



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN
(CASO: ALIMENTOS SÚPER S C.A. PLANTA VALENCIA)

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo, para
optar al Título de Ingeniero Industrial

Autores:

Flete Regulo

C.I. V-24.297.238

Martín Cristina

C.I. V-21.563.358

Bárbula, Diciembre de 2016.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN
(CASO: ALIMENTOS SÚPER S C.A. PLANTA VALENCIA)

Trabajo Especial de Grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo, para
optar al Título de Ingeniero Industrial

Línea de investigación: investigación de operaciones.

Autores:

Tutor académico:

Ing. Jiménez Manuel

Flete Regulo

C.I. V-24.297.238

Martín Cristina

C.I. V-21.563.358

Bárbula, Diciembre de 2016.



Universidad de Carabobo

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado “PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN (CASO: ALIMENTOS SÚPER S C.A. PLANTA VALENCIA)”, el cual está adscrito a la Línea de Investigación “Investigación de operaciones“ del Departamento de Investigación de Operativa, presentado por los Bachilleres Flete Regulo, C.I. 24.297.238, Martín Cristina, C.I. 21.563.358 a los fines de cumplir con el requisito académico exigido para optar al Título de Ingeniero Industrial, dejan constancia de lo siguiente:

1. Leído como fue dicho Trabajo Especial de Grado, por cada uno de los Miembros del Jurado, éste fijó el día 5 de diciembre de 2016, a las 02:00 pm, para que los autores lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo, en el Salón de la Coordinación de Cultura de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las

preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el Reglamento del Trabajo Especial de Grado de la Universidad de Carabobo y a las Normas de elaboración de Trabajo Especial de Grado de la Facultad de Ingeniería de la misma Universidad.

2. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, el Jurado decidió aprobarlo por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el precitado Reglamento.

En fe de lo cual se levanta la presente acta, a los seis días del mes de diciembre de 2016, dejándose también constancia de que actuó como Coordinador del Jurado el Tutor, Prof. Manuel Jiménez.

Firma del Jurado Examinador

Prof. Manuel Jiménez

Presidente del Jurado

Prof. Francisco Figueredo

Miembro del Jurado

Prof. Emilsy Medina

Miembro del Jurado

AGRADECIMIENTO

Comienzo dando gracias a Dios, que durante todo este camino, me dio suficiente salud para no perder clases, parciales y terminar este trabajo especial de grado a tiempo. Me dio motivación, cuando no tenía fuerzas para estudiar, cuando creía que no podía pasar una materia o cuando pensaba que no terminaría el Trabajo Especial de Grado. Me dio Paciencia, cuando estudiaba y estudiaba y salía mal. Fue un largo viaje pero sin duda alguna me siento bendecido.

Doy reconocimiento a mi familia; mis padres, Olga Blanco de Flete y Regulo Flete, que me apoyaron desde el primer hasta el último día de esta experiencia, sin ellos no lo hubiese logrado. Siempre pendiente de mí, apoyándome y ayudándome cuando los necesitaba. Espero seguir haciéndolos sentir orgullosos de mí, como luego de este logro lo hice. Agradeciendo de igual manera a mis hermanos, Adriana Flete y Ramón Flete, quienes de alguna manera u otra, creciendo con ellos, me inspiraron y motivaron durante toda esta experiencia.

Agradezco inmensamente al Profesor Manuel Jiménez, nuestro tutor académico, que nos guio, estando disponible en cualquier momento que necesitábamos, y reuniéndose con nosotros muchas veces, para finalmente alcanzar este trabajo de grado. Es de notar lo profesional de esta persona y la dedicación, con mucha vocación, que le pone a su trabajo, a pesar de lo difícil de las circunstancias.

Fue una buena experiencia y agradezco a mi compañera de tesis Cristina Martín, que con quien, a pesar de los problemas, de las dificultades, de cosas buenas y malas en el camino, conseguimos alcanzar este logro de terminar esta investigación. Por ti aprendí muchas cosas en este trabajo y eso no lo cambio por nada en el mundo.

Regulo Flete.

A Dios por todo lo que he alcanzado , en especial por haberme permitido lograr esta meta, por guiarme en cada paso y llevarme de la mano por el mejor camino. Por ponerme en el momento correcto con las personas correctas. Y por su infinita misericordia.

A mis padres, por brindarme todo su apoyo en cada momento y ser mi pilar fundamental. Por sus consejos, y sus palabras de aliento; y por ser mi mayor ejemplo.

A mi hermana, por preocuparse por mí, apoyarme y mostrarse siempre interesada por mis estudios.

A Ricardo que estuvo a mi lado, alentándome y apoyándome en esta etapa.

A toda mi familia, abuelos, tíos y primos, por ser un apoyo incondicional, y estar presentes en todo momento.

A mi compañero Regulo Flete, que sin su arduo trabajo no fuésemos podido finalizar este Trabajo Especial de Grado.

A la Ilustre Universidad de Carabobo, por la formación recibida como Ingeniero Industrial.

A todos los profesores que contribuyeron en mi formación como Ingeniero Industrial, especialmente al Ing. Manuel Jiménez por ser nuestra guía en este Trabajo Especial de Grado.

Infinitamente agradecida.

Cristina Martín

DEDICATORIA

Le dedico este logro a toda mi familia, a mi abuelo Regulo Flete, hombre incansable y trabajador. Ahora con mucho orgullo se puede decir que su tercera generación es Ingeniero Industrial. A mis padres, de los cuales también es este logro, los amo, gracias por tanto. A mis hermanos, que seguimos demostrando que paso a paso se logran las cosas, espero que en un futuro todos seremos colegas, vamos Ramón, ¡Tú puedes!

Esto es en nombre de toda mi familia en general, que en algún momento me ayudó en esta larga etapa. De igual manera les dedico este logro a mis amigos cercanos, espero que mi esfuerzo les haya servido como ejemplo y motivación a conseguir sus metas.

También este es un homenaje a todos los profesores universitarios de la ilustre Universidad de Carabobo, en especial a los cuales tuve el privilegio de conocerlos, y ser formado profesionalmente a lo largo de la carrera. En la actualidad, no se le da el reconocimiento que es debido a estas personas, que en su mayoría, se preocupan por ayudar a sus alumnos son esperar nada a cambio.

Finalmente le dedico este logro a la UC, que me formo como profesional, conociendo personas extraordinarias y creciendo como persona, aproveche las herramientas que me dieron de la mejor manera posible, espero que sigan formando personas así como a mí, a pesar de las circunstancias. Por último esta dedicatoria es a mi país, Venezuela, que sin importar de cómo estamos, seguiré trabajando para algún día, dejar el nombre de mi país en alto.

Regulo Flete.

Dedico este Trabajo Especial de Grado a Dios primeramente, por iluminarme y guiarme en cada paso, a mis padres, Orlando y Esther por ser mi más grande apoyo, a mi hermana María Angélica, a mis abuelos, tías, tíos, primos, por ser la familia mas incondicional que se pueda tener, a Ricardo por estar conmigo a lo largo de toda mi formación universitaria, apoyándome siempre.

Cristina Martín.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**PROPUESTAS DE MEJORAS EN EL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE LA
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN
(CASO: ALIMENTOS SÚPER S C.A. PLANTA VALENCIA)**

TUTOR ACADÉMICO:
Ing. Manuel Jiménez

AUTORES:
Flete Regulo
Martín Cristina

RESUMEN

El presente Trabajo Especial de Grado se llevó a cabo en la empresa Alimentos Súper S C.A, productora de alimentos balanceados para animales, a granel y sacos, trabajando en un sistema contra pedidos. Teniendo como objetivo general desarrollar propuestas para aumentar el nivel de servicio, y por ende, el cumplimiento del plan de producción del proceso de fabricación de la planta, en vista de la deficiencia que presentan estos actualmente. Para la investigación se hizo un análisis crítico del sistema, por medio de un modelo de simulación de eventos discretos; el rendimiento del sistema se evaluó a través del nivel de servicio (definido como la cantidad de pedidos realizados a tiempo, del total de solicitudes planeadas), el cual en la actualidad es de 48.83%. Al analizar el proceso de producción, por medio del modelo, se determinó que el principal causante del bajo nivel de servicio, es que en promedio un pedido listo de presentación a granel tarda 8,11 horas en promedio para ser entregado y retirado de la planta por camiones, entorpeciendo y generando paradas en todo el proceso en general, que afectan del mismo modo notoriamente al cumplimiento del plan de producción; sin embargo, se descubrió con ayuda del modelo, que sólo con la determinación de la cantidad de camiones por turno necesaria para retirar los pedidos listos, el proceso no se obstruiría como ocurre en la realidad, obteniendo un nivel de servicio del 68.33%, y dando camino a cumplir con 29.75 pedidos listos de 30 planeados y 2790 toneladas producidas de 2797 planeadas. Se realizó la simulación del modelo en ARENA para evaluar cuáles eran las actividades susceptibles a mejoras, estimando el impacto que se generaba en el nivel de servicio de las diferentes propuestas y circunstancias experimentadas, seleccionando el escenario más favorable. El cual radica en la ejecución simultánea de 2 propuestas de mejora planteadas, que consisten en disponer primordialmente de 18 camiones por turno en planta para retirar los pedidos a tiempo, e incrementar la frecuencia (de 45 a 15 días, resultado obtenido gracias al análisis de fallas recurrentes) de mantenimiento preventivo en distintos equipos que conforman una máquina. Aplicación que propulsará al nivel de servicio a un 90%, logrando un cumplimiento total del plan de producción.

Palabras Clave: Alimentos para animales, Simulación de Eventos Discretos, Nivel de Servicio

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	I
LISTA DE TABLAS	IV
LISTA DE FIGURAS	V
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
<i>Objetivo general</i>	7
<i>Objetivos específicos</i>	7
JUSTIFICACIÓN.	7
ALCANCE.	9
LIMITACIONES.	10
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO	12
ANTECEDENTES.....	12
BASES TEÓRICAS.	16
<i>Cadena de suministros</i>	16
<i>Sistema</i>	22
<i>Modelación</i>	24
<i>Simulación</i>	24
CAPÍTULO III.....	29
MARCO METODOLÓGICO.....	29
TIPO DE INVESTIGACIÓN	29
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	30
FASES DE LA INVESTIGACIÓN	31
CAPÍTULO IV	33
EL SISTEMA	33
DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	33

	Pág.
SISTEMA EN ESTUDIO.....	33
DESCRIPCIÓN DE LOS RECURSOS UTILIZADOS.....	34
<i>Maquinaria</i>	34
<i>Jornada laboral</i>	44
<i>Productos elaborados</i>	46
<i>Requerimientos de materia prima</i>	48
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	49
<i>Ruta de producción</i>	49
CAPÍTULO V	60
EL MODELO	60
PROGRAMAS UTILIZADOS	60
ACTIVIDADES A SIMULAR.....	61
VARIABLES DE INTERÉS.....	63
CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	72
VERIFICACIÓN DEL MODELO.....	88
VALIDACIÓN DEL MODELO.	90
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN	93
CAPÍTULO VI	95
PROPUESTAS DE MEJORAS	95
<i>Experimentación 1</i>	96
PROPUESTAS DE MEJORAS.	96
<i>Experimentación 2</i>	111
CONFIGURACIÓN RECOMENDADA.....	125
CONCLUSIONES.....	127
RECOMENDACIONES.....	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. <i>CAPACIDADES DE MOLIENDA.</i>	36
TABLA 2. <i>CAPACIDADES “FLATS”.</i>	37
TABLA 3. <i>CAPACIDADES ARCONES.</i>	38
TABLA 4. <i>CAPACIDADES MATERIA PRIMA LÍQUIDA.</i>	39
TABLA 5. <i>CAPACIDAD DE TOLVAS PRE-PELLET.</i>	43
TABLA 6. <i>CAPACIDAD DE BINES A GRANEL.</i>	43
TABLA 7. <i>CAPACIDAD TOLVAS DE EMPAQUE.</i>	44
TABLA 8. <i>DESCRIPCIÓN DE LA JORNADA LABORAL.</i>	45
TABLA 9. <i>MANO DE OBRA REQUERIDA.</i>	46
TABLA 10. <i>PRODUCTOS ELABORADOS.</i>	48
TABLA 11. <i>PRUEBA CHI-CUADRADA.</i>	67
TABLA 12. <i>AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LAS VARIABLES DE INTERÉS.</i>	67
TABLA 13. <i>VARIABLES AJUSTADAS A UNA DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR, UNIFORME O DE COMPORTAMIENTO CONSTANTE.</i>	69
TABLA 14. <i>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES DE LA CANTIDAD DE CAMIONES QUE ARRIBAN POR PRODUCTO TERMINADO A GRANEL.</i>	71
TABLA 15. <i>DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES DE LOS RENDIMIENTOS DE LAS PELLETIZADORAS (TONELADAS/HORA).</i>	71
TABLA 16. <i>NÚMERO DE RÉPLICAS DEL MODELO.</i>	91
TABLA 17. <i>RESULTADOS PARA EL DESEMPEÑO ACTUAL DEL SISTEMA POR INDICADOR.</i>	96
TABLA 18. <i>RENDIMIENTO DE MOLINOS 1, 2 Y 3.</i>	97
TABLA 19. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 1.</i>	98
TABLA 20. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 2.</i>	100
TABLA 21. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 3.</i>	104
TABLA 22. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 4.</i>	106
TABLA 23. <i>NIVEL DE SERVICIO RESPECTO A LA CANTIDAD NECESARIA POR TURNO DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 5.</i>	109
TABLA 24. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 5.</i>	110
TABLA 25. <i>NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO POR LA CANTIDAD DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 6.</i>	113
TABLA 26. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 6.</i>	113
TABLA 27. <i>NIVEL DE SERVICIO POR CANTIDAD NECESARIA DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 7.</i>	115
TABLA 28. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 7.</i>	116
TABLA 29. <i>NIVEL DE SERVICIO POR CANTIDAD NECESARIA DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 8.</i>	118
TABLA 30. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 8.</i>	118
TABLA 31. <i>NIVEL DE SERVICIO POR CANTIDAD NECESARIA DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 9.</i>	120
TABLA 32. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 9.</i>	121
TABLA 33. <i>NIVEL DE SERVICIO POR CANTIDAD NECESARIA DE CAMIONES PARA EL ESCENARIO 10.</i>	123
TABLA 34. <i>RESULTADOS DEL ESCENARIO 10.</i>	123
TABLA 35. <i>ESCENARIOS PLANTEADOS.</i>	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>FIGURA 1.</i> DIAGRAMA REPRESENTATIVO MAQUINARIA.	45
<i>FIGURA 2.</i> DIAGRAMA DE FLUJO RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	52
<i>FIGURA 3.</i> DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE PESADO, DOSIFICACIÓN, MEZCLADO, CERNIDO.	53
<i>FIGURA 4.</i> DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO, PELLETIZADO, ENFRIADO. TRABAJOS POST- PELLET CRUMBER, ZARANDAS Y COATER.	55
<i>FIGURA 5.</i> DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA DE ALMACENAMIENTO A BINES A GRANEL O EMPAQUE, DESPACHO..	56
<i>FIGURA 6.</i> DIAGRAMA DE OPERACIONES DE ALIMENTOS SÚPER S C	57
<i>FIGURA 7.</i> DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO.	58
<i>FIGURA 8.</i> CONTINUACIÓN DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODELO.	59
<i>FIGURA 9.</i> HISTOGRAMA DE FRECUENCIA PARA CAMBIO DE PRODUCTO.....	66
<i>FIGURA 10.</i> DIAGRAMA DE LA LLEGADA DE PEDIDOS.	72
<i>FIGURA 11.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN A ARENA® V.14 DE LA LLEGADA DE PEDIDOS.	73
<i>FIGURA 12.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DE LA PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA, MAÍZ.	74
<i>FIGURA 13.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DE LA PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA, SOYA Y SOYA DESACTIVADA.	75
<i>FIGURA 14.</i> DIAGRAMA DE LA PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.	76
<i>FIGURA 15.</i> DOSIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA, PESADO, MEZCLADO Y PELLETIZADO	77
<i>FIGURA 16.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DE LA DOSIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA, PESADO Y MEZCLADO.	78
<i>FIGURA 17.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DEL PROCESO DE PELLETIZADO.	78
<i>FIGURA 18.</i> ACTIVIDAD DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN PRESENTACIÓN EMPAQUE	79
<i>FIGURA 19.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DE LA ACTIVIDAD DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN PRESENTACIÓN EMPAQUE.	80
<i>FIGURA 20.</i> ACTIVIDAD DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN PRESENTACIÓN A GRANEL	82
<i>FIGURA 21.</i> DIAGRAMA DE FLUJO EN ARENA® V.14 DE LA ACTIVIDAD DE ALMACENAJE Y DESPACHO DE PRODUCTO TERMINADO EN PRESENTACIÓN A GRANEL	83
<i>FIGURA 22.</i> DIAGRAMA COMPLETO DEL MODELO EN ARENA ® V.14.	84
<i>FIGURA 23.</i> CONTINUACIÓN DEL DIAGRAMA COMPLETO DEL MODELO EN ARENA ® V.14.	85
<i>FIGURA 24.</i> CONTINUACIÓN DEL DIAGRAMA COMPLETO DEL MODELO EN ARENA ® V.14.	86
<i>FIGURA 25.</i> ANIMACIÓN DEL MODELO EN ARENA ® V.14.	87
<i>FIGURA 26.</i> INTERRUPCIONES EN LA MEZCLADORA.	103

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde empresas luchan por subsistir, son las que se preocupan por conocer las necesidades del cliente, quienes se separan de la competencia. Este enfoque se da a partir de las raíces de la empresa, desde las actividades necesarias que se deben realizar para que llegue la materia prima a la organización, hasta que se fabrica el producto y el mismo es entregado al cliente.

La fabricación es una parte fundamental en la cadena de suministros de cada empresa. Eslabón, que se torna complejo, ya que existen diferentes variables que intervienen y juegan un papel importante en el buen funcionamiento del proceso de producción; arribo de materia prima, estado de máquinas, fallas, mano de obra, son factores que determinan el rendimiento del mismo. Citando a Holtz (2006) “La vida es 10% de lo que pasa, y 90% de como respondes a ello”, este comentario sienta como ejemplo para el propósito de esta investigación, dado que las organizaciones no se evalúan por la complejidad de sus procesos, sino por cómo responden a sus clientes.

En la presente investigación se estudió el proceso de producción de una empresa fabricante de alimentos balanceados para animales y se elaboraron propuestas para mejorar su nivel de servicio y el cumplimiento del plan de producción.

En este estudio se construyó un modelo de simulación para entender el funcionamiento total del sistema, identificando las actividades en donde se podían realizar mejoras. También se estimó el impacto que tienen las distintas propuestas de

mejora y escenarios tanto en el rendimiento del nivel de servicio como en el cumplimiento del plan de producción de la empresa, seleccionando la configuración más conveniente.

El presente Trabajo Especial de Grado está estructurado en seis capítulos. El primero, está compuesto por el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la justificación, el alcance y limitaciones; el segundo muestra el marco teórico, representado por antecedentes y bases teóricas del estudio. El tercero, marco metodológico, señalando el tipo, nivel de la investigación y las fases que se siguieron en desarrollo del estudio; el cuarto describe lo relacionado a la situación actual del proceso de producción, describiendo las actividades que se realizan, y los recursos que conviven en el mismo. En el quinto capítulo, se representa lo relacionado con el modelo de simulación, verificación y validación del mismo analizándose los resultados. Y por último en el sexto, se establecen las diferentes propuestas de mejoras, mostrando la estimación que tienen en el aumento del nivel de servicio y la selección de las más adecuadas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del problema

En el ámbito empresarial actual, desde la más pequeña hasta la más grande empresa lucha por mantenerse en el mercado, lucha que solo ganan las empresas capaces de ir más allá de las fronteras de sus operaciones internas e interactúan de una forma dinámica con proveedores y clientes, compartiendo información, materiales y recursos que beneficien conjuntamente a todos los actores de la cadena de suministros.

La forma en que llegan todos los productos a los hogares, establecimientos, organizaciones, es por medio de cadenas de suministros, las cuales están integradas por una serie de redes de proveedores, instalaciones y medios de distribución que forman sistemas con el objetivo de obtener materia prima, transformándola en producto, y distribuyéndolo a los consumidores. Toda cadena de suministro consta con diferentes variables que determinan el buen funcionamiento de la misma, y éstas en la actualidad son estudiadas a fondo debido a la complejidad de las CS (Cadenas de suministros), análisis que se realiza con la finalidad de que se descubran mejoras en los procesos y la administración de estas variables sea de una forma más rápida, inteligente y económica.

Una de las variables determinantes es el nivel de servicio, variable que actúa al momento en que se desea satisfacer la demanda de los clientes sin enfrentarse a pedidos pendientes o ventas perdidas. Al saber que diferentes cadenas de suministros interactúan

con la finalidad de beneficiarse mutuamente, aumenta la importancia de tener un nivel de servicio alto, para así no afectar a las mismas.

Las tres partes de una cadena de suministros son: procura, fabricación y distribución. En la fabricación, punto en el cual se enfoca el estudio, las materias primas son convertidas en productos terminados, realizando en esta parte actividades como, la planeación y control de la producción, que son importantes en el instante de mantener un alto cumplimiento del plan de producción, y por lo tanto, al momento de entregar los pedidos a tiempos, generar un buen nivel de servicio.

En la planta Valencia, de Alimentos Súper S, con sus dos presentaciones a granel y en sacos, se trabaja contra pedido, obligando a que todas las actividades relacionadas con planificar, controlar y evaluar la producción se realicen a corto plazo, esperando lograr el cumplimiento del plan de la producción con una alta eficiencia, para así cumplir con las fechas de entrega, aplicando el menor volumen de inventario y recursos posibles.

La planificación de la producción en la planta Valencia se realiza todos los viernes, programando los pedidos que necesitan ser entregados para la semana siguiente, esta planeación se fundamenta en la urgencia que presentan los distintos pedidos solicitados por los clientes, por lo tanto, es primordial que se cumpla cerca de su totalidad; ardua tarea debido a que es un sistema de producción complejo con una gran variedad de productos y una reducida cantidad de recursos en planta para la producción.

El control de la producción se realiza diariamente, evaluando diferentes indicadores, de los cuales destaca el porcentaje de pedidos realizados entregados a tiempo, a

destiempo y no realizados (del total de solicitudes planeadas), evaluando así el cumplimiento del plan de producción, y tomando en cuenta, factores importantes del nivel de servicio, como lo son; los pedidos retrasados y las ventas perdidas por desabastecimiento.

Actualmente en la planta Valencia, de Alimentos Súper S, el porcentaje de cumplimiento del plan de producción es muy bajo, logrando cumplir con la fecha de entrega solo el 63.33% de las veces. Asimismo, luego de la programación de la producción, el arduo trabajo diario no se ve representado en un alto cumplimiento del plan, y al no entregar los pedidos a tiempo, tampoco de evidencia en un buen nivel de servicio. Todo esto, debido a que no se manejan de la mejor manera los recursos de la planta (actualmente basándose principalmente en la experiencia de trabajadores de la empresa, sin la realización de análisis extensos de la producción); tales como mano de obra, máquinas, entre otros, y se generan cuellos de botella en partes fundamentales del sistema.

Asociado a esta situación, la mayoría de los clientes de esta planta, son integrantes del grupo La Caridad, del cual a su vez forma parte Alimentos Súper S, por ello surge la necesidad de un favorable nivel de servicio, entregando los pedidos producidos a tiempo, para que de esta manera, no entorpezca la cadena de suministros de tanto los demás integrantes del grupo como la de sus clientes externos.

Es así que este estado de bajo nivel de servicio, logrando entregar los pedidos listos a tiempo solo el 63.33% de los pedidos planeados, genera molestias en los distintos tipos de clientes afectando sus cadenas de suministros y deja pedidos en cola para las

siguientes planificaciones. Realidad que de no ser remediada puede llevar a que los clientes se vayan con la competencia, que se desaprovechen recursos cayendo en costos no justificados, y en el peor de los casos, por la poca cantidad de pedidos que logran entregar a tiempo, esto repercuta negativamente en las demás cadenas de suministros del Grupo La Caridad, pudiendo generar la clausura de la planta Valencia de Alimentos Súper S.

En vista a esta problemática, se busca hacer innovación en la estructura del sistema de la planta, renovar la forma en que se produce, para así lograr mejorar el nivel de servicio, por medio del aumento del porcentaje de pedidos que se entregan a tiempo y por consiguiente aumentar el cumplimiento del plan de producción, ya que a medida que se entregan pedidos más rápidamente, se logra producir a mayor razón.

La simulación es una herramienta que se puede utilizar para atacar esta dificultad que surge. Al éste ser un sistema de producción complejo, donde se presentan dos (2) líneas de producción, más de veinte (20) tipos de productos, y diferentes variables importantes con comportamientos aleatorios; como lo son los tiempos de procesamiento, demanda, fallas en las líneas de producción, puesta a punto; que al no haber herramientas, fórmulas analíticas, con las que se puedan solucionar este tipo de problemas complejos, la simulación resulta una herramienta ideal para determinar una solución al problema actual en la planta del alto porcentaje de incumplimiento de la producción planificada.

Formulación del problema

¿Cuáles pueden ser las propuestas con las que se logre, a través de un modelo de simulación, conseguir mejoras en el nivel de servicio de Alimentos Súper S C.A?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Proponer mejoras en el nivel de servicio en Alimentos Súper S C.A, por medio de la simulación de eventos discretos.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del proceso de producción de Alimentos Súper S, identificando las variables que influyen en su bajo rendimiento.
- Analizar las variables influyentes detectadas en el diagnóstico, determinando las restricciones que serán introducidas en el modelo debido a la naturaleza del sistema.
- Construir un modelo de simulación que represente al sistema en estudio, por medio del cual se pueda estimar su desempeño.
- Validar el modelo de simulación, determinando la confiabilidad del mismo.
- Experimentar con el modelo de simulación bajo diferentes escenarios para determinar una configuración de producción que garantice una mejora en el cumplimiento del plan de producción de Alimentos Súper S, C.A.
- Contrastar los diferentes escenarios para seleccionar la mejor configuración.

Justificación.

Para Alimentos Súper S, C.A, planta Valencia, es de interés estudiar posibilidades de mejora en su proceso, consiguiendo aumentar la cantidad de pedidos realizados entregados a tiempo, incrementando de esta manera su nivel de servicio, ayudando de

igual forma al deseado cumplimiento del plan de producción y al funcionamiento del Grupo La Caridad, logrando así su tarea y cooperando para el bienestar de la organización en general, no siendo un causante de un bajo nivel de servicio en el grupo.

Para esta empresa, es de suma importancia, dado que su misión es proporcionarles un nivel de servicio satisfactorio a sus clientes, entregando los pedidos a tiempo, tarea que al conseguirse es posible cumplir con el plan de producción.

Al tomar como herramienta a la simulación, se estudia el comportamiento del sistema en general antes de tomar una decisión, ya que considera la existencia de condiciones iniciales, condiciones extremas, variables aleatorias, colas, consideraciones que toman en cuenta la variabilidad y que permiten evaluar de una manera más sistemática las decisiones a tomar por la empresa, aumentando la cantidad de pedidos entregados a tiempo, mejorando el nivel de servicio de la misma, y haciendo las evaluaciones respectivas en el modelo de simulación.

Diagnosticando las causas de no cumplir con la producción planificada, que afecta la cantidad de pedidos realizados entregados a tiempo, y por consiguiente, el nivel de servicio, descubriendo formas de mejorar los porcentajes de estos factores. De esta manera, disminuirán las molestias de los clientes, menos pedidos quedaran en cola perjudicando la planificación de la producción, lo cual contribuirá con el bienestar de la planta y su configuración a contra pedido.

Para la Universidad de Carabobo es importante que sus estudiantes, apliquen los conocimientos adquiridos en la misma en el área profesional de la Ingeniería Industrial, y que se realicen trabajos de investigación que fomenten y contribuyan con la formación

académica como nuevos investigadores; mediante el presente trabajo se realizan aportes importantes en el área de simulación de sistemas, producción, entre otros.

Este Trabajo Especial de Grado es importante y representa para sus autores la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la formación académica recibida en la ilustre Universidad de Carabobo, aplicación de conocimientos que al ser éstos utilizados en la solución de una problemática real en el campo laboral toman mayor valor, además de representar un requisito para la obtención del grado de Ingeniero Industrial.

Alcance.

El presente trabajo de investigación busca obtener formas de aumentar la cantidad de pedidos realizados entregados a tiempo, beneficiando el nivel de servicio e incrementar el cumplimiento del plan de la producción, para satisfacer las necesidades de los clientes de tener producto al tiempo deseado, haciendo uso eficiente de los recursos que posee Alimentos Súper S, C.A.

El propósito del Trabajo Especial de Grado es lograr efectuar cambios en la estructura del sistema de fabricación de la planta, para aumentar el porcentaje de pedidos realizados entregados a tiempo, cumpliendo con la planificación de la producción, de esa manera incrementando el nivel de servicio de la empresa y a su vez, cooperando al cumplimiento del plan de producción. Para la consecución de esta meta, la simulación se utiliza como herramienta, siendo de interés el estudio de distintas partes o rutas del proceso de producción, estableciéndolas para la elaboración del modelo.

Al momento de simular un modelo que represente el sistema y que permita visualizar las posibles causas del problema presentado actualmente, se analiza el proceso de producción, permaneciendo fuera de alcance el análisis de otros factores importantes en la cadena de suministros como lo son el estudio de los proveedores y el de los canales de distribución. Llegando en este estudio hasta la consecución de propuestas que aumenten la cantidad de pedidos realizados a tiempo, aumentando el nivel de servicio y beneficiando el cumplimiento del plan de producción.

Queda por parte de Alimentos Súper S C.A, la implementación de las propuestas obtenidas en la investigación.

Limitaciones.

Las principales limitaciones que intervienen en el presente trabajo de investigación son:

Utilizar el programa ARENA® V.14 por Rockwell Software, programa con el cual cuenta la escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, su licencia se encuentra instalada en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Industrial, por lo tanto, la elaboración del modelo de simulación está sujeto a la disponibilidad del mismo.

Alimentos Súper S, puede no disponer de registros históricos de variables de interés para la creación del modelo, por lo tanto, se debe recolectar la información necesaria relacionada a las mismas para que el modelo se ajuste a la situación real de la planta.

Impedimento de parte de la planta, de entrar en la misma en momentos particulares, por ende al momento de la recolección de datos para la creación del modelo, no se podrá estar en todos los momentos posibles.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes.

Nisar y Rosenzweig (2014) en su Trabajo Especial de Grado para optar por el título de Master en Gerencia de cadena de suministro titulado **“Aceptación de órdenes en tiempo real bajo incertidumbre de transporte” (Real time-order acceptance in transportation under uncertainty)**; se plantean como objetivo principal establecer si el método miópico, el de regresión lineal o el probabilístico, es más parecido al nivel óptimo de satisfacción del cliente; a través de la simulación de entrada de órdenes de productos en un tiempo determinado. Dicho estudio está organizado en capítulos donde primero proporcionan información detallada sobre la toma de decisiones en las industrias, luego describen la metodología detrás del proceso de creación del modelo, seguidamente esbozan las pruebas y la fase de diseño mediante la introducción de varias estrategias alternativas para su comparación, posteriormente muestran la salida del modelo y proporcionan un análisis del rendimiento del modelo frente a las alternativas, dentro de los análisis se encuentran el del modelo óptimo, el de modelos miópicos, el del modelo probabilístico, el de regresión lineal, y el análisis combinado. Por último muestran las conclusiones extraídas de la validación del modelo y sugieren futuras oportunidades de investigación. Y así fueron capaces de concluir que las probabilidades

de demanda son una variable importante para el uso en tiempo real los procesos de toma de decisiones operativas. Esta investigación muestra que las probabilidades de la demanda a través de los patrones históricos de demanda deben ser considerados por las compañías con flotas privadas que tienen que tomar decisiones para aceptar o rechazar órdenes bajo las limitaciones de capacidad.

El aporte de esta investigación al siguiente trabajo es que en la misma se realiza la simulación de entrada de órdenes de productos. Además imparte información a los investigadores sobre la estructura de creación del modelo de simulación, las salidas del modelo, el análisis del rendimiento y la validación del mismo.

Gutiérrez y Moens (2010). En su Trabajo Especial de Grado titulado “**Construcción de un modelo de simulación para evaluar los sistemas de producción y distribución en una cadena de suministros**”, se trazan como objetivo el desarrollo de un modelo de simulación para evaluar sistemas de producción y distribución en una cadena de suministros, a través de tiempos de repuesta y niveles de inventario. Donde estudiaron los procesos de producción y distribución en las cadenas de suministros , identificaron las variables y restricciones de interés presentes en dicho proceso, construyeron el modelo de simulación para estimar el desempeño del sistema, verificaron y experimentaron con el modelo; para así concluir que, es de gran importancia definir adecuadamente las variables de salida de interés, ya que con las mismas se puede evaluar el rendimiento del sistema; también se demuestra la importancia del uso de la simulación de la cadena de suministros bajo diversos escenarios, ya que las decisiones pueden verificarse a través del modelo.

El aporte de dicha investigación al siguiente trabajo es que sirve de guía para los investigadores en el área de la simulación de despacho de productos.

Ramos y Villanueva (2010). En su Trabajo Especial de Grado titulado **“Construcción de un modelo de simulación para evaluar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de una cadena de suministros”**, buscan como objetivo principal estudiar el desempeño de la cadena de suministros, en donde los eslabones de proveedores y manufactura se encuentren integrados; a través de la construcción de un modelo de simulación. Para demostrar la manera en que la simulación sirve de apoyo a la gerencia de cadenas de suministros, los autores realizaron diferentes experimentos, de forma que sirvieran de guía para tomar las decisiones adecuadas, y los seleccionaron tomando en cuenta decisiones con más importancia en la empresa como, fijar una política de inventario, criterio de secuenciación, fecha de entrega ofrecida al cliente, disminuir tiempos de procesamiento en las máquinas, mejorar relaciones con los proveedores y análisis de sensibilidad para cualquier variable de control. Con esto, llegaron a la conclusión de que, la herramienta de simulación es una herramienta que facilita la toma de decisiones en sistemas complejos y resulta ser fácil y práctico de aplicar que otras herramientas. Por esta razón, es importante para la presente investigación, por los indicadores que en ella se tratan, aportando información de interés al ser desarrolladas con la herramienta de simulación.

Fernández y Martínez (2007). En su Trabajo Especial de Grado titulado **“Determinación del número de unidades de transporte necesarias para satisfacer la demanda de estudiantes en las rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo”**. Buscan como objetivo principal tratar de determinar el número de unidades

de transporte necesarias para cumplir con la demanda de estudiantes de la Universidad de Carabobo en las rutas UC-Centro y Centro-UC, estudiando así la situación presente a través de la utilización del programa ARENA. De igual manera, después de realizar su análisis y tomar las variables que influyen en el proceso, proponen una configuración del sistema, para aumentar el nivel de servicio prestados por las rutas UC-Centro y Centro-UC en un 25.05%, disminuir los tiempos promedio en cola y la cantidad de estudiantes que esperan en las paradas para ser atendidos aproximadamente del 70%.

Este Trabajo Especial de Grado tiene similitud con la presente investigación ya que ambas tratan la construcción de un modelo de simulación, permitiendo ayudar a conocer sobre el desarrollo de este modelo utilizando el programa ARENA® V14, y la metodología a seguir.

Martínez y Zambrano (2009). En su Trabajo Especial de Grado titulado “**Desarrollo de un modelo de simulación para evaluar la secuencia de producción de aceites en fraccionamiento**”, se plantean como objetivo principal construir un modelo de simulación para la evaluación de secuencias de producción de aceites en el área de fraccionamiento para la producción de Margarinas de forma tal de cumplir con lo requerido en el plan de producción, para lo cual se modeló el proceso de producción y elaboración de mezclas del área de fraccionamiento, haciendo uso del paquete de simulación Arena; para lo que observaron el sistema y determinaron las variables de importancia para el estudio. Al finalizar, verificaron el modelo y simularon un escenario de producción reciente, probando diferentes secuencias, analizando sus resultados, y seleccionando así, satisfactoriamente, la secuencia elegida para una semana determinada. Y lograron concluir de manera general que, los datos de entrada, secuencia

y vaciado, es la información más importante que define el comportamiento del modelo y de ellos dependerán, de gran manera, los resultados que se obtengan; también, que la secuencia elegida debe cumplir con todas las reglas de producción, y si hay más de una secuencia que cumple con esta condición, se elegirá aquella que más se adecúe con los requerimientos de inventario final; además, el modelo pudo representar los resultados obtenidos en la realidad.

Esta investigación ayuda a los investigadores porque en ella se relacionan, el objetivo de cumplir con el plan de producción, modelando el proceso de producción utilizando el paquete de simulación ARENA® V14.

Bases teóricas.

Cadena de suministros

Según Chopra & Meindl (2008), una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detal e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente.

El propósito principal de éstas es satisfacer las necesidades del cliente y, en el proceso, generar una ganancia. El término cadena de suministro evoca la imagen de un

producto o suministro que se mueve a lo largo de la misma, de proveedores a fabricantes a distribuidores a detallistas. En efecto, esto es parte de la cadena de suministro, pero también es importante visualizar los flujos de información, fondos y productos en ambas direcciones de ella. El término cadena de suministro también puede implicar que sólo un participante interviene en cada etapa. En realidad, el fabricante puede recibir material de varios proveedores y luego abastecer a varios distribuidores. Por lo tanto, la mayoría de las cadenas de suministro son, en realidad, redes. Podría ser más preciso usar el término red de suministro para describir la estructura de la mayoría de las cadenas de suministro.

La presente investigación demuestra el concepto exhibido, en vista de que la cadena de suministros de la empresa está conectada con la de sus clientes, formándose una red de las mismas.

Fases en una cadena de suministros

El concepto de las fases en una cadena de suministros que propone Chopra y Meindl (2008) menciona que:

La administración exitosa de la cadena de suministro requiere tomar muchas decisiones relacionadas con el flujo de información, productos y fondos. Cada una de ellas debe tomarse para incrementar el mejor rendimiento de la cadena de suministro. Estas decisiones se clasifican en tres categorías o fases, dependiendo de la frecuencia de cada decisión y el periodo durante el cual tiene impacto una fase de decisión. Como resultado, cada categoría de decisiones debe considerar la incertidumbre en el horizonte de decisión.

1. Estrategia o diseño de la cadena de suministro: durante esta fase, dados los planes de fijación de precios y de marketing para un producto, la compañía decide cómo estructurar la cadena de suministro durante los siguientes años. Decide cómo será la configuración de la cadena, cómo serán distribuidos los recursos y qué procesos se llevarán a cabo en cada etapa.

2. Planeación de la cadena de suministro: la planeación incluye tomar decisiones respecto a cuáles mercados serán abastecidos y desde qué ubicaciones, la subcontratación de fabricación, las políticas de inventario que se seguirán y la oportunidad y magnitud de las promociones de marketing y precio.

3. Operación de la cadena de suministro: aquí, el horizonte de tiempo es semanal o diario, y durante esta fase las compañías toman decisiones respecto a los pedidos de cada cliente. La meta de las operaciones de la cadena de suministro es manejar los pedidos entrantes de los clientes de la mejor manera posible. Durante esta fase, las compañías distribuyen el inventario o la producción entre cada uno de los pedidos, establecen una fecha en que debe completarse el pedido, generan listas de surtido en el almacén, asignan un pedido a un modo particular de transporte y envío, establecen los itinerarios de entrega de los pedidos. Dadas las restricciones establecidas por la configuración y las políticas de planeación, la meta durante esta fase es explotar la reducción de la incertidumbre y optimizar el desempeño. El diseño, la planeación y la operación de una cadena de suministro tienen un fuerte impacto en la rentabilidad y en el éxito.

Esta investigación abarca la etapa de operación de la cadena de suministros, en vista que examina lo ocurrido en el proceso de producción de la planta.

La logística y la cadena de suministros

Stock & Lambert (2001), al citar el consejo de dirección logística mencionan que la logística es parte de la cadena de suministro que plantea, implementa y controla el eficiente, efectivo flujo y almacenamiento de bienes, servicios y la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente.

La definición revelada demuestra que la logística es parte de la etapa de operación en la cadena de suministros y que como demuestra Chase, Jacobs & Aquilano (2009) “Un aspecto importante al diseñar una cadena de suministro eficiente para bienes fabricados es determinar la forma en que esos artículos se mueven de la planta del fabricante al cliente. En el caso de los productos para el consumidor, este proceso comprende a menudo mover el producto de la planta de manufactura al almacén y luego a la tienda detallista. La logística se ocupa de mover los productos a través de la cadena de suministro”. Lo que significa que la gestión de la logística, es decir, administración de la cadena de suministros es fundamental.

Administración de la cadena de suministros

Según Heizer & Render (2009) La administración de la cadena de suministro es la integración de las actividades que procuran materiales y servicios, para transformarlos en bienes intermedios y productos terminados, y los entregan al cliente. Estas actividades incluyen, además de compras y subcontratación, muchas otras funciones que son importantes para mantener la relación con proveedores y distribuidores. la administración de la cadena de suministro comprende la determinación de proveedores

de transporte; transferencias de crédito y efectivo; proveedores; distribuidores; cuentas por pagar y por cobrar; almacenamiento e inventarios; cumplimiento de pedidos, y compartir información del cliente, los pronósticos y la producción.

Todos los procesos en una empresa se ven afectando de alguna manera por la cadena de suministro, estas cadenas de suministro según Heizer & Render (2009) deben administrarse para coordinar los insumos con los productos de una empresa a fin de lograr las prioridades competitivas correspondientes de los procesos que abarcan a toda la empresa.

Planeación en la cadena de suministros

El investigador Ballou (2004) refiere que la planeación logística trata de responder las preguntas qué, cuándo y cómo, y tiene lugar en tres niveles: estratégica, táctica y operativa. La principal diferencia entre ellas es el horizonte de tiempo para la planeación. La planeación estratégica se considera de largo alcance, donde el horizonte de tiempo es mayor de un año. La planeación táctica implica un horizonte de tiempo intermedio, por lo general menor de un año. La planeación operativa es una toma de decisiones de corto alcance, con decisiones que con frecuencia se toman sobre la base de cada hora o a diario. La cuestión es cómo mover el producto de manera efectiva y eficiente a través del canal de logística estratégicamente planeado.

La planeación logística aborda cuatro áreas principales de problemas: niveles de servicio al cliente, ubicación de instalaciones, decisiones de inventario y decisiones de transportación. Exceptuando el establecimiento de un nivel deseado de servicio al cliente (el servicio al cliente es resultado de las estrategias formuladas en las otras tres áreas), la

planeación logística puede denominarse como un triángulo de toma de decisiones de logística. Estas áreas de problemas se interrelacionan y deberán ser planeadas como una unidad, aunque es común planearlas en forma independiente. Cada una de ellas ejerce un impacto importante sobre el diseño del sistema.

El autor define a este triángulo de toma de decisiones, mencionando tres áreas como fundamentales de la restante (nivel de servicio), la cual se origina de las siguientes áreas:

- **Estrategia de inventarios:** abarca los niveles de inventario, utilización de inventarios y los métodos de control.
- **Estrategia de transporte:** cubre los modos de transporte, asignación de rutas / programación de transportistas, y tamaño del envío.
- **Estrategia de ubicación:** engloba el número, tamaño, ubicación de las instalaciones, a su vez la asignación de puntos de abastecimiento a los puntos de contratación y almacenamiento.

Siendo el objetivo de la planeación logística el funcionamiento efectivo y acompañado de estas tres áreas principales.

Control de la cadena de suministros

Según Krajewski, Ritzman, & Malhotra (2008) hay tres procesos principales relacionados con las cadenas de suministro, los cuales son: relaciones con los clientes, surtido de pedidos y relaciones con los proveedores. Es importante monitorear el desempeño de estos procesos internos, así como la cadena de suministro en su totalidad. Para monitorear el desempeño, los gerentes de la cadena de suministros miden los costos, el tiempo y la calidad. Estas mediciones se rigen por medio de:

- Relaciones con los clientes: porcentaje de pedidos tomados con precisión, tiempo para completar el proceso de colocación de pedidos, satisfacción de los clientes con el proceso de colocación de pedidos.
- Surtido de pedidos: porcentaje de pedidos incompletos enviados, de pedidos enviados puntualmente, de servicios estropeados o artículos devueltos, tiempo para surtir el pedido, costos para producir el servicio o artículo, satisfacción de los clientes con el proceso de surtido de pedidos, niveles de inventario de trabajo en proceso y de bienes terminados.
- Relaciones con los proveedores: porcentaje de entregas puntuales de los proveedores, de defectos en servicios y materiales comprados, tiempos de entrega de los proveedores, costo de los servicios y materiales comprados, niveles de inventarios de suministros y componentes comprados.

Sistema

Según Shannon (1988), un sistema es un conjunto de objetos o ideas que están interrelacionados entre sí como una unidad para la consecución de un fin.

Un sistema es una sección de la realidad que es el foco primario de un estudio y está compuesto de componentes que interactúan con otros de acuerdo a ciertas reglas dentro de una frontera identificada para el propósito del estudio. Un sistema puede realizar una función que no es realizable por sus componentes individuales.

Para Tarifa (2001), los objetos o componentes que forman parte del sistema se denominan entidades. Estas entidades poseen propiedades denominadas atributos, y se

relacionan entre sí. Los valores asumidos por los atributos de las entidades en un momento dado determinan el estado del sistema.

Clasificación de los sistemas

Sobre el concepto de clasificación de los sistemas, afirman Law & Kelton (1991) que dependiendo de su origen, un sistema es:

- **Determinístico:** si el sistema no contiene ningún elemento aleatorio es un sistema determinístico. En este tipo de sistema, las variables de salida e internas quedan perfectamente determinadas al especificar las variables de entrada, los parámetros y las variables de estado. Es decir, las relaciones funcionales entre las variables del sistema están perfectamente definidas.
- **Estocástico:** en este caso algún elemento del sistema tiene una conducta aleatoria. Entonces, para entradas conocidas no es posible asegurar los valores de salida. En el mundo real, los sistemas siempre tienen elementos estocásticos ya sea por su propia naturaleza o porque son fenómenos no comprendidos actualmente.
- **Continuo:** se tiene un sistema continuo cuando las relaciones funcionales entre las variables del sistema sólo permiten que el estado evolucione en el tiempo en forma continua (basta que una variable evolucione continuamente). Matemáticamente, el estado cambia en infinitos puntos de tiempo.
- **Discreto:** se tiene un sistema discreto cuando las relaciones funcionales del sistema sólo permiten que el estado varíe en un conjunto finito (contable) de

puntos temporales. Las causas instantáneas de los cambios de estados se denominan eventos.

Modelación

Modelado es el proceso de construcción de un modelo. Según Shannon (1988) un modelo es una representación de un objeto, sistema, o idea. Usualmente, su propósito es ayudar explicar, entender o mejorar un sistema.

Un modelo es también un sistema según Tarifa (2001) por lo tanto valen todas las definiciones y clasificaciones que se establecen para ellos. Debido a que un modelo es una simplificación o abstracción de un sistema real, no es necesario, salvo en los aspectos relevantes, que el modelo guarde una total correspondencia con el sistema real.

Simulación

Según Shannon (1988), la simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema.

Kelton, Sadowski, & Swets (2010), indican que la simulación refiere una amplia colección de métodos y aplicaciones para imitar el comportamiento de sistemas reales, por lo general, en un ordenador con el software adecuado. De hecho, "Simulación" puede ser un término muy general, ya que la idea se aplica en muchos campos e industrias. En estos días, la simulación es más popular y poderosa que nunca gracias a que los ordenadores y el software son mejores.

Aplicaciones de la simulación

Tarifa (2001) afirma que la simulación es conveniente cuando:

- No existe una formulación matemática analíticamente resoluble. Muchos sistemas reales no pueden ser modelados matemáticamente con las herramientas actualmente disponibles.
- Existe una formulación matemática, pero es difícil obtener una solución analítica. Los modelos matemáticos utilizados para modelar una empresa con grandes cantidades de personas, máquinas, procesos, y materia prima son imposibles de resolver en forma analítica sin realizar serias simplificaciones.
- No existe el sistema real. Es problema del ingeniero que tiene que diseñar un sistema nuevo. El diseño del sistema mejorará notablemente si se cuenta con un modelo adecuado para realizar experimentos.
- Los experimentos son imposibles debido a impedimentos económicos, de seguridad, de calidad o éticos. En este caso el sistema real está disponible para realizar experimentos, pero la dificultad de los mismos hace que se descarte esta opción. Un ejemplo de esto es la imposibilidad de provocar fallas en un avión real para evaluar la conducta del piloto, tampoco se puede variar el valor de un impuesto a para evaluar la reacción del mercado.
- El sistema evoluciona muy lentamente o muy rápidamente.

Desventajas de la simulación

Al mismo tiempo Tarifa (2001) menciona que entre las posibles desventajas de la simulación se pueden citar:

- El desarrollo de un modelo puede ser laborioso y lento.
- Existe la posibilidad de cometer errores. No se debe olvidar que la experimentación se lleva a cabo con un modelo y no con el sistema real; entonces, si el modelo está mal o se cometen errores en su manejo, los resultados también serán incorrectos.
- No se puede conocer el grado de imprecisión de los resultados. Por lo general el modelo se utiliza para experimentar situaciones nunca planteadas en el sistema real, por lo tanto no existe información previa para estimar el grado de correspondencia entre la respuesta del modelo y la del sistema real.

Etapas de un estudio de simulación

Banks (1996) en el proceso de simulación se encuentran las siguientes etapas:

- **Formulación del problema:** en este paso debe quedar perfectamente establecido el objeto de la simulación. El cliente y el desarrollador deben acordar lo más detalladamente posible los siguientes factores: los resultados que se esperan del simulador, el plan de experimentación, el tiempo disponible, las variables de interés, el tipo de perturbaciones a estudiar, el tratamiento estadístico de los resultados, la complejidad de la interfaz del simulador, etc. Se debe establecer si el simulador será operado por el usuario o si el usuario sólo recibirá los resultados. Finalmente, se debe establecer si el usuario solicita un trabajo de simulación o un trabajo de optimización.

- **Definición del sistema:** el sistema a simular debe estar perfectamente definido. El cliente y el desarrollador deben acordar dónde estará la frontera del sistema a estudiar y las interacciones con el medioambiente que serán consideradas.
- **Formulación del modelo:** esta etapa inicia con el desarrollo de un modelo simple para conseguir los aspectos significativos del sistema real, que van a depender de la formulación del problema. Este modelo simple se irá enriqueciendo como resultado de varias iteraciones.
- **Colección de datos:** la naturaleza y cantidad de datos necesarios están determinadas por la formulación del problema y del modelo. Los datos pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorios o mediciones realizadas en el sistema real. Los mismos deberán ser procesados adecuadamente para darles el formato exigido por el modelo.
- **Implementación del modelo en la computadora:** el modelo es implementado utilizando algún lenguaje de computación. Existen lenguajes específicos de simulación que facilitan esta tarea; también, existen programas que ya cuentan con modelos implementados para casos especiales.
- **Verificación:** momento en el cual se comprueba que no se hayan cometido errores durante la implementación del modelo.
- **Validación:** se debe comprobar la exactitud del modelo desarrollado. Esto se lleva a cabo comparando las predicciones del modelo con: mediciones realizadas en el sistema real, datos históricos o datos de sistemas similares. Como resultado de esta etapa puede surgir la necesidad de modificar el modelo o recolectar datos adicionales.

- **Diseño de experimentos:** periodo de dictaminar las características de los experimentos a realizar: el tiempo de arranque, el tiempo de simulación y el número de simulaciones. No se debe incluir aquí la elaboración del conjunto de alternativas a probar para seleccionar la mejor, la elaboración de esta lista y su manejo es tarea de la optimización y no de la simulación. Debe quedar claro cuando se formula el problema si lo que el cliente desea es un estudio de simulación o de optimización.
- **Experimentación:** en esta etapa se realizan las simulaciones de acuerdo el diseño previo. Los resultados obtenidos son debidamente recolectados y procesados.
- **Interpretación:** se analiza la sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros que tienen asociados la mayor incertidumbre. Si es necesario, se deberán recolectar datos adicionales para refinar la estimación de los parámetros críticos.
- **Implementación:** conviene acompañar al cliente en la etapa de implementación para evitar el mal manejo del simulador o el mal empleo de los resultados del mismo.
- **Documentación:** incluye la elaboración de la documentación técnica y manuales de uso. La documentación técnica debe contar con una descripción detallada del modelo y de los datos; también, se debe incluir la evolución histórica de las distintas etapas del desarrollo. Esta documentación será de utilidad para el posterior perfeccionamiento del simulador.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

Hernandez, Baptista, y Fernández (2010), establecen cuatro tipos de investigación, basándose en la estrategia de investigación aplicada, "el diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación son distintos en estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos".

El presente estudio es de tipo descriptivo, sosteniendo las características descritas por Tamayo (2007) “la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos, trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta”.

Esta investigación de tipo descriptivo, desea señalar las características, propiedades y variables de interés que interfieren en el proceso de producción de la planta Valencia de Alimentos Súper S, con el objetivo de mejorar el cumplimiento del plan de producción, por medio de la construcción de un modelo que simule el comportamiento del sistema real.

Diseño de la investigación

Esta investigación es considerada experimental, debido a que en ésta se manipulan variables bajo diferentes escenarios para de esa manera alcanzar la validación del sistema, consecutivamente poder ensayar con el modelo y con los resultados arrojados por el mismo, conseguir acciones que proporcionen un nivel de servicio incrementado.

Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos, como lo indica Hurtado (2000), son los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación.

Por lo tanto, la técnica utilizada en esta investigación es la observación directa, que de igual manera, según Hurtado (2000) “consiste en la indagación sistemática, la cual busca estudiar los aspectos más relevantes de los objetos, hechos o situaciones en el contexto o en el ambiente donde ellas se desarrollan, para comprender la realidad de tal fenómeno. Y las entrevistas no estructuradas, que es la técnica de recopilación de información mediante el contacto directo con las personas, a través de una conversación interpersonal, donde se habla sobre un tema de interés relacionado con la problemática de la investigación, y donde el entrevistado no es sometido a un listado determinado de preguntas, sino que la entrevista se desenvuelve con flexibilidad”.

Técnicas de análisis de la información.

Para el análisis de la información se trabajó con el programa STATGRAPHICS, el cual se utiliza para hacer el análisis estadístico de las variables de entrada y de salida estudiadas en la investigación.

Fases de la investigación

FASE I. Diagnóstico de la situación actual.

En esta etapa se observa el sistema, familiarizándose con el mismo, y se aplican las técnicas de recolección de información, que en esta investigación serán la observación directa y entrevistas no estructuradas, con la finalidad de obtener los datos y la información necesaria acerca de las variables que influyen en el proceso de producción de Alimentos Súper S. Para la posterior descripción del comportamiento del proceso de producción de la Planta.

FASE II. Análisis de variables influyentes detectadas en el diagnóstico.

Se estudian las variables de interés obtenidas en el diagnóstico para el desarrollo del modelo, se determinan las restricciones que serán introducidas en el modelo debido a la naturaleza del sistema, se recopila información y los datos necesarios para la creación del modelo, comprobando las cifras mediante análisis estadístico de todas las variables de entrada presentes en el modelo.

FASE III. Construcción del modelo mediante el programa de simulación Arena.

Se elabora el modelo, tomando en cuenta todas las variables y restricciones que posee el sistema real, se definen las variables de salida de interés y se logra de esta manera que el modelo sea buena representación del sistema.

FASE IV. Verificación y validación del modelo

Etapa en la cual se examina el modelo, confirmando que no se hayan cometido errores durante la construcción de éste, haciendo varias corridas del mismo. Además de ratificar que sea una representación fiel del sistema real.

FASE V. Experimentación con el modelo y evaluación de los resultados obtenidos.

Consiste en apreciar el comportamiento del modelo en situaciones influyentes en el sistema. Tarea en la cual se manipulan las variables que sean necesarias, para la obtención de soluciones que alcancen una mejora del porcentaje de cumplimiento de la producción a tiempo.

FASE VI. Contraste de los escenarios en el modelo.

Se trata de realizar el contraste con los diferentes escenarios planteados para después del análisis de cada uno de ellos, seleccionar la configuración más adecuada.

CAPÍTULO IV

EL SISTEMA

Descripción del sistema

En este capítulo se describe el sistema en estudio, especificando materias primas, productos, recursos, circunstancias que limitan y determinan al proceso de producción en la empresa.

Sistema en estudio

Este sistema está formado por Alimentos Súper S, Planta Valencia, empresa perteneciente al grupo La Caridad, asociación de empresas en el ramo avícola y porcino. La compañía de estudio se dedica a la producción y venta de alimentos balanceados para animales, tales como gallinas ponedoras, pollos, cerdos, mascotas, cachamas, entre otros; fabricando alimentos para ser vendidos tanto a granel como en empaques a clientes integrantes del grupo y a terceros.

La Planta Valencia de Alimentos Súper S, trabaja bajo un sistema contra pedidos, en donde los clientes hacen sus solicitudes de productos y por consiguiente los pedidos son anotados en el sistema, se planifica la producción y se elaboran los mismos para así cumplir con la demanda, proceso el cual se hace semanalmente.

Esta investigación está enfocada al área de producción, donde se tomarán en cuenta los recursos, las variables y restricciones, que afectan y determinan el proceso de producción en la planta.

Descripción de los recursos utilizados.

El sistema está integrado por operarios, máquinas y herramientas cuyo objetivo es la elaboración de alimentos balanceados para animales. Estos recursos cumplen diferentes funciones y son empleados en diferentes partes de la ruta de producción que van cambiando las características físicas de las materias primas y que al final convergen para formar los diferentes tipos de producto terminado.

Maquinaria

Las máquinas utilizadas en el proceso de fabricación, son inicialmente un vínculo de tolvas, bins, silos, molinos (en caso que la materia prima lo necesite) y grandes almacenes (flats) junto con balanzas para la medición precisa de materia prima, seguidamente actúan en el proceso máquinas encargadas del mezclado de las materias primas, y a su vez, proceden a otras que logran el acabado deseado del producto terminado. Dependiendo del tipo de máquina se necesitan diferentes cantidades de operarios, expresadas más adelante de la descripción del sistema.

Las máquinas fundamentales del proceso son aquellas encargadas de la mezcla de las materias primas: macros (aquellas de grandes cantidades, de 3000 a 4000kg por lote), líquidos y micros (pequeñas cantidades de 30 a 40kg por lote). La empresa posee dos de éstas, de las cuales se originan dos líneas de producción, llamadas "Planta A" y "Planta C", éstas trabajan por separado y convergen en ciertas máquinas encargadas de la parte final del proceso, siendo así dos líneas de producción que terminan en el mismo punto.

En cuanto a los tiempos de maquinado, la duración normalmente es la misma para los ciclos de producción, pero varía la cantidad de producto producido en estos tiempos dependiendo del producto a fabricar, debido a que el volumen de los productos es

diferente por las distintas materias primas que los componen, y la capacidad de almacenamiento de la planta permanece igual, por lo tanto, en caso de que se quiera fabricar la misma cantidad de kilogramos de distintos productos el tiempo de fabricación variaría.

Las máquinas utilizadas en el proceso de producción son las siguientes:

- Balanza romana (camiones): la empresa cuenta con una (1) de estas, es la delegada de pesar la materia prima o producto terminado que traen los camiones que entran y salen de la planta, acción que se realiza para llevar el control de alimentos despachados. Esta es manejada digitalmente por un (1) operario encargado de despachar los productos terminados.
- Molienda: la planta cuenta con tres (3) de estos molinos, los cuales trabajan simultáneamente y son los encargados de adecuar las materias primas que necesitan ser procesadas, cambiando las propiedades físicas de la misma antes de entrar al proceso de producción. Un (1) operario se encarga de manejarlos por medio de una sala de control, en donde también luego del producto ser molido, distribuye el mismo a los bins de molienda o a los arcones de las plantas (líneas), donde la materia prima transformada es almacenada. Junto a esta máquina los equipos utilizados en este proceso son:
 - Tres (3) silos de molienda donde es almacenada la materia prima antes y después de ser procesada.
 - Ocho (8) bins responsables de almacenar el producto antes y después de que la materia prima es procesada. En la Tabla 1 se muestran las capacidades de estos bins:

Tabla 1. *Capacidades de molienda.*

Molienda	
Nro.	Capacidad (m³)
Silos	
319	2369.554
320	
321	
Bines	
314	94.657
315	98.057
316	95.164
317	99.51
318	250.238
301	
1105	75
1106	

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Transportadores y elevadores, encargados de distribuir la materia prima por los bines y los molinos.
- Balanza Macro de cereales, subproductos a granel computarizada: la empresa cuenta con dos (2) de estos equipos, una en cada línea de mezcla o máquina mezcladora (Nro. 0060 Planta A, Nro. 0015 Planta C), estos equipos son capaces de medir la masa de las materia prima macro obligatoria para el proceso, es decir, las provisiones que se necesitan en grandes cantidades, las cuales fluctúan entre los 3000 y 4000 kg por lote o “batch” de producción. Estas máquinas son manejadas por un (1) operario (por línea de mezcla de producción) por medio de un programa computarizado llamado Sicbatch Scada, V 2013. Los principales equipos usados para el funcionamiento de la balanza macro son:

- Tres (3) tolvas de recepción de las cuales se distribuye materia prima a tres silos, ocho (8) bins de molienda (mencionados anteriormente), tres (3) almacenes macros, los cuales en grupo suministran la materia prima necesaria a los arcones de la planta. En la Tabla 2 se presentan las capacidades de estos almacenes:

Tabla 2. *Capacidades “Flats”*.

Almacenaje	Capacidad (ton)	Volumen (m³)
“Flat 1”		
Sección 1	300	750
Sección 2	1200	2250
Sección 3	300	750
Sección 4	300	750
“Flat 2”		
Sección 1	3000	4000
Sección 2	6500 subproducto 7000 cereales	8000
“Flat 3”	7000	8500
Silos		
Nro. 319	1600	2300
Nro. 320	1600	2300
Nro. 321	1600	2300

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Quince (15) Arcones o tolvas de materia prima Planta A, trece (13) Arcones o tolvas de materia prima Planta C. En la Tabla 3 se presentan las capacidades de estos arcones.
- Transportadores y elevadores para el manejo de materia prima y producto

Tabla 3. *Capacidades Arcones.*

Planta A		Planta C	
Arcones	Capacidad (ton)	Arcones	Capacidad (ton)
Nro. 283	20	Nro.262	32
Nro. 284	35	Nro.263	28
Nro. 285	32	Nro.264	36
Nro. 286	37	Nro.265	13
Nro. 287	33	Nro.266	31
Nro. 288	23	Nro.267	39
Nro. 289	36	Nro.268	17
Nro. 290	24	Nro.269	45
Nro. 291	15	Nro.270	45
Nro. 292	6	Nro.271	12
Nro. 293	49	Nro.272	27
Nro. 294	37	Nro.299	24
Nro. 295	27	Nro.305	25
Nro. 298	34		
Nro. 325	5		

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Balanza tanque de líquidos computarizada: la planta cuenta con cuatro (4) de estas balanzas, dos de las mismas en cada línea de mezcla (Nro. 0915 Líquidos y metionina Planta A, Nro. 0930 Líquidos y metionina Planta C). Estos equipos se encargan de medir la masa de la materia prima líquida necesaria para el proceso, la cual varía entre el 1-2% del peso total del producto, es decir, de 30 a 80kg por

lote o “batch” de producción. Estas maquinarias son manejadas por los mismos operarios de las balanzas macro por medio del mismo programa digital Sicbatch Scada, V 2013. Los equipamientos fundamentales para el funcionamiento de las balanzas tanque de líquidos son los siguientes:

- Catorce (14) tanques de materia prima líquida que suministran directamente a estos tanques balanzas. En la Tabla 4 se indican las capacidades de estos tanques:

Tabla 4. *Capacidades materia prima líquida.*

Almacenaje	Capacidad (ton)	Volumen (m ³)
Tanque de Melaza		
Sección 1	60	60
Sección 2	60	60
Sección 3	60	60
Tanque de líquidos		
Nro. 466	30	35
Nro. 468	15	18
Nro. 484	90	95
Nro. 485	70	76
Nro. 486	120	125
Nro. 860	52,2	60
Nro. 861	52,2	60
Nro. 862	52	60
Nro. 863	12	-
Nro. 898	26	30
R1	35	-

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Bombas y tuberías que trasladan los líquidos de los tanques de almacén a la balanza.
- Balanza micro de antibióticos, núcleos computarizada: cuentan con cuatro (4) de las mismas, dos (2) en cada línea de mezcla (Nro. 0114-0115 Planta A y Nro. 0116-0122 Planta C), éstas trabajan simultáneamente con la balanza macro y el

tanque balanza de líquidos, son balanzas industriales donde se mide la materia prima que necesita ser dosificada en pequeñas cantidades. Dos (2) operadores por línea de producción, realizan la tarea de tomar las provisiones del almacén de sacos y suministran el material a la balanza. Las balanzas las manejan los mismos operadores encargados de las balanzas macro y los tanques balanza de líquidos por medio del mismo programa computarizado Sicbatch Scada, V 2013.

Las herramientas usadas para el funcionamiento de esta máquina son:

- Tres (3) Balanzas digitales para operarios (Nro. 0262-0263-0264) utilizadas para medir la cantidad necesaria de cada materia prima micro, actividad manual, materiales que luego son vertidos en la tolva de balanza micro total computarizada.
- Dos (2) pre-tolvas de recepción, una (1) por línea, que retienen los micros, materias primas antes de ser pesadas en la balanza micro.
- Mezcladora de macros, micros y líquidos:

Esta máquina es una de las más importantes del proceso, la empresa cuenta con dos (2) de estas (Nro. 045, Nro. 001) y son la razón fundamental por la cual la empresa se divide en dos plantas de producción (Planta A y Planta C), en este tipo de máquina convergen los tres tipos de balanzas mencionadas anteriormente y su función se separa en dos etapas:

1. Mezcla seca: en esta etapa se mezclan un (1) lote de materias primas macros, con uno (1) de los micros, proceso el cual tiene una duración aproximada de 1 minuto.
2. Mezcla húmeda: en esta etapa se siguen mezclando el lote de las materias primas macro con los micros y se agrega a su vez un (1) lote de los

líquidos necesarios para la elaboración del alimento balanceado para animales, esta etapa tiene una duración aproximada de 2 minutos.

Los dos (2) operarios encargados de los tres tipos de balanzas, en las dos líneas respectivamente (Planta A – Mezcladora 045, Planta C – Mezcladora 01) son los responsables de la gestión de las mezcladoras, trabajo que realizan en su totalidad por medio del programa Sicbatch Scada, V 2013, además cada uno de estos operarios cuenta con dos (2) auxiliares que realizan las tareas físicas necesarias en el proceso de mezclado. Los instrumentos necesarios para que las mezcladoras estén en marcha son:

- Imanes de protección, encargados de retener todos los metales que podrían estar en la materia prima en el proceso. Herramienta situada en la entrada de la mezcladora.
- Balanzas y artefactos utilizados anteriormente en el proceso.
- Tolva de contención para material ya mezclado (Nro.002, Nro. 46) con capacidad de un (1) lote o “batch” de producto (especificado en descripción del producto).
- Pelletizadora: máquina encargada de la parte final del proceso de producción donde se acondiciona, dando forma y características deseadas, para que el producto final este en las condiciones adecuadas. La empresa posee tres (3) de estas máquinas (Nro. 16-17-67), de las cuales dos (2), la pellet Nro.16 y la pellet Nro.17, pueden trabajar con cualquiera de las líneas de mezclas, siendo sólo capaz la Nro. 67 de trabajar con la Planta A (Mezcladora 045). El maquinado de este equipo se divide en 5 etapas:

1. Alimentado: en esta fase se desaloja la tolva de contención de la respectiva mezcladora y a su vez se va inspeccionando el alimento.
2. Acondicionado: en este período se agrega vapor a los alimentos, proceso necesario para adecuar el producto, para que entre a la tolva pre-pellet y consiguiente al molde pellet con las especificaciones necesarias.
3. Pellet: etapa en la cual se da con un molde la forma adecuada al alimento balanceado, con la apariencia que gusta a la especie de animal que lo consumirá.
4. Enfriado: luego de poseer la forma adecuada, el producto se enfría para que permanezca en la forma conveniente.
5. Coater: etapa final en la cual se añade complementos como la grasa, para así alcanzar las especificaciones finales del producto.

Los encargados de las pellets son tres (3) operarios, uno por cada máquina, trabajando con el mismo programa digital mencionado anteriormente. Los equipos utilizados para el funcionamiento de la pelletizadora son:

- Seis (6) tolvas pre-pellet, dos por máquina (Nro. 273-274-279-280-300-324), que contienen al producto que será tratado por la pellet, están tienen una capacidad de un (1) “batch” de producto. En la próxima Tabla 5 se presentan sus capacidades:

Tabla 5. *Capacidad de Tolvas pre-pellet.*

Tolvas pre-pellet		
Pellet Nro.	Tolva Nro.	Capacidad(m³)
16	273	53,071
	274	
17	279	50,86
	280	
67	296	42,96
	300	

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Cuarenta (40) bins donde es distribuido el producto terminado a granel, con una capacidad en total de 350TM, con las siguientes individualmente, (Tabla 6):

Tabla 6. *Capacidad de bins a granel.*

Bines a granel				
Bin Nro.	Capacidad (m³)	Bin Nro.		Capacidad (m³)
325	11,07	341		20,021
326		342		
327		343		
328		344		
329		345		
330		346		
331		347		
332		348		
333	19,248	349	357	24,9
334		350	358	
335		351	359	
336		352	360	
337		353	361	
338		354	362	
339		355	363	

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

- Transportadores y elevadores a lo largo del proceso, que distribuyen en producto a las distintas partes del mismo.
- Máquina Empaquetadora: equipo encargado de facilitar la tarea al operario de empacar y coser los sacos llenos de producto terminado, esta máquina se encarga de llenar las bolsas y coser el respectivo saco, trabajando dos (2) operarios en cada operación. Los equipos utilizados para el funcionamiento de la empaquetadora son:
 - Cuatro (4) tolvas de empaque, dos (2) por máquina empaquetadora, encargadas de contener el producto terminado antes de ser empacado.
 (Tabla 7).

Tabla 7. *Capacidad tolvas de empaque.*

Tolvas empaque		
Empacadora Nro.	Tolva Nro.	Capacidad (m³)
18	281	26,071
	282	
94	310	20,655
	311	

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

En la Figura 1 se muestra un diagrama donde se representan las máquinas mencionadas anteriormente.

Jornada laboral

La planta en sus tres jornadas laborales requiere de mano de obra a quienes asignarles funciones importantes en el proceso de producción. El tiempo de ocupación laboral se muestra en la Tabla 8.

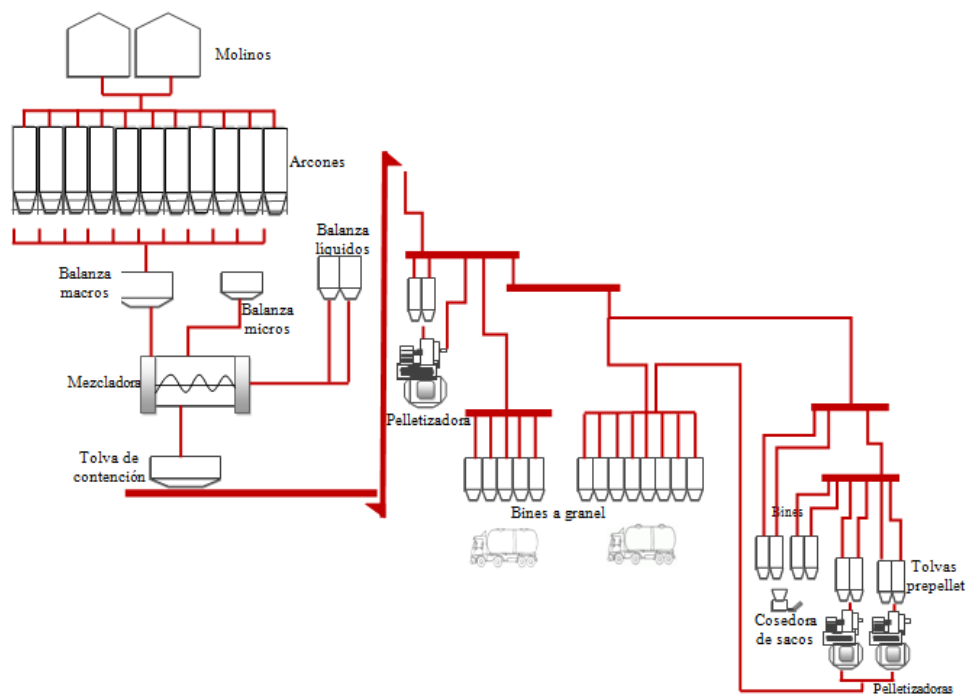


Figura 1. Diagrama representativo maquinaria.

Tabla 8. Descripción de la jornada laboral.

Jornada Laboral			
Días	Horario	Turno	Duración (horas de producción)
Lunes a Viernes	6:00 AM a 2:00 PM	1er Turno	8 horas
	2:00PM a 10:30PM	2do Turno	8 horas
	10:30PM a 6:00AM	3er Turno	8 horas

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

Por su parte, la mano de obra requerida en estos tres (3) turnos con sus respectivos cargos se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 9. *Mano de obra requerida.*

Personal de producción	
Puesto de trabajo	Cargo
Operador pellet 17	Operador de pellet
Operador pellet 16	Operador de pellet
Operador pellet 67	Operador de pellet
Chequeador	Chequeador de productos
Operador de mezcla Planta A	Operador de mezcla
Auxiliar de mezcla Planta A	Auxiliar de producción
Auxiliar de mezcla Planta A	Auxiliar de producción
Operador de mezcla Planta C	Operador de mezcla
Auxiliar de mezcla Planta C	Auxiliar de producción
Auxiliar de mezcla Planta C	Auxiliar de producción
Iniciador de materia prima	Auxiliar de producción
Montacarguista	Operador de equipos móviles
Montacarguista	Operador de equipos móviles
Molinero	Operador de silos
Recepción (Tolveros)	Operador de silos
Transferencia a planta	Operador de silos
Maquina pesada	Operador de maquina pesada
Auxiliar procesos (SAP)	Auxiliar de procesos
Tomador de muestra a granel	Auxiliar de laboratorio
Flejador	Flejador
Despachador a Granel	Despachador productos terminados
Despachador a Sacos	Despachador productos terminados

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

Productos elaborados

Los productos fabricados en la Planta Valencia de Alimentos Súper S, son alimentos balanceados para animales de distintas especies, vendidos tanto a clientes que forman parte de su grupo como a terceros.

La empresa dispone de una alta gama de productos alimenticios con distintas propiedades, para nueve (9) diferentes agrupaciones de especies de animales, tales como

aves, acuáticas, ganadería, quino, porcinos, entre otros. Los cuales son obtenidos por medio de procesos que adecuan la materia prima, la pesan, mezclan y la dan forma para que los productos tengan las diferentes características deseadas.

Hay una gran variedad de productos elaborados por la planta de la empresa, ésta se debe a que los requerimientos de nutrientes, vitaminas y minerales del alimento va al unísono con la etapa de crecimiento de los animales. En la compañía, todos los productos siguen el mismo proceso de producción, pero como la materia prima de los mismos varía, también lo hace la densidad y el volumen del producto, limitando la capacidad de la planta y alterando los tiempos de fabricación.

Alimentos Súper S produce principalmente a clientes integrantes del grupo La Caridad, teniendo como prioridad cumplirles a estos clientes antes que a terceros, por ende los productos que se describan como de integración, serán la mayor parte de la producción realizada.

En la actualidad, la producción por categorías de Alimentos Súper S, C.A, está distribuida de la siguiente manera: 67.54% correspondiente a alimentos para aves, 22.69% para porcino, 8.48% para ganadería, y el 1.29% restante de la producción es para las demás categorías de alimentos mencionadas anteriormente. Al estar el 90.23% del porcentaje total concentrado en los dos primeros rubros señalados, se tomará en cuenta para esta investigación en su mayoría productos provenientes de estos dos tipos de alimentos.

A continuación, en la Tabla 10, se muestran las categorías de productos que se toman en cuenta en el estudio, clasificando los mismos en grupos que faciliten su organización.

Se señala una breve descripción de cada producto con su peso por lote de producción o “batch” y el tipo de cliente al que se le suministra cada producto disponible.

Tabla 10. *Productos elaborados.*

Categoría	Tipo	Peso lote (Kg)	Textura
Porcinos inicial	Pre 1 Maternal	3000	grano
	Pre 2 Maternal	3000	grano
	Cerdo Iniciador 1 Lechón	4000	semigrano
	Cerdo Iniciador 2 Lechón	4000	grano
	Cerdo desarrollo 1	3500	grano
	Cerdo desarrollo 2	3500	grano
	Cerdo engorde 1 versión 2	3500	grano
	Cerdo engorde 2 versión 2	3500	grano
Porcinos engorde	Cerdo engorde comercial	2000	grano
Aves	Ponedora impulsor Enerpro	4000	grano
	Pre inicial 1	4000	semigrano
	Pre inicial 2	4000	semigrano
	Pre inicial 3	4000	grano
	Pre inicial 4	4000	grano
Ganadería	Súper Lechera 18	2000	grano

Fuente: departamento de producción, Alimentos Súper S, C.A.

Requerimientos de materia prima

La materia prima necesaria para producir en la empresa se divide en seis (6) categorías, que son macros, químicos, antibióticos, antibióticos pre-mezcla, pre-mezcla y núcleos, que abarcan a los tres tipos de materiales macros, micros y líquidos que se necesitan para la elaboración de productos.

Estos insumos se requieren en distintas cantidades, los macros y líquidos se solicitan y almacenan en grandes cantidades que se manejan en toneladas, y los micros en cantidades que se manejan en kilogramos.

Al momento de elaborar alimento balanceado para animales, éste está principalmente compuesto entre un 72.378% - 89% de materia prima macro, aunado a esto, el 81,66% de este tipo de insumo debe ser procesado por molinos, razón por la que para este estudio se tomará en cuenta solamente este tipo de material base, ya que también; los líquidos y micros no necesitan previa preparación. Las principales macros son:

- Maíz amarillo Usa Wester London
- Harina de soya Usa Last Tycoon
- Soya desactivada.

Descripción del proceso de producción.

A continuación se describe cada una de las etapas de la ruta de producción, y las pequeñas diferencias que hay en la misma dependiendo del producto a elaborar.

Ruta de producción.

La empresa cuenta con una gran variedad de productos y posee una sola ruta de producción para elaborar alimentos balanceados, el proceso de producción en general no varía sin importar el producto. La densidad y el volumen del producto son los factores determinantes de que los tiempos de fabricación sean distintos.

Etapas de la ruta de producción:

- Etapa I. Preparación de la materia prima:

Tras la recepción de la materia prima (macros, líquidos y micros), y luego de ser pesados los insumos dentro de los camiones por la balanza romana, esta se descarga en las tolvas de recepción y son distribuidas a su respectivo lugar

asignado (almacenes de materia prima macro, tanques de líquidos, tanque de materia prima micros).

- Los suplementos líquidos luego de ser recibidos solo tienen que ser trasladados a unos tanques de pre mezcla para terminar con esta etapa inicial.
- Con relación a los micros luego de descargarlos se realiza una verificación de pesos en las balanzas digitales a utilizar, se pesa y se dosifican los diferentes químicos (vitaminas, minerales, medicamentos) en un saco y de esta forma se crea la fórmula o el micro ingrediente necesario para el producto a elaborar.
- En el caso de algunas materias primas macros, tiene que cambiarse su composición en la molienda, donde se logra cambiar físicamente el producto transformándolo a través del impacto de partículas. Una vez molido el producto, éste es distribuido por medio de transportadores hasta los distintos tipos de almacenes de materias primas dependiendo de las mismas (flats, silos, bins, arcones). Seguidamente, luego de que se encuentran almacenadas las materias primas macros, estas son trasladadas a los arcones o tolvas de la planta culminando la primera etapa de la ruta de producción.

Luego de esta etapa la materia prima está en el lugar adecuado para comenzar el proceso de producción y ya algunos de estos insumos habrán sido tratados como el sistema lo necesita antes del procesamiento de las líneas de mezcla. (Ver Figura 2).

- Etapa II. Pesado, dosificado, mezclado, cernido:

Todo este proceso es conocido como el realizado por la mezcladora, efectúa las diferentes actividades que se muestran a continuación, además esta recibe las materias primas de, tanto el almacén de microingredientes como los tanques de dosificación (a granel y líquidos):

1. Pesado y dosificado: este proceso es totalmente automatizado, ejecutado por una serie de balanzas y garantiza que lleguen todos los distintos materiales hasta la tolva de mezcla con las materias primas en las cantidades necesarias, de acuerdo a la dieta de cada producto. Es importante destacar que antes de llevar a cabo el pesado de las materias primas un operario conjuntamente con sus auxiliares verifican que las materias primas y líquidos se encuentren en los arcones y tanques correspondientes, adicionalmente se chequea que las balanzas se encuentren calibradas.
2. Mezclado: es la operación en donde todos los ingredientes se incorporan con el objetivo principal de que la mezcla sea homogénea. Por lo cual, es una de las operaciones más importantes en la fabricación de alimentos balanceados para animales.

La mezcladora combina los ingredientes de cada lote (sin importar el tipo de producto o el peso del lote) por espacio de 180 segundos (60 seg. mezcla seca, 120 seg. mezcla húmeda). Esta mezcla es llevada a un transportador y luego a un elevador. Por gravedad el alimento cae a un cernidor y de allí baja a las tolvas de contención de mezcla donde se chequea la densidad del producto, su temperatura y su humedad.

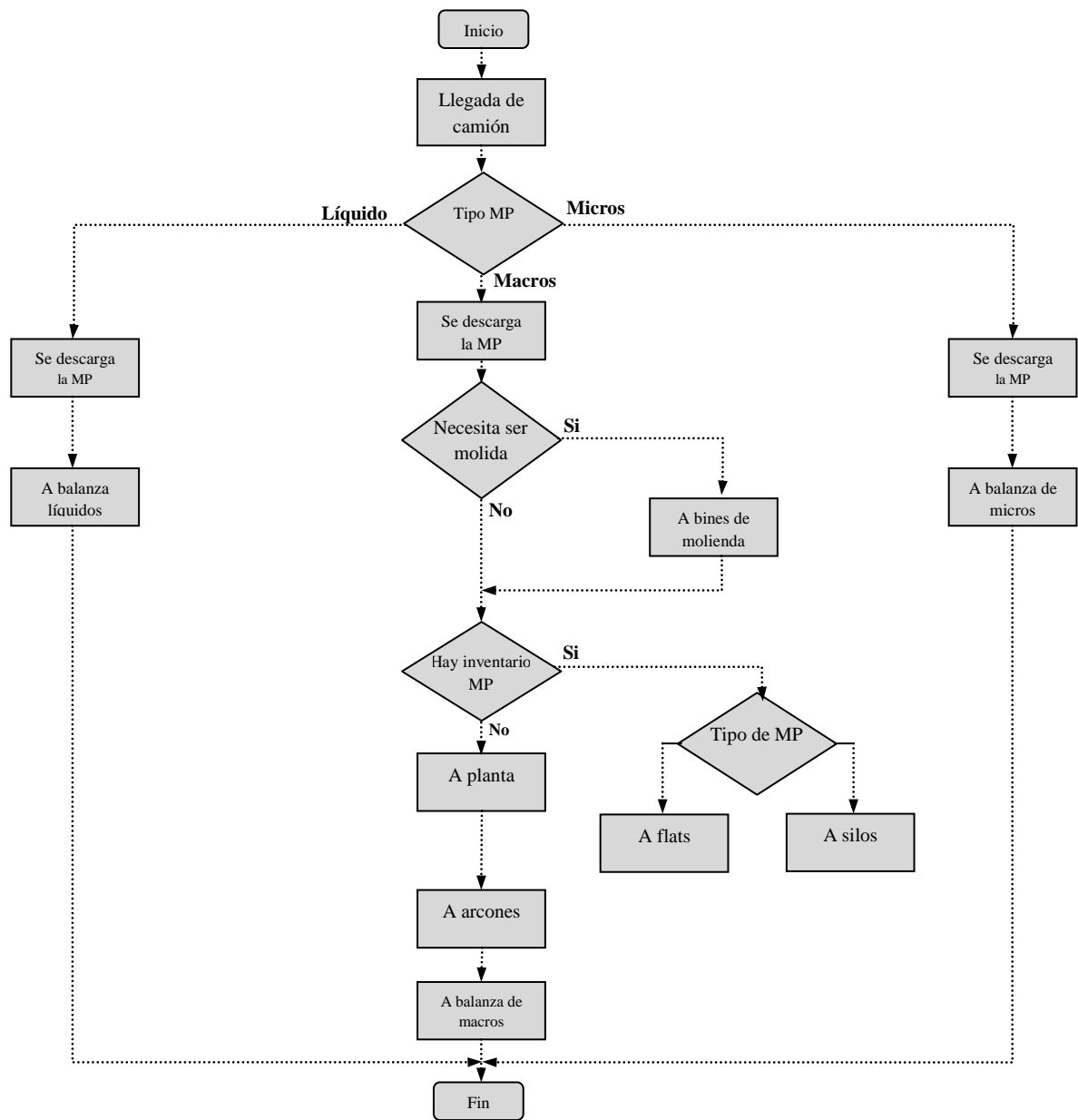


Figura 2. Diagrama de flujo recepción de materia prima

Esta etapa es fundamental, y las actividades se hacen simultáneamente, trabajándose lote por lote (tardándose cada “batch” de producto 3 min) teniendo que ser todas estas tareas extremadamente sincronizadas para no generar cuellos de botella, tomando en cuenta la cantidad de mezcladoras y pelletizadoras que posee la planta y los tiempos de procesamiento de las mismas. (Ver Figura 3).

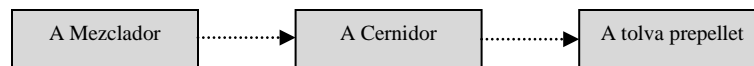


Figura 3. Descripción de la etapa de pesado, dosificación, mezclado, cernido.

- Etapa III. Actividades de la pelletizadora, como acondicionamiento, pelletizado, enfriado. Trabajos post-pellet, como crumber, zarandas y coater.

Una vez que se mezclan homogéneamente los diferentes ingredientes de acuerdo a la dieta establecida por nutrición, la misma es enviada por medio de un transportador (alimentador) al acondicionador. El acondicionador, es un equipo donde se inyecta vapor de agua al alimento a una temperatura y presión específica. La aplicación correcta de vapor tiene un impacto importante sobre la calidad. En el acondicionador y en la pelletizadora ocurren cambios fisicoquímicos. Se necesitan el calor y la humedad del vapor para causar los cambios químicos requeridos para producir pellets resistentes y duraderos. Por otra parte el vapor actúa como lubricante para un fácil funcionamiento de la pellet.

El pelletizado es una operación de moldeado termoplástico en el que las partículas finamente divididas de una ración se integran en un pellet compacto y de fácil manejo, el cual incluye condiciones específicas de humedad, temperatura y presión. Al realizar esta etapa, se aseguran que los ingredientes previamente mezclados se compacten para formar un comprimido con tamaño y dureza variable de acuerdo al animal que se desee alimentar, facilitando así su manejo y mejorando la aceptación y aprovechamiento de este por parte del animal.

Desde la cámara de la matriz de la prensa de pellets, los pellets fluyen por gravedad a un dispositivo de enfriamiento y salen de la prensa a temperaturas que alcanzan los 88°C con contenidos de humedad de hasta un 16%. Para lograr un almacenamiento y manejo adecuado de los pellets, su contenido de humedad deberá reducirse hasta un 10 o 12 % y su temperatura a unos 9°C por encima de la temperatura ambiente. Esto se logra pasando una corriente de aire a través de un lecho de pellets, evaporando así el exceso de humedad y enfriando el producto tanto por evaporación como por medio del contacto con el aire fresco (enfriadora a contraflujo).

Actividades post-pellet. Crumber, zarandas, coater:

1. Crumber: hay ocasiones que por especificaciones del producto es necesario que el tamaño del pellet sea menor a 4 mm, el alimento se hace pasar por un proceso de migajamiento. En este proceso, se desmoronan pequeños pellets entre dos rodillos corrugados.
2. Zarandas o Rotex (cribas): este dispositivo es una transportadora que se utiliza para extraer las porciones del producido que, por ser demasiado pequeñas, no son deseables, dejando solo el material del tamaño correcto. El

producto demasiado pequeño, el cual se le dice reciclaje o finos, se devuelve a la prensa de pellets donde se reincorpora al proceso de pelletizado. Cuando se elabora un producto reducido a migajas, es probable que algunos pellets no queden desmoronados hasta el tamaño específico. Estas partículas más grandes también se extraen en la zaranda y pasan a los rodillos del crumber donde se vuelven a desmoronar para luego ser cribados otra vez.

3. Coater: es un equipo que se encarga de rociar grasa según el porcentaje especificado, al alimento que sale de la zaranda.

Cabe destacar que la planta agrupa todos estos procesos de la etapa III como las tareas de la máquina pelletizadora, en vista de que una gran parte de estas actividades lo realizan equipos que trabajan con la misma, por lo tanto terminan siendo conocidos como la parte final de la misma pellet. (Ver Figura 4).

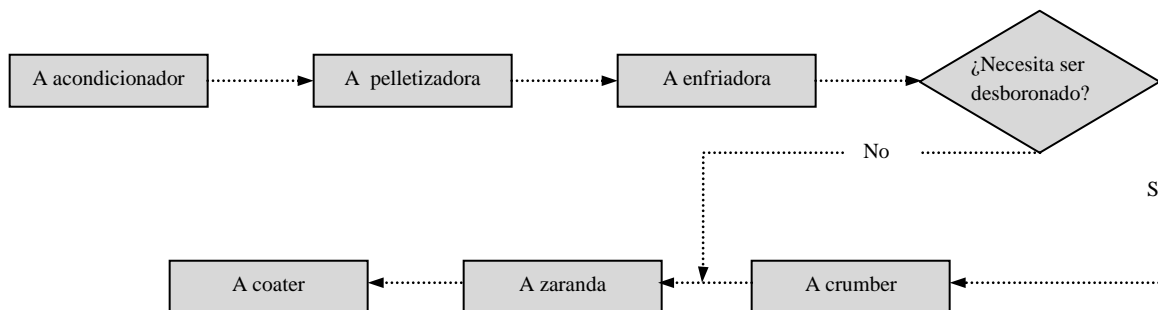


Figura 4. Descripción de la etapa de acondicionamiento, pelletizado, enfriado. Trabajos post-pellet crumber, zarandas y coater.

- Etapa IV. Almacenamiento a bins a granel o empaque, despacho:

1. Empaque: en este proceso el producto es empacado en sacos, los cuales caen a una banda transportadora que los lleva hasta una máquina

cosedora donde se le adhiere una etiqueta con las características del producto, desde ahí sigue hasta el auxiliar de empaque, el cual se encarga de acomodar los sacos en las paletas para ser llevado por el montacargas hasta el almacén de productos terminados o a los camiones para su posterior distribución.

2. Granel: el producto terminado se dirige desde el coater, por medio de transportadores, al bin a granel de despacho correspondiente.
3. Despacho: en esta etapa se llevan a cabo actividades como, la atención de la llegada del camión de integración o tercero, control documental para elaborar la salida del camión, inspección del camión y carga del camión con el producto terminado, a granel o en sacos. (Ver Figura 5)

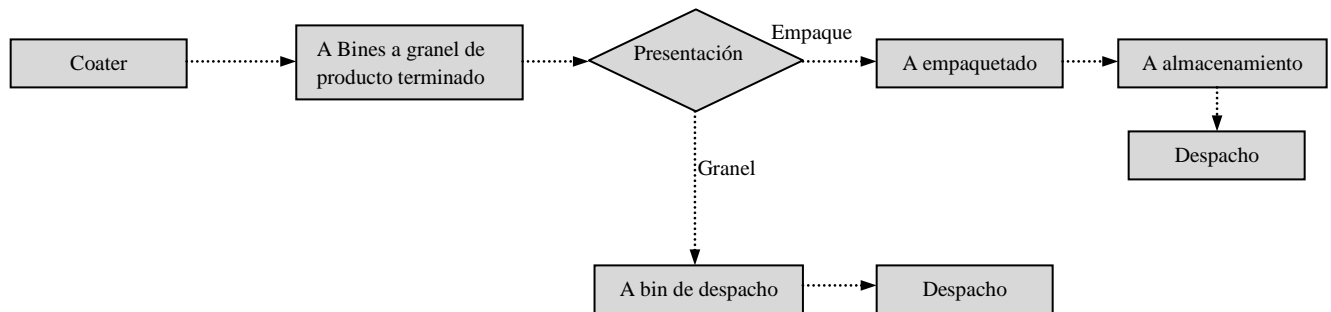


Figura 5. Descripción de la etapa de almacenamiento a bins a granel o empaque, despacho.

El diagrama de bloques de Alimentos Súper S C.A, planta Valencia, es como se muestra en la Figura 6.

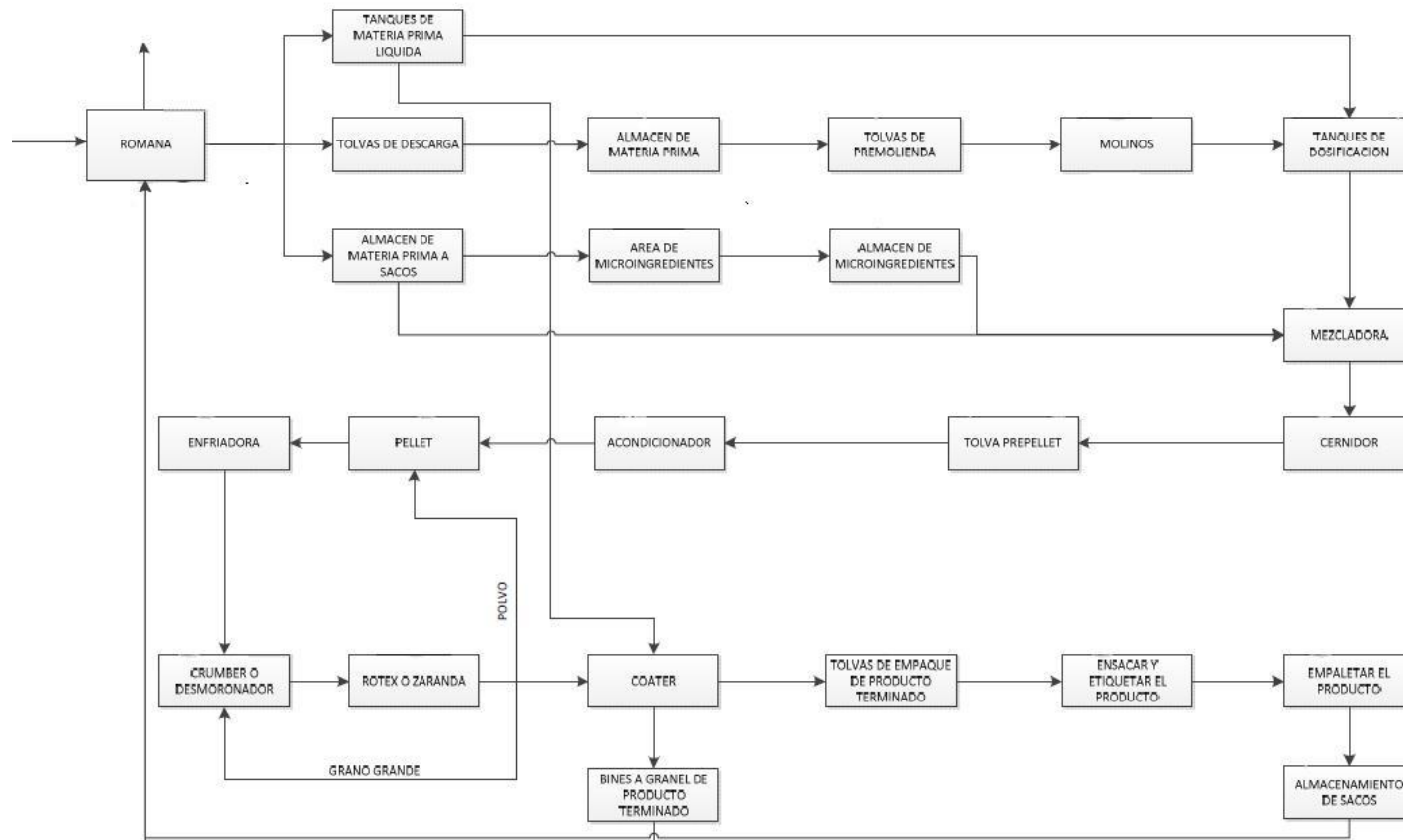


Figura 6. Diagrama de operaciones de Alimentos Súper S C

Diagrama de flujo del modelo.

En las Figuras 7 y 8 se presenta el diagrama de flujo del modelo, el cual representa las actividades que se realizan en Alimentos Súper S C.A, planta Valencia.

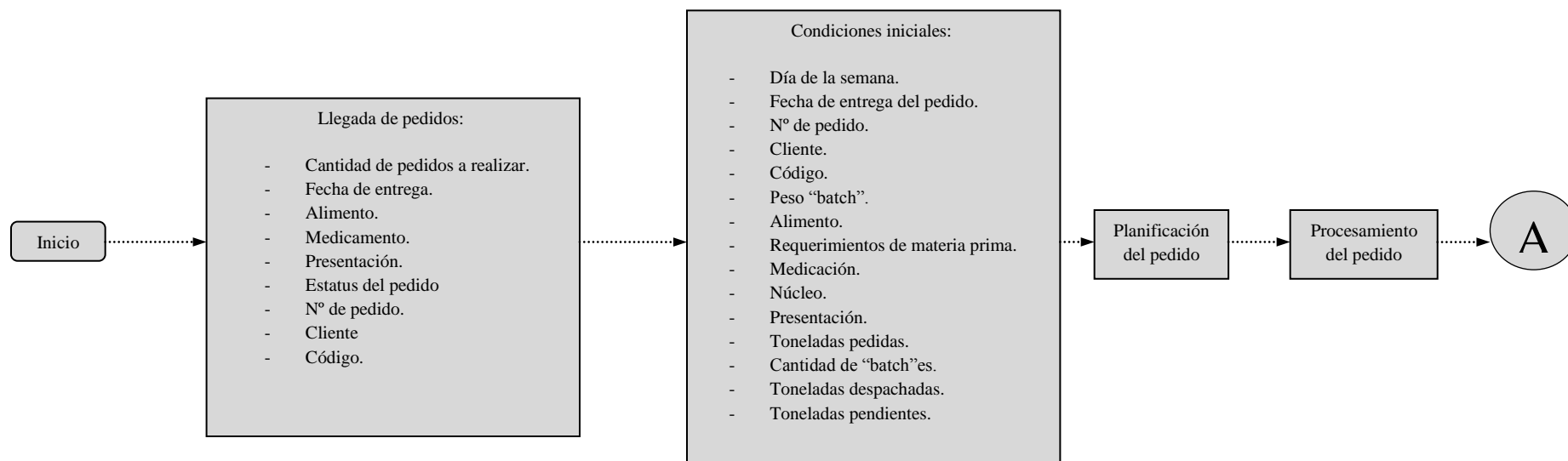


Figura 7. Diagrama de flujo del modelo.

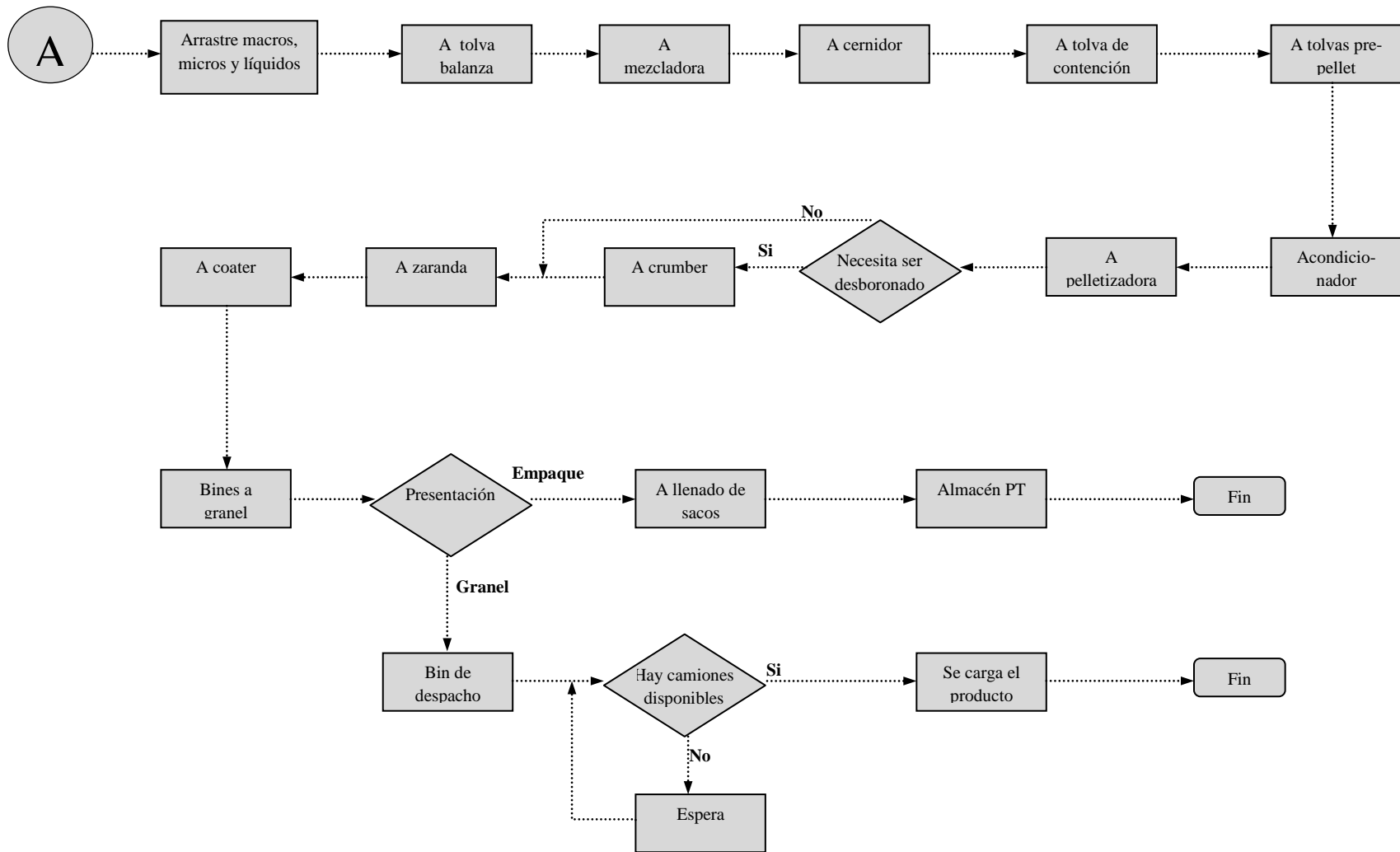


Figura 8. Continuación diagrama de flujo del modelo.

CAPÍTULO V

EL MODELO

En esta sección se describe el paquete de simulación utilizado, las actividades a simular, se explica minuciosamente como fue construido el modelo de simulación y las variables de interés involucradas en el mismo, incluyendo el ajuste a la distribución de probabilidades de cada una de dichas variables; finalizando con la verificación y validación del modelo.

Programas utilizados

El programa de simulación utilizado para la elaboración del modelo, es ARENA V.14 por Rockwell Software. Programa seleccionado ya que los investigadores poseen conocimiento acerca de su uso y tienen acceso a la licencia del programa en las instalaciones del laboratorio de la escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Además, permite a los investigadores modelar procesos como el de interés, brinda gráficos que permiten visualizar de manera sencilla las operaciones, y permite analizar la situación actual y diferentes escenarios del sistema.

En cuanto al análisis estadístico, el programa empleado fue el STATGRAPHICS para todas las estimaciones de los parámetros y las pruebas de bondad de ajustes de las variables del modelo. Además se tiene acceso a la licencia de este programa.

Actividades a simular

1. Llegada de los pedidos: en el momento de arribo de un pedido, es importante conocer las características del mismo, para qué fecha se requiere entregar dicha solicitud, el alimento que se demanda, los kilogramos que se desean, la presentación del producto, por la línea que se procesará.
2. Preparación y pesado de la materia prima: el 81,60% de la materia prima a granel (macros) que llega a la planta, debe ser molida, trabajo fundamental al momento de las plantas posean los insumos necesarios a tiempo para el buen funcionamiento del proceso de producción. Además toda la materia prima necesaria para la fabricación del producto (macros, micros y líquidos) debe ser pesada en su respectiva balanza antes de ser mezclada.
3. Movimiento de materia prima y producto en el sistema: es necesario representar la razón llenado-vaciado de silos, bins, tolvas y arcones involucrados en el proceso, para de esta manera tomar en cuenta las grandes cantidades de insumos y productos dentro del sistema, desde el inicio hasta el final de la ruta de producción.
4. Actividad de mezclado: luego de ser pesado las materias primas, se envía y combinan en las mezcladoras los diferentes micros, macros y líquidos que componen al producto, seguidamente se ciernen y finalmente se envían a la tolva de contención seleccionada, es esencial tomar en cuenta esta actividad por variables que afectan el funcionamiento de la misma.

5. Actividad de pelletizado: el alimento proveniente de la actividad de mezclado, es enviado a una tolva prepellet, seguidamente la mezcla es acondicionada, para luego hacer el proceso de pelletizar dicha mezcla. Dependiendo del tipo de alimento solicitado, este puede requerir que sea desmoronado, y tendrá que enviarse al crumber, si no se requiere esto, se envía directamente a la zaranda y finalmente al coater. Esta labor, al estar vinculada con la de mezclado recibe la misma importancia de ser representada.
6. Actividad de almacén y despacho de producto terminado: la presentación del pedido puede ser a granel o en empaques. El alimento después que se le realiza la actividad de pelletizado, se envía a tolvas de empaque, o a bins a granel, según sea el caso. Si la presentación solicitada es en empaques, posteriormente el producto se envía a la empaquetadora de sacos y por último se almacena, para luego ser entregada al cliente. Por otro lado, si la presentación es a granel, el alimento es descargado de los bins a los camiones asignados, inspeccionando y despachando el producto.
7. Disponibilidad de camiones para despacho de producto terminado a granel: para alimentos en presentación a granel, después que el alimento se encuentra en los bins de despacho a granel, para ser descargado tiene que haber disponibilidad de camiones en el área de despacho de producto terminado. Si hay camiones disponibles, se descarga; sino se tiene que esperar que haya disponibilidad.

Variables de interés

Para la construcción del modelo de simulación, es necesario presentar el estudio de las variables de interés consideradas:

- **Cantidad de camiones por turno de producto terminado a granel:** Esta variable está definida por el número de transporte que arriba a la empresa por turno (camiones/turno). Y se determina que la misma es de interés debido a que la empresa cuenta con una cuadrilla aproximada de 48 camiones diarios contratados por el grupo La Caridad para transportar a clientes integrantes de la organización, también arribando camiones encargados de transportar el producto de clientes terceros. Por lo tanto, varía de esta manera la cantidad de camiones que llegan por turno.
- **Tiempo de inspecciones:** variable especificada como los minutos que se toman en realizar las inspecciones necesarias (minutos). Este control se realiza después de que el producto a granel es cargado en el camión en el cual será despachado (estudio físico -químico).
- **Tiempo de maquinado:** esta variable determina el tiempo en que procesan el producto las distintas máquinas, tales como los molinos, balanzas, mezcladoras y pelletizadoras, debido a sus distintos comportamientos de mecanizado respectivos existen factores, tales como el tipo del producto, densidad, humedad, cantidad de desgaste de partes y herramientas del equipo, que influyen en el funcionamiento de las mismas, por lo tanto, las unidades de las mismas varían y se muestran más adelante en esta sección..

- **Tiempo de carga de producto terminado:** esta variable aleatoria está sujeta a la presentación en la cual se encuentre el producto final, y a la capacidad del camión en el cual se realiza el despacho en el caso de presentación a granel, esta expresada en minutos por camión (minutos/camión).
- **Tiempo en puesta a punto:** la tarea de puesta a punto es un tiempo de preparación el cual se realiza en cada turno a las principales maquinas utilizadas en el proceso de producción. En la planta se clasifica en tres operaciones primordiales, definidas a continuación:
 - Arranque de turno: acción que abarca todas las labores de preparación al inicio de cada turno hasta que arriba la programación del turno.
 - Limpieza de imanes (mezcladora): herramienta interna de la máquina, el cual previene que entren metales en las tolvas del aparato.
 - Cambio de producto

La unidad de esta variable para las distintas maquinas es de minutos por día, turno o cambio de producto (minutos/día; minutos/turno; minutos/tipo producto).

- **Tiempo entre fallas y duración de las mismas:** las máquinas principales del proceso son propensas a fallas las cuales deben ser resueltas para continuar con la producción, esta variable esta expresada en minutos.
- **Cantidad de pedidos:** esta variable provee la información fundamental correspondiente al número de pedidos que son programados y elaborados diariamente en la planta, mostrando la cantidad de pedidos planeados para la jornada, el total de “batches” por productos y en su respectiva presentación.

- **Características de los pedidos:** se recurre a estas variables para distinguir tanto a los pedidos cumplidos, como a los planeados que no se comienzan a realizar.
 - **Número de pedido:** este dígito permite diferenciar a las órdenes entre sí. Siendo asignado según el orden en que los pedidos fueron generados.
 - **Tipo de producto:** número que permite reconocer el producto del pedido, junto con sus características como la cantidad de las distintas materias primas necesarias para su elaboración, su densidad y la capacidad de almacenaje del producto en los diferentes bins y tolvas.
 - **Peso de “batch”:** la cantidad de “batches” por toneladas está sujeto al tipo de producto y su densidad, por lo tanto, es necesario que se conozca el peso de un (1) “batch” de producto.
 - **Cantidad pedida:** indica por pedido la cantidad de toneladas que se requieren producir para cada producto. En el caso de productos con presentación a sacos, a esta cantidad se agrega la cantidad de sacos solicitados.
 - **Fecha de entrega:** asigna el día de la semana para el cual el pedido es requerido por el cliente.
 - **Línea de producción:** establece por la línea (mezcladora) por la cual será procesado el pedido.

A las variables descritas en la Tabla 12, se les tomó una muestra aleatoria o se obtuvo datos históricos, los cuales fueron representados en un histograma de frecuencia para observar a cual distribución de probabilidades podía modelarse apropiadamente; seguidamente se les aplicó una prueba de bondad de ajuste, Chi-cuadrado cuando la

cantidad de datos fuese mayor a cincuenta (50) o Kolmogorov-Smirnov, cuando la cantidad de datos obtenidos fuera menor a cincuenta (50); utilizando el programa STATGRAPHICS, para así conocer según el resultado del valor-P a que distribución de probabilidades se ajustaba cada variable en cuestión.

A continuación se presenta el análisis realizado para conocer la distribución ajustada a la variable Tiempo de cambio de producto en la pellet 67:

El histograma de frecuencia, para esta variable en cuestión es como se observa en la Figura 9.

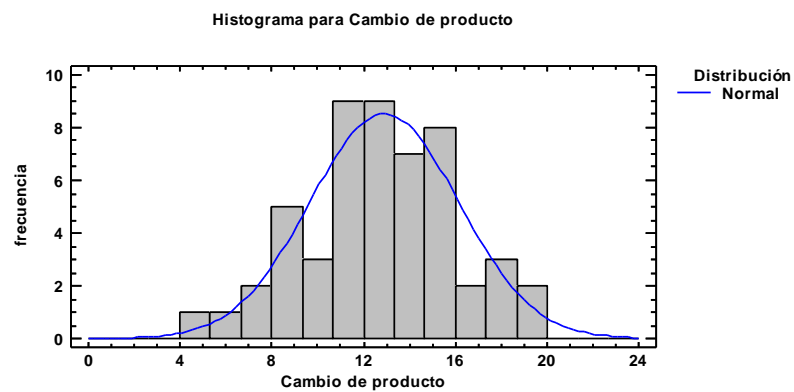


Figura 9. Histograma de frecuencia para Cambio de producto.

Se obtuvieron 52 datos sobre esta variable con valores desde 5.0 a 20.0 minutos

Ho: Sigue una distribución normal ($\mu=12.90$; $\sigma=3.243$)

H1: No sigue una distribución normal ($\mu=12.90$; $\sigma=3.24$)

Nivel de significancia (α) = 0.05

Prueba de Bondad-de-Ajuste

Tabla 11. *Prueba Chi-Cuadrada.*

	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia</i>	
	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Observada</i>	<i>Esperada</i>	<i>Chi-Cuadrada</i>
menor o igual		8.0	4	3.39	0.11
	8.0	9.33333	5	3.65	0.50
	9.33333	10.6667	3	5.70	1.28
	10.6667	12.0	9	7.54	0.28
	12.0	13.3333	9	8.45	0.04
	13.3333	14.6667	7	8.00	0.13
	14.6667	16.0	8	6.42	0.39
	16.0	17.3333	2	4.36	1.28
Mayor	17.3333		5	4.47	0.06

Fuente: STATGRAPHICS.

Chi-Cuadrada = 4.06029 con 6 g.l. Valor-P = **0.668518**

Debido a que se trabaja con 52 datos, se realiza la prueba Chi-cuadrado, y dado que el valor-P es mayor que el nivel de significancia (0.05) no se puede rechazar la hipótesis de que esta variable sigue una distribución normal.

Trabajando de forma similar, de ciertas variables se consiguieron los resultados que se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. *Ajuste de distribución de probabilidad de las variables de interés.*

Variable	Distribución ajustada	Prueba aplicada	P-valor
Tiempo entre fallas en mezcladora 01 (minutos)	LogN($\mu=342.88$; $\sigma=658.56$)	Kolmogorov-Smirnov	0.83
Tiempo entre fallas en mezcladora 045 (minutos)	Gamma(0.61; 0.0006)	Kolmogorov-Smirnov	0.46
Tiempo entre fallas en molinos (minutos)	LogN($\mu=2074.63$; $\sigma=12036.20$)	Kolmogorov-Smirnov	0.40
Tiempo entre fallas en pellet 16 (minutos)	Exp($\lambda=1/155.38$)	Kolmogorov-Smirnov	0.96

Continuación Tabla 12. *Ajuste de distribución de probabilidad de las variables de interés.*

Variable	Distribución ajustada	Prueba aplicada	P-valor
Tiempo entre fallas en pellet 17 (minutos)	$N(\mu=166.38; \sigma=107.38)$	Chi-cuadrado	0.28
Tiempo entre fallas en pellet 67 (minutos)	$\text{Exp}(\lambda=1/169.81)$	Kolmogorov-Smirnov	0.25
Duración de las fallas en mezcladora 01 (minutos)	$N(\mu=18.66; \sigma=7.02)$	Kolmogorov-Smirnov	0.92
Duración de las fallas en mezcladora 45 (minutos)	$N(\mu=16.35; \sigma=6.76)$	Kolmogorov-Smirnov	0.91
Duración de las fallas en los molinos (minutos)	$\text{LogN}(\mu=27.95; \sigma=24.17)$	Kolmogorov-Smirnov	0.62
Duración de las fallas en pellet 16 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=11.83; \sigma=6.24)$	Chi-cuadrado	0.20
Duración de las fallas en pellet 17 (minutos)	$\text{Gamma}(3.36; 0.17)$	Chi-cuadrado	0.75
Duración de las fallas en pellet 67 (minutos)	$\text{Gamma}(2.82; 0.17)$	Chi-cuadrado	0.14
Tiempo que tarda el arranque de turno en mezcladora 01 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=34.70; \sigma=27.62)$	Chi-cuadrado	0.39
Tiempo que tarda el arranque de turno en mezcladora 45 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=31.11; \sigma=21.10)$	Chi-cuadrado	0.34
Tiempo que tarda el arranque de turno en pellet 16 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=59.49; \sigma=39.46)$	Kolmogorov-Smirnov	0.92
Tiempo que tarda el arranque de turno en pellet 17 (minutos)	$\text{Gamma}(2.38; 0.04)$	Kolmogorov-Smirnov	0.88
Tiempo que tarda el arranque de turno en pellet 67 (minutos)	$\text{Gamma}(1.32; 0.02)$	Kolmogorov-Smirnov	0.93
Tiempo en el que se realiza el cambio de producto en mezcladora 01 (minutos)	$N(\mu=13.85; \sigma=5.85)$	Chi-cuadrado	0.37

Continuación Tabla 12. *Ajuste de distribución de probabilidad de las variables de interés.*

Tiempo en el que se realiza el cambio de producto en mezcladora 45 (minutos)	$N(\mu=10.74; \sigma=5.67)$	Chi-cuadrado	0.12
Tiempo en el que se realiza el cambio de producto en pellet 16 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=9.79; \sigma=3.49)$	Chi-cuadrado	0.40
Tiempo en el que se realiza el cambio de producto en pellet 17 (minutos)	$\text{LogN}(\mu=10.76; \sigma=3.27)$	Chi-cuadrado	0.29
Tiempo en el que se realiza el cambio de producto en pellet 67 (minutos)	$N(\mu=12.90; \sigma=3.24)$	Chi-cuadrado	0.67

Fuente: elaboración propia.

Para las siguientes variables, en la empresa no se posee estudios de tiempo, ni registros históricos, y no se pudo tomar datos suficientes de las mismas, se cuestionó a expertos en el área, como gerentes, supervisores, operadores de mezcla, para así obtener los valores más probables y los valores máximos y mínimos que pueden tomar las variables que se presentan en la Tabla 13, determinando así, que las mismas siguen distribuciones uniformes o triangulares, o en su defecto son asumidas como constantes.

Tabla 13. *Variables ajustadas a una distribución Triangular, Uniforme o de comportamiento constante.*

Variable	Distribución ajustada
Tiempo en realizar el muestreo físico al producto terminado a granel. (minutos)	Uniforme (15,20)
Tiempo en realizar el análisis químico a la materia prima, producto en proceso y al producto terminado (minutos)	Triangular (30,40,90)
Tiempo de maquinado en los molinos 953 y 1110 (ton/h)	Uniforme (16,27)
Tiempo de maquinado en el molino 866 (ton/h)	Uniforme (7,12)

Continuación Tabla 13. *Variables ajustadas a una distribución Triangular, Uniforme o de comportamiento constante.*

Tiempo de maquinado en la balanza (min/"batch")	3
Tiempo de maquinado en las mezcladoras 01 y 45 (min/"batch")	3
Tiempo de carga del producto terminado a granel en camiones de capacidad de 30-28 toneladas (minutos)	Triangular (15;27,5;60)
Tiempo de carga del producto terminado a granel en camiones de capacidad de 20-18 toneladas (minutos)	Triangular (10;17,5;35)
Limpieza de imanes en la mezcladora, puesta a punto (minutos)	10

Fuente: elaboración propia.

Según data histórica de la empresa, de los camiones que arriban a la empresa para retirar producto terminado a granel, el 65% tiene capacidad de 30 toneladas y el 35% restante de 20 toneladas.

Por otra parte, para el grupo de variables restantes, mencionadas de las Tablas 14 y 15, se consiguió representar su funcionamiento por medio de una distribución empírica de probabilidad, al poseer datos históricos de las mismas y conseguir representar estos datos en la distribución empírica mencionada.

Tabla 14. *Distribución de probabilidades de la cantidad de camiones que arriban por producto terminado a granel.*

1er turno (X = Camiones totales)								
X	0	2	3	4	5	6	7	8
P(Xi)	0.047	0.095	0.023	0.071	0.071	0.095	0.071	0.047
X	9	10	11	12	13	14	16	17
P(Xi)	0.166	0.095	0.023	0.071	0.047	0.023	0.023	0.023
2do turno (X = Camiones totales)								
X	0	1	2	3	4	5	6	7
P(Xi)	0.048	0.095	0.024	0.024	0.071	0.071	0.071	0.024
X	8	9	10	11	12	13	14	16
P(Xi)	0.071	0.048	0.071	0.119	0.095	0.095	0.048	0.024
3er turno (X = Camiones totales)								
X	0	1	2	3	4	5	6	7
P(Xi)	0.167	0.048	0.048	0.024	0.071	0.071	0.048	0.095
X	8	9	10	11	13	14	15	17
P(Xi)	0.095	0.071	0.024	0.071	0.071	0.048	0.024	0.024

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. *Distribución de probabilidades de los rendimientos de las pelletizadoras (toneladas/hora).*

Rendimiento de pelletizadoras											
Pelletizadora 16											
X (Ton/Hr)	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P(Xi)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.03	0.03	0.02	0.05	0.02	0.08	0.15
X (Ton/Hr)	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36
P(Xi)	0.08	0.11	0.13	0.05	0.04	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01
Pelletizadora 17											
X (Ton/Hr)	14	15	17	19	20	21	22	23	24	25	26
P(Xi)	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.04	0.04	0.02	0.08	0.03	0.11
X (Ton/Hr)	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
P(Xi)	0.06	0.1	0.06	0.11	0.11	0.1	0.04	0.02	0.02		
Pelletizadora 67											
X (Ton/Hr)	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
P(Xi)	0.01	0.02	0.01	0.06	0.03	0.05	0.2	0.12	0.13	0.06	0.11
X (Ton/Hr)	22	23	24	25	26						
P(Xi)	0.06	0.07	0.03	0.03	0.01						

Fuente: elaboración propia.

Construcción del modelo de simulación

- Llegada de Pedidos. Se inicia con la planificación de la cantidad de pedidos que se fabricaran en la semana (como se muestra en la Figura 10), proceso representado por medio de un archivo de texto que posee la cantidad de pedidos programados y sus características tales como el tipo de producto, toneladas totales, presentación, día de producción y la línea (mezcladora) en donde será procesado, mientras se van generando la cantidad de pedidos de la semana, estos se dividen en las respectivas cantidades de “batch”es que los conforman, siendo asignadas por cada producto las capacidades de producto de los distintos bins y tolvas que almacenan el mismo durante el proceso de producción.

El diagrama de flujo en ARENA® V.14 se puede observar en la Figura 11.

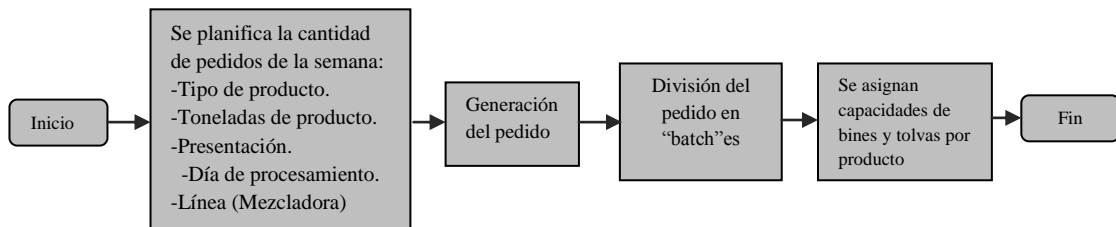


Figura 10. Diagrama de la llegada de pedidos.

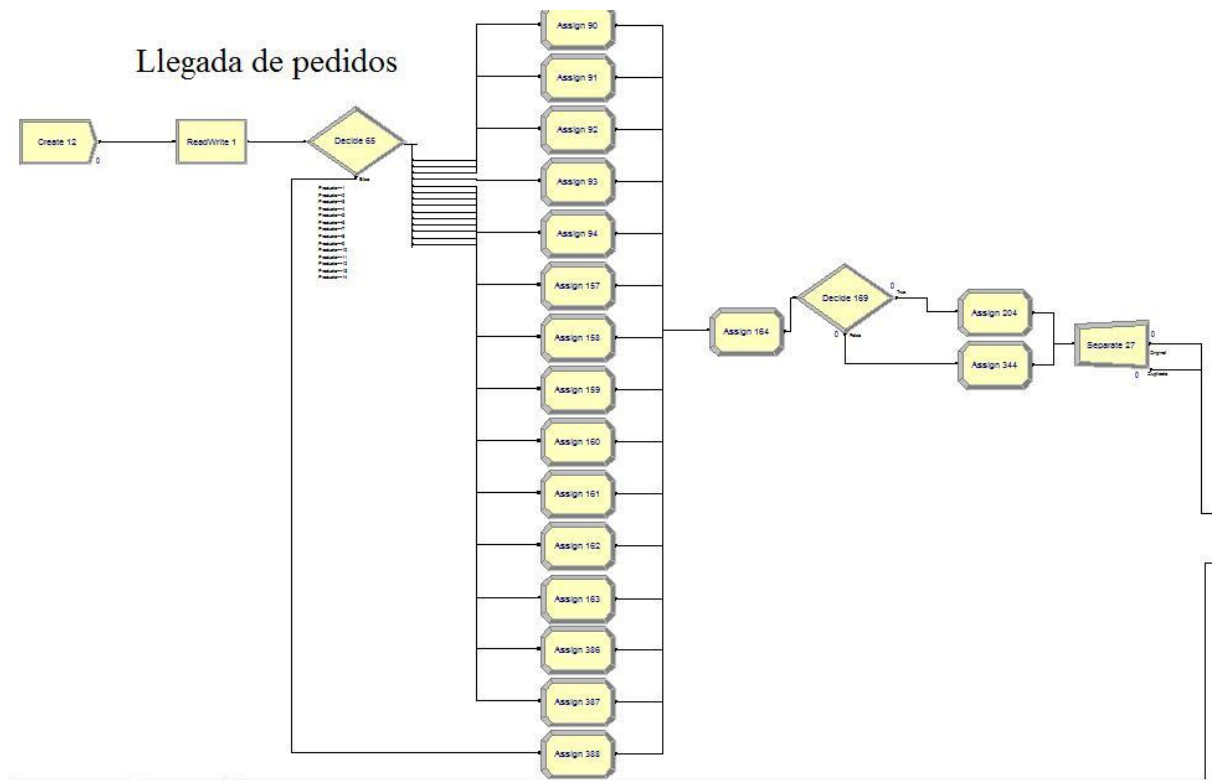


Figura 11. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 de la llegada de pedidos.

- Preparación de materia prima. El llenado de arcones de insumos empieza (expuesto en la Figura 14) cuando uno de estos necesita ser molido, si no hay molinos disponibles este espera hasta que si lo haya, en situación que si lo esté la materia prima se muele inmediatamente, dada la ocasión que no sea maíz o harina de soya (ya que estas poseen dos arcones para su almacenamiento, uno por línea), luego de ser molido el insumo si este cabe en su arcón correspondiente se vacía por completo en el mismo, hecho contrario se descarga en este la cantidad posible y el resto espera a que se evacue el arcón por requerimientos de fabricación producto.

En relación con las materias primas como el maíz y soya, éstas tienen dos lugares para su almacenamiento (una por línea), se elige el arcón que posea menor cantidad de la misma, si toda la cantidad de material tiene lugar en el arcón se vierte por completo en él, asunto inverso se descarga la cantidad posible y el resto si cabe en el otro arcón se libera en el mismo, caso contrario se espera hasta que haya uno disponible. En las Figura 12 y Figura 13 se muestra el diagrama de flujo de esta actividad en ARENA® V.14.

Llenado de arcones

Materia prima molida:

Maíz

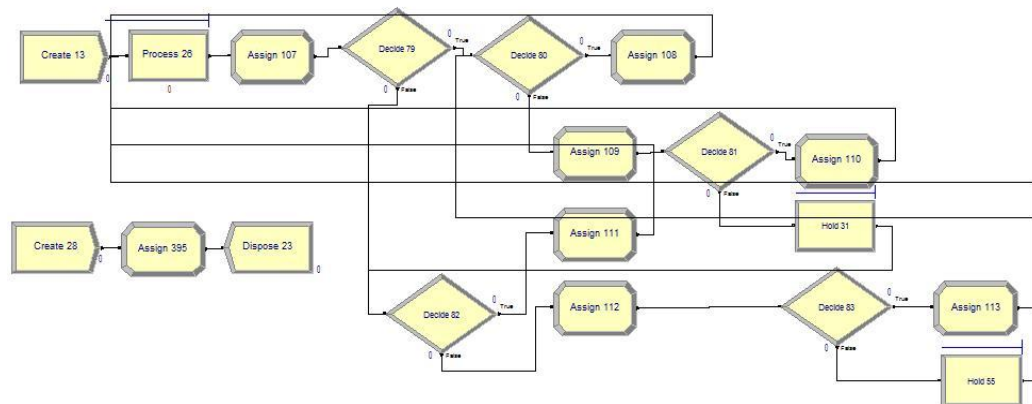


Figura 12. Diagrama de Flujo en ARENA® V.14 de la preparación de materia prima, Maíz.

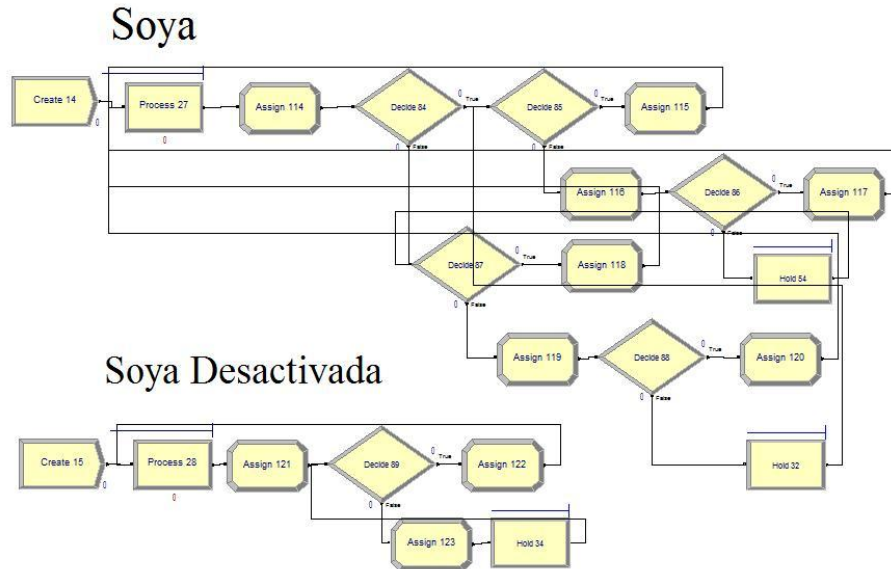


Figura 13. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 de la preparación de materia prima, soya y soya desactivada.

- Dosificación de materia prima, pesado, mezclado y pelletizado. Como se observa en la Figura 15, luego de que los pedidos son generados y divididos en “batches”, estos arriban con sus requerimientos de materia prima al proceso de producción, si la cantidad de materias primas requerida del “batch” es mayor a la disponible en los arcones de la línea, se espera hasta que la misma esté disponible, en caso contrario se arrastran los insumos del lote a la balanza, donde es pesado para luego ser trasladado a la mezcladora.

Luego de que el “batch” es procesado por esta máquina, si hay una tolva pre pellet disponible para un lote de ese tipo de producto, se vacía el “batch” en dicha tolva, en situación contraria el lote espera a que se libere una tolva para su tipo de producto, seguidamente la pelletizadora alimentada por la tolva en donde se liberó el producto

procesa el mismo. En la Figura 16 y en la Figura 17 se muestra el diagrama de esta actividad en ARENA® V.14.

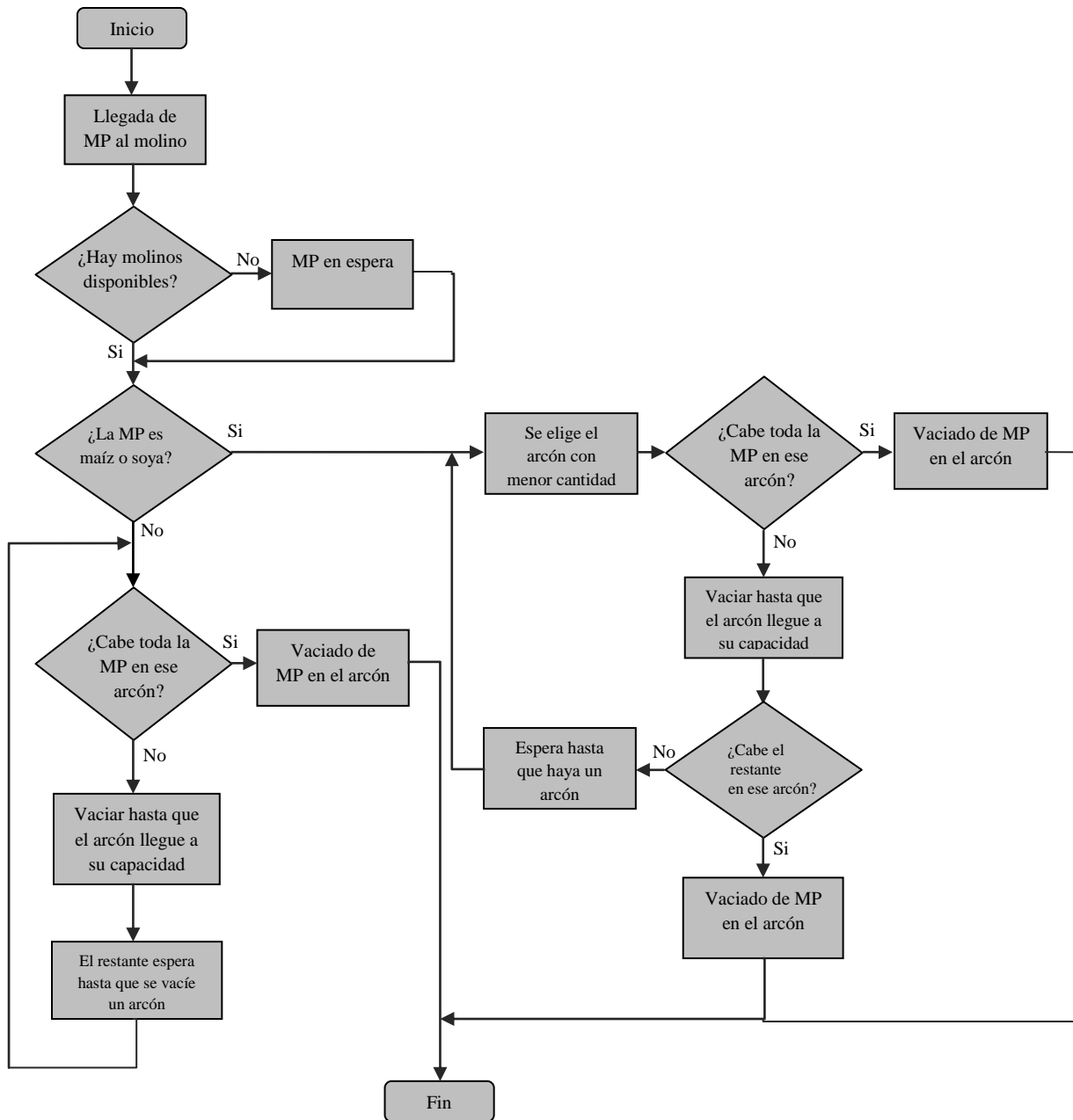


Figura 14. Diagrama de la preparación de la materia prima.

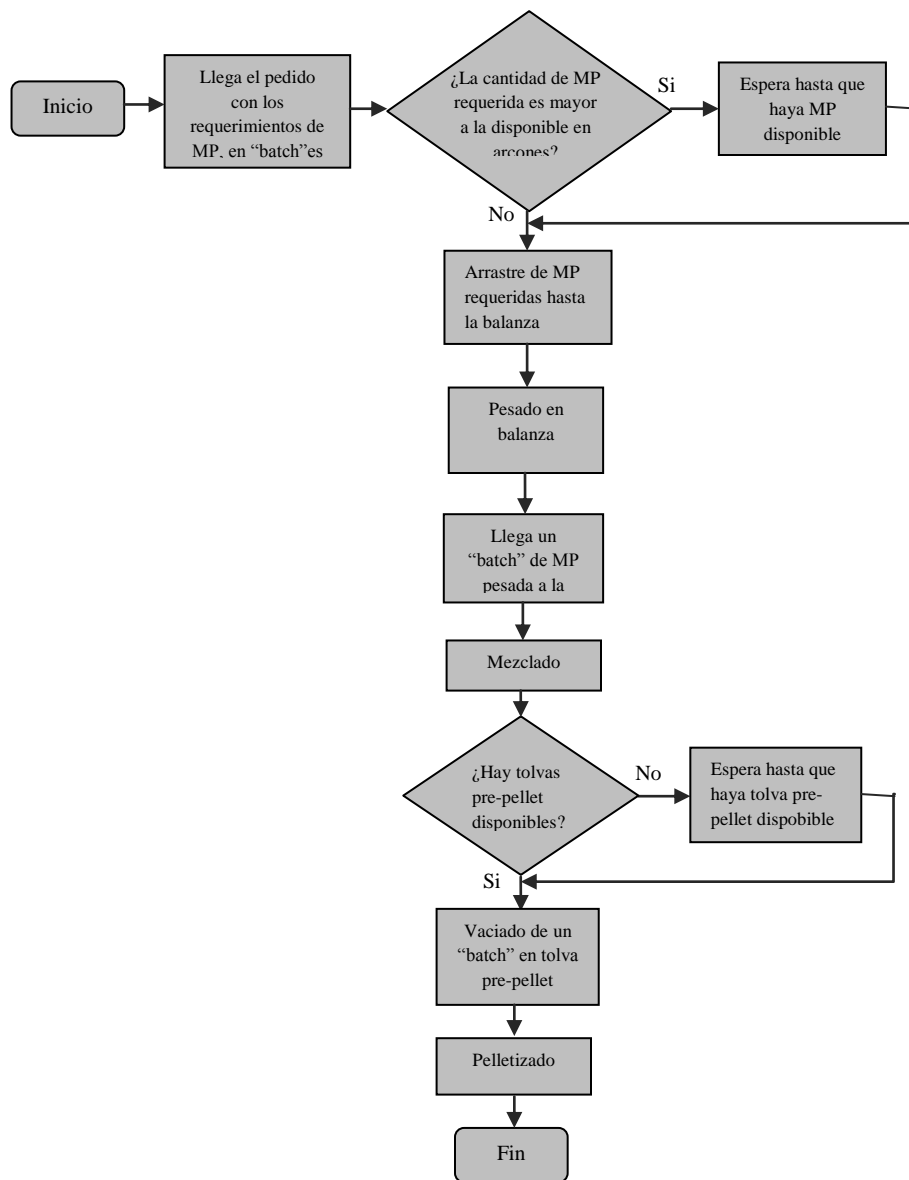


Figura 15. Dosificación de materia prima, pesado, mezclado y pelletizado

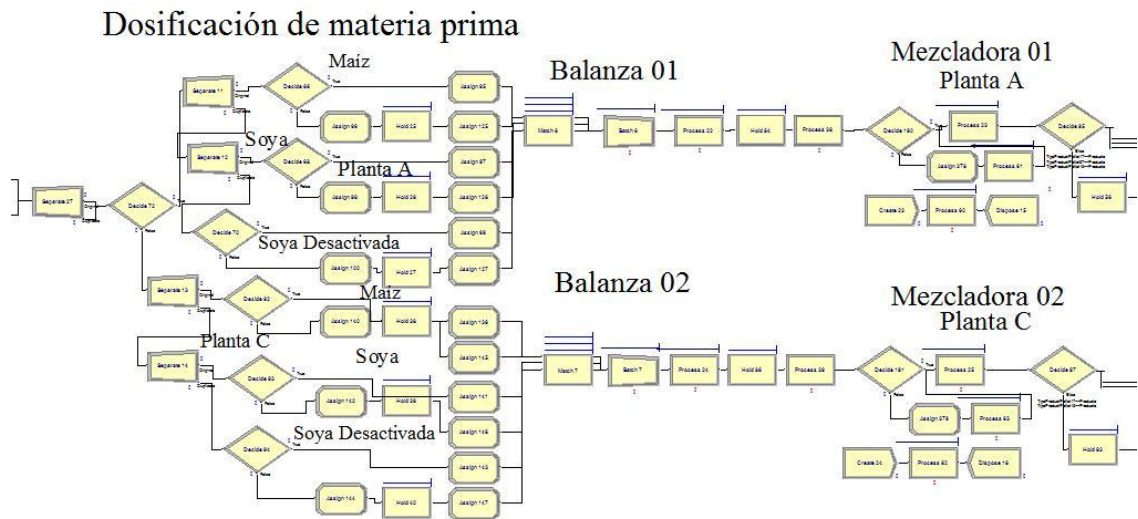


Figura 16. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 de la dosificación de materia prima, pesado y mezclado.

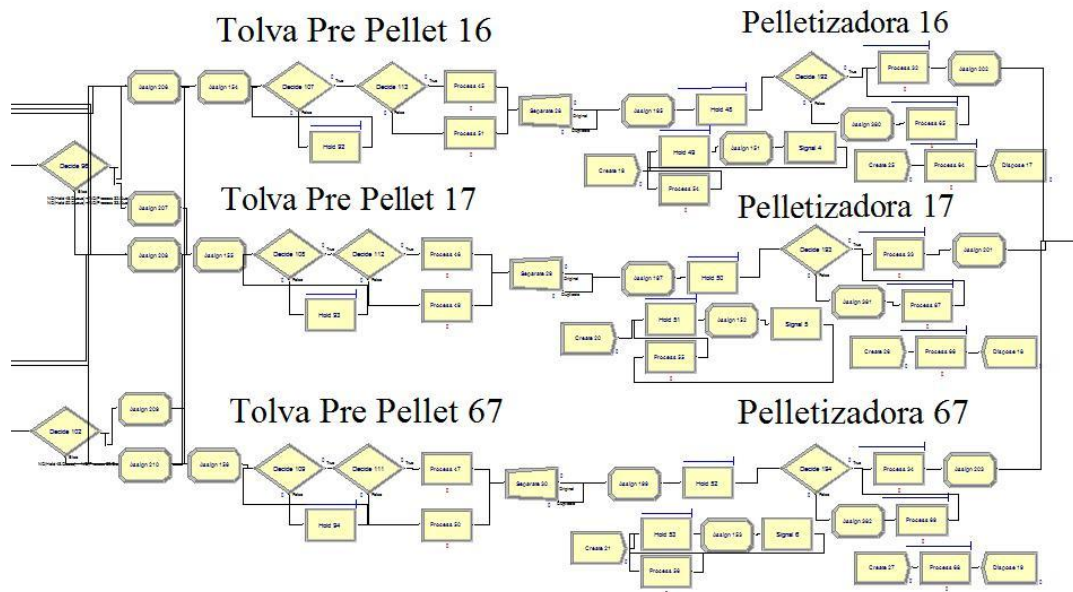


Figura 17. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 del proceso de Pelletizado.

- Actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación empaque. Comienza el proceso cuando cantidad de producto proveniente de la pelletizadora necesita ser almacenada en las tolvas de empaque, si una de esta se encuentra libre o con el mismo producto sin superar su capacidad, se vacía dicha cantidad en la tolva disponible, supuesto contrario el producto espera a que una tolva empaque se encuentre disponible. Consecuentemente (Como se presenta en la Figura 18) las toneladas del pedido son empacas en sacos, si la cantidad de sacos no es la total necesaria para cumplir el pedido, se retiene el pedido hasta que esta cantidad sea la requerida, en caso inverso el pedido está listo para ser almacenado o despachado. En la Figura 19 se muestra el diagrama de flujo en ARENA® V.14 de esta operación.

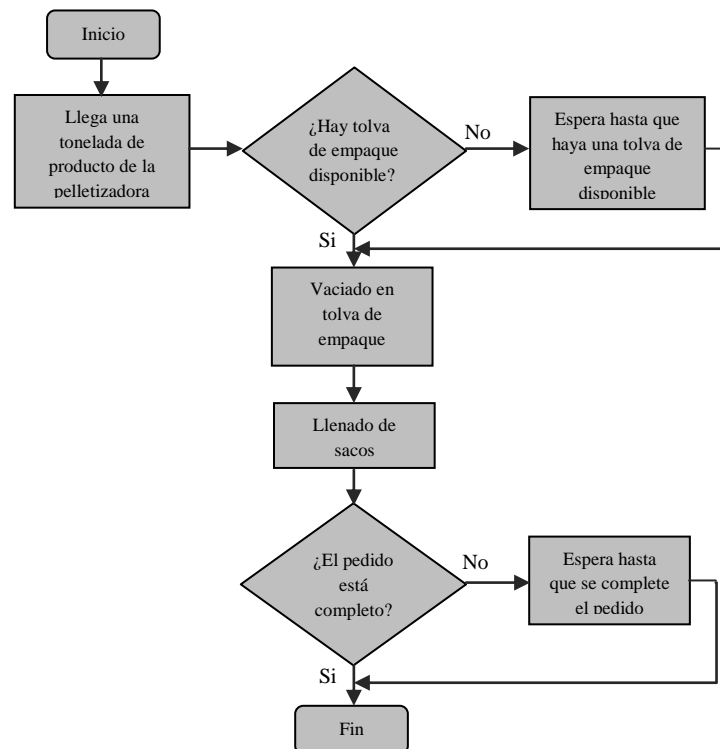


Figura 18. Actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación empaque

Presentación: Sacos

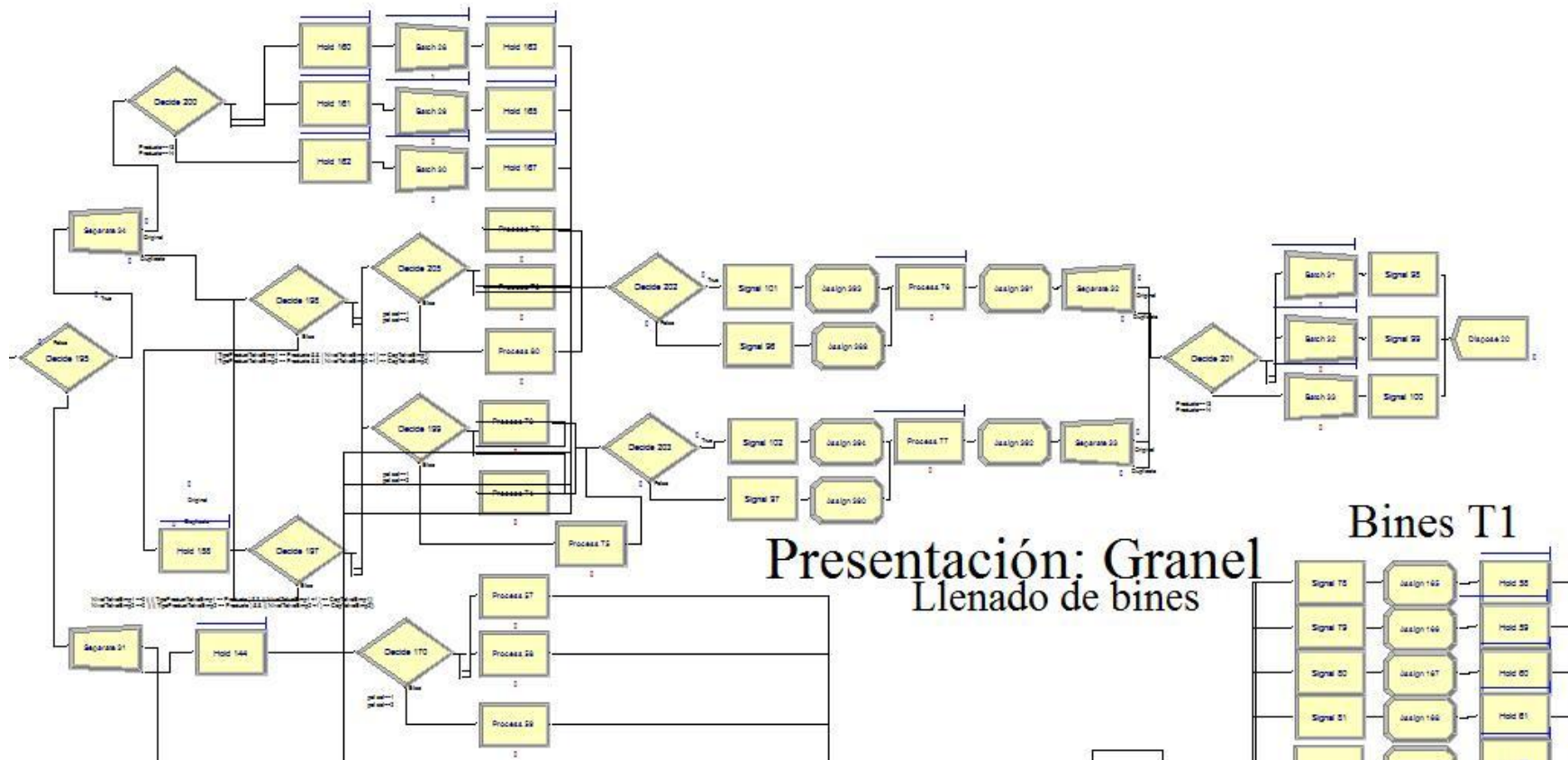


Figura 19. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 de la actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación empaque.

- Actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación a granel. Como se puede notar en la Figura 20, luego de que el producto sale de la pelletizadora, si no hay un bin disponible o con el mismo tipo de producto y capacidad para almacenarlo, este espera a que haya espacio disponible, suponiendo que lo hay se descarga y almacena en el bin, posteriormente se verifica si el pedido está listo, de no ser así se espera a que se almacene en su totalidad las toneladas del pedido en los distintos bins, de ser así se verifica si hay camiones disponibles para llevarse el pedido, de los cuales el 65% de las veces tienen una capacidad de 30 toneladas y el 35% restante de 20 toneladas.

Si no hay camión para despacho el pedido es retenido hasta haberlo, en caso de que lo haya se corrobora si la cantidad de producto terminado en el bin seleccionado del pedido es mayor a la capacidad del camión, de ser así se descarga el producto hasta el tope del transporte, para luego ser inspeccionado y despachado, quedando pedido en los bins por retirar.

Dada la situación en que la cantidad de producto terminado en el bin sea menor que la capacidad del vehículo, es vaciado el producto por completo quedando el transporte con espacio de llenado, por lo cual se verifica si hay otros bins con el mismo pedido, si esto se cumple se llena el camión hasta su capacidad con el producto situado en otro bin para luego inspeccionar el lucro y despachar el camión, permaneciendo aun otros bins con el pedido. En escenario que no resten bins con pedido, se inspecciona el producto del transporte aunque no esté hasta su tope y se despacha el vehículo y el pedido por completo. La Figura 21 muestra el diagrama de flujo en ARENA® V.14 de esta actividad.

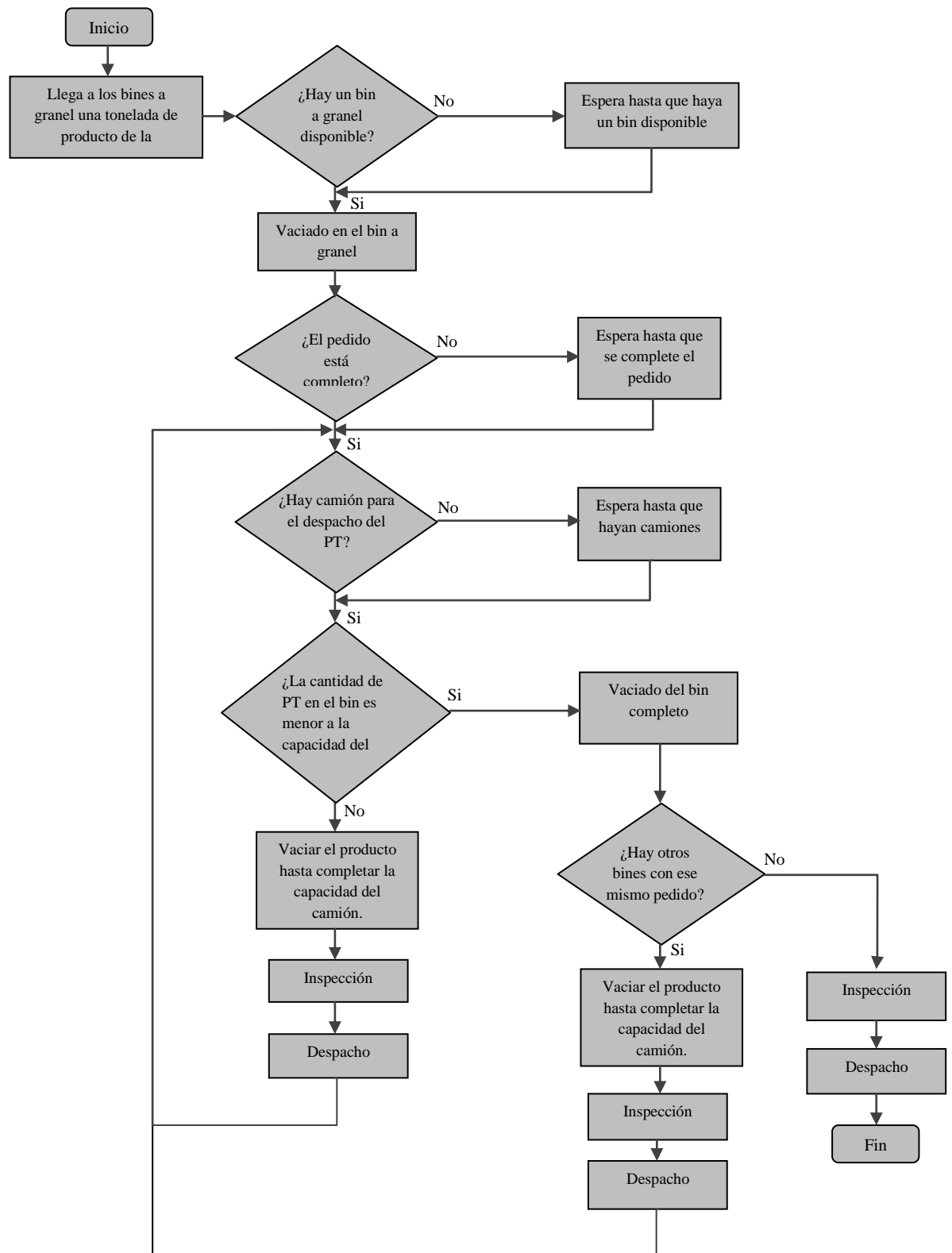


Figura 20. Actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación a granel

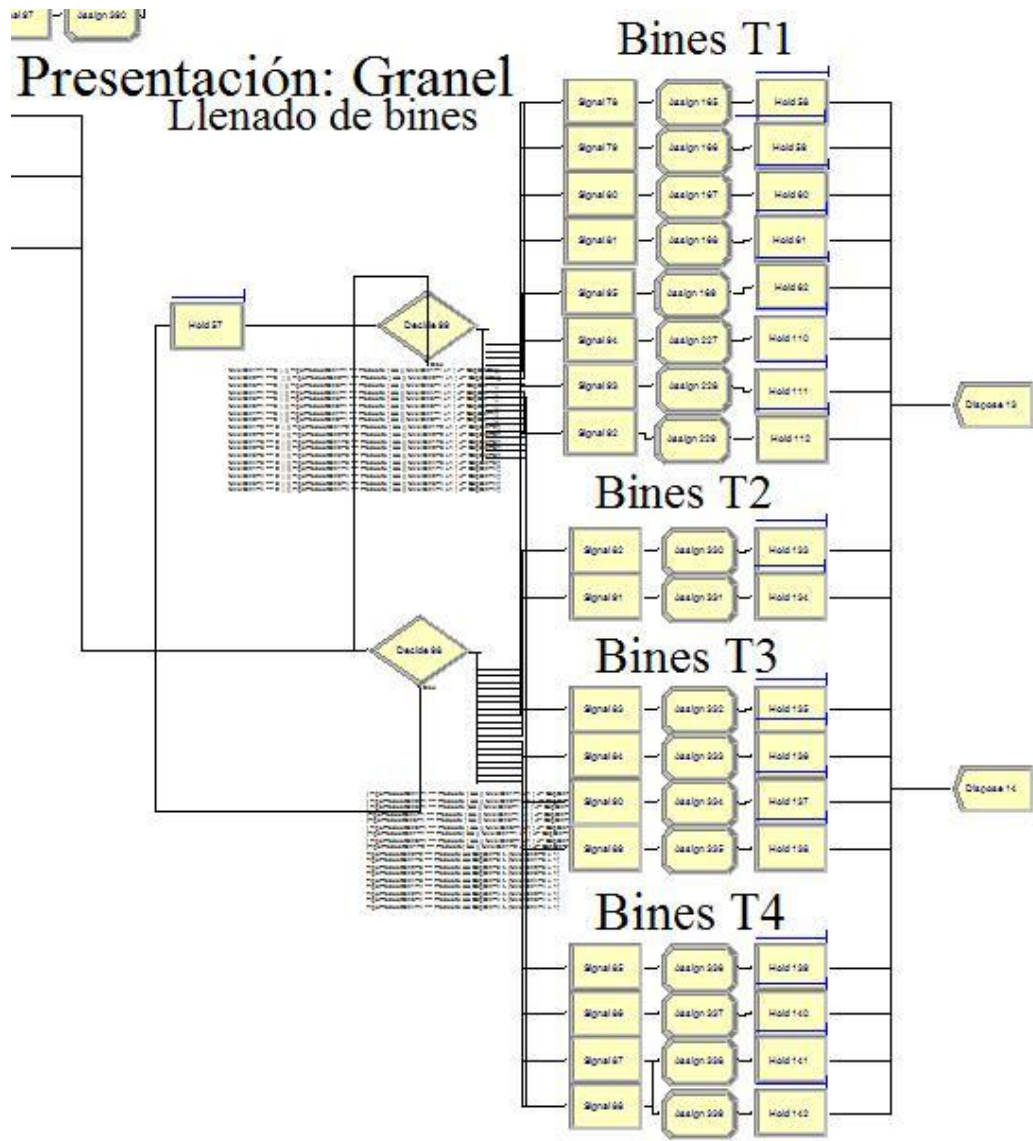


Figura 21. Diagrama de flujo en ARENA® V.14 de la actividad de almacenaje y despacho de producto terminado en presentación a granel

En las Figuras 22,23 y 24 se observa el diagrama completo del modelo en ARENA® V.14 y en la Figura 25 la representación animada del mismo.

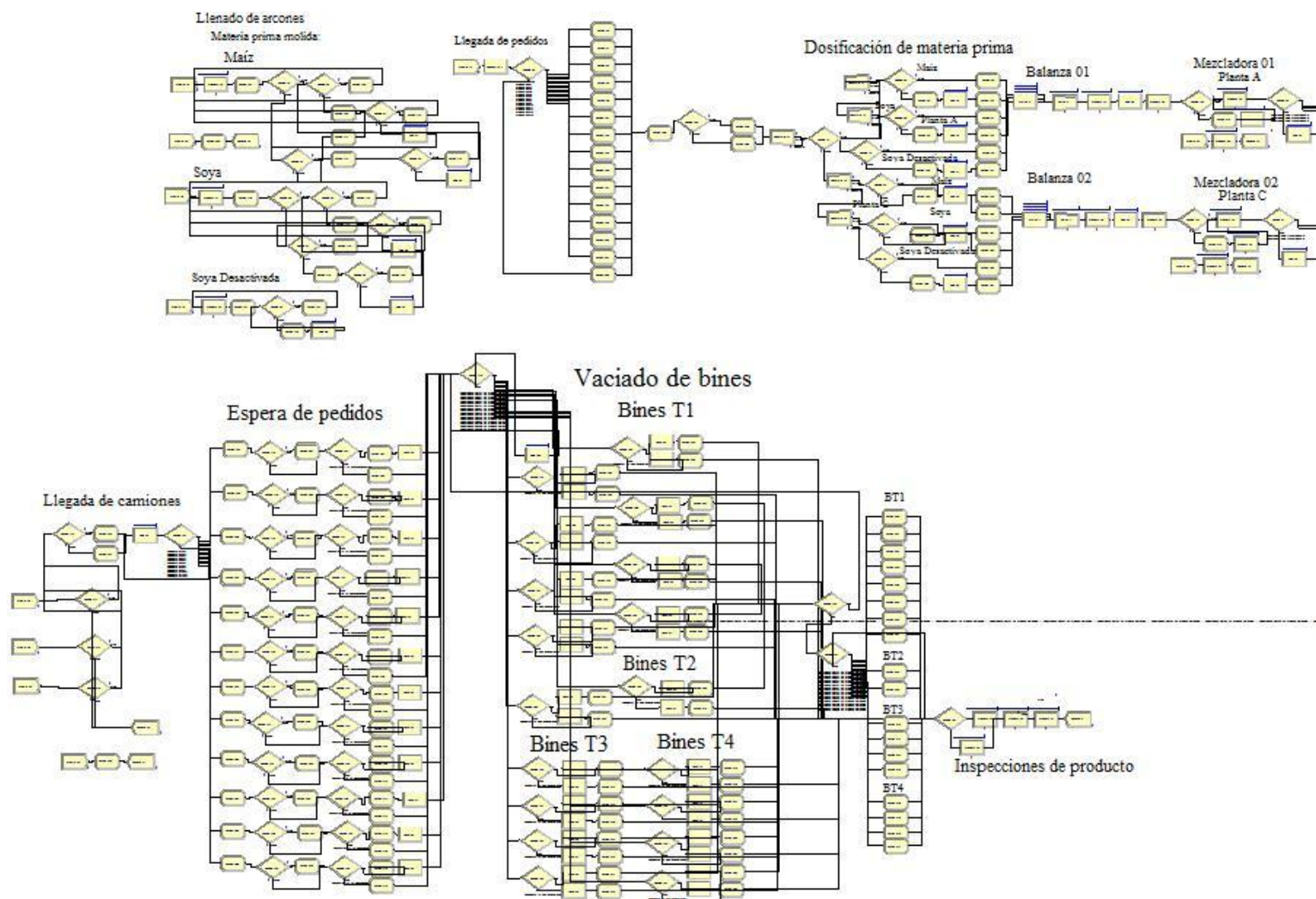


Figura 22. Diagrama completo del modelo en ARENA ® V.14.

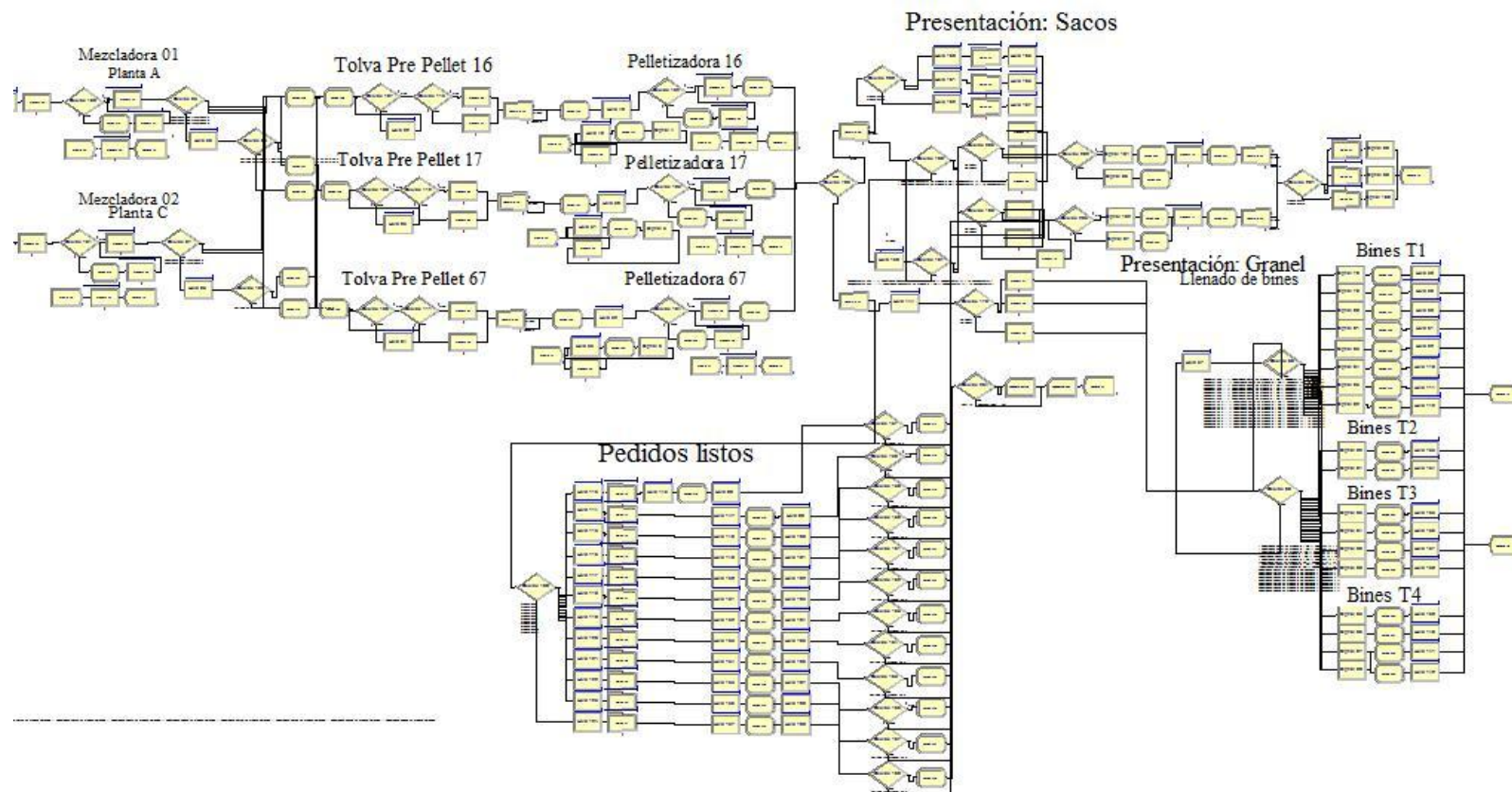


Figura 23. Continuación del Diagrama completo del modelo en ARENA ® V.14.

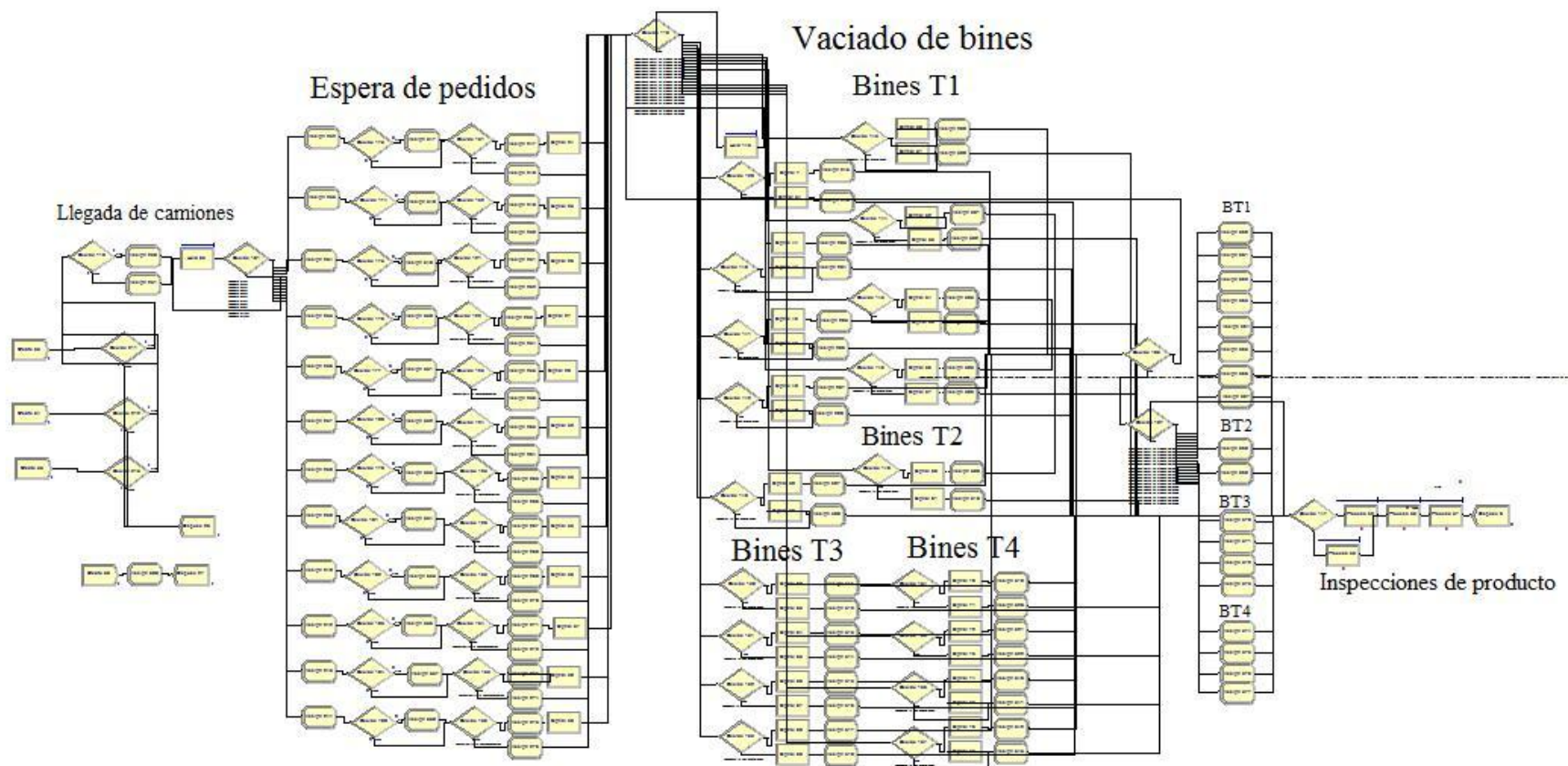


Figura 24. Continuación del Diagrama completo del modelo en ARENA ® V.14.

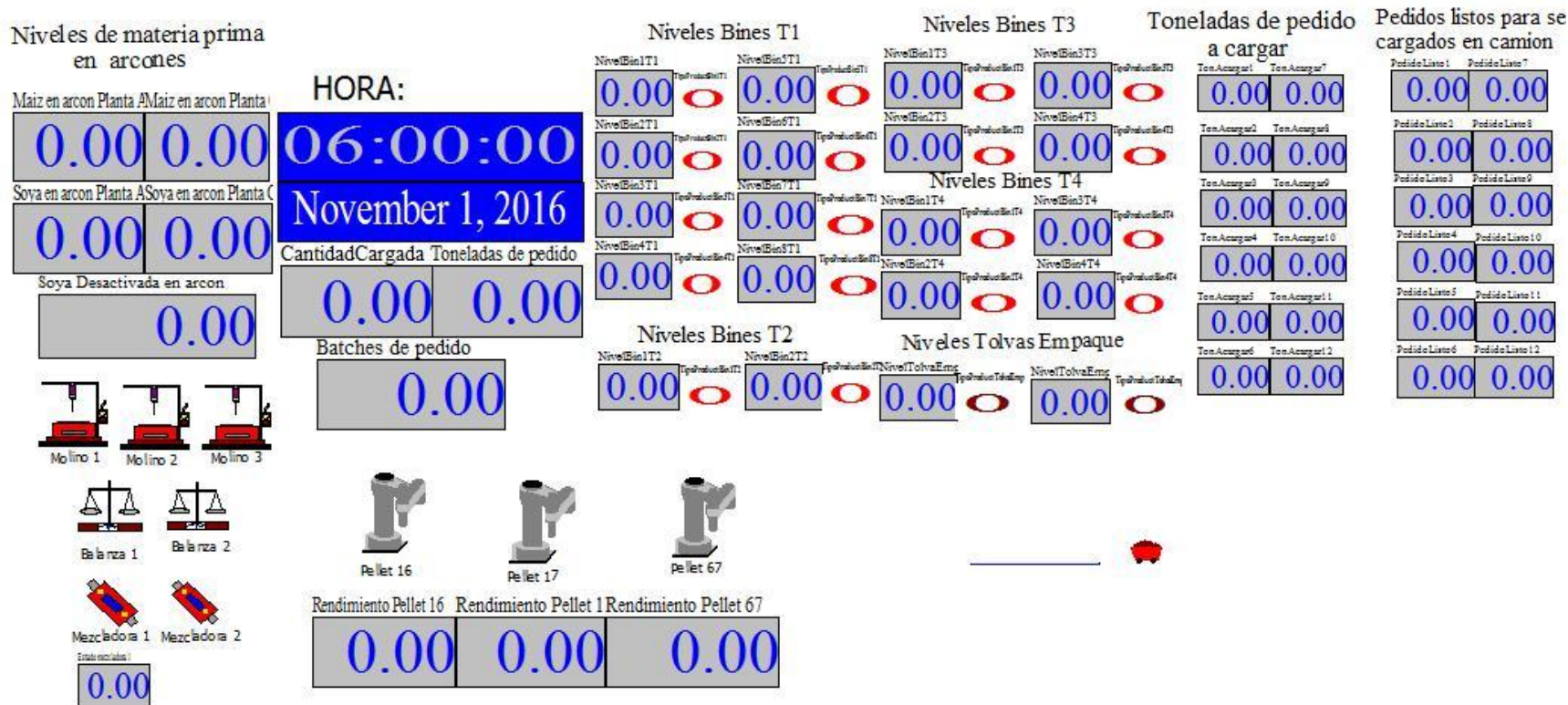


Figura 25. Animación del modelo en ARENA ® V.14.

Verificación del modelo

Para comprobar el funcionamiento del modelo se realizan distintas pruebas que corroboran una correcta labor adecuada a la realidad, se verifica que no exista ningún error de programación o respuestas equivocadas. Es por ello que se hizo uso de diferentes herramientas que proporciona el programa ARENA ® V.14.

Se animó el modelo para poder realizar un seguimiento detallado y monitorear el comportamiento de las diferentes entidades, recursos y variables de interés. Para diferenciar a las distintas entidades, se usó el “entity picture” asignando imágenes diferentes a las mismas para distinguir a los distintos tipos de productos a lo largo del modelo, observando cómo se comportan a través de los diferentes nodos del modelo de la manera esperada.

Se hizo uso de la herramienta “clock” el cual permite ver el tiempo reloj en el que ocurren los eventos, para lograr así comprobar que los diferentes hechos ocurrieran en el tiempo en que debían. A su vez, a partir de animaciones de recursos y variables que permiten ver el movimiento de pedidos, “batches”, toneladas, en máquinas, bins y tolvas, se pudo hacer el seguimiento de que estos operaban de la manera adecuada. Como por ejemplo de esta verificación, se siguieron los siguientes eventos:

- Los niveles de arcones, bins y tolvas, observando el vaciado y llenado continuo de los mismos.
- El rendimiento de las pelletizadoras, tomando en cuenta su tiempo de maquinado.
- El tiempo de puesta a punto que ocurre cada 8 horas.

- La llegada y llenado de camiones.
- Preparación de los pedidos, junto con la cantidad de pedidos listos, tanto a granel como a empaque.
- Utilización de recursos como mezcladoras, pelletizadoras, molinos y balanzas, corroborando las colas que se realizan en los mismos.

Por último se alteró el número de pedidos que recibe y planifica la planta en la semana, para así obtener el comportamiento esperado por parte del modelo con respecto a lo que ocurre en la realidad, pedidos listos, pedidos listos a tiempo y pedidos no realizados.

Salidas de interés

Para estimar el desempeño del sistema, repercutiendo en el cumplimiento del plan de producción por medio del modelo de simulación se usaron las siguientes medidas:

- Número de pedidos despachados.
- Número de pedidos a tiempo.
- Número de pedidos a destiempo.
- Número de pedidos no realizados.
- Toneladas totales producidas.
- Nivel de servicio

Se desea aumentar el nivel de servicio de la planta (esperando afectar positivamente el cumplimiento del plan de producción), para llevar el control del

mismo en el modelo se procede a dividir la cantidad total de pedidos programados entre el número de pedidos despachados a tiempo:

$$\text{Nivel de servicio} = (\text{Numero de pedidos a tiempo} / \text{Numero de pedidos totales}) * 100$$

Validación del modelo.

En el proceso de validar el modelo se corrobora que los resultados que éste provee correspondan a resultados que se exhiben en la realidad, esto se realiza comparando las salidas del modelo con los datos obtenidos del sistema real. Pero antes de realizar esta certificación, se debe determinar el periodo de calentamiento, el tiempo de simulación y el número de réplicas necesarias del modelo.

El sistema en estudio es de terminación definida, debido a que éste se reinicia cada cinco (5) días cuando se planifican nuevamente los pedidos para la semana siguiente. Esto quiere decir que al tener una terminación específica, no aplica el concepto de periodo de calentamiento, por lo tanto se asume que el mismo es de cero (0). Al ser el sistema constantemente reiniciado luego del final de la semana, el tiempo de simulación es de cinco (5) días, respondiendo a que los pedidos planificados se deben realizar en los días de trabajo de esa semana pautada.

Para conocer el número de réplicas, se efectuó un estudio piloto en ARENA ® V.14, donde se realizaron diferentes cantidades de las mismas garantizando independencia entre ellas, reiniciando el sistema y evitando de esta manera la influencia de una réplica en otras. Inició el análisis piloto con cinco (5) réplicas, en las cuales se observó la amplitud por intervalo del nivel de servicio obtenido arrojando resultados no

permisibles, seguidamente se alteró la cantidad de réplicas hasta que la precisión del nivel de servicio arrojó un error tolerable de $\alpha = 0.05$; como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. *Número de réplicas del modelo.*

Número de réplicas	5	10	20
Nivel de Servicio	50.67%	50.67%	48.83%
Error Nivel de Servicio	0.14	0.07	0.05

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14.

Para veinte (20) réplicas la amplitud del intervalo es de 0.05, estimación calificada como un error tolerable, significando así este número de réplicas como aceptable.

Obtenido un tiempo de simulación (5 días), y el número de corridas (20), se procede a observar si los resultados del modelo corresponden a los valores que tienen las variables de interés en la realidad.

Este proceso de validación se realizó por medio de un contraste de hipótesis en STATGRAPHICS, con la finalidad de demostrar que el resultado del nivel de servicio obtenido del modelo (0.4883) corresponde con el de los datos reales. A continuación de aplica el procedimiento general de Prueba de hipótesis:

1. Se procede a identificar el parámetro de interés:

Por el contexto de la validación: Nivel de servicio

2. Establecimiento la hipótesis nula H_0 :

H_0 : Nivel de servicio del modelo = 0.6333

3. Especificación de la hipótesis apropiada alternativa:

H1: Nivel de servicio del modelo $\neq 0.6333$

4. Selección del nivel de significancia: $\alpha = 0.05$
5. El programa calcula un Valor-P = $0.314557 > 0.05$
6. Concluyendo que puesto el Valor-P (0.31) para la prueba, es mayor que 0.05.

No se puede rechazar la hipótesis nula de que el resultado de nivel de servicio del modelo (0.4883) corresponde a los datos reales del sistema (0.6333), con un 95% de nivel de confianza.

Aunado a este análisis, se efectuó la validación con expertos, poniendo el modelo de simulación en funcionamiento frente a gerentes y supervisores de Alimentos Súper S C.A, para que con su experiencia emitieran un juicio de valor en relación a los resultados obtenidos. Se realizaron diferentes pruebas que consistieron en ingresar en el modelo pedidos que los expertos mencionan que planean y realizan con frecuencia, comparando los resultados reales y del sistema de cantidad de pedidos listos a tiempo, a destiempo, no realizados en la semana, tiempos en que llega la materia prima a la balanza, a la mezcladora o a la pelletizadora correspondiente.

De la misma manera se ingresó una configuración de pedidos que hiciera que la planta colapsara para ver en que parte de proceso de producción se trancaría el mismo, notando en el momento que en efecto el modelo actúa como la planta en la realidad; arrojando así, estas pruebas, que los resultados obtenidos en el modelo, si coinciden con sus experiencias y que si se ajusta a la existente; siendo entonces un modelo aceptado por los expertos de Alimentos Súper S C.A.

Análisis de los resultados de la validación

Luego de simular el sistema 20 veces se obtiene que el proceso de producción posee un nivel de servicio de 48.83%, teniendo un total de 30 pedidos planeados, 14.65 listos a tiempo, 11.8 a destiempo y 3.55 no realizados. Además se observa que se logró producir el 67.52% de las toneladas planeadas para la semana.

Se observa la desincronización que existe en la operación de dosificación de materias primas necesarias de arcones a balanzas, teniendo como consecuencia que cuando se agota la materia prima molida almacenada, en promedio 1.7697 “batches” esperan 50.502 minutos/”batch” por insumo (hasta que los molinos surten a los arcones, y que los mismos alimenten a las plantas), proceso que debería tener una duración máxima de 3 minutos. Problemática causada porque los molinos no logran llenar los arcones a la razón necesaria para que sea un proceso continuo.

Luego de analizar la frecuencia en la que ocurren las fallas y el tiempo de reparación de las mismas en todas las máquinas (molino 1, 2y 3; mezcladoras 01, 045, pelletizadoras 16, 17 y 67), el modelo refleja que la mezcladora 01 (Planta C) es la que permanece más tiempo inactiva por consecuencia de fallas, siendo este tiempo el 58.01% de tiempo total de la semana, ocasionando que esta máquina no sea eficiente, comprometiendo la producción planeada, causando de esta manera que los pedidos en proceso no estén listos a tiempo, y los pendientes no se realicen en la semana planificada, lo cual repercute en disminución del nivel de servicio y falta de cumplimiento del plan de producción.

Se evidencia que la operación cuello de botella es el vaciado de bins de presentación a granel, dado que si los mismos no son evacuados o no existe uno disponible para el producto terminado a granel, las pelletizadoras no pueden procesar el mismo, ya que no tendrían capacidad de almacenarlo, debido a esta situación en estas máquinas, aunque las pelletizadoras 16, 17 y 67 presenten un uso de 62.60%, 55.68% y 52.17% respectivamente, en las tolvas pre pellets de las mismas esperan en promedio 33.286 toneladas de producto un tiempo de 4.267 horas/toneladas. Este escenario no solo afecta a estas máquinas, que al no poder procesar producto a causa de los bins, las tolvas pre pellets no logran vaciarse continuamente, siendo este el origen de paradas de las mezcladoras cuando no hay una tolva libre, contribuyendo a que en estas máquinas esperen 7.88 toneladas con un tiempo promedio de 0.70 horas/toneladas.

Los resultados revelan el desajuste que hay en el vaciado y llenado de los bins de presentación a granel, situación particular generada en el momento en que los pedidos están listos para ser despachados en los bins, pero el aguardo por camiones para despacho es extenso, esperando cada producto en promedio 8.11 horas para ser retirado por completo, problema que puede originarse en que la cantidad de camiones que arriban para ser llenados no es la necesario o también debido a el proceso de llenado de camiones de producto a granel; que aunque la utilización del recurso tomado es apenas de 45,18% puede que uno solo sea insuficiente debido a que la tarea se torna larga y los demás camiones deben esperar a que se realice la descarga de producto uno a uno, esto se refleja en que 1.9243 camiones en promedio esperan un tiempo de 3.9 horas/camión para ser cargados de producto.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS DE MEJORAS

En este capítulo se presentan las diferentes propuestas de mejoras con las que se espera eliminar o disminuir las principales causas detectadas que afectan negativamente el desempeño del proceso de producción, se evalúa cada una de éstas y se experimenta, por medio del modelo construido, en determinados escenarios, buscando la mejor propuesta y configuración que genere mayor beneficio al sistema.

El nivel de servicio en estos ensayos se considera el porcentaje de pedidos realizados entregados a tiempo, en relación con los pedidos totales planeados. El porcentaje de cumplimiento del plan de producción, se refleja en la cantidad de pedidos totales realizados y en la cantidad de toneladas producidas.

Se realizaron experimentos en el modelo para evaluar dichas propuestas, examinando inicialmente cómo se comportaría el sistema con cada una de estas en su escenario separadamente, para así lograr determinar si las mismas le convienen al mismo. Tarea que se llevó a cabo para determinar la propuesta aislada más conveniente para el desempeño del nivel de servicio de la empresa, y por consiguiente el cumplimiento del plan de producción.

Como se expresó en el análisis de resultados, se ejecutó el modelo con un tiempo de simulación de cinco (5) días y veinte (20) réplicas; para la situación actual y el análisis de las distintas propuestas planteadas, teniendo como resultados para el desempeño actual del sistema, los mostrados en la Tabla 17.

Tabla 17. *Resultados para el desempeño actual del sistema por indicador.*

Indicador	Resultado situación actual	Estimación de intervalo
Pedidos totales planeados	30	-
Toneladas totales planeadas	2797	-
Nivel de servicio (%)	48.83	48.83±5
Pedidos realizados a tiempo	14.65	14.65±1.57
Pedidos totales realizados	26.45	26.45±2.12
Toneladas totales	2470.1	2470.1±255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Experimentación 1

En este ensayo se muestran las distintas propuestas planteadas para mejorar diferentes partes del proceso de producción de Alimentos Súper S, C.A; examinando en las mismas el cumplimiento del plan de producción y el nivel de servicio que presentan.

Propuestas de mejoras.

- Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento.

La falta de materia prima en los arcones debido al alto consumo de las mismas por requerimiento continuo de producto, limita el buen funcionamiento de la dosificación de materia base en balanzas, ocasionando que en promedio 1.7697 batches/pedido esperen un tiempo de 50.502 minutos/batch hasta que se procesa el material en los molinos y llega la cantidad requerida a los arcones.

Para la resolución de esta contrariedad se plantea cambiar en el modelo las políticas de que molinos preparen cada tipo de materia prima, ya que en la actualidad la estrategia consiste en que el molino 1 trabaje maíz, el molino 2 soya y el molino 3 soya o soya desactivada.

La política propuesta consta en que los molinos 1 y 2 (que cuentan con mayor capacidad de procesamiento), trabajen con maíz y soya (materias primas que se consumen en mayor cantidad por producto); quedando solo el molino 3 para trabajar la soya desactivada.

Adicionalmente se propone aumentar el rendimiento de los molinos, mediante la implementación de mejoras en los transportadores y elevadores que alimentan y despachan a los mismos, esta innovación consiste en aumentar la velocidad de traslado de estos equipos de manejo de materiales.

Como se muestra en la Tabla 18, en la actualidad la capacidad máxima de procesamiento de material de los molinos es mayor que el ratio en que se puede alimentar y despachar a ellos, causando que no consigan trabajar a su mayor rendimiento de mecanizado. Por lo tanto, la propuesta seria realizar los cambios necesarios para llevar la velocidad de traslado de estos equipos hasta la capacidad máxima que los mismos, permitiendo que trabajen a su capacidad máxima.

Tabla 18. *Rendimiento de Molinos 1, 2 y 3.*

Molino N°	Rendimiento máximo de mecanizado (ton/hra)	Rendimiento máximo de transportadores y elevadores (ton/hra)
1	32	27
2	32	27
3	18	12

Fuente: Alimentos Súper S, C.A.

Con la implementación de estas propuestas se tiene la expectativa de disminuir la cantidad de tiempo que esperan los batches cuando no queda producto en los arcones,

obteniendo de esta manera una secuencia de molinos y un aumento en su rendimiento que agilice la tarea de pesado en balanzas, mejorando el nivel de servicio de la empresa.

Escenario 1

Para evaluar el impacto aislado de esta propuesta en el sistema, se acopló y examinó la misma en el modelo, obteniendo los resultados se mostrados en la Tabla 19.

Tabla 19. *Resultados del escenario 1.*

Indicador	Resultados			
	Escenario 1		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	48.67	48.67 ± 4	48.83	48.83 ± 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	14.6	14.6 ± 1.33	14.65	$14.65 \pm 1,57$
Pedidos totales realizados	26.75	26.75 ± 1.67	26.45	$26.45 \pm 2,12$
Toneladas totales	2503.6	2503.6 ± 201.34	2470.1	$2470.1 \pm 255,1$

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Es de notar que el cumplimiento de plan crece, viéndose expresado en 33.5 toneladas de más que se producen en relación con la situación actual. Para verificar como afecta la aplicación de este escenario en el nivel de servicio, se realizó una prueba de hipótesis a través del uso de STATGRAPHICS, siendo la misma:

- Hipótesis nula:

$$H_0: \mu_{sa} - \mu_{esc1} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa:

$$H_1: \mu_{sa} - \mu_{esc1} < 0$$

- nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

- Valor-P obtenido = $0.5040 > 0.05$

Dónde:

- $n_{sa} = 20$; $n_{esc1} = 20$
- $\mu_{sa} = 48.83$; media del nivel de servicio para la situación actual
- $\mu_{esc1} = 48.67$; media del nivel de servicio para el escenario 1

Se obtuvo un Valor-P = 0.5040. Puesto que éste es mayor a 0.05 no puede rechazarse la hipótesis nula. Por ende, no hay una diferencia significativa entre el escenario 1 y la situación actual. Se considera que se está obteniendo el mismo nivel de servicio.

Esta situación, es causante de incertidumbre ya que con la implantación de la propuesta se logra bajar el tiempo que esperan los batches por materia prima, mejora que se ve reflejada en un aumento de 33.5 toneladas totales producidas, beneficiando (como se estableció anteriormente) el cumplimiento del plan de producción, pero sin verse reflejado en un aumento del nivel de servicio, ya que se no se rechaza la hipótesis nula de que exista diferencia del mismo con el de este escenario y el de la situación actual.

- Conexión de mezcladora 01 a pelletizadora 67.

Si se analiza el porcentaje de utilización de las pelletizadoras 16, 17 y 67, el cual es de 62.60%; 55.68% y 52.17% respectivamente. Tomando en cuenta que la línea 1 (Planta C), cuenta con conexiones (transportadores y elevadores) que la comunican con

las tres pelletizadoras del sistema, y que la línea 2 (Planta A), dispone de conexiones con las maquinas 16 y 17 únicamente.

Se busca solucionar la situación problemática generada en las tolvas pre pellets, que cuando las mezcladoras luego de terminar de procesar producto, necesitan un lugar donde almacenarlo, pero en promedio 33.286 toneladas de producto provenientes de esta máquina esperan 4.267 horas/tonelada por una tolva, ya que las mismas en ciertas circunstancias están colmadas o con otro tipo de producto, causando que las mezcladoras se detengan hasta que una de las tolvas se libere. Se propone aumentar la utilización de la pellet 67, por medio de la conexión de la línea 2 con la misma, esperando aumentar su porcentaje de utilización, y a su vez que aumente la disposición de tolvas pre pellets para toneladas provenientes de las mezcladoras. Logrando de esta manera dar holgura (de retiro de producto mixturado) a las maquinas mezcladoras y aumentar la utilización de esta pelletizadora.

Escenario 2

Se procedió a ajustar y evaluar aisladamente en el modelo esta propuesta, donde el mismo arroja los resultados expresados en la Tabla 20.

Tabla 20. *Resultados del escenario 2.*

Indicador	Resultados			
	Escenario 2		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	48.67	48.67 \pm 3	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	14.6	14.6 \pm 1.03	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	26.45	26.45 \pm 1.62	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2511.7	2511.7 \pm 193.46	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Para cerciorarse que a consecuencia de la aplicación de este escenario, el nivel de servicio (cantidad de pedidos listos a tiempo entre los totales planeados) se comporta de manera distinta a la situación actual, realizó la siguiente prueba de hipótesis.

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{sa} - \mu_{esc2} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{sa} - \mu_{esc2} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Valor-P obtenido de $0.5040 > 0.05$

Dónde:

- $n_{sa} = 20$; $n_{esc2} = 20$
- $\mu_{sa} = 48.83$; Media del nivel de servicio para la situación actual
- $\mu_{esc2} = 48.67$ media del nivel de servicio para el escenario 2

El Valor-P obtenido en STATGRAPHICS fue de 0.5040, el cual al ser mayor a 0.05 no puede rechazarse la hipótesis nula. Estableciendo que no hay una diferencia significativa entre el escenario 2 y la situación actual. Con este contexto no se logra aumentar el nivel de servicio, convirtiéndose en una condición causante de duda, debido a que aunque esta propuesta aumenta el porcentaje de utilización de la pelletizadora 67

(de 48.91% a 58.53%), disminuye la cantidad de toneladas en mezcladoras que esperan por tolva (de 1.83 a 0.79), viéndose expresado en un aumento de 41.6 toneladas totales producidas, pero sin verse la mejora reflejada en un crecimiento del nivel de servicio o del plan de producción (ya que la cantidad de pedidos realizados permanece en 26.45).

- Aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo exterior en Mezcladora 01.

Del modelo se pudo observar que la mezcladora 01 (Planta C), se encontraba inactiva debido a fallas el 58.01% del tiempo de producción de la semana, esta situación no afecta solo a esta máquina, sino también vela en contra del cumplimiento de la fecha de entrega de los pedidos pautados a ser procesados en la línea que esta pertenece (Planta C), por ende, es vital atacar esta problemática.

Luego de un análisis de los datos históricos proporcionados por la empresa, enfocándose principalmente en los relacionados con la frecuencia de fallas ocurridas en la mezcladora 01, se determinó que al disminuir la ocurrencia de una de las más recurrentes, se acortaría el total de periodicidad de las mismas. Como se muestra en la Figura 26, éstas están conformadas en su 86.84% por la avería con nombre interrupciones en mezcladora por atascamiento en línea de mezcla.

Se llevó a cabo un estudio sobre el origen de esta falla, con el fin de bajar la frecuencia de ocurrencia de la misma, estas interrupciones en mezcla por atascamiento ocurren porque en alguno de los equipos (elevadores, transportadores, tolva de contención) que conforman esta máquina se pega el producto, impidiendo que el libre recorrido del mismo se realice. Actualmente la empresa se cuida de esta falla mediante la implementación de mantenimiento preventivo en las partes exteriores de mezcladora,

limpiando cada cuarenta y cinco (45) días, se propone efectuar este mantenimiento cada quince (15) días para de esta manera disminuir la frecuencia de ocurrencia de esta falla más de un 40%, porcentaje de reducción determinado en participación del equipo de mantenimiento de la planta.

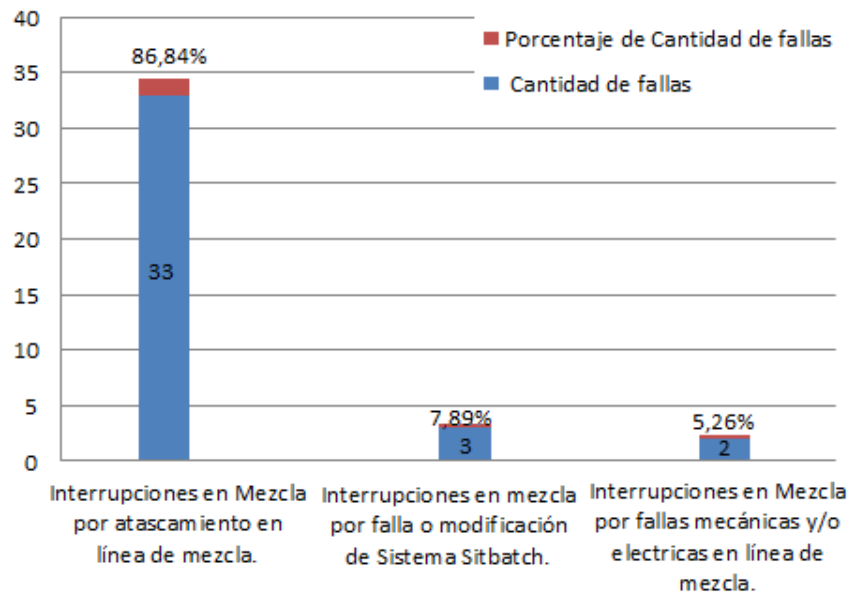


Figura 26. Interrupciones en la mezcladora.

Con esta proposición se espera disminuir el tiempo que la mezcladora 01 permanece no disponible debido a fallas, lo que implica menos limitaciones al momento de consumir la fecha de entrega de pedidos, aumentando el nivel de servicio y mayor cumplimiento del plan de producción.

Escenario 3.

De igual manera se instaló y evaluó por separado en el modelo esta propuesta, la cual al estar relacionada con la máquina que en la actualidad se encuentra inactiva

mayor tiempo debido a fallas, se esperaba que en este análisis aislado fuera de gran influencia en el aumento del nivel de servicio de la planta. Los resultados se especifican en la Tabla 21.

Tabla 21. *Resultados del escenario 3.*

Indicador	Resultados			
	Escenario 3		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	48	48 \pm 8	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	14.4	14.4 \pm 2.49	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	26.65	26.65 \pm 2,12	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2506.3	2506.3 \pm 237.02	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Para determinar si se registraron cambios en el nivel de servicio se realizó una prueba de hipótesis, comparando el escenario 3 con la situación actual del sistema, siendo la misma:

- Hipótesis nula.

$$H_0: \mu_{sa} - \mu_{esc3} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{sa} - \mu_{esc3} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Se obtuvo un Valor-P = 0.5464 > 0.05

Dónde:

- $n_{sa} = 20$; $n_{esc3} = 20$
- $\mu_{sa} = 48.83$; Media del nivel de servicio para la situación actual
- $\mu_{esc3} = 48$ media del nivel de servicio para el escenario 3

Se consiguió un Valor-P de 0.5464; que al ser mayor a 0.05 no puede rechazarse la hipótesis nula. Razón por la cual, no hay una diferencia significativa entre el escenario 3 y la situación actual y por ende, esta propuesta en aislamiento no genera una mejora en el nivel de servicio. La evaluación de este escenario fue negativa, sin importar que gracias a la disminución de fallas, el aumento en relación con la situación actual de la cantidad de toneladas totales fuera de 2470.1 a 2506.3.

- Duplicar capacidad de llenado de producto terminado a granel en camiones.

La realidad del tiempo de retiro de pedidos listos es que en promedio se tarda 8.11 horas para descargar las toneladas totales de una solicitud, circunstancia que ocasiona que a la larga no se liberen bins a tiempo, que las pelletizadoras no tengan donde almacenar producto, y que por consiguiente que las mezcladoras tengan que detenerse por tolvas pre pellets llenas o con otro producto, parando todo el proceso de producción.

Al estudiar el proceso de descarga de producto en los camiones (tarea asociada con el tiempo de retiro de pedidos), éste se realiza un camión a la vez, recurso que tiene un porcentaje de utilización del 45.18% en el modelo, aunque no es alto, en promedio 1.9243 camiones esperan 3.9 horas por ser llenados. Razón por la cual se propone

duplicar la cantidad de recursos disponibles para la descarga de producto en camiones, ya que disponen del espacio, herramientas y recursos para realizar la actividad.

Se espera lograr de esta manera que disminuya el tiempo de espera de camiones una vez que ya se encuentran en la planta para ser cargados, y a la vez que reduzca el tiempo que transcurre para que un pedido sea retirado por completo, liberándose los bins más temprano, obteniendo espacio de almacenamiento para las pelletizadoras, lo que trasciende en tolvas pre pellets libres, agilizando el proceso de producción.

Escenario 4.

Por consiguiente se realizó y verificó apartadamente en el modelo esta, dando como resultado un nivel de servicio de 50.67%, se expresa en la Tabla 22.

Tabla 22. *Resultados del escenario 4.*

Indicador	Resultados			
	Escenario 4		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	50.67	50.67 \pm 3	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	14.95	14.95 \pm 0.91	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	26.45	26.45 \pm 1.34	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2515.9	2515.9 \pm 160.43	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Es posible notar el aumento en la cantidad de toneladas totales producidas (de 2470.1 a 2515.9) a consecuencia de que el tiempo de espera de camiones por ser llenados disminuye (de 4.202 horas a 1.72 horas), esperando menos para ser cargados. Al igual, el tiempo que los pedidos se tomaban para ser retirados por completo disminuye (de 8.11

horas a 6.49 horas). Observando el indicador nivel de servicio, para determinar si esta modificación altera el nivel de servicio, se realizó la siguiente prueba de hipótesis.

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{sa} - \mu_{esc4} = 0$$

- Hipótesis apropiada aplicada

$$H_1: \mu_{sa} - \mu_{esc4} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Obteniendo un Valor-P = 0.4536 > 0.05

Dónde:

- $n_{sa} = 20$; $n_{esc4} = 20$
- $\mu_{sa} = 50.67$; Media del nivel de servicio para la situación actual
- $\mu_{esc4} = 49.83$; media del nivel de servicio para el escenario 4

El programa proporcionó un Valor-P = 0.4536; al ser un valor mayor a 0.05 no puede rechazarse la hipótesis nula. Como no existe una diferencia significativa entre el escenario 4 y la situación actual. El nivel de servicio no mejora ante esta propuesta aislada. Situación curiosa, ya que el sistema se beneficia, como se mencionó anteriormente, pero no se refleja en un cambio positivo del nivel de servicio.

- Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo.

Una de las razones por la cual el porcentaje de utilización del recurso de llenado es solo de 45.18%, es que la cantidad de camiones que arriban a la planta diariamente para retirar producto está por debajo de la requerida, situación que también potencialmente evidencia las 8.11 horas que espera un pedido para ser retirado por completo, debido a que en la mayoría de los casos se necesita más de un (1) camión para retirar una solicitud por completo y si no llega a la planta la cantidad de transporte necesaria los bins no se vaciaran en el tiempo demandado por el proceso. A la larga si los bins llegan a saturarse debido a pedidos no retirados, trae como consecuencia el paro de pelletizadoras, las cuales no poseerían espacio donde almacenar el producto terminado; lo que derivaría en que las tolvas pre pellets no se vacíen a la velocidad requerida por las mezcladoras, quienes por esta situación necesitarían detenerse, parando todo el proceso productivo.

Por lo tanto, se propone usar el modelo de simulación para determinar la cantidad por turno necesaria de camiones que debe disponer la planta para garantizar un continuo vaciado de bins, generando que las pelletizadoras tengan donde almacenar el producto procesado, las tolvas pre pellets se vacíen más rápido, las mezcladoras tengan donde evacuar el material de mixtura y que el proceso sea continuo, lo que a su vez trasciende en cumplimiento del plan de producción y en el logro de un aumento del nivel de servicio de la planta.

Escenario 5.

En este escenario se realiza la determinación de la cantidad diaria mínima necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo, aisladamente en el sistema, para luego evaluar los resultados de esta alternativa. Se utilizó el modelo de simulación para determinar cantidad que proporcione el nivel de servicio más alto, los resultados se pueden observar en la Tabla 23.

La cantidad de camiones por turno más conveniente, trabajando el sistema con esta única propuesta, es de diecisiete (17), teniendo un impacto resaltante en el nivel de servicio, y siendo un resultado que debe ser verificado por medio de una prueba de hipótesis antes de concluir aseveraciones del mismo, estos se muestran en la Tabla 24.

Tabla 23. Nivel de servicio respecto a la cantidad necesaria por turno de camiones para el escenario 5.

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Actual	48.83
14	65.44
15	66
16	68.17
17	68.33
18	68
19	67.83
20	67.33
21	66.33

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Tabla 24. *Resultados del escenario 5.*

Indicador	Resultados			
	Escenario 5		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	68.33	68.33 \pm 1	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	20.5	20.5 \pm 0.42	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	29.75	29.75 \pm 0.30	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2790	2790 \pm 7	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ®V.14

Prueba de hipótesis

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{sa} - \mu_{esc5} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{sa} - \mu_{esc5} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Se obtuvo un Valor-P = 0.0465 < 0.05

Dónde:

- $n_{sa} = 20$; $n_{esc5} = 20$
- $\mu_{sa} = 48.83$; Media del nivel de servicio para la situación actual
- $\mu_{esc5} = 68.33$; media del nivel de servicio para el escenario 5

Se obtuvo un valor-P igual a 0.0465 logrando así rechazar la hipótesis nula de que el nivel de servicio permanece igual para este escenario, habiendo una diferencia significativa entre el escenario 5 y la situación actual. Esto demuestra la importancia del retiro de pedido listos con rapidez (gracias a esta propuesta, la espera total disminuye de 8.11 horas a 0), debido a que mientras se posea la cantidad de camiones necesaria por turno (en este escenario, 17) para retirar los pedidos del día, el proceso de producción podrá trabajar de manera continua. En la Tabla 24 queda demostrado que para esta cantidad de camiones (17) la cantidad de pedidos totales realizados (29.75), los realizados a tiempo (20.5) y la cantidad de toneladas (2797) aumentan, todo esto como consecuencia de que los bins se vacían a tiempo para que las pelletizadoras, mezcladoras y todo el proceso de producción trabaje continuamente. Logrando de esta manera que tanto el cumplimiento del plan de producción (en vista de que la cantidad de pedidos totales realizados aumenta de 26.45 a 29.76; y las toneladas totales de 2470.1 a 2790), como el nivel de servicio aumenten.

Experimentación 2: configuración de propuesta que genere el mayor nivel de servicio.

Se consideró el resultado separado de cada escenario del experimento anterior, buscando la razón por la cual ocurría, en su mayoría (aunque en algunas aumentaba el cumplimiento del plan de producción), no ocurría cambio significativo en el nivel de servicio. En vista de que aunque con cada propuesta se mejoraba el desempeño del modelo en distintas partes del mismo, solo una de las propuestas enfocadas en disminuir las 8.11 horas que en promedio se toma cada pedido por ser retirado (ocasionando que

los bins a granel no se vacíen a la razón requerida por las pelletizadoras, forzando paradas de las mismas y en las mezcladoras por consecuencia de tolvas pre pellets llenas) eran la que reflejaba un aumento en el nivel de servicio.

Se logró deducir, con la ayuda del modelo, que en la situación actual sin una cantidad diaria necesaria de camiones de diecisiete (17), sin importar el tipo de mejora que se le realice al proceso, ésta no se verá reflejada de manera significativa en el mismo. Por ende, la propuesta de mejora principal del sistema, y base para cada escenario planteado a continuación, es que se determine la cantidad de camiones necesaria para retirar los pedidos listos en el escenario a estudio, ya que con la implementación de esta mejora en el modelo, el mismo no se verá condicionado a una disminución del nivel de servicio por una poca cantidad de camiones que arriben a la planta, abriendo paso a la posibilidad de mejora por medio de otras propuestas. Por lo tanto, en este experimento (numero 2) se busca encontrar la configuración que proporcione el mayor nivel de servicio.

Escenario 6.

En este caso se determinó la cantidad de camiones necesaria, junto con el cambio de políticas de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento. Luego de plasmar la mejora en los molinos, se evaluó en el modelo, como se muestra en la Tabla 25, la cantidad de camiones que mayor nivel de servicio proporcione para este arreglo de propuestas.

Tabla 25. *Nivel de servicio obtenido por la cantidad de camiones para el escenario 6.*

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Propuesta de molinos	48.67
14	66.55
15	66.33
16	68.17
17	68.17
18	68.67
19	66.83
20	67
21	67.83

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

El nivel de servicio con una cantidad seleccionada de dieciocho (18) camiones para este contexto, en comparación con el escenario 1 del experimento 1 (donde se evalúa esta propuesta por separado), crece de 48.67% a 68.67%. Pero antes de afirmar que se ocurre un cambio en el nivel de servicio, en comparación con el escenario 5; es necesaria la verificación del cambio en este indicador, por medio de una prueba de hipótesis. En la Tabla 26 se presentan los resultados de la evaluación de este escenario en el modelo.

Tabla 26. *Resultados del escenario 6.*

Indicador	Resultados					
	Escenario 6		Escenario 5		Situación Actual	
	M	Estimación de intervalo	M	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	68.67	68.67 \pm 1	68.33	68.33 \pm 1	48,83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	20.6	20.6 \pm 0.41	20.5	20.5 \pm 0,42	14,65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	30	30 \pm 0	29.75	29.75 \pm 0.30	26,45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2797	2797 \pm 0	2790	2790 \pm 7	2470,1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Prueba de hipótesis:

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc6}} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc6}} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Obteniendo un Valor-P = 0.4907 > 0.05

Dónde:

- $n_{\text{esc5}} = 20$; $n_{\text{esc6}} = 20$
- $\mu_{\text{esc5}} = 68.33$; Media del nivel de servicio para el escenario 5
- $\mu_{\text{esc6}} = 68.67$; media del nivel de servicio para el escenario 6

El programa obtuvo un Valor-P = 0.4907. Valor mayor a 0.05 que no logra rechazar la hipótesis nula. Sin generarse una diferencia significativa entre el escenario 5 y 6. Obteniendo el mismo nivel de servicio. Por ende, se corrobora que el nivel de servicio de este escenario, no presenta una diferencia significativa al de la escena 5 (únicamente la configuración de camiones necesaria), confirmando que la nueva política de materias primas en molinos y aumento de su rendimiento, junto con su cantidad de camiones necesaria no es un escenario positivo al momento de la búsqueda del aumento del nivel

de servicio de la empresa. A pesar que gracias a este escenario, aumenta la cantidad de pedidos realizados totales, hasta el punto en que se muestra un cumplimiento total del plan de producción (30 pedidos totales planeados y 2797 toneladas totales planeadas).

Escenario 7

En este contexto se evalúa las propuestas expresadas en el escenario anterior, junto con el anexo de la mejora: conexión de la mezcladora 01 a pelletizadora 67, esperando que se evidencie que este escenario contribuye al aumento del nivel de servicio del sistema. De igual manera luego de configurar la nueva mejora incorporada en el modelo, se determinó la cantidad de camiones necesaria, seleccionando, como se muestra en la Tabla 27, la misma que genere mayor nivel de servicio.

Tabla 27. Nivel de servicio por cantidad necesaria de camiones para el escenario 7.

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Actual	48.67
14	68
15	68.33
16	70
17	70.10
18	70.5
19	70
20	70
21	69.5

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Luego de seleccionar la cantidad necesaria de dieciocho (18) camiones, corrida en la cual el nivel de servicio fue de 70.5%. Es necesario comprobar por medio de una prueba de hipótesis, si se genera una diferencia representativa en este indicador entre los escenarios 5 y 7. En la Tabla 28 se expresan los resultados de la corrida.

Tabla 28. *Resultados del escenario 7.*

Indicador	Resultados					
	Escenario 7		Escenario 5		Situación Actual	
	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	70.5	75 \pm 1	68.33	68.33 \pm 1	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	21,15	21.15 \pm 0.27	20.5	20.5 \pm 0.42	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	30	30 \pm 0	29.75	29.75 \pm 0.30	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2797	2797 \pm 0	2790	2790 \pm 7	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Prueba de hipótesis:

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc7}} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc7}} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Obteniendo un Valor-P = 0.4408 > 0.05

Dónde:

- $n_{\text{esc5}} = 20$; $n_{\text{esc7}} = 20$
- $\mu_{\text{esc5}} = 68.33$; Media del nivel de servicio para el escenario 5
- $\mu_{\text{esc7}} = 70.5$; media del nivel de servicio para el escenario 7

El programa proporcionó un Valor-P = 0.4408. Dato mayor a 0.05 que no permite rechazar la hipótesis nula. Declarando que no existe diferencia significativa en el nivel de servicio de los escenarios 5 y 7, por ende, la aplicación de estas dos mejoras (políticas de materia prima en molinos y aumento de su rendimiento, conexión de mezcladora 01 con pelletizadora 67), juntos con la cantidad de camiones por turno necesario, no cumple su objetivo de aumentar el nivel de servicio. Este resultado demuestra que a pesar que se aumenta el porcentaje de utilización de la pelletizadora 67, se genera mayor holgura en las tolvas pre pellets, favoreciendo a las mezcladoras (al igual que el escenario 2), y aunado a esto se calcula la cantidad necesaria por turno de camiones para retirar pedidos listos. No es suficiente para presentar un cambio positivo en el nivel de servicio.

A su vez, es de notar que la cantidad de pedidos totales realizados y de toneladas totales realizadas es igual a la planeada, lo que expresa que se sigue cumpliendo, como en el escenario anterior 5, el plan de producción por completo.

Escenario 8.

Se propone al escenario preliminar (7) incorporarle la propuesta; duplicar recurso de llenado, con la idea de lograr aumentar el nivel de servicio, por medio de la optimización del proceso de carga de camiones. De igual forma, como se muestra en la Tabla 29 se determina la cantidad de camiones necesaria con mayor nivel de servicio para este escenario, evitando que esta variable afecte el funcionamiento del modelo, limitando el aumento impulsado por la propuesta agregada.

Tabla 29. *Nivel de servicio por cantidad necesaria de camiones para el escenario 8.*

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Actual	50.67
14	70.67
15	70.83
16	70.83
17	69.00
18	72.33
19	70.83
20	70.5
21	69

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

El nivel de servicio obtenido de 72.33% con la cantidad seleccionada de dieciocho (18) camiones. Para comparar este aumento con el escenario 5, se realizó una prueba de hipótesis, con ayuda del programa STATGRAPHICS. Como es de notar en la Tabla 30, se muestran los resultados de la corrida.

Tabla 30. *Resultados del escenario 8.*

Indicador	Resultados					
	Escenario 8		Escenario 5		Situación Actual	
	M	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	72.33	72.33 \pm 2	68.33	68.33 \pm 1	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	21.7	21.7 \pm 0.65	20.5	20.5 \pm 0.42	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	30	30 \pm 0	29.75	29.75 \pm 0.30	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2797	2797 \pm 0	2790	2790 \pm 7	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Prueba de hipótesis:

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc8}} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H1: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc8}} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Obteniendo un Valor-P = 0.3909 > 0.05

Dónde:

- $n_{\text{esc5}} = 20$; $n_{\text{esc8}} = 20$
- $\mu_{\text{esc5}} = 68.33$; Media del nivel de servicio para el escenario 5
- $\mu_{\text{esc8}} = 72.33$; media del nivel de servicio para el escenario 8

Luego de obtener un Valor-P = 0.3909. Es decir, un valor mayor a 0.05 que no rechaza la hipótesis nula, no se presenta una diferencia significativa entre el escenario 5 y 8. Se consigue el mismo nivel de servicio. Resultado que establece que el llevado a cabo de estas tres (3) propuestas, junto con la determinación de la cantidad de camiones por turno necesaria, no alcanza la meta establecida.

Al analizar los datos de la corrida, y ser anexada una mejora enfocada en agilizar el proceso de llenado de camiones, esta afecta especialmente en la cantidad de pedidos realizados a tiempo (aumenta de 20.5 a 21.7). Pero esta mejora, no se ve representada en el incremento del nivel de servicio, esto sin importar que siga cumpliéndose el plan de producción en su totalidad, al igual que los escenarios 6 y 7, al ser la cantidad de pedidos totales realizados y la cantidad de toneladas totales, iguales a las planeadas.

Escenario 9.

Partiendo de los resultados obtenidos en los escenarios anteriores de este experimento, se sigue evaluando para alcanzar mejoras en el nivel de servicio, añadiendo la propuesta restante de las planteadas preliminarmente en el escenario 8. Se plantea disminuir la frecuencia de fallas en la mezcladora 01 por medio de un aumento de mantenimiento preventivo en la misma. La Tabla 31 expone, que del mismo modo que pasados escenarios, luego de instalar la mejora al modelo, se determinó la cantidad de camiones necesaria proveedora del mayor nivel de servicio.

Tabla 31. *Nivel de servicio por cantidad necesaria de camiones para el escenario 9.*

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Actual	48.00
14	86.67
15	87.33
16	88.33
17	88.67
18	90.00
19	88.33
20	88.67
21	86.67

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Como se presenta en la Tabla 32, en este escenario, con dieciocho (18) se logra un nivel de servicio del 90.00%.

Tabla 32. *Resultados del escenario 9.*

Indicador	Resultados					
	Escenario 9		Escenario 5		Situación Actual	
	M	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo	M	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	90	90	68.33	68.33 \pm 1	48.83	48.83 \pm 5
Pedidos realizados entregados a tiempo	27	27	20.5	20.5 \pm 0.42	14.65	14.65 \pm 1.57
Pedidos totales realizados	30	30	29.75	29.75 \pm 0.30	26.45	26.45 \pm 2.12
Toneladas totales	2797	29797	2790	2790 \pm 7	2470.1	2470.1 \pm 255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Para hacer contraste con lo alcanzado en este escenario, se procede a comprobar que el indicador nivel de servicio cambia significativamente entre las escenas 5 y 9.

Prueba de hipótesis:

- Hipótesis nula

$$H_0: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc9}} = 0$$

- Hipótesis apropiada alternativa

$$H_1: \mu_{\text{esc5}} - \mu_{\text{esc9}} < 0$$

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$
- Obteniendo un Valor-P = 0.04577 < 0.05

Dónde:

- $n_{\text{esc5}} = 20$; $n_{\text{esc9}} = 20$
- $\mu_{\text{esc5}} = 68.33$; Media del nivel de servicio para el escenario 5

- $\mu_{\text{esc9}} = 90$; media del nivel de servicio para el escenario 9

Al presentarse un Valor-P = 0.04577. Se rechaza la hipótesis nula, en vista de que $0.045 < 0.05$. Presentándose una diferencia significativa entre el escenario 5 y 9. Logrando que aumente el nivel de servicio. El incremento es transcendental, superando a su vez, de gran manera al nivel de la situación actual del modelo 48.83%.

Cuando se examinan los resultados de este escenario, la cantidad de toneladas totales, al igual que la cantidad de pedidos totales realizados es igual a la planeada, lo que quiere decir (como en los escenarios 6, 7, 8), que se cumple el plan de producción por completo, pero en esta ocasión se alcanza un aumento del nivel de servicio.

En cuanto a los pedidos realizados a tiempo, la cantidad aumenta notablemente en relación con la del escenario anterior, a consecuencia del estudio y aumento de frecuencia del mantenimiento preventivo en partes exteriores de partes de la mezcladora 01, que repercute a su vez, en la disminución del tiempo inactivo de la mezcladora 01 a causa de fallas (reduciéndose del 58.01% del tiempo de la semana, a tan solo un 5%). Esta mejora, por lo tanto, con las distintas propuestas agrupadas anteriormente, influencia el lead time de los pedidos a producir, aumentando el nivel de servicio notablemente.

Escenario 10.

En este escenario, partiendo de los resultados del escenario anterior, se propone analizar, separadamente, las dos propuestas siguientes: disminuir la frecuencia de fallas en la mezcladora 01 por medio de un aumento de mantenimiento preventivo en la misma, junto con la determinar la cantidad de camiones necesaria con mayor nivel de

servicio. Para así observar, si se puede lograr el mismo nivel sin necesidad de la aplicación de demás propuestas aplicadas en el escenario 9 (políticas de materia prima en molinos y aumento de su rendimiento, conexión de mezcladora 01 con pelletizadora 67, y duplicar recurso de llenado). De manera similar, se muestra en la Tabla 33, la búsqueda de cantidad de camiones necesaria por turno.

Tabla 33. *Nivel de servicio por cantidad necesaria de camiones para el escenario 10*

Cantidad necesaria de camiones (turno)	Nivel de servicio (%)
Actual	48
14	86.33
15	86.67
16	88
17	88.17
18	90
19	88.17
20	88.17
21	86

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

La cantidad necesaria para este escenario es de dieciocho (18) camiones, Y al igual que el escenario 9, presenta un nivel de servicio del 90%. Se muestran los resultados de esta corrida en la Tabla 34.

Tabla 34. *Resultados del escenario 10.*

Indicador	Resultados					
	Escenario 10		Escenario 9		Situación Actual	
	M	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo	μ	Estimación de intervalo
Nivel de servicio (%)	90	90	90	90	48.83	48.83±5
Pedidos realizados entregados a tiempo	27	27	27	27	14.65	14.65±1.57
Pedidos totales realizados	30	30	30	30	26.45	26.45±2.12
Toneladas totales	2797	29797	2797	29797	2470.1	2470.1±255.1

Fuente de los resultados presentados: ARENA ® V.14

Sin necesidad de una prueba de hipótesis, en vista de que los pedidos realizados entregados a tiempo, pedidos totales realizados y las toneladas totales son iguales para ambos escenarios, se asume que no hay diferencia significativa entre el escenario 9 y 10.

A continuación, en la Tabla 35 se muestra el sumario de escenarios planteados, con las distintas propuestas que los conformaban.

Tabla 35. *Escenarios planteados.*

Escenario (Nro)	Propuestas planteadas
1	<ul style="list-style-type: none"> Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento
2	<ul style="list-style-type: none"> Conexión de mezcladora 01 a pelletizadora 67.
3	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo exterior en Mezcladora 01.
4	<ul style="list-style-type: none"> Duplicar capacidad de llenado de producto terminado a granel en camiones
5	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo.
6	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo. Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento
7	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo. Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento Conexión de mezcladora 01 a pelletizadora 67.
8	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo. Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento Conexión de mezcladora 01 a pelletizadora 67. Duplicar capacidad de llenado de producto terminado a granel en camiones
9	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo. Política de materia prima que procesan los molinos y aumento de su rendimiento Conexión de mezcladora 01 a pelletizadora 67. Duplicar capacidad de llenado de producto terminado a granel en camiones Aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo exterior en Mezcladora 01.
10	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de la cantidad por turno necesaria de camiones para el retiro de pedidos a tiempo. Aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo exterior en Mezcladora 01.

Configuración recomendada.

Luego de desarrollar los diferentes escenarios, con distintas configuraciones de propuestas de mejora, se procede a seleccionar la más conveniente para el proceso de producción.

Se selecciona el escenario número diez (10) como configuración recomendada; debido a que en este contexto, realizando la menos cantidad de mejorar posible, se observa en mayor proporción un aumento en el nivel de servicio, repercutiendo a la vez en un incremento total en el cumplimiento del plan de producción. Esta configuración consiste en:

- Disponer de 18 camiones por turno para retirar los pedidos listos: debido al problema que surge en la actualidad en el despacho de pedidos preparados a granel, es necesario que la empresa posea los camiones necesarios para retirar lo más pronto posible a los pedidos listos. Arreglo el cual es de dieciocho (18), de esta manera, el proceso de fabricación no incurriría en paradas innecesarias por bins a granel llenos, pelletizadoras sin espacio donde almacenar producto terminado, mezcladoras sin tener tolvas donde descargar producto mixturado debido a tolvas pre pellets saturadas o con otro tipo de producto, permitiendo la producción continua y con menos contratiempos. De esta manera, no solo se estaría cumpliendo el plan de producción, esta cantidad de camiones garantiza que los pedidos sean retirados a tiempo y por ende, que la empresa posea un buen nivel de servicio.

- Aplicación de aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo en mezcladora 01: esta propuesta se encarga de resolver el tiempo que esta máquina en la actualidad se encuentra inactiva debido a fallas, siendo este tiempo el 58.01% de disponible para producir de la semana. Se ataca esta problemática porque no solo afecta a esta máquina, sino también es factor fundamental del cumplimiento de la fecha de entrega de los pedidos pautados a ser procesados en la línea que esta pertenece (Planta C). Es importante que la planta, enfoque sus recursos finitos en los focos más susceptibles, la falla recurrente en esta máquina es la avería; interrupciones en mezcladora por atascamiento en línea de mezcla. Con el fin de bajar la frecuencia de ocurrencia de la misma, se propone efectuar este mantenimiento cada quince (15) días para de esta manera disminuir la frecuencia de ocurrencia de esta falla en un 40% (porcentaje de reducción determinado en participación del equipo de mantenimiento de la planta).

Con esta proposición se disminuye el tiempo que la mezcladora 01 permanece no disponible debido a fallas, lo que implica menos limitaciones al momento de consumir la fecha de entrega de pedidos, aumentando el nivel de servicio y el cumplimiento del plan de producción en su totalidad.

Como es de notar esta es la mejor configuración encontrada de las propuestas planteadas, este escenario proporciona un nivel de servicio del 90% y un cumplimiento total del plan del producción.

CONCLUSIONES

Debido a la presencia en la situación actual, de una cantidad de camiones en planta menor a la requerida para retirar producto a granel, esta actividad de retiro de pedidos es la causa principal de que el proceso de producción presente un nivel de servicio como el actual, ya que los pedidos no logran ser despachados a la fecha de entrega estipulada por el cliente debido a la disposición de pocos camiones para el retiro, viéndose reflejado en 8.11 horas promedio que espera cada pedido a granel para ser retirado. Sin la ayuda del modelo de simulación, no fuera sido posible llegar a esta conclusión, ya que como se expresa en el experimento 1, la mayoría de las propuestas de mejora, a pesar de que en su mayoría, si afectaban positivamente el cumplimiento del plan de producción, no se veían reflejadas en el aumento nivel de servicio. Luego de atacar este problema de los pedidos, si se reflejó progreso. Esta contrariedad afecta a todo el proceso en su totalidad, razón por la cual, de todas las propuestas presentadas, la determinación de camiones necesaria para retirar los pedidos diarios, es la propuesta de mayor impacto en el desempeño del proceso de producción, y a partir de ella se invita a realizar la restante de la configuración.

A su vez, con la aplicación de esta configuración recomendada, donde se llevan a cabo las propuestas: determinación de cantidad de camiones necesaria por turno para retirar pedidos listos a granel, y la aplicación de aumento de frecuencia de mantenimiento preventivo en mezcladora 01; se espera reducir en su totalidad la espera de pedidos, solucionando el problema que se presenta en la actualidad, sin permitir que esta situación ocurra, poseyendo la cantidad de camiones necesaria.

No solo se solucionó esta problemática, gracias al completo análisis que se realizó al proceso, las demás propuestas solucionan problemas en diferentes lugares puntuales del mismo, que a largo plazo, cooperan con el bienestar del cumplimiento del plan de producción, logrando cumplir con los pedidos planteados y las toneladas producidas.

El modelo de simulación construido es una herramienta versátil para evaluar que actividades al ser mejoradas logran un efecto significativo en el proceso de producción, ya que con la realización de las modificaciones en el mismo se pueden evaluar diferentes escenarios, con ayuda del contraste de hipótesis, y determinar (sin afectar al sistema real) cuales son los cambios que se deben ejecutar para obtener resultados deseados. Se concluye que gracias a esta herramienta se pudo atacar la situación que velaba en contra del nivel de servicio y del cumplimiento del plan de producción en el sistema.

Es de suma importancia, que hoy en día, toda empresa enfoque su esfuerzo en mejorar su proceso de producción, manteniéndose enfocado en la mejora continua. Esta investigación proporciona oportunidades de mejora para Alimentos Súper S, debido al análisis extenso y propuestas de mejora planteadas. Sin dejar de mencionar, que no solo se perfecciona el proceso, sino también ayuda a satisfacer al cliente.

La simulación tiene la debilidad que en el momento de buscar soluciones a dificultades, se recurre a resolver la problemática por medio del ensayo y error, por lo tanto, las propuestas y configuración planteadas, no son las únicas que se podrían aplicar al sistema estudiado

Con el aumento del nivel de servicio, esta empresa, además de asistir de mejor manera a sus clientes, coopera con el bienestar de su cadena de suministros y la de los demás integrantes del grupo La Caridad.

Cabe destacar la importancia del indicador fundamental de esta investigación: el nivel de servicio (cantidad de pedidos realizados a tiempo, del total planeados). Ya que gracias que se tomó en cuenta el mismo, se pudo ir más allá de las limitaciones del cumplimiento del plan de producción, ya que no solo se mejoró el proceso por el bienestar del mismo, sino también por la satisfacción del cliente.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la configuración recomendada anteriormente, tomando en cuenta el análisis realizado en esta investigación.
- Elaborar manuales de procedimientos, ya que no se tiene documentación de actividades que deben realizar operadores, dependiendo solo de la experiencia que estos poseen.
- Realizar entrenamiento al personal sobre el manejo de máquinas, herramientas, porque algunas de las paradas generadas en las mismas observadas en los datos históricos eran atribuidas a errores operacionales.
- Efectuar un análisis logístico de cómo lograr que arriben la cantidad de camiones necesaria para que esta variable no afecte el nivel de servicio de la empresa
- Continuar realizando proyectos de mejora, como el de esta investigación, ya que contribuyen con el desarrollo y buen funcionamiento de la planta.
- Ejecutar un estudio logístico en el proceso de llenado, ya que se dispone del espacio para realizarlo dos (2) camiones a la vez, pero el mismo no se implementa en la actualidad.
- Además de la configuración recomendada para beneficiar el nivel de servicio del sistema, se recomienda realizar las demás propuestas ya que contribuyen con el bienestar general del proceso de producción, viéndose reflejadas en aumentos del cumplimiento del plan de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou. (2005). *Logística, administración de la cadena de suministro*. Pearson: Prentice Hall. 5ta Edición. México.
- Banks. (1996). *Discrete-Event System Simulation*. Second Edition. Prentice-Hall. New Jersey. Estados Unidos.
- Chase, Jacobs & Aquilano (2009). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros*. Duodécima Edición. Mc Graw Hill
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. Tercera Edición. Pearson: Prentice Hall. México.
- Fernández, & Martínez. (2007). *Determinación del número de unidades de transporte necesarias para satisfacer la demanda de estudiantes en las rutas: Centro-UC y UC-Centro de la Universidad de Carabobo*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Gutiérrez, & Moens. (2010). *Construcción de un modelo de simulación para evaluar los sistemas de producción y distribución en una cadena de suministros*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Heizer & Render (2009). *Principios de administración de operaciones*. Pearson. Séptima Edición. México.
- Hernandez, Baptista, & Fernández. (2010). *Metodología de la investigación*. Sampieri.
- Holtz, Lou. (2006). *Ganancias, pérdidas y lecciones*. HarperCollins Publishers, Inc.
- Hurtado, J. (2000). *El Proyecto de Investigación*. Caracas: Segunda Edición .
- Kelton, Sadowski, & Swets. (2010). *Simulation with arena*. Fifth edition. McGraw-Hill Education.. Estados Unidos.
- Krasjewski, Ritzman y Malhotra (2008). *Administración de operaciones*. Octava Edición. Pearson Educación. México.
- Law, & Kelton. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. New York: Second Edition, McGraw-Hill. Estados Unidos.
- Martínez & Zambrano. (2009). *Desarrollo de un modelo de simulación para evaluar la secuencia de producción de aceites en fraccionamiento*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

- Nisar, & Rosenzweig. (2014). *Aceptación de órdenes en tiempo real bajo incertidumbre de transporte*. Institute of Technology .Massachusetts, Estados Unidos.
- Ramos, & Villanueva (2010). *Construcción de un modelo de simulación para evaluar el desempeño de las etapas de proveedor y manufactura de una cadena de suministros*. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.
- Shannon. (1988). *Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implementación*. México:Trillas.
- Stock & Lambert. (2001). *Strategic Logistics Management*. Irwin: McGraww Hill.
- Tamayo, & Tamayo. (2007). *El proceso de la investigación científica*. 4ta Edición. Limusa. México.
- Tarifa, E. (2001). *Teoria de Modelos y simulacion*. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina.