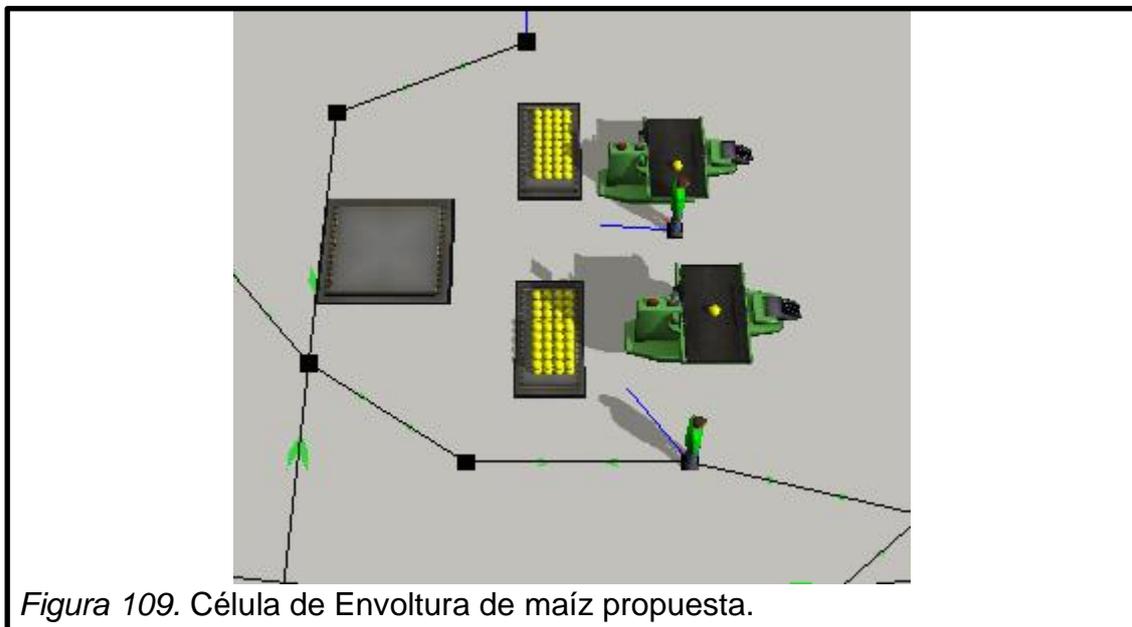
Sin embargo la célula de Deshojado y Corte de maíz incremento la cantidad de operarios utilizados, pasando de tener 2 operarios y 1,5 horas extras de trabajo, a emplear 5 operarios y tener 1,2 horas de trabajo disponibles para aumentar la capacidad de producción.



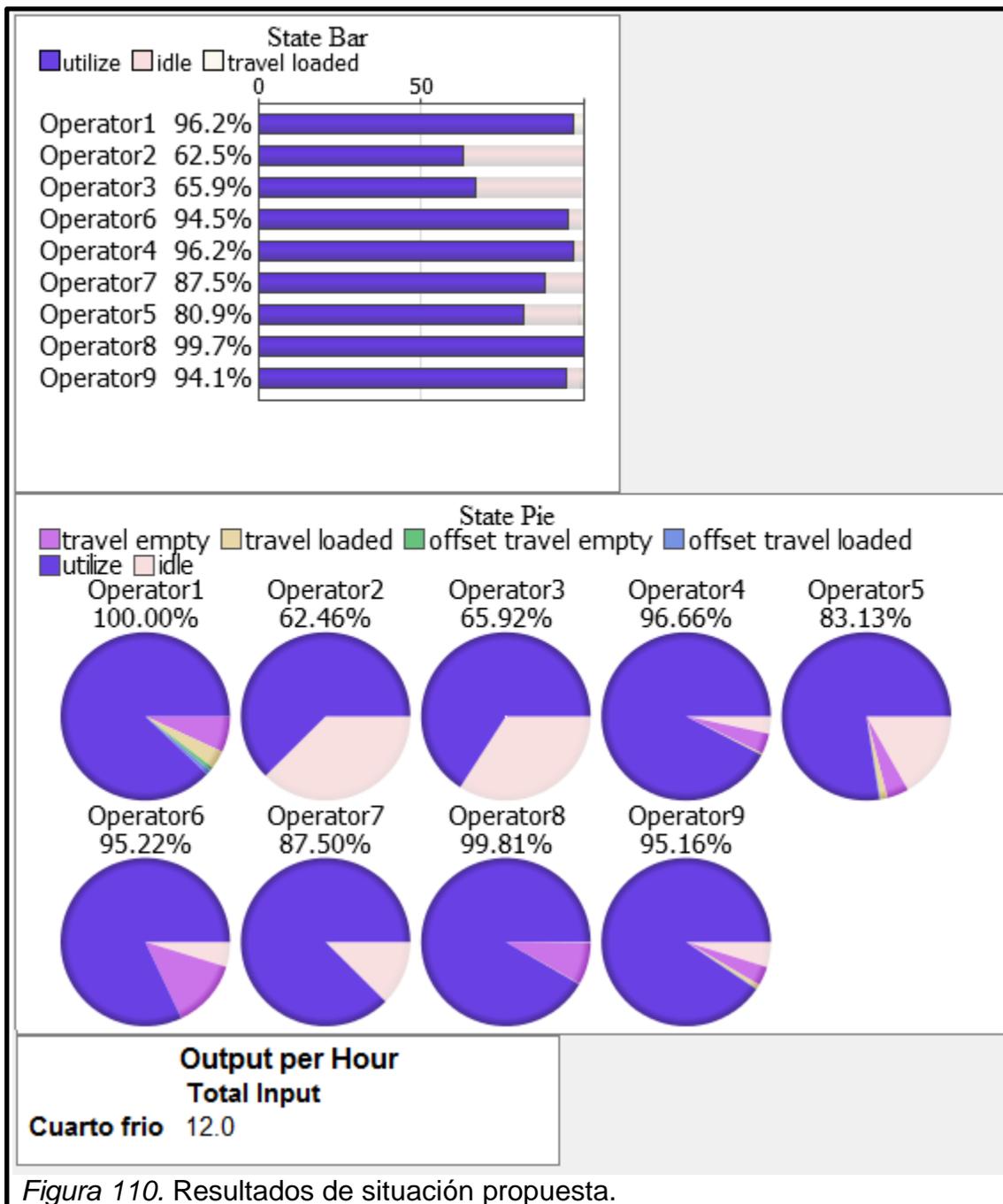
Para la estación de Desgranado de maíz, se implementó la máquina *Electric corn thresher sheller threshing stripping tripper* que permite reducir drásticamente el tiempo de ciclo de la operación, dando paso la consecución del objetivo de incrementar la capacidad de producción de la línea.



En la célula de Envoltura de la humita antes utilizaba 4 operarios para realizar la operación, ahora en la situación propuesta se requiere de dos operarios y dos máquinas dosificadoras IM-DV1.



Finalmente, una vez que se han incluido las modificaciones en las células de trabajo y la inclusión de la maquinaria, se obtuvieron los resultados de la simulación de la situación esperada.



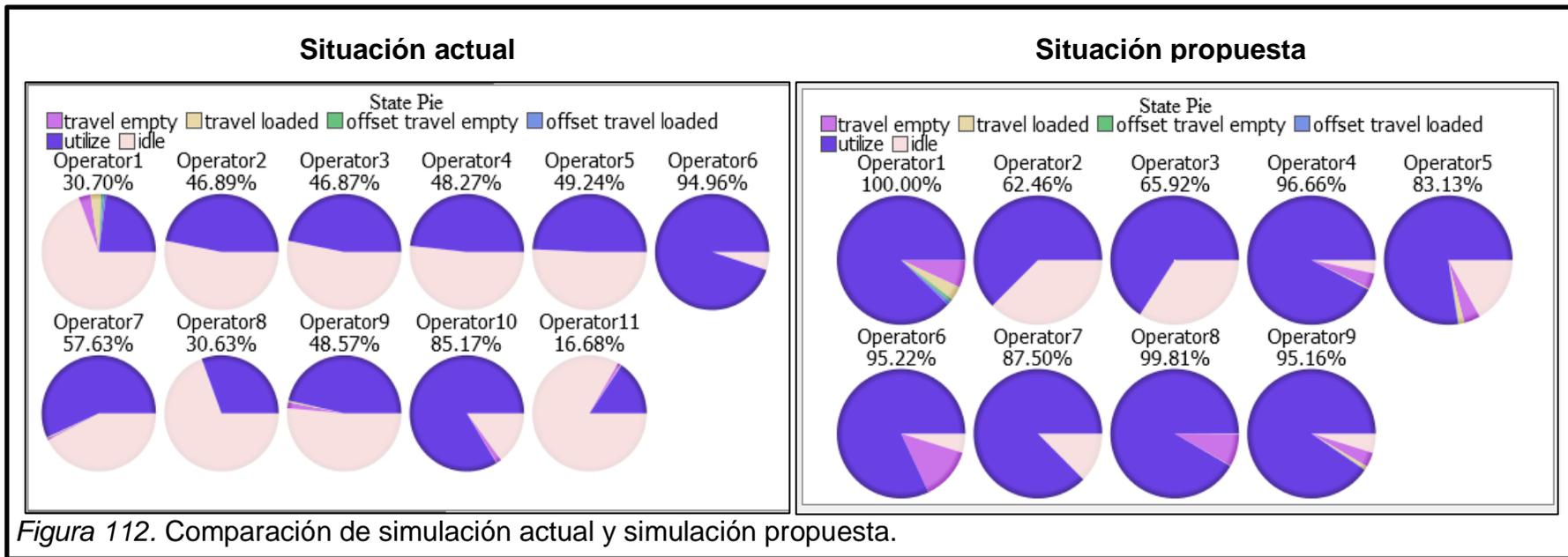
Con esta implementación de mejoramiento continuo los resultados obtenidos son satisfactorios y se sujetan a la Tabla 31, evidenciándose así la reducción de tiempo ocioso y aumento de productividad de la línea.



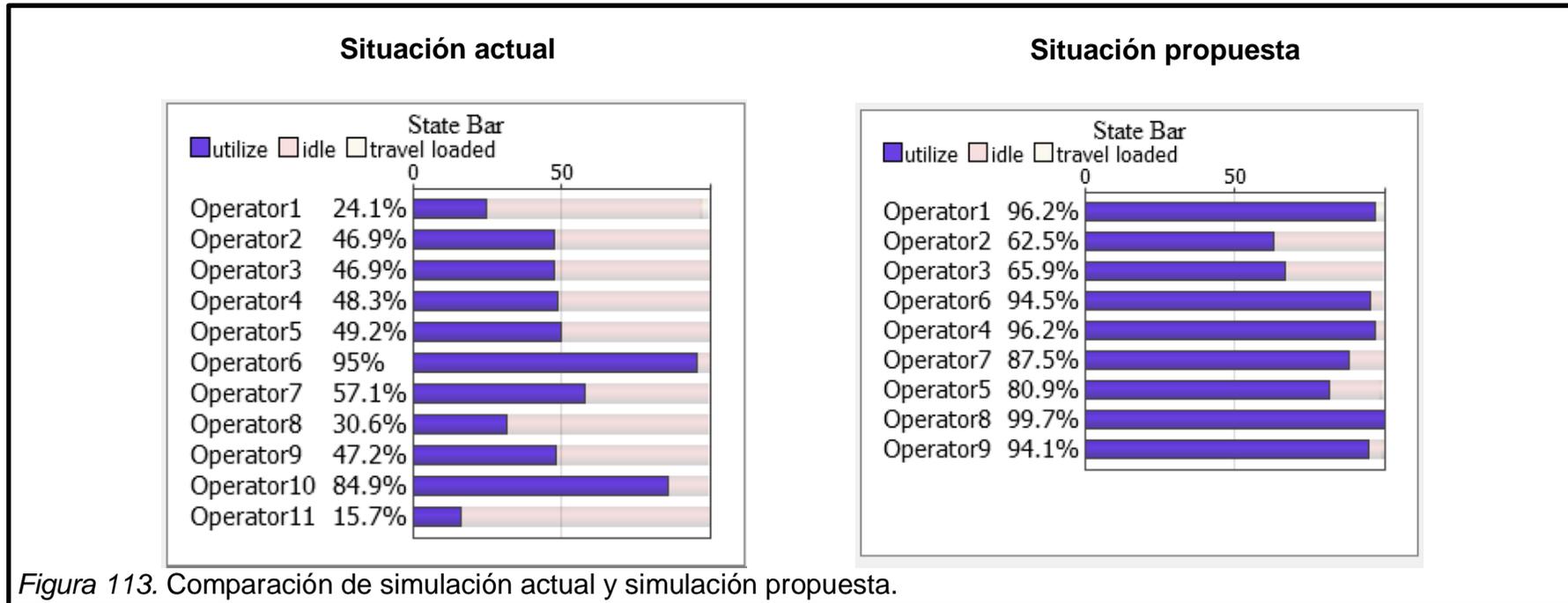
Figura 111. Vista de simulación terminada.

5.3 Comparación simulación actual ante simulación propuesta

La figura a continuación evidencia la mejora de la línea de producción, produciendo la misma cantidad de producto, pero de manera más eficiente, con tiempo ocioso reducido, con dos operarios menos en la línea de producción y con maquinaria implementada.



Es evidente que en la situación actual el tiempo ocioso es un problema, mientras que en la situación propuesta se reduce ese problema, y se deja a decisión del Gerente General la cantidad de producto a aumentarse por día de trabajo, teniendo en cuenta que ahora es posible satisfacer a más clientes y seguir teniendo un alto nivel de servicio con Corporación Favorita.



6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

En el presente apartado se detallan los Materiales Indirectos, Materiales Directos e Inversión en los que se deberá incurrir para lograr la exitosa implementación de las mejoras sugeridas en el Capítulo 4. De igual manera se detalla los ahorros productivos esperados del presente proyecto.

6.1 Costos de la mejora

Como se mencionó en el capítulo anterior, se recomienda el uso de un inventario de seguridad en el mes de Diciembre; esto debido a que el ausentismo y la variación de demanda podrían implicar un desbalance en la cadena de abastecimiento. Por tal motivo se debe realizar la adquisición de 11184 fundas de plástico adicionales en dicho mes, para poder empacar el inventario de seguridad.

Cabe resaltar que el proveedor de fundas plásticas, únicamente provee las fundas en lotes de 500 unidades, consecuentemente la cantidad a pedir será de 11500 fundas.

Tabla 37. Costo de Materiales Indirectos.

Materiales Indirectos				
Materia Prima	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de medida	Costo Mensual
Fundas de plástico (23x15cm)	\$ 0,10	11500	fundas	\$ 1.150,00
Total Materiales Indirectos				\$ 1.150,00

Dentro de los Materiales Directos, se debe tener en cuenta que la creación de un inventario de seguridad, conlleva una inversión adicional en la compra de materias primas.

Para poder cubrir las 466 unidades requeridas en caso de ausencia de personal, se tiene la siguiente tabla de costos.

Tabla 38. Costo de Materiales Directos.

Inversión en Inventario de Ciclo				
Materia Prima	Costo Unitario	Cantidad	Unidad de medida	Costo Mensual
Aceite de palma (canecas de 4 litros)	\$ 8,18	50	canecas	\$ 406,38
Manteca de Cerdo (fundas de 1 kg)	\$ 1,67	70	kg	\$ 117,60
Esencia de Vainilla (botellas de 500 cc)	\$ 1,45	20	botellas	\$ 28,81
Maíz (1 costal contiene 40 mazorcas)	\$ 25,90	497	costales	\$ 12.867,12
Sal (funda de 1 kg)	\$ 0,38	18	kg	\$ 6,69
Polvo para hornear (envase de 1kg)	\$ 11,75	282	kg	\$ 3.309,81
Margarina vegetal (baldes de 3kg)	\$ 10,83	47	baldes	\$ 508,44
Queso Fresco (500g)	\$ 3,70	282	quesos	\$ 1.042,24
Total Inversión en Inventario de Ciclo				\$ 18.287,10

En el apartado 4.4.1 *Semi-automatización de procesos* se detalló la maquinaria necesaria para lograr la reducción de tiempo ocioso y aumento de capacidad de producción de la empresa. La adquisición, instalación y puesta en marcha de las máquinas implica una inversión monetaria para productos Loja la cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 39. Inversión.

INVERSIÓN				
Detalle	Costo	Cantidad	Unidad de medida	Costo total
Dosificadora IM-DV1	\$ 5.300,00	2	unidades	\$ 10.600,00
Compresor de 2HP	\$ 265,00	2	unidades	\$ 530,00
Costo de instalación	\$ 50,00	2	unidades	\$ 100,00
Manguera para compresor Horizon Good Year	\$ 18,00	2	unidades	\$ 36,00
220V Electric corn thresher sheller threshing stripping tripper	\$ 530,00	1	unidad	\$ 530,00
Total Inversión				\$ 11.796,00

Las mejoras y modificaciones sugeridas en el proyecto generarán un beneficio económico para la empresa de manera permanente, el cual se cuantifica en la siguiente tabla:

Tabla 40. Ahorros productivos.

Ahorros Productivos				
Detalle	Costo unitario	Cantidad	Unidad de medida	Costo mensual
Sueldo de nuevos operarios	\$ 600,00	2	personas/mes	\$ 1.200,00
Décimo tercer sueldo (Décimo segunda parte de la remuneración anual total)	\$ 600,00	2	personas/mes	\$ 100,00
Décimo cuarto sueldo (Equivalente a un salario básico unificado)	\$ 366,00	2	personas/mes	\$ 61,00
Aporte al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)	\$ 40,81	2	personas/mes	\$ 81,62
IECE	\$ 1,83	2	personas/mes	\$ 3,66
SECAP	\$ 1,83	2	personas/mes	\$ 3,66
Uniformes para producción	\$ 84,00	2	unidades/año	\$ 168,00
Redecillas	\$ 0,40	2	unidades/mes	\$ 0,80
Guantes	\$ 8,00	10	unidades/mes	\$ 80,00
Botas industriales	\$ 45,00	2	pares/año	\$ 90,00
Mascarillas	\$ 5,00	10	unidades/mes	\$ 50,00
Ahorro en tiempo ocioso	\$ 1,53	644	horas/mes	\$ 981,56
Total Ahorros Productivos				\$ 2.820,30

En la tabla anterior se incluyó el ahorro productivo que conlleva la reducción de dos operarios en la línea, así como la supresión de los beneficios de ley que la legislación Ecuatoriana estipula como lo son:

- Afiliación al Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
- Pago de décimo tercer sueldo equivalente a la décima segunda parte de la remuneración anual total.
- Pago de décimo cuarto sueldo, que comprende el equivalente a un salario básico unificado (SBU) para Ecuador en el año 2016 mes de Abril.

- Aporte del 0,5% de del salario total al Instituto Ecuatoriano de Crédito Educativo y Becas (IECE).
- Aporte del 0,5% de del salario total al Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP).

6.2 Flujo de caja mensual

El flujo de inversión mensual sirve para visualizar el recobro de la inversión del proyecto de manera mensual. Según el Banco Central del Ecuador (2016), la inflación en el mes de Marzo del 2016 fue de 2.32%, por lo tanto, al *Flujo de beneficios de producción* fue adicionado con este porcentaje, con la finalidad de traer la inversión al tiempo presente.

Tabla 41. Flujo de caja mensual.

FLUJO MENSUAL							
MES	Inversión del mes (inicial o posterior)	Flujo mensual de inversión (I)	Flujo de beneficios de producción (ahorros productivos)	Flujo de costos de producción (costos adicionales)	Flujo de gastos operativos (gastos adicionales)	Flujo mensual de operación antes de impuestos (O)	Flujo mensual libre del proyecto (I+O)
	-	=	+	-	-	=	
0	\$ (30.083,10)	\$ (30.083,10)				\$ -	\$ (30.083,10)
1			\$ 2.820,30			\$ 2.820,30	\$ 2.820,30
2			\$ 2.885,73			\$ 2.885,73	\$ 2.885,73
3			\$ 2.952,68			\$ 2.952,68	\$ 2.952,68
4			\$ 3.021,18			\$ 3.021,18	\$ 3.021,18
5			\$ 3.091,28			\$ 3.091,28	\$ 3.091,28
6			\$ 3.162,99			\$ 3.162,99	\$ 3.162,99
7			\$ 3.236,38			\$ 3.236,38	\$ 3.236,38
8			\$ 3.311,46			\$ 3.311,46	\$ 3.311,46
9			\$ 3.388,29			\$ 3.388,29	\$ 3.388,29
10			\$ 3.466,89			\$ 3.466,89	\$ 3.466,89
11			\$ 3.547,33			\$ 3.547,33	\$ 3.547,33
12			\$ 3.629,62			\$ 3.629,62	\$ 3.629,62

6.3 Valor Actual Neto (VAN)

“La suma de todos los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Si un proyecto tiene un VAN positivo, significa que el proyecto es rentable. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos invertidos en una entidad financiera, con un interés equivalente a la tasa de descuento actualizada.” (Ramos, 2012)

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} - I \quad (\text{Ecuación 36})$$

Tomado de Ramos, 2012.

Dónde:

Q_n = Flujos de caja en cada periodo n

n = Número de periodos considerados

I = Inversión inicial

r = Tipo de interés o TMAR

Tabla 42. Resultado Valor Actual Neto.

	Proyecto Rentable	
Valor Actual Neto	\$ 2.993,17	Sí

6.4 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

Se denomina Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) a la tasa de descuento que hace el Valor Neto (VAN) de una inversión, sea igual a cero.

Es importante mencionar que la TIR es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, es decir, “una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior a un proyecto con una inversión pequeña con una TIR elevada.” (Ramos, 2012)

$$0 = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+TIR)^n} - I \quad (\text{Ecuación 37})$$

Dónde:

Q_n = Flujos de caja en cada periodo n

n = Número de periodos considerados

I = Inversión inicial

r = Tipo de interés o TIR

Tabla 43. Resultado de la Tasa Interna de Retorno.

		Proyecto Rentable
Tasa Interna de Rentabilidad	3,84%	Sí

El valor de 3,84% indica que el proyecto es rentable y la empresa generará ganancia con la implementación de las mejoras sugeridas. Si bien es cierto la TIR no es elevada, pero se debe considerar que el flujo mensual mejoraría en gran medida, una vez que el gerente de la empresa decida qué cantidad de humitas adicionales va a producir, y, consecuentemente, accediendo a nuevos mercados, sin descuidar a su gran cliente Corporación Favorita.

7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Al realizar la toma inicial de tiempos de ciclo, se determinó que existen 2 cuellos de botella (Deshojado y Desgranado) dentro del eslabón de Manufactura, los cuales fueron identificados, explotados, subordinados, elevados y verificados según la metodología de Eliyahu Goldratt.
- Al realizar el balanceo de la línea de producción se logró disminuir significativamente el tiempo ocioso por operario y la supresión de 2 operarios de la línea de producción, resultando en un ahorro productivo de 644 horas mensuales evidenciado en el Capítulo VI.
- Con la adquisición de las máquinas sugeridas se logra reducir los tiempos de ciclo de las operaciones de Desgranado de Maíz y Envoltura de Maíz, consecuentemente generando una oportunidad de crecimiento en la capacidad de producción de la planta.
- La semi-automatización de procesos no sólo busca generar beneficios económicos, sino también reducir la posibilidad de la adquisición de enfermedades ocupacionales por el exceso de tareas repetitivas realizadas de manera manual. Se logró reducir el porcentaje de suplemento por descanso de Desgranado de Maíz de 18% a 11% y Envoltura de la Humita de 18% a 13%.
- Se logra evidenciar que todas las restricciones funcionan por debajo del Takt Time, volviéndose ahora en restricciones externas, sin embargo es posible seguir optimizando los nuevos cuellos de botella generados, como por ejemplo la operación de Empaquetado.
- A través del Flexsim Simulation Software 7.5.4 se logró simular la situación actual de la línea de producción y la situación esperada con las

mejoras sugeridas, quedando evidenciada la viabilidad de la implementación del presente trabajo.

- Si bien es cierto la Tasa Interna de Rentabilidad del presente proyecto no es muy alta (tan sólo 3,84%). Esto se debe a que en los ahorros productivos no es posible contabilizar la cantidad extra de humitas a venderse, debido a que los clientes potenciales estrecharían relaciones comerciales con productos Loján una vez se implemente este proyecto, dando oportunidad a un aumento sustancial en los beneficios económicos de acaparar a más de un cliente.
- Se logró cumplir con los objetivos planteados al inicio del presente trabajo, logrando una notable mejora en las operaciones, reduciendo tiempo ocioso y tecnificando la línea de producción; dejando a decisión del Gerente General de Productos Loján, qué cantidad de humitas aumentar en la producción diaria y paralelamente permitir la asociación con nuevos clientes.
- Se logra la total sincronía de la Cadena de Abastecimiento, fortaleciendo su eslabón principal – Manufactura-, teniendo como resultado inmediato, la mejora en la gestión de la Cadena de Abastecimiento.

7.2 Recomendaciones

- El presente trabajo es el inicio de una larga secuencia de mejoras que se podrían implementar para complementar y robustecer el presente proyecto.
- Uno de las principales preocupaciones del Sr. Milton Loján es la cosecha estacionaria de choclo en la región. Debido a que el maíz es la principal materia prima de las humitas, es indispensable que el proveedor de maíz establezca un plan de cosecha periódico y no estacional, esto se puede lograr con el uso de técnicas de ingeniería en alimentos. Inclusive

es posible realizar mejoras a nivel genético en el grano del maíz para que su vida útil se alargue en caso de ser necesario su almacenamiento.

- Capacitar a todos los operarios para que puedan rotar los puestos de trabajo, evitando la fatiga extrema y monotonía. Además se evita la dependencia exclusiva de operarios.
- Se recomienda a Productos Loján culminar el proceso de acreditación de las Buenas Prácticas de Manufactura, para dar cumplimiento con el Decreto Ejecutivo 3253 – Reglamento de Buenas Prácticas para Alimentos Procesados.
- Por inocuidad alimentaria, es mandatorio colocar piso epóxico industrial, el cual elimina la acumulación de polvo y bacterias en aristas y emporado de la baldosa que actualmente posee la fábrica.
- Es importante que la empresa realice un plan de mantenimiento (TPM) a las máquinas que posee, debido a que si tan sólo una de estas llegase a fallar, la producción se vería afectada o incluso detenida.
- Es imperativo, que la empresa desarrolle un Plan de Continuidad de Negocio (Business Continuity Plan - BCP) dado que el fallo de una máquina, ausencia de trabajadores, o fallo en los proveedores podrían ocasionar un desbalance a lo largo de la Cadena de Suministro que desencadene en pérdidas económicas.
- De igual manera se recomienda tener un generador de respaldo en caso de que se diera un corte de energía eléctrica, principalmente para que se mantenga funcionando el cuarto frío, donde se almacena el producto terminado.
- Se recomienda también prestar atención a la actual distribución de la planta, debido a que no ha sido realizada de manera técnica, sino más

bien empírica, por lo tanto se deja abierta la oportunidad de realizar una reingeniería de layout.

- Se ha identificado que en el cuarto frío de la empresa debería existir un sistema de seguridad anti confinamiento, dado que en algún momento un operario podría quedar encerrado y no hay manera de percatarse del incidente.
- Se recomienda suprimir los descansos principalmente en los cuellos de botella, para no mermar la continuidad del flujo de producción, y rotar a los operarios periódicamente para evitar la monotonía y fatiga excesiva.
- Es muy recomendable también que se establezca un plan de control de plagas, debido a que el maíz proviene del campo y es probable que consigo traiga impurezas o insectos que puedan tener afectación en la inocuidad del producto.

REFERENCIAS

- Agudelo, F. (2012). *Evolución de la Gestión por Procesos*. Colombia: Contacto Gráfico Ltda.
- Banks, J. (2005). *Discrete Event System Simulation*. Monterrey, México: Pearson Education.
- Casas, N. (2013). *Teoría de las Restricciones o Los Cuellos de Botella*. Recuperado el 25 de marzo del 2016 de <http://www.revista-mm.com/ediciones/rev49/administracion.pdf>
- Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones – Producción y Cadena de Suministros*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Cimorelli, S. (2013). *Kanban for the Supply chain*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Corporación Favorita C.A. (s.f.) *Centro de Distribución*. Recuperado el 22 de noviembre del 2015 de <http://www.corporacionfavorita.com/portal/es/web/favorita/centro-de-distribucion;jsessionid=0E760BA2E81C90CC322CC9EFB8F42949>
- Cruelles, J. (2013). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- . (s.f.). *Visitamos a: Centro de Distribución La Favorita*. Recuperado el 03 de noviembre del 2015 de <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=2287>
- Ekos. (s.f.). *Zoom al sector alimenticio*. Recuperado el 6 de junio del 2015 de <http://www.ekosnegocios.com/revista/pdfTemas/903.pdf>
- Electro Industria Emb. (2016). *“Hacia un concepto moderno de la automatización industrial”*. Recuperado el 14 de febrero del 2016 de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=81>
- Food and Agriculture Organization for United Nations, (F.A.O.). (s.f.). *Perspectivas a largo plazo: El panorama de la Agricultura*. Recuperado

- el 21 de marzo del 2016 de <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s06.htm#TopOfPage>
- Flexsim Simulation Products Inc. (2015). *Software de Simulación Flexsim*. Recuperado el 22 de noviembre del 2015 de <https://www.flexsim.com/es/flexsim/>
- Galgano, A. (2002). *Las Tres Revoluciones*. España: Ediciones Díaz de Santos.
- Galindo, E. (2008). *Estadística Métodos y Aplicaciones para administración e ingeniería*. Quito, Ecuador: ProCiencia Editores.
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Goldratt, E. (1986). *La Carrera*. México, D.F., México: Ediciones Granica S.A. de C.V.
- Goldratt, E. (1993). *La Meta*. Monterrey, México: Ediciones Castillo S.A. de C.V.
- Gutiérrez, H. (2009). *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México D.F., México: Mc Graw Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Gutiérrez, P. (2010). *Calidad Total y Productividad*. México: Mc Graw Hill/ Interamericana Editores, S.A de C.V.
- Ingemaq. (2016). *Catálogo-Dosificadoras de alimentos*. Recuperado el 18 de febrero del 2016 de <http://www.ingemaq.ec/>
- Ingeniería Industrial Online (s.f.). *Balanceo de Línea*. Recuperado el 26 de febrero del 2016 de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%ADnea/>
- Ingeniería Industrial Online (s.f.). *Suplementos del Estudio de Tiempos*. Recuperado el 26 de diciembre del 2015 de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>
- Instituto Nacional de estadística y censos, INEC, (2013). *INEC presenta resultados de la encuesta de Ingresos y Gastos*. Recuperado el 21 de marzo del 2016 de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-presenta-resultados-de-la-encuesta-de-ingresos-y-gastos/>

- International Organization for Standardization. (s.f.). *ISO 9000:2005*. Ginebra, Suiza: ISO copyright.
- Krajewski, J., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación, S.A de C.V.
- Logistik. (s.f.). *Theory of Constraints (TOC)*. Recuperado el 7 de junio del 2015 de <http://www.logistik.com/learning-center/operations-management/item/471-theory-of-constraints-toc.html>
- Lokad. (2015). *Definición de nivel de servicio*. Recuperado el 1 de marzo del 2016 de <https://www.lokad.com/es/definicion-nivel-de-servicio>
- Meyer, F. y Stephens, M. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. México: Pearson Educación, S.A de C.V.
- MTM Ingenieros. (2016). *Qué es takt time?*. Recuperado el 09 de febrero del 2016 de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-takt-time/>
- Noche, B. (2012). *Inventory Management in Supply Chain*. Duisburg, Alemania: Universität Duisburg Essen.
- Organización Mundial de Comercio, (O.M.C.). (s.f.). *Informe sobre el Comercio Mundial 2013*. Recuperado el 21 de marzo del 2016 de https://www.wto.org/spanish/res_s/publications_s/wtr13_s.htm
- Pérez-Fernández, J. (2012). *Gestión por Procesos*. México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.
- Productos Loján Cía. Ltda. (s.f.). *Humitas Loján*. Recuperado el 24 de noviembre del 2015 de <http://www.humitaslojan.com/>
- Ramos J. (2012). *Análisis Económico – Evaluación de Proyectos*. Recuperado el 29 de abril del 2016 de <http://es.slideshare.net/chepuis1234/valor-actual-neto-14137884>
- Real Academia de la Lengua Española, R.A.E. (2015). *Humita*. Recuperado el 21 de marzo del 2016 de <http://dle.rae.es/?id=KpEef4i>
- Renders, B., Heizer, J. (2007). *Administración de la producción*. México D.F., México: Pearson Education.
- Simergia Engineering. (2013). *Simulación de Procesos*; recuperado el 7 de junio del 2015 de <http://www.simergia.com/simulacion-de-procesos.html>
- Socconini, L. (2014). *Lean Six Sigma Yellow Belt*. Barcelona, España: Marge Books.

- Teocé Consultors. (s.f.). *Aplicación a Producción (DBR) de Teoría de Limitaciones y sus sinergias con las Sistemas de Mejora Continua*. Recuperado el 21 de noviembre del 2015 de: http://www.teoce.com/rcs_prod/070201_dbr_smc.pdf
- Thomopoulos, N. (2015) *Demanda Forecastinf for Inventory Control*. Illinois, EE.UU: Springer International Publishing.
- Ulrich, K. y Eppinger S. (2013). *Diseño y Desarrollo de Productos*. México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Verdecho, M. y ALAFARO, J. (2014). *Ejercicios resueltos mediante el software Flexsim*. Valencia, España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Woeppel, M. (2000). *Manufacturer's Guide to Implementing the Theory of Constraints*. Florida, Estados Unidos: CRC Press LLC.
- World Health Organization, (W.H.O.) (s.f.). *Centro de Prensa: Alimentación Sana*. Recuperado el 21 de marzo del 2016 de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>
- World Heritage Encyclopedia. (s.f.) *Theory of Constraints*. Recuperado el 7 de junio del 2015 de <http://community.ebooklibrary.org.bibliotecavirtual.udla.edu.ec/Articles/Theory%20of%20constraints?&Words=theory%20of%20constraints>

ANEXOS

Anexo 1

Diagrama de flujo productivo: Eslabón Manufactura

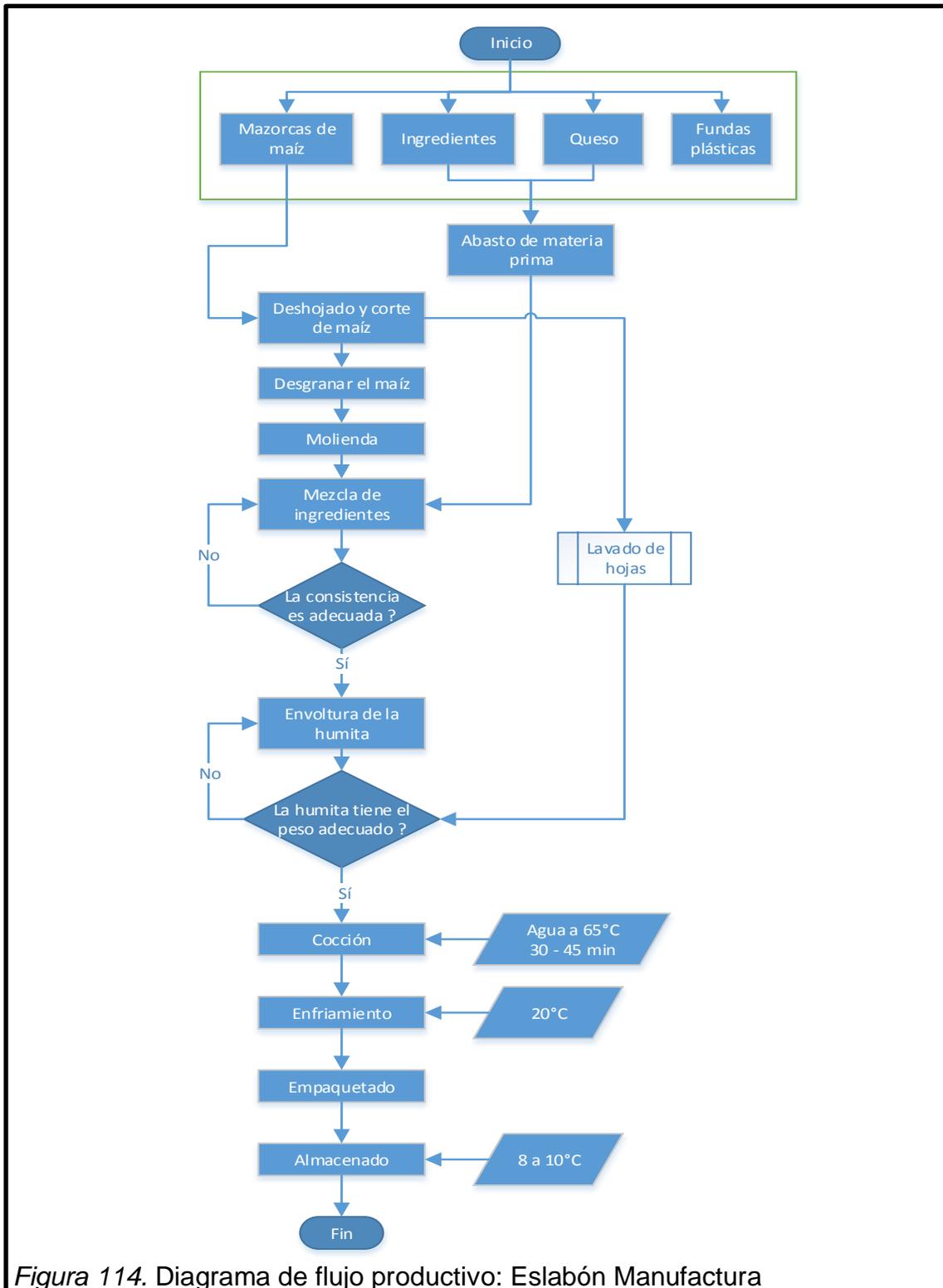


Figura 114. Diagrama de flujo productivo: Eslabón Manufactura

Anexo 4

Distribución Normal Estándar acumulada de Z probabilidades.

Tabla 44. Distribución Normal Estándar acumulada

TABLA DISTRIBUCION NORMAL ESTANDARIZADA ACUMULADA DE Z A PROBABILIDADES DE $0 \leq Z \leq 4.09$										
Z	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91309	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997
4	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998

Hecha por M.Sc. Ing. Martín Matas
Uso y distribución libre, favor mencionar al autor.
Puede bajarla de internet en www.ingenieria-actual.com <universitarios>

		VACACIONES JUNIO 2015																																	
Operario		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total	Pr. diaria		
1																																	0	0,00	
2																				1													1	0,04	
3																												1						1	0,04
4																																		0	0,00
5																																		0	0,00
6																		1									1							2	0,08
7						1	1																											2	0,08
8																																		0	0,00
9															1													1						2	0,08
10																																		0	0,00
11																																		0	0,00

		VACACIONES JULIO 2015																																		
Operario		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total	Pr. diaria		
1																																		0	0,00	
2																													1						1	0,04
3																																			0	0,00
4																																			0	0,00
5																		1	1		1														3	0,13
6																	1	1																	0	0,00
7																																			0	0,00
8				1	1																														2	0,08
9																																			0	0,00
10																								1											1	0,04
11																																			0	0,00

VACACIONES DICIEMBRE 2015																																	
Operario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total	Probabilidad Diaria
1																																0	0,00
2																																0	0,00
3																1						1										2	0,08
4																																0	0,00
5																																0	0,00
6												1							1							1						3	0,13
7																																0	0,00
8																						1										1	0,04
9														1				1										1				3	0,13
10																																0	0,00
11																																0	0,00

Anexo 6

Tabla 45. Medición de tiempos por unidad procesada.

MEDICIÓN DE TIEMPOS POR UNIDAD PROCESADA												
No.	Proceso	Tipo de Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bodegaje	Manual	137,55	139,73	136,90	134,06	140,06	140,17	140,72	134,93	134,93	140,06
2	Abasto de materia prima	Manual	147,42	146,93	146,45	146,54	146,74	147,32	147,42	147,03	147,03	147,13
3	Preparación de materia prima	Manual	14,69	14,69	12,43	14,69	14,69	13,56	13,56	13,56	14,69	14,69
4	Deshojado y corte del maíz	Manual	29,50	28,32	28,32	29,50	29,50	30,68	30,68	27,14	29,50	28,32
5	Desgranar el maíz	Manual	27,53	27,53	27,53	29,50	29,50	27,53	29,50	29,50	27,53	27,53
6	Molienda	Semiautomático	393,75	410,00	422,50	453,75	447,50	443,75	437,50	443,75	450,00	451,25
7	Mezcla de ingredientes	Manual	423,00	423,00	423,00	352,50	423,00	423,00	423,00	423,00	493,50	493,50
8	Envoltura de la humita	Manual	28,32	28,32	29,50	28,32	27,14	28,32	27,14	28,32	29,50	27,14
9	Cocción	Semiautomático	3376,25	3375,00	3378,75	3381,25	3385,00	3390,00	3393,75	3377,50	3392,50	3377,50
10	Enfriamiento	Semiautomático	2195,98	2198,34	2227,84	2191,26	2221,94	2213,68	2199,52	2193,62	2226,66	2193,62
11	Empaquetado	Semiautomático	17,25	17,25	16,10	16,10	16,10	14,95	16,10	17,25	17,25	17,25
12	Almacenado	Manual	126,93	127,43	127,43	128,12	128,42	127,53	127,43	128,22	127,63	127,73

Anexo 7

Procedimiento para obtención de distribuciones estadísticas

Con la finalidad de explicar la obtención de las distribuciones estadísticas, se utilizará como ejemplo, al procedimiento seguido para la operación de Bodegaje.

Paso 1 Creación de Directorio de Proyecto

En la tabla que muestra la Figura 61, se insertará todas las operaciones de Productos Loján Cía. Ltda.

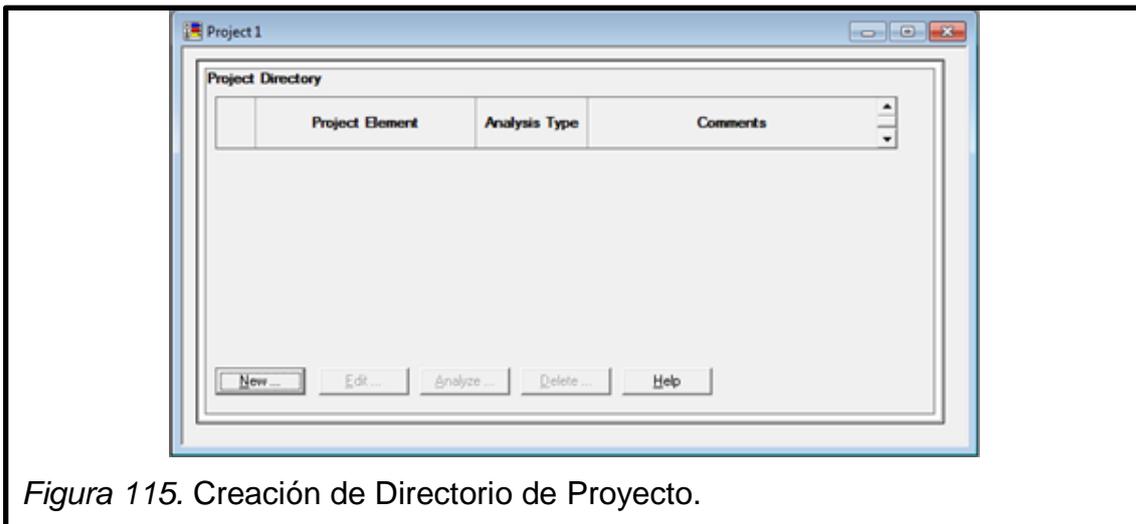


Figura 115. Creación de Directorio de Proyecto.

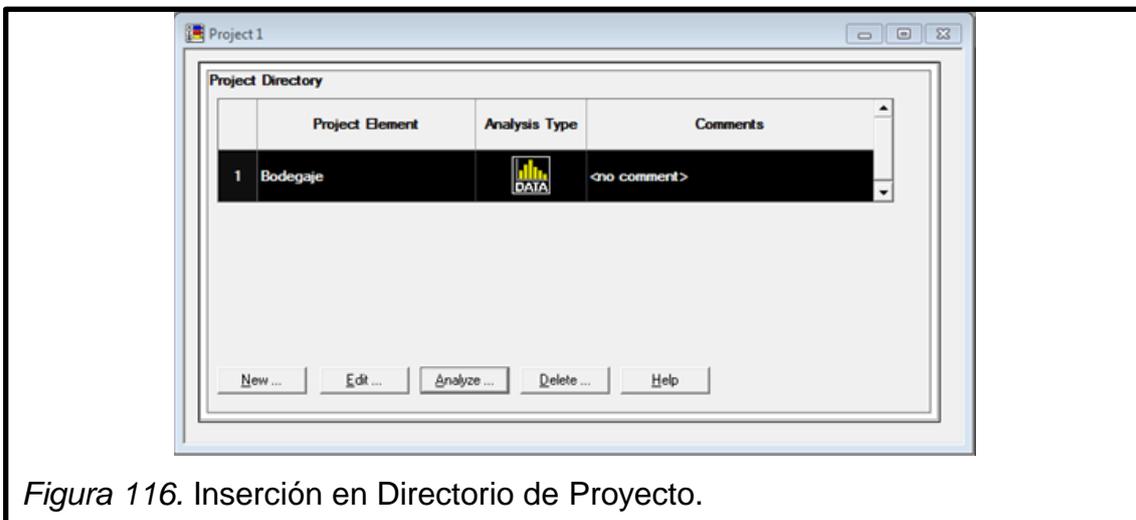
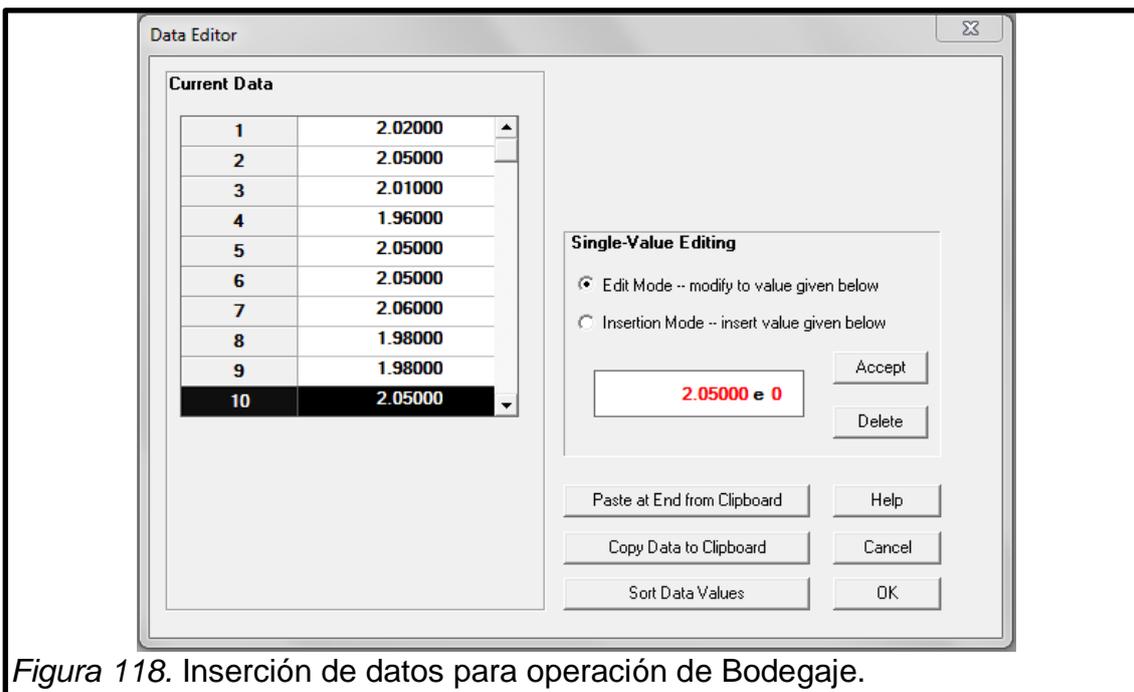
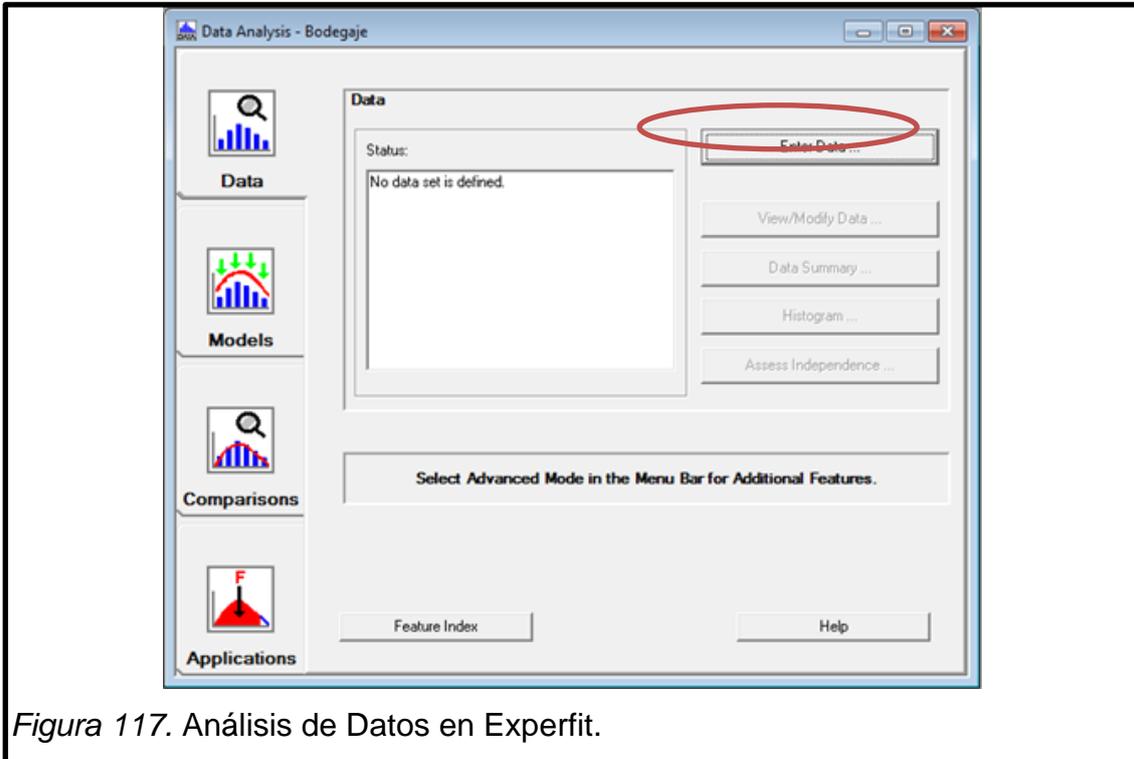


Figura 116. Inserción en Directorio de Proyecto.

5.1.3 Paso 2 Inserción de datos

Posteriormente en la opción de Ingreso de Datos (*Enter Data*, Figura 80), se ingresan los datos de la Tabla 28.



Paso 3 Generación de distribución estadística

En la pestaña de Modelos (*Models*) Figura 118, se selecciona la opción de “*Automated Fitting*”, la cual permite generar automáticamente una distribución estadística.



Figura 119. Inserción de tiempos para operación de Bodegaje.

En la Figura 83 se observa que existen 3 modelos estadísticos generados automáticamente como son: Johnson SB, Beta y Log-Logistic.

El modelo *Beta* tiene un porcentaje de encaje del 100%, el modelo *Beta* 96% y el modelo *Log-Logistic* 77%.

Por consiguiente se selecciona al modelo estadístico con mayor porcentaje de encaje, para este caso se ha seleccionado al modelo *Johnson JB*.

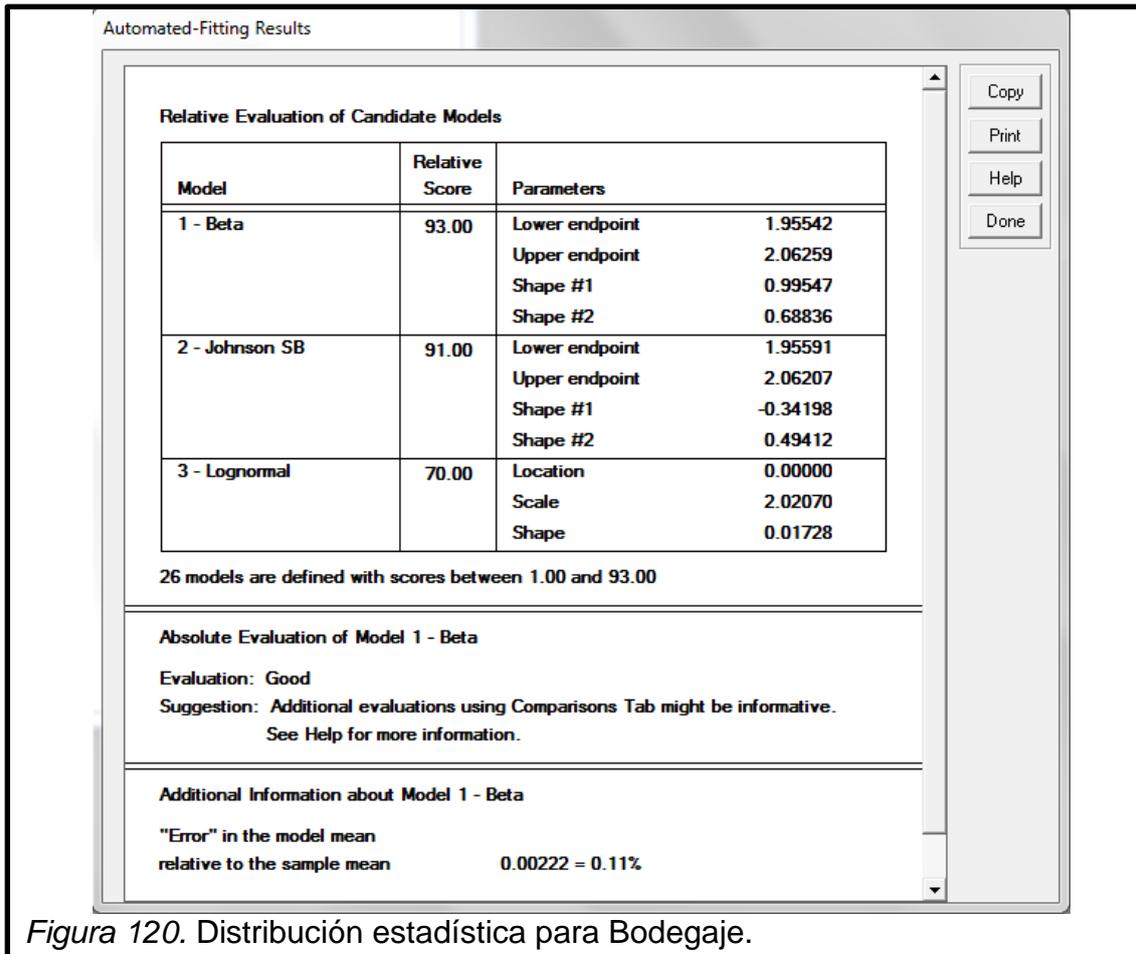


Figura 120. Distribución estadística para Bodegaje.

Paso 4 Comparación gráfica del modelo estadístico

Con la finalidad de tener la certeza visual, de que, el modelo estadístico seleccionado es el modelo que más se ajusta a la base de datos de la Tabla 23, a continuación se visualiza en la Figura 67, la comparación gráfica entre los modelos *Johnson JB*, *Beta* y *Log-Logistic*.

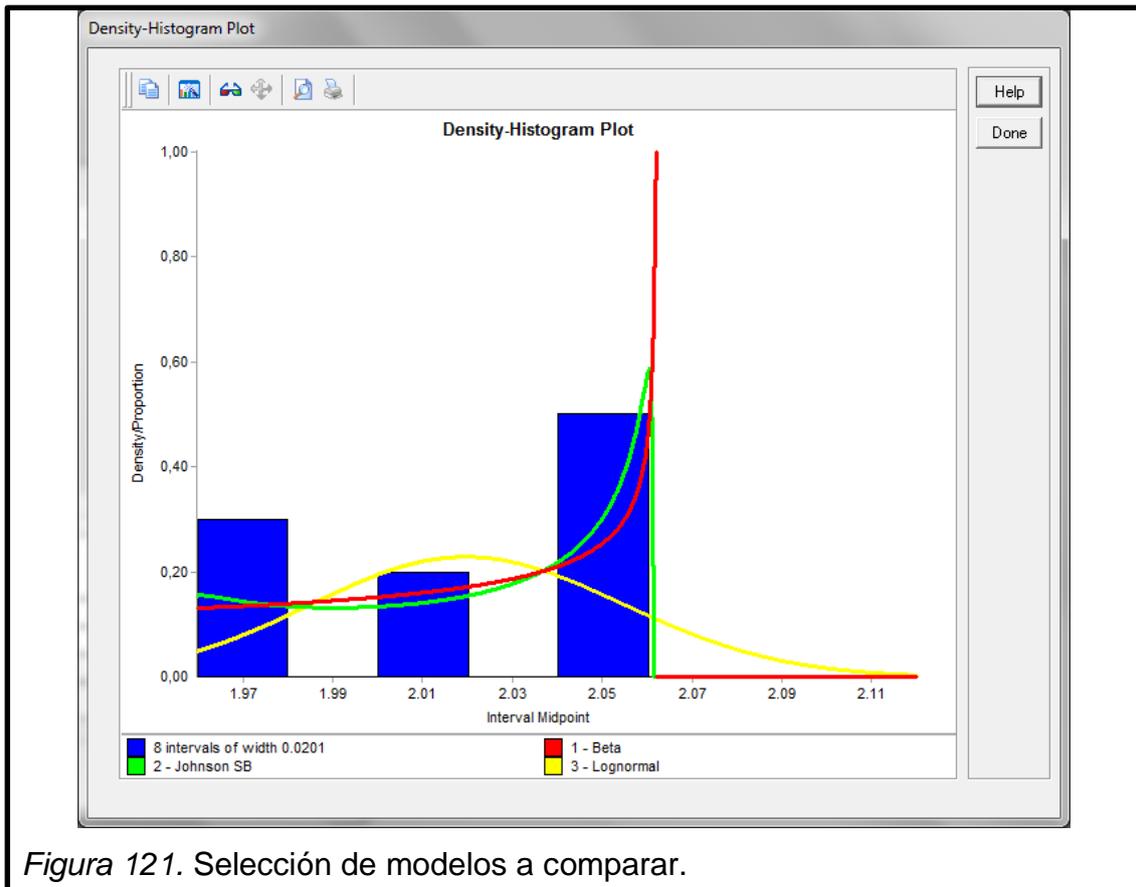


Figura 121. Selección de modelos a comparar.

Paso 5 Representación para simulación

Una vez comprobado que el modelo seleccionado, es el correcto, se procede a obtener la representación de datos a ser utilizados en el Flexsim Simulation Software 7.5.5.

En la pestaña de Aplicaciones (*Applications*, Figura 68), se selecciona la opción “*Simulation Representation*”.

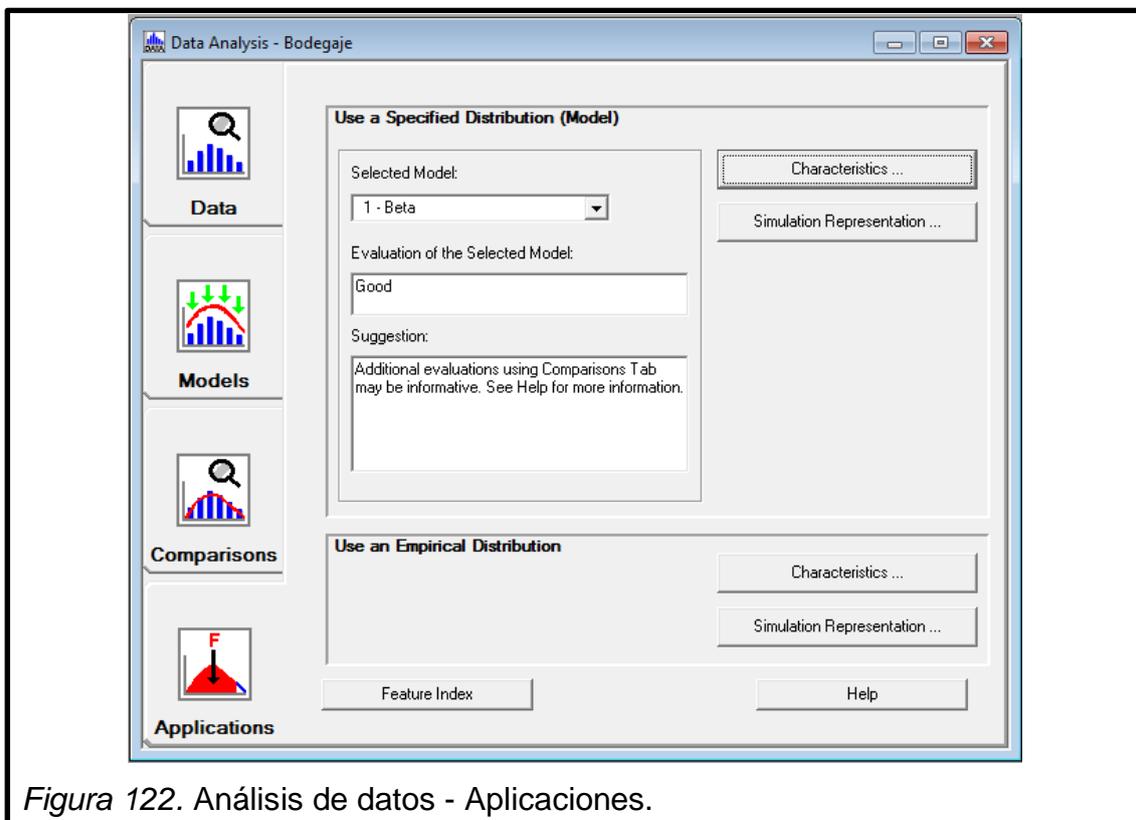


Figura 122. Análisis de datos - Aplicaciones.

“Simulation Representation”, el cuadro desplegado, permite obtener una representación de los parámetros del modelo estadístico que serán insertados directamente en el simulador.

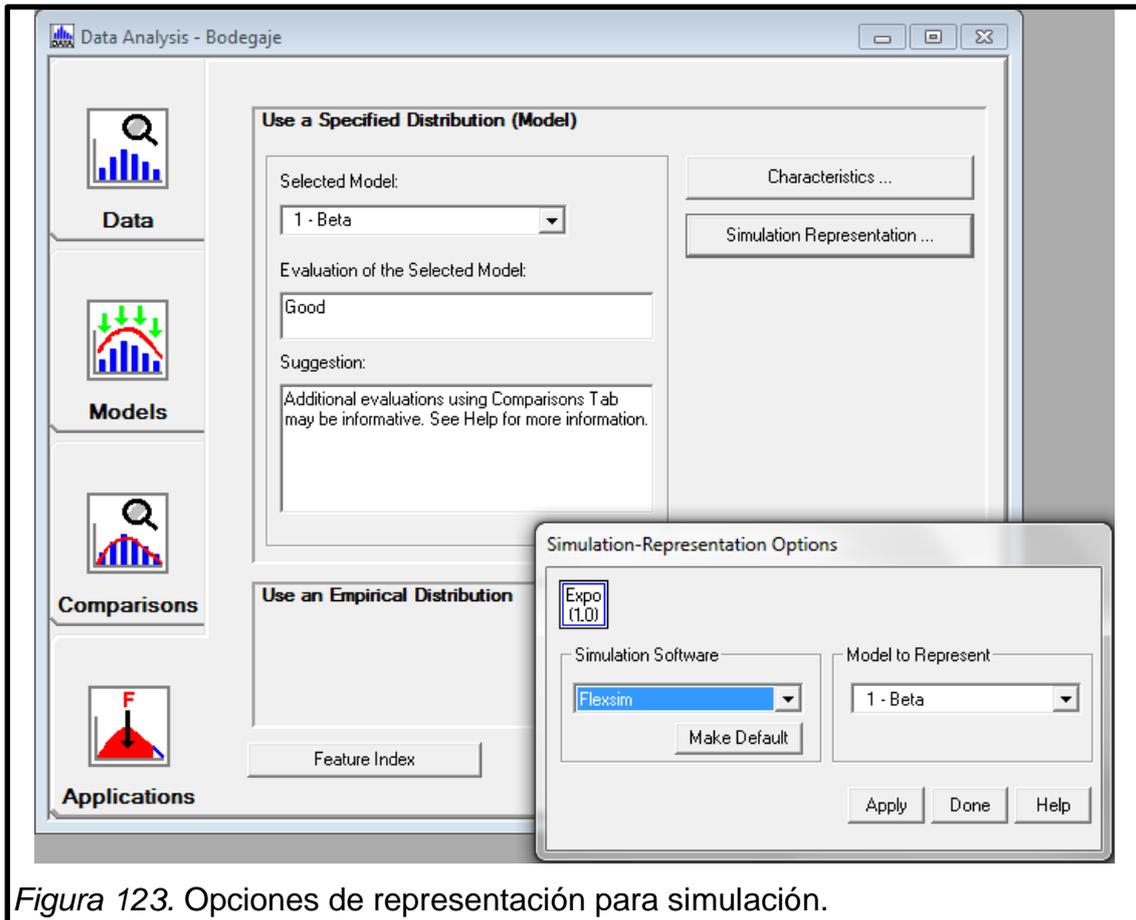


Figura 123. Opciones de representación para simulación.

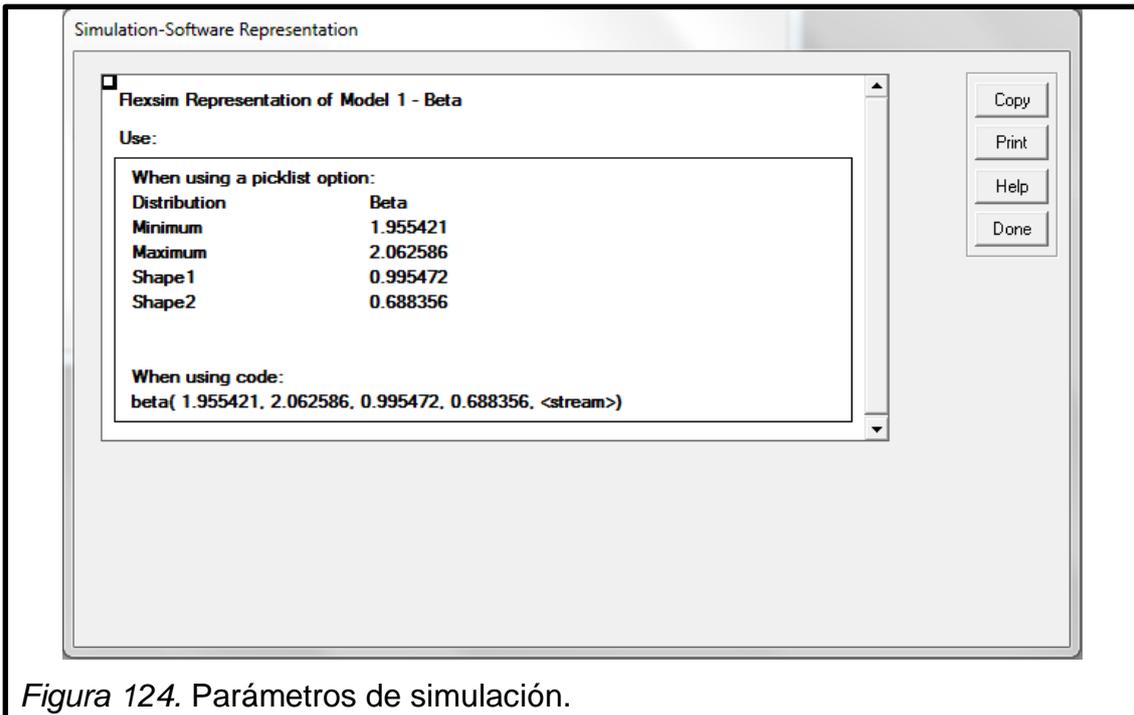


Figura 124. Parámetros de simulación.

Paso 6 Inserción de parámetros en simulación

Continuando con el proceso de simulación, ahora se deberá insertar los parámetros obtenidos (Figura 70) en el simulador virtual.



Figura 125. Inserción de parámetros de simulación.

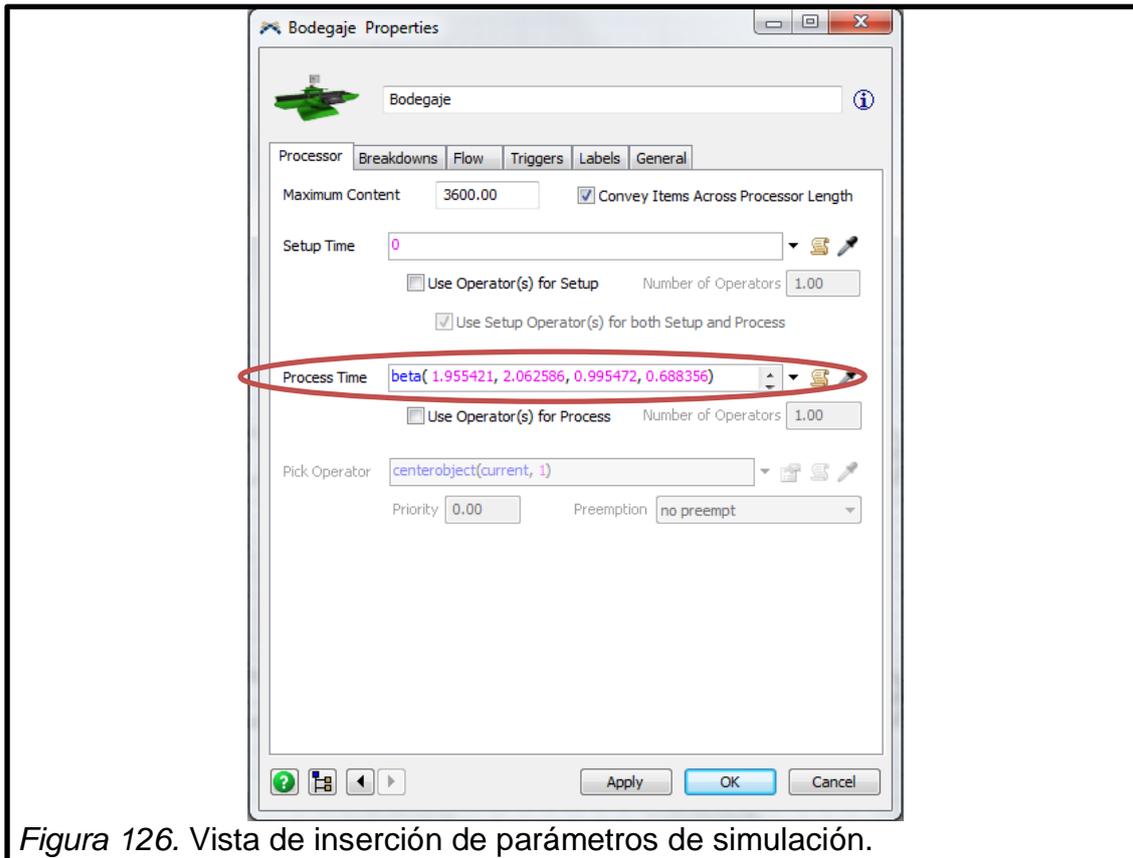


Figura 126. Vista de inserción de parámetros de simulación.

La inserción de los parámetros se debe hacer tomando en cuenta a qué operación pertenece cada modelo estadístico, consecuentemente se repitió el proceso anterior para cada operación de la línea de producción.