

**MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL PROCESO DE DESCARGUE EN LA
EMPRESA PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A**

VIVIAN LORENA TORRES SARMIENTO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2013**

**MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL PROCESO DE DESCARGUE EN LA
EMPRESA PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A**

**VIVIAN LORENA TORRES SARMIENTO
117194**

Trabajo de grado que opta al título de Ingeniero Industrial

**Director:
RUBÉN DARÍO JÁCOME CABRALES
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

Este libro se lo dedico a mi familia, especialmente a mi abuelo que aunque no está conmigo, sé que se sentiría orgulloso y feliz por este logro.

A mi mami por todo el esfuerzo, la dedicación y el amor que me ha dado y porque siempre ha estado a mi lado para apoyarme

AGRADECIMIENTOS

**En primer lugar quiero agradecer a Dios y a la Virgen María por permitirme
llegar tan lejos.**

**A mi familia por el apoyo incondicional que me brindaron en la ejecución y
elaboración de este libro.**

**A mi tutor Rubén Darío Jácome Cabrales por su asesoría y los
conocimientos impartidos.**

**A la empresa PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A., por permitirme ser
parte de este proceso.**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	18
1.1. NOMBRE DE LA EMPRESA	18
1.2. ACTIVIDAD ECONOMICA	18
1.3. LÍNEA DE PRODUCTOS	18
1.4. NÚMERO DE EMPLEADOS	18
1.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	19
1.6. DIRECCIÓN	20
1.7. RESEÑA HISTÓRICA	21
1.8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO	22
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA – ALCANCE	23
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	23
2.1.1. Proceso Actual de Descargue	23
2.1.2. Descripción del Problema.	24
2.2. DELIMITACIÓN DEL ALCANCE	24
3. ANTECEDENTES	25
4. JUSTIFICACIÓN	28
5. OBJETIVOS	29
5.1. OBJETIVO GENERAL	29
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
6. MARCO REFERENCIAL	30

6.1. MARCO TEÓRICO	30
6.1.1. Estudio de Tiempos.	30
6.1.2. Diagrama de Procesos	30
6.1.3. Simulación	31
6.1.3.1. Motivos para Simular	32
6.1.3.2. Tipos de Sistemas	32
6.1.3.3. Aplicación de los Modelos de Simulación	33
6.1.3.4. Pasos para una Simulación.	33
6.1.4. Arena como Herramienta de Simulación	36
6.1.5. ¿Cuándo es Adecuado el Uso de la Simulación?	40
6.1.6. Prueba de Bondad de Ajuste	41
6.1.7. Input Analyzer	42
6.1.8. Modelo Estocástico de Simulación.	44
6.1.9. Simulación de Eventos Discretos	44
6.1.10. Cuello de Botella	46
6.2. MARCO CONCEPTUAL	47
6.2.1. Líneas de Espera:	47
6.2.2. Palma de Aceite	47
6.2.3. Tiempos de Cargue y Descargue	48
6.2.4. Simulación en Arena	48
7. CUERPO DEL PROYECTO – METODOLOGÍA	49
7.1. PROCESO DE DESCARGUE	53
7.1.1. Proceso de Descargue Manual.	54
7.1.2. Proceso de Descargue Volteo	55
7.1.3. Tiempos:	59
7.1.4. Báscula	59
7.1.5. Zona de Descargue:	60
7.2. TOMA DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN	60
7.3. CUELLO DE BOTELLA	62

7.4. ELABORACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN	62
7.4.1. Definir el Modelo:	62
7.4.2. Definir el Sistema	63
7.4.3. Recolección de Información:	63
7.4.4. Elaboración del Modelo:	64
7.4.4.1. Modelo de Sistema General	65
7.4.4.2. Modelo del Sistema Actual	68
7.4.5. Experimentación del Modelo	89
7.4.6. Validación del Modelo.	90
8. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS	94
8.1. MEJORAS PROPUESTAS	94
8.1.1. Aspectos Generales	94
8.1.2. Aspectos Específicos	95
8.1.3. Procedimiento General para la Selección de las Propuestas	96
8.2. PROPUESTAS IMPLEMENTADAS	104
8.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN	112
9. CONCLUSIONES	114
10. RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	120

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Número de Hectáreas por Veredas del Municipio de Puerto Wilches.	50
Gráfico 2. Porcentaje de Incidencia Pudrición del Cogollo en Plantación Propia	51
Grafica 3. Validación del Modelo Actual	93
Grafico 4 .Validación Propuesta 1	151
Grafico 5. Validación Propuesta 2.	152
Grafica 6. Validación Propuesta 3.	154

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Modelo Conceptual	64
Tabla 2. Atributos del Modelo de Simulación	66
Tabla 3. Elementos de la Simulación Actual en Arena	68
Tabla 4. Datos Totales de los Resultados de la Simulación en Arena	89
Tabla 5. Datos Reales	91
Tabla 6. Datos Promedio de la Simulación Actual	91
Tabla 7. Valoración de los Factores de Evaluación	106
Tabla 8. Valoración de los Factores de Evaluación Porcentualmente	106
Tabla 9. Valoración de los Nuevos Factores de Evaluación	107
Tabla 10. Valoración Final de los Factores de Evaluación	107
Tabla 11. Valoración Final de los Factores de Evaluación Porcentualmente	108
Tabla 12. Ponderación de las Propuestas	111
Tabla 13. Modelo para la Toma de Tiempos que utiliza la Empresa	120
Tabla 14. Datos del Camión Volteo para la Simulación	121
Tabla 15. Camiones Volteo por Jornada	127
Tabla 16. Datos del Camión Manual para la Simulación	128
Tabla 17. Camiones Manual por Jornada	133
Tabla 18. Modelo Conceptual	134
Tabla 19. APU Concreto de Piso	142
Tabla 20. APU Muro de Contención	142
Tabla 21. Propuesta 3	143
Tabla 22. Presupuesto Propuesta 1	144
Tabla 24. Porcentaje de Disminución del Tiempo de Ciclo	148
Tabla 25. Datos de la Modelación para la Propuesta 1	150
Tabla 26. Datos de la Modelación para la propuesta 2	151
Tabla 27. Datos de la Modelación para la Propuesta 3	153

LISTA DE FIGURA

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la Empresa	19
Figura 2. Mapa de Puerto Wilches	20
Figura 3. Proceso Actual de Descargue	23
Figura 4. Etapas de un Proceso de Simulación de Eventos Discretos	45
Figura 5. Matriz DOFA de la Empresa	52
Figura 6. Detalle Tolva	54
Figura 7. Distribución Actual del Proceso de Descargue	57
Figura 8. Diagrama del Proceso Actual de Descargue en la Empresa	58
Figura 9. Esquema de un Sistema	65
Figura 10. Simulación del Modelo Actual en Arena	70
Figura 11. Entities	72
Figura 12. Entrada Camión Volteo	72
Figura 13. Entrada Camión Manual	73
Figura 14. Create	73
Figura 15. Vector Expresión	73
Figura 16. InterArrivalTime	73
Figura 17. TDescargue	74
Figura 18. InterArrivalTimeJornada	74
Figura 19. TBascula	74
Figura 20. Assign	75
Figura 21. Resumen de Assign	76
Figura 22. Datos Camión Volteo	76
Figura 23. Assignments de Datos Camión Volteo	76
Figura 24. Datos Camión Manual	77
Figura 25. Assignments de Datos Camión Manual	77
Figura 26. Asignaciones de Entrada	77
Figura 27. Assignments de Entrada	78

Figura 28. Asignaciones de Descargue	78
Figura 29. Assignments de Descargue Attribute	78
Figura 30. Asignaciones de Salida Volteo	79
Figura 31. Asignaciones de Salida Manual	79
Figura 32. Resume Assignments	79
Figura 33. Decide	81
Figura 34. Paro?	81
Figura 35. Camión Cargado?	82
Figura 36. Registrar	82
Figura 37. Resumen del Decide	82
Figura 38. Báscula	84
Figura 39. Descargue de Camiones	84
Figura 40. Resources Descargue de Camiones	85
Figura 41. Resumen de los Procesos	85
Figura 42. Record	86
Figura 43. Tiempo Sistema Camión Volteo	86
Figura 44. Tiempo Ciclo Camión Volteo	87
Figura 45. Tiempo Sistema Camión Manual	87
Figura 46. Tiempo Sistema Camión Manual	88
Figura 47. Salida de Camiones Volteo	88
Figura 48. Salida de Camiones Manual	89
Figura 49. Propuesta 1	98
Figura 50. Propuesta 2	100
Figura 51. Propuesta 3	102
Figura 52. Simulación del Modelo Actual SOFTWARE	134
Figura 53. Tiempo Entre Llegadas Jornada 1 Volteo	135
Figura 54. Tiempo Entre Llegadas Jornada 2 Volteo	136
Figura 55. Tiempo Entre Llegada Jornada 3 Volteo	137
Figura 56. Tiempo Entre Llegada Jornada 1 Manual	138
Figura 57. Tiempo Entre Jornada 2 Manual	139

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Imágenes de Palma de Aceite	47
Imagen 2. Camión Manual	54
Imagen 3. Camión Volteo	55
Imagen 4. Racimos del Fruto de Palma de Aceite	56
Imagen 5. Registro de Control en Báscula	60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Modelo de Tiempos de la Empresa	120
Anexo B. Toma De Datos Para La Simulación	121
Anexo C. Modelo De Simulación Actual Del Modelo En Arena	134
Anexo D. Ajuste de Datos de Entrada por Medio de la Herramienta de Arena	135
Anexo E. Propuestas para el Proceso de Descargue	141
Anexo F. Costos de las Propuestas	142
Anexo G. Simulación Del Modelo,	145
Anexo H. Resultados De La Simulación Del Modelo Actual,	146
Anexo I. Resultados De La Simulación Con La Implementación De Las Propuestas,	147
Anexo J. Validación De Las Propuestas	148

RESUMEN

MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL PROCESO DE DESCARGUE EN LA EMPRESA PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A

AUTOR: VIVIAN LORENA TORRES SARMIENTO

PALABRAS CLAVE:

Proceso, Descargue, Palma de Aceite, Simulación, ARENA

DESCRIPCIÓN

En la búsqueda de aumentar la participación en el mercado de palma de aceite, PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A., ha definido diferentes estrategias, las cuales buscan generar un proceso más eficiente y competitivo. Entre sus planes de acción está el mejoramiento del proceso de descargue en la planta extractora, para disminuir el tiempo de ciclo que duran los camiones de volteo y manual en descargar el fruto.

Para el desarrollo del mejoramiento del proceso de descargue se determinó el cuello de botella y luego se realizó la toma de datos y el análisis de estos junto con los datos históricos de la empresa.

Una vez se contó con la información necesaria, se diseñaron las diferentes propuestas que se evaluarán por medio de factores, en donde se seleccionó la mejor propuesta para el proceso de descargue. Con la ayuda de un comité evaluador y ARENA (Herramienta utilizada para la toma de decisiones), se establecieron los pros y los contras de cada una de las propuestas, determinando la mejor alternativa a seguir de acuerdo a la mejor calificación.

ABSTRACT

SIMULATION MODEL FOR THE DOWNLOAD PROCESS IN THE PALM OF
PUERTO WILCHES COMPANY SA

AUTHOR: VIVIAN LORENA TORRES SARMIENTO

KEYWORDS:

Process, download, Palm Oil, Simulation, ARENA

DESCRIPTION

In seeking to increase the market share of palm oil, palm PUERTO WILCHES SA has defined different strategies, which seek to create a more efficient and competitive process. Among their action plans is the download process improvement in the extraction plant, in order to reduce the cycle time lasting for dump trucks and manual fruit download.

For the development of the improved download process, we determined the bottleneck and then performed the data collection and analysis of these along with the historical data of the company.

Once we had the necessary information, the different proposals were designed to assess factors through, where the best proposal for the download process. Was selected with the help of an evaluation committee and a simulation model built in ARENA (Tool used for decision-making), established the pros and cons of every proposal were established, determining the best alternative to follow according to the best rating.

INTRODUCCION

La empresa PALMERAS DE PUERTO WILCHES SA., está ubicada en el magdalena medio y se dedica a la elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal para extraer aceite crudo de palma, torta de palmiste y tusa.

Actualmente la empresa está en un proceso de mejoramiento continuo, donde se están desarrollando mejoras y cambios significativos en sus procesos; para esto se debe contar con herramientas adecuadas, las cuales ayudarán a la toma de decisiones buscando disminuir costos y agilizar las actividades.

En este documento se describe el análisis, la toma de datos, el diseño y los resultados de la simulación del proceso de descargue de fruto de palma de aceite en la planta extractora de la empresa en mención utilizando el programa ARENA. El propósito es proponer y evaluar alternativas de mejora del proceso de descargue. La minimización del tiempo en que demora un camión ya sea manual o de volteo en descargar el fruto de palma de aceite en la planta extractora de la empresa es fundamental, porque esto representa dinero y el impacto en la cadena de procesos es menor.

La primera actividad realizada fue elaborar y analizar el diagnóstico general del proceso para conocer la situación real de la misma. Igualmente se incluyó en el estudio la situación de los proveedores y los camiones que ingresan a la planta. Se observó el proceso de descargue y se realizó la toma de datos para el respectivo proceso. Después de tener toda la información necesaria se inició con la elaboración del modelo de simulación que ayuda a evaluar diferentes aspectos del proceso y a tener una visión general del comportamiento del mismo; y por último se realizó la evaluación de las propuestas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. NOMBRE DE LA EMPRESA

PALMERA DE PUERTO WILCHES S.A.

1.2. ACTIVIDAD ECONOMICA

Elaboración de aceites y grasas de origen vegetal y animal.

1.3. LÍNEA DE PRODUCTOS

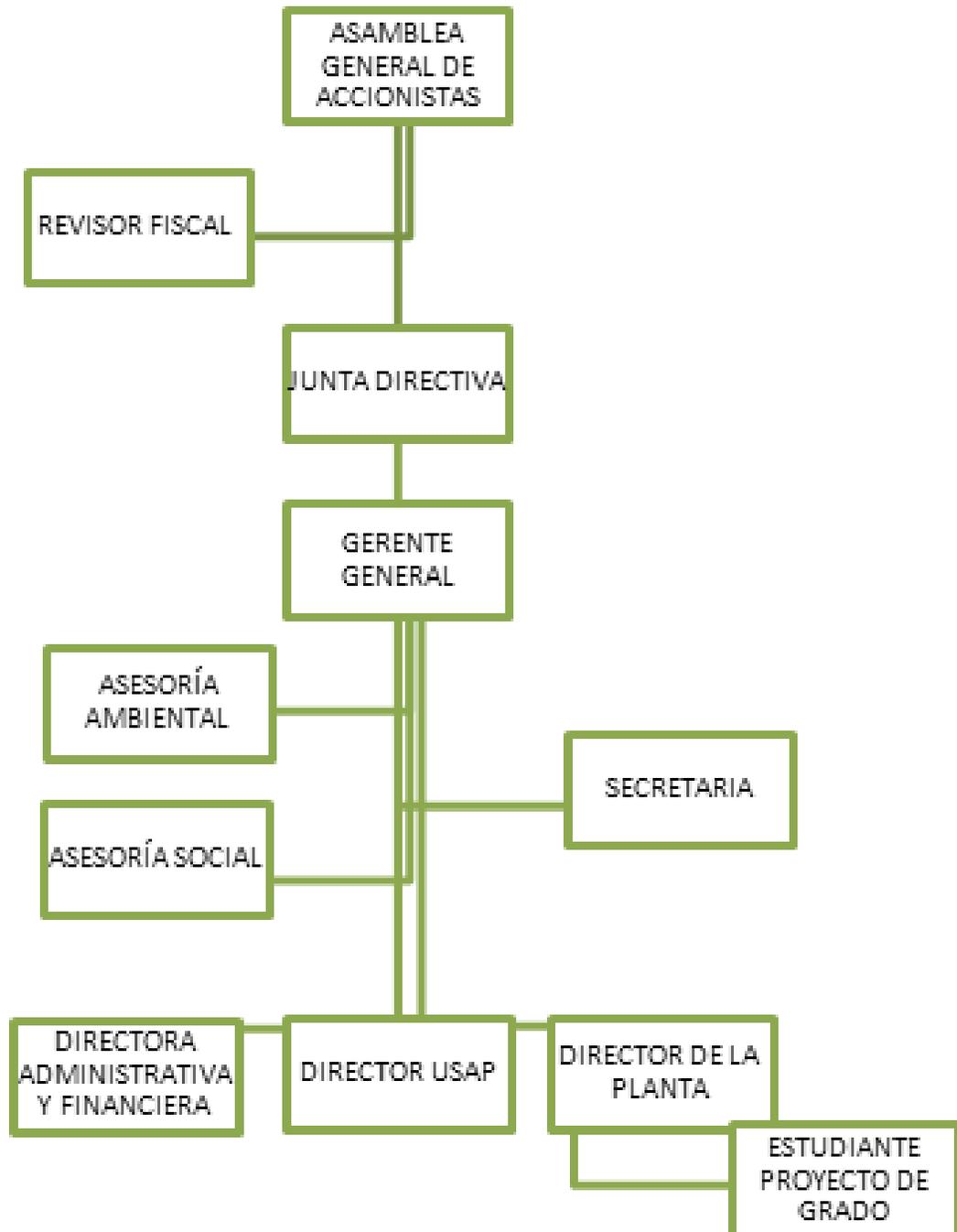
Aceite crudo de palma y torta de palmiste.

1.4. NÚMERO DE EMPLEADOS

122 empleados, de los cuales 13 pertenecen a la parte administrativa y los restantes están ubicados en Puerto Wilches.

1.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Figura 1. Organigrama de la Empresa



Fuente: Plan Estratégico USAP

1.6. DIRECCIÓN

Figura 2. Mapa de Puerto Wilches



Fuente: google maps, Puerto Wilches, Colombia

1.7. RESEÑA HISTÓRICA¹

Como respuesta al polo de desarrollo generado por las Empresas, Oleaginosas las Brisas, Promociones Agropecuarias Monterrey y Palmas Oleaginosas Bucarelia, 31 pequeños agricultores incursionaron en el mundo de la Palma Africana en el año de 1981.

Las dificultades generadas en la comercialización del fruto hicieron que se pensara en la integración vertical, generando una Cooperativa (Copalsa) y posteriormente con el apoyo del Gobierno Regional (FONDISER), Coomultrasan y Santandereana de Aceites S.A., se creó a PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A., fundada en el año 1.985 en Bucaramanga cumpliendo los deseos de integración de cultivadores de palma africana, siendo socios accionistas entre otros: Santandereana de Aceites S.A., LUIS JOSÉ ÁLVAREZ, SERGIO RANGEL CONSUEGRA, ENRIQUE PÉREZ BARRERA con una participación del 83.4% y FONDISER con una participación del 16.6% de las acciones, lo cual hizo en un comienzo que la sociedad se registrara como Sociedad Anónima de Economía Mixta con el objetivo de promover los cultivos y procesar su materia prima, es así, como de tener inicialmente 350 hectáreas sembradas hoy se cuentan más de 744.000 hectáreas.

A partir de 1.992 el 100% del capital es netamente privado de inversionistas de la región y cuenta con 191 socios y un capital suscrito de 706.945 acciones. La administración está a cargo del Ingeniero Omar Cadena Gómez.

El objetivo de sus actividades se basa en el fomento de la siembra, cultivo y explotación de plantas oleaginosas; el producto principal de la Empresa es el aceite crudo de palma africana teniendo en cuenta que su capacidad de

¹ Plan Estratégico USAP, Synapses Grupo Consultor S.A.S, Tomado el 1 de agosto de 2012 documento de Word.

producción inició con 5 Ton/h, posteriormente se pasó a 15 Ton/h y en la actualidad sigue aumentando constantemente alrededor de las 40 Ton/h por día.

Para la distribución de la infraestructura se adquirieron 4 fincas: El Rodeo I y II, Santa Ana, Sotará y la Esperanza, con una extensión total aproximada de 744.000 hectáreas, ubicadas en el Km 8 vía Puerto Wilches donde se instaló la planta extractora y los cultivos; la planta cuenta con las instalaciones de Administración y la maquinaria necesaria para realizar el proceso de extracción, clarificación y almacenamiento en aceite y torta.

En el año 2004 la empresa adicionó la infraestructura necesaria para producir aceite y torta de palmiste, entrando en operación en el mes de Octubre de 2005.

En la actualidad Palmeras de Puerto Wilches S.A. cuenta con certificación en Calidad bajo la norma ISO 9001:2000 para entregar a los clientes mejores productos, y consolidar relaciones mutuamente benéficas con los proveedores.

1.8. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA ESPECÍFICA DE TRABAJO

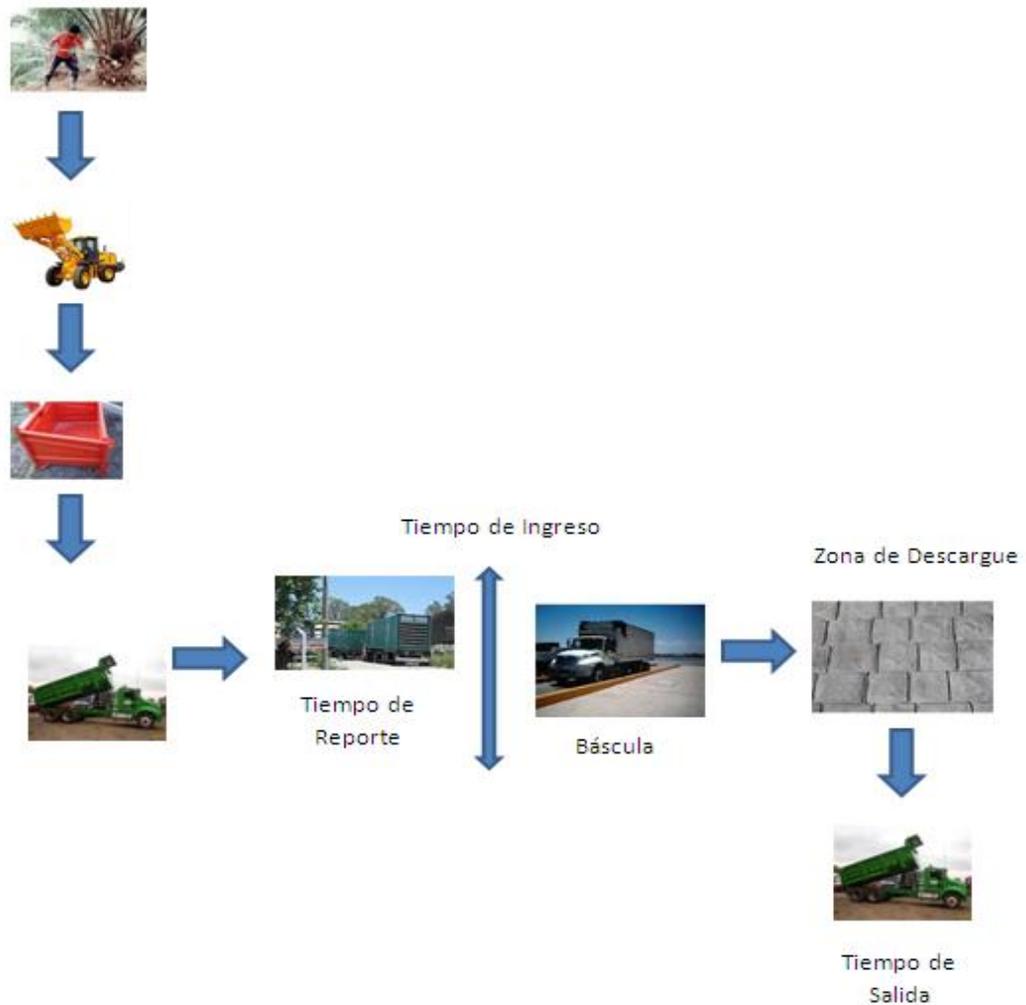
El trabajo se realizará en el departamento de dirección de planta bajo la supervisión del Ing. Harold Suarez, director técnico de la planta en Puerto Wilches.

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA – ALCANCE

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1.1. Proceso Actual de Descargue

Figura 3. Proceso Actual de Descargue



Fuente: Autor del Proyecto

2.1.2. Descripción del Problema. El problema que se presenta en la empresa es que el tiempo de espera de los camiones para ingresar el fruto de palma de aceite a la planta extractora es extenso y por ende hay gran cantidad de camiones que tienen que esperar y esto representa fallas en el proceso. Una situación adicional es que los camiones que están en espera ubicándose sobre la carretera impiden la movilización de los camiones que salen de la planta. Las condiciones climáticas de la zona hacen más crítico el problema de espera.

2.2. DELIMITACIÓN DEL ALCANCE

Para la ejecución del proyecto se pretende utilizar herramientas de simulación en ARENA cuya función es demostrar, predecir y medir estrategias de un sistema organizado y obtener una visión más precisa acerca de la situación real de la empresa y cuáles podrían ser las mejores alternativas.

Se realizará un diagnóstico de procesos y tiempos teniendo en cuenta: el patrón de arribos (Número de camiones y Tipo de camiones), las clases de arribo, el tiempo que transcurre entre dos arribos sucesivos al sistema y el tiempo en que llegan los camiones a la planta; se propondrá un modelo de simulación en Arena que será validado y se propondrán y evaluarán alternativas por medio de la simulación en Arena.

3. ANTECEDENTES

La palma de aceite es un cultivo oleaginoso que se ha extendido en el mundo gracias a su alto potencial productivo. Comparado con otros cultivos oleaginosos, su rendimiento en términos de aceite por hectárea, que promedió alrededor de 3.7 toneladas, supera a las oleaginosas tradicionales como la soya, la canola, el girasol y el algodón, semillas que en la actualidad buscan incrementar este rendimiento de aceite por hectárea cultivada vía la aplicación de la biotecnología.

La producción mundial de aceite de palma en 2006 fue de 37 millones de toneladas, obtenidas en una superficie de 8,2 Mha. Actualmente se considera que es una posible fuente de energía renovable y de carburante líquido.

Aplicar las técnicas para la medición del trabajo en el sistema de la producción de Aceite de Palma en Palmeras de Puerto Wilches S.A. - Evaluar y mejorar los procesos productivos en Palmeras de Puerto Wilches S.A. - Dotar a la empresa de herramientas técnicas que permitan el seguimiento de los procesos. Metodología: - El método consiste en aplicar una técnica de registro, con el propósito de establecer tiempos y ritmos de trabajo correspondiente a cada proceso y determinar las condiciones del trabajo para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida. Resultados: - Se establecieron los tiempos estándares para cada proceso desarrollado. - Se han indicado algunas tendencias conducentes a nuevas formas de organización del trabajo; se han mencionado principios y directrices generales, destacando situaciones actuales en el proceso.²

² OSPINO ARIAS, Angelica María. Estudio de métodos y tiempos desarrollado en Palmeras de Puerto Wilches S.A. Bucaramanga 2000.

Para el control de inventarios existen muchas teorías, modelos y aplicaciones que permiten calcular y manejar los inventarios de materias primas, productos en procesos y productos terminados; donde todos tienen en común la necesidad de tener información sobre los gastos que las organizaciones invierten para el manejo de inventarios.

En este trabajo, se utilizó el software Arena para simular un modelo de control inventario (s, S), donde lo que se busca es hallar el nivel de inventario donde se debe hacer pedido y que cantidad se debe ordenar.

Para que el modelo “corra” se le deben ingresar costos, probabilidades y comportamientos de los productos para la empresa, es por esto que se debió determinar los costos de mantener, de faltante, de ordenar; las probabilidades de la cantidad de pedido, el tiempo de entre llegada de los clientes y los tiempos de entrega; los cuales no estaban establecidos.

Una vez que el modelo tenía toda la información necesaria para la simulación, se elaboraron muchas pruebas con diferentes valores (s, S) para los 3 productos más representativos en ventas, y lograr comprar los diferentes resultados para seleccionar la mejor alternativa que se ajustara al modelo.

Los resultados arrojados por el software Arena eran: Costo de almacenar diario promedio, costo de ordenar diario promedio, costo de faltante diario promedio y costo total diario promedio.

Los valores de estos costos permitían analizar y seleccionar cual era la combinación de valores (s, S) que generaría una mejor política de control de inventario según el modelo simulado en el software.³

³ RAMÍREZ ESPITIA, Carlos Andrés. Desarrollo y aplicación de una simulación en el software Arena como solución en manejo de inventarios de la empresa Industrias Pintulutex. Bucaramanga 2010.

4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente la empresa ha tenido una disminución en el fruto de palma de aceite que llega a la planta debido a que la pudrición del cogollo ha afectado gran número de hectáreas en la zona. A pesar de esto la empresa tiene buen registro de ventas y utilidades de los productos derivados de la palma de aceite, de tal manera la empresa busca aumentar la satisfacción de los proveedores para que se comprometan a llevar el fruto a la planta y no a la competencia a través de la disminución del tiempo de reporte, de ingreso y de salida de camiones.

PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A., considera de gran importancia mejorar continuamente el proceso de descargue del fruto de palma de aceite para responder eficazmente a la demanda diaria de la empresa, puesto que afecta directamente su cadena de procesos.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer y evaluar alternativas de procesos por medio de la herramienta ARENA, para mejorar el proceso de descargue del fruto de palma de aceite en la empresa PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación real de la empresa, identificando puntos críticos que se deben tener en cuenta en beneficio del proceso de descargue.
- Realizar un diagrama de procesos para acotar el sistema con que se va a trabajar.
- Validar los datos de tiempos con distribuciones probabilísticas, usando las herramientas del software de simulación ARENA.
- Identificar las variables que afectan el proceso de descargue para desarrollar propuestas de mejora en donde se identifique claramente el problema analizándolo a través de la herramienta de simulación ARENA.
- Definir la mejor alternativa usando como criterio las medidas de evaluación.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1. Estudio de Tiempos. Con el estudio de tiempos se puede determinar los cuellos de botella y el tiempo óptimo para cada actividad. Esta información es vital para establecer la ubicación adecuada de los procesos, maximizando el espacio de las instalaciones de la empresa y minimizando los efectos de los cuellos de botella.

Un estudio de tiempos se hace con el fin de disminuir el tiempo total del ciclo, aumentar la eficiencia de las operaciones y obtener procesos más estandarizados.

6.1.2. Diagrama de Procesos⁴. Los diagramas de procesos muestran las actividades de la organización y la secuencia en que ellas se llevan a cabo, los pasos detallados que ocurren dentro de un proceso para transformar las entradas en salidas, los flujos de información y/o materiales existentes entre los pasos y las dependencias organizacionales y los grupos de personas o responsables de cada etapa del proceso.

Los diagramas de procesos se realizan de la siguiente forma:

- Identificar los actores que interactúan con el sistema.
- Reconocer cada uno de los pasos que se siguen para cumplir con la labor.
- Ordenar los pasos obtenidos de acuerdo al orden de ocurrencia (ordenamiento secuencial).

⁴<http://www.google.com.co/search?q=imput+analizer&oq=imput+analizer&sugexp=chrome,mod=0&sourceid=chrome&ie=UTF-8#hl=es&sclient=psy->

- Asociar los pasos al actor responsable de los mismos.
- Identificar los eventos que desatan ciertos pasos dentro del proceso.
- Identificar los eventos que se constituyen en resultados del proceso.
- Reconocer la información que se va recopilando a lo largo del proceso que se está describiendo.

6.1.3. Simulación⁵. La simulación es la construcción de modelos en software que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema de interés, así como de diseñar y realizar experimentos con tales modelos, con el fin de extraer conclusiones de sus resultados para apoyar a la toma de decisiones. Es decir, la simulación es la forma como se puede hacer una representación aproximada de una situación real de un sistema, cuando se habla de aproximada se refiere a que es imposible tomar a consideración todas las variables que están implícitas en un modelo, además de costoso e innecesario.

Cuando se desarrolla un modelo de simulación se debe buscar que sea lo más cercano a la realidad, pero al hacer esto hay que tener en cuenta que entre más complicado sea un sistema, más tiempo será su elaboración, además de costoso. Por tanto hay que llegar al equilibrio de lo que se quiere y los recursos con los que cuenta la organización; es importante recalcar que hay variables que aunque son importantes en el sistema real, en la elaboración de un modelo son innecesarias, dado que no genera ningún aporte al objetivo final y lo único que ocasionaría es tener un modelo más complicado y más difícil de modelar.

Para hacer una representación de un sistema real se puede realizar por medio de modelos matemáticos o modelos de simulación, el escoger uno u otro depende de la complejidad del modelo. La simulación ayuda a hacer experimentos de los otros, pero con la ventaja que no se incurren e grandes inversiones para tener al

⁵ RIOS INSUA David, RIOS INSUA Sixto y JIMENEZ Jacinto Martin, Simulación. Modelos y aplicaciones.

menos una idea del comportamiento, siendo una herramienta de toma de decisiones para muchos gerentes. Los modelos de simulación tienen la ventaja que son herramientas animadas, el cual ayuda a tener una amplia visión del sistema tanto global como específico.

6.1.3.1. Motivos para Simular: En la actualidad la simulación es una herramienta que se usa para conocer a cabalidad el sistema, hacer una evaluación y responde a preguntas como, ¿Qué pasaría si?, esto se hace con el objeto de evitar incurrir en grandes inversiones.

6.1.3.2. Tipos de Sistemas: Los sistemas se pueden clasificar dependiendo de su comportamiento⁶:

- **Sistemas continuos:** son aquellos donde su comportamiento es predecible, debido a que los cambios que tienen son constantes o continuos y no se muestran cambios abruptos en el sistema.
- **Sistemas discretos:** estos sistemas cambian en un instante del tiempo o secuencia de ellos y permanecen constantes el resto.
- **Sistemas orientados a eventos discretos:** son como los sistemas discretos, con la variante que el cambio en el sistema es aleatorio.
- **Sistemas combinados:** estos modelos tienen una combinación de los sistemas continuos y discretos; por lo que su modelación se debe hacer en forma específica.

⁶ GUASH Antoni, PIERA Miguel Ángel, CASANOVA Joseph, FIGUERAS Jaume. Modelación y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. México, Alfaomega, 2005, P4.

6.1.3.3. Aplicación de los Modelos de Simulación: Los modelos de simulación son herramientas muy utilizadas en la actualidad por las empresas, para implementar posibles cambios en el aumento de la productividad. Por tanto las empresas en todo el mundo han buscado simular toda clase de modelos como es el proceso de manufactura, logística, transporte, redes, emergencias, entre otros.

6.1.3.4. Pasos para una Simulación. Para realizar una simulación se debe tener muy claro el objetivo de la misma, para que al final el modelo no se considere una pérdida de tiempo y dinero y se puedan tener los resultados esperados. Para la construcción de un modelo de simulación se puede realizar de la siguiente forma⁷:

- **Definir el Problema:**

Para la elaborar una simulación hay que tener pleno conocimiento de lo que busca representar, esto con el fin de tener claro a donde se quiere llegar. El objetivo inicial debe ser una guía para determinar si la tarea desarrollada está encaminada por el propósito propuesto. Durante la realización de un modelo de simulación se puede variar el objetivo si se considera necesario; pero en esos casos se debe replantear el objetivo y plan de estudio.

Cuando se define un problema se determinan los objetivos del proyecto en orden cronológico, además se establece los parámetros y variables del sistema. Los parámetros son las propiedades del sistema que son fijas y no varían durante la simulación, en cambio las variables si, estos cambios son resultado de la simulación del sistema.

⁷ BLANCO RIVERO Luis Ernesto, FAJARDO PIEDRAHITA Iván Darío, Simulación con producción, Casos de producción y logística. Segunda edición. Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. P 7,8.

- **Definir el Sistema:**

Para elaborar un sistema hay que especificar cada una de las variables del modelo, los parámetros, las limitaciones y el grado de complejidad que se busca. Los analistas deben establecer cuáles son los eventos más importantes, dado que se busca evaluar aquellas variables que son de real interés.

En esta etapa es muy importante determinar cuál es la información que se necesita y la validez con la que se cuenta.

- **Recolección de Información:**

Después de establecer lo necesario para hacer el modelo de simulación y cuáles son los resultados esperados; se reúne la información necesaria y evalúa su validez, por ejemplo, determinar si los datos históricos son recientes y reflejan el comportamiento de la situación actual del sistema que se va a representar.

- **Elaboración del Modelo:**

Para realizar un modelo se comienza con hacer un esquema general y luego se desarrolla parte por parte, esto se hace con el fin de tener tanto una visión general del proyecto como un conocimiento pleno de todas las partes que lo componen. Para la elaboración de un modelo hay que tener cuidado de la forma como se elabora el modelo para así minimizar los errores.

- **Experimentación del Modelo:**

Después de tener elaborado el modelo, se hace la experimentación en donde se verifica los valores obtenidos, determinando si son los resultados esperados. En la

verificación de un modelo se establece que tan veraces son los resultados que está mostrando el sistema, para así tomar medidas correctivas.

Los errores que se pueden presentar en los modelos son por problemas de planteamiento o del software que se están usando para realizar la simulación del modelo. Con programas de simulación se determinan errores de programación analizando cada puesto de trabajo y su funcionamiento. En todo modelo se implementa un método que ayuda a determinar si el programa está simulando correctamente, esto se puede hacer a través de tres alternativas⁸:

1. Hacer que el programa muestre los cálculos y se analizan por separado.
2. Simular las condiciones actuales del sistema y determinar si se aproxima a la realidad o por lo contrario da resultados que se podrían considerar como ilógicos.
3. Mirar el funcionamiento de cada una de las entidades dentro del sistema y determinar si está bien definido, se puede hacer una corrida con un solo elemento para establecer si son los resultados esperados.

- **Validación del Modelo:**

Para terminar se determina qué tanto del modelo refleja la realidad y si los datos obtenidos son válidos para ayudar a la toma de decisiones. Después de establecer la validez del modelo según el objetivo propuesto, se comienza a hacer cambios a las variables, analizando los resultados con respecto a los del modelo inicial.

⁸ CHASE Richard B., JACOBS F. Robert, AQUILANO Nichikas J. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Décima edición. México, Mc Graw Hill, 2005. P 723

6.1.4. Arena como Herramienta de Simulación⁹. Arena es una herramienta de simulación para la modelación de los procesos productivos y de logística, además este software ayuda a conocer las interacciones entre las entidades de una planta, dado que mira todas las variaciones que tiene cada parte del modelo, como los cuellos de botella o recursos restrictivo de capacidad, para así tomar las mejores decisiones sobre las entidades y no solo evaluar el comportamiento global del sistema.

A continuación se mencionan los componentes más importantes de Arena:

- **ENTIDADES**

Es el término utilizado para personas, objetos o cualquier otra cosa, reales o imaginarias que se mueven a través del modelo, pudiendo causar cambios en el estado del sistema o afectar a otras entidades.

Son los objetos dinámicos en la simulación, son creadas, pasan a través de una sucesión de procesos y luego desaparecen, en el caso de los modelos de ciclo abierto ya que, no obstante, es posible tener entidades que nunca dejen el sistema sino que permanezcan circulando por él. Sin embargo, todas las entidades han de ser creadas, bien por uno mismo o automáticamente por el software.

- **ATRIBUTOS**

Para individualizar entidades, se les asignan atributos. Un atributo es una característica común de todas las entidades, pero con un valor específico que permite diferenciar una de otra. Lo más importante con respecto a los atributos es que sus valores están unidos a entidades específicas. El mismo atributo tendrá normalmente valores diferentes para entidades distintas. Así, los atributos son

⁹ <http://es.scribd.com/doc/52494328/simulacion-arena>

variables locales (local para cada entidad). Arena puede asignar estos atributos automáticamente o ser definidos por uno mismo si es necesario.

- **VARIABLES**

Una variable es una parte de información que refleja algunas características del sistema, sin importar cuántas o qué tipos de entidades pueda haber. Se pueden tener muchas variables diferentes en un modelo, pero cada una de ellas es única. Hay dos tipos de variables: Variables fabricadas por Arena (número de entidades en la cola, número de recursos ocupados, tiempo de simulación, etc.) y Variables definidas por el usuario (número de entidades en el sistema, etc.). Al contrario que los atributos, las variables no están unidas a una entidad específica, sino que más bien pertenecen al sistema en general. Son accesibles por todas las entidades y muchas pueden ser cambiadas por alguna entidad.

- **RECURSOS**

Para que sobre una entidad se realice un proceso determinado será necesaria la presencia de uno o varios recursos que presten ese servicio. Los recursos representan todo aquello necesario para realizar un proceso: personas, máquinas, herramientas, etc. Son elementos estáticos del modelo y en ellos son alojadas las entidades, presentando posibles estados distintos definidos por el usuario.

- **COLAS**

Son espacios de espera para las entidades en su movimiento por el sistema, cuando estas han sido detenidas por causas del fallo de este. Por ejemplo, si un determinado recurso está ocupado y la entidad quiere acceder a él, ha de esperar hasta que esté disponible. Son elementos pasivos del modelo, no se pueden crear durante la ejecución del programa.

- **ESTACIONES**

Arena representa los sistemas dividiéndolos en subsistemas. Estos subsistemas son llamados estaciones. De esta forma, el modelo se hace más manejable y se proporciona una forma fácil de definición del movimiento de entidades entre partes del sistema.

- **CONVEYORS Y TRANSPORTERS**

Una entidad puede ser transferida de una estación a otra de diferentes formas:

1. **Una conexión directa:** la entidad no ha de esperar a que esté disponible ningún medio de transporte. En el camino se invierte un tiempo fijado por el usuario, pudiendo especificarse como cero.
2. **Conveyors:** funcionan como cintas transportadoras. Una vez que la entidad pide el acceso desde una estación para dirigirse a otra, ha de esperar a que exista sitio en la cinta para comenzar el transporte. Se detallarán más características de este transporte en puntos posteriores del proyecto.
3. **Transporters:** en este caso existe un número de vehículos encargados de realizar el transporte. La entidad tras solicitar un vehículo ha de esperar a que esté disponible para poder realizar el transporte.

- **ACUMULADORES ESTADÍSTICOS**

Para conseguir medidas de los resultados o salidas llevados a cabo, hay que hacer uso de varias variables que actúan como acumuladores estadísticos conforme la simulación progresa, como pueden ser: el número de partes producidas, el total de tiempo esperando en una cola, número de entidades que

han pasado a través de una cola, el mayor tiempo que se ha permanecido en la cola, el total de tiempo que pasa en el sistema para todas las entidades que van desapareciendo, el área ocupada debajo de la curva de algunas funciones, etc.

- **EVENTOS**

A la hora de ejecutar el modelo, básicamente todo se centra en los eventos. Un evento es algo que ocurre en un instante de tiempo (simulado) que puede hacer cambiar, atributos, variables o acumuladores estadísticos, como pueden ser: la llegada o la salida del sistema de una entidad, el final de la simulación, etc. Para poder ejecutar, una simulación debe seguir los eventos que se supone que ocurrirán en el futuro (simulado). En Arena, esta información es guardada en un calendario de eventos.

- **RELOJ DE SIMULACIÓN**

El tiempo actual en la simulación es guardado en una variable llamada Reloj de Simulación. El transcurso de este tiempo no tiene por qué coincidir con el real, se puede acelerar o retardar. Este reloj marca el transcurso de los eventos del calendario y es una parte muy importante de la simulación dinámica (el reloj es una variable llamada TNOW).

- **COMIENZO Y PARADA**

Una cuestión muy importante en la simulación es cómo empezar y parar. Arena hace muchas cosas automáticamente, pero no es capaz de decidir cuestiones del modelado como el comienzo y la parada. El usuario es quien debe determinar las condiciones apropiadas de comienzo, cuánto debería durar la ejecución y si se debería parar en un instante particular de tiempo o cuando ocurra algún suceso específico. Estas decisiones pueden tener un gran efecto tanto en los resultados

como en las cosas más obvias como pueden ser los valores de los parámetros de entrada.

6.1.5. ¿Cuándo es Adecuado el Uso de la Simulación?¹⁰. La disponibilidad en el mercado de entornos de simulación, con librerías preprogramadas y validadas de componentes típicos, junto con la capacidad de programación gráfica y de visualización han hecho posible que la simulación sea una técnica cada vez más utilizada en el análisis y la mejora de sistemas.

Algunos de los objetivos para los cuales pueden utilizarse las técnicas de simulación digitales de sistemas orientados a eventos discretos son:

- El análisis y estudio de la incidencia y sobre el rendimiento global del sistema de pequeños cambios realizados sobre algunos de sus componentes. En la actualidad los sistemas logísticos son considerados sistemas complejos, porque un pequeño cambio o una mala sincronización entre sus elementos pueden derivar fácilmente en un comportamiento no deseado, lo que implica una repercusión económica.
- Cambios en la organización de una empresa, así como la gestión de la información pueden ser fácilmente simulados y los efectos sobre el sistema real pueden ser analizados a partir de la experiencia del modelo.
- El conocimiento que se obtiene en el desarrollo de un modelo de simulación es de interés para poder sugerir posibles mejoras en su rendimiento.
- La observación de los resultados que se obtienen de un simulador a partir de experimentar con ciertos parámetros del modelo, así como los cambios en las

¹⁰ Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlan. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Simulación Digital. Jocotitlan Edo de México. Abril 2008

entradas, permiten inferir aspectos relativos a la sensibilidad del sistema y qué variables son las que más pueden beneficiar el rendimiento del mismo.

- La simulación puede ser utilizada como una perspectiva pedagógica para ilustrar y facilitar la comprensión de los resultados que se obtienen mediante técnicas analíticas.
- Experimentar con condiciones de operación que podrían ser peligrosas o de elevado coste económico en un sistema real.

Las técnicas de simulación pueden ser utilizadas como una metodología de trabajo barata y segura que permite responder satisfactoriamente a preguntas del tipo “¿Qué ocurriría si realizamos éste cambio en...?”.

Por otro lado la toma de decisiones basada únicamente en el estudio realizado mediante la simulación, conlleva un elevado riesgo si el modelo en el cual se basó el estudio no ha sido validado y las fases del proyecto convenientemente verificadas.

6.1.6. Prueba de Bondad de Ajuste¹¹. Al buscar modelar un sistema por medio de herramientas de simulación se deben validar los datos obtenidos, esto se hace con el fin de establecer si son representativos de la población estudio. La validación de los datos se hace por medio de la prueba de bondad, la cual determina si los datos se ajustan a una distribución probabilística.

Cuando se realiza un estudio de tiempos y se validan los datos por medio de una herramienta de simulación, generalmente no se hacen variaciones a los datos a través de la valoración de los puestos de trabajo; en cambio si se realiza una

¹¹ MONTGOMERY C. Douglas y RUNGER C. George. Probabilidad y Estadística ajustada a la ingeniería. México, Mc Graw Hill, 1996. P 444.

prueba de bondad de ajuste en donde se determina si los datos se ajustan a una distribución probabilística (Normal, Poisson, Binomial, etc.). La escogencia de una prueba u otra depende de la clase de datos con los que se cuenten ya sean variables aleatorias o variables continuas.

En la mayoría de los casos en donde se toman datos de campo se hacen pruebas para variables aleatorias y para esto las más comunes son la Chi-cuadrado y la Kolgomorov-Smirnov. La prueba Chi-cuadrado es muy utilizada debido a que con ella se pueden utilizar variables tanto continuas como discretas.

6.1.7. Input Analyzer¹². El Input Analyzer es un componente estándar del entorno de simulación de Arena. Es una herramienta potente y versátil que se puede utilizar para las siguientes actividades:

- a) Determinar la calidad de ajuste de una función distribución de probabilidad a un conjunto de datos de entrada.
- b) Comparar diferentes funciones de distribución de probabilidad.
- c) Representar gráficamente los efectos de la variación de los parámetros para una misma distribución.
- d) Generar datos aleatorios siguiendo una determinada función de distribución de probabilidad.

La forma de ejecutar este componente de Arena se realiza a través de cualquiera de estas dos opciones:

¹²http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/model_simul/pdf/practicas_simulacion_m_sse.pdf

- Seleccionar Input Analyzer en Inicio/ Programas/ Arena
- Seleccionar Input Analyzer en el menú Tools de Arena

El modo de funcionamiento del Input Analyzer se basa en ventanas, asignando a cada conjunto de datos que se debe analizar una ventana. Se puede abrir tantas ventanas como conjunto de datos se desee analizar.

Para analizar las características de los datos contenidos en un fichero se debe asignar una nueva ventana a dicho fichero y después utilizar los comandos propios del Input Analyzer.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Es una prueba no paramétrica que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. Esta prueba es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución¹³.

Prueba Chi-²

Esta prueba puede utilizarse incluso con datos medibles en una escala nominal. La hipótesis nula de la prueba Chi-cuadrado postula una distribución de probabilidad totalmente especificada como el modelo matemático de la población que ha generado la muestra¹⁴.

¹³http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento_3_Prueba_de_Bondad_de_Ajuste_de_Kolmogorov_Smirnov.pdf

¹⁴ http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-2.htm

Prueba de Anderson-Darling

Es una prueba no paramétrica sobre si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. El estadístico de la prueba se puede entonces comparar contra las distribuciones del estadístico de prueba para determinar el P-valor¹⁵.

6.1.8. Modelo Estocástico de Simulación. Los valores de las variables dentro de un modelo estocástico sufren modificaciones aleatorias con respecto a un valor promedio; dichas variaciones pueden ser manejadas mediante distribuciones de probabilidad¹⁶.

Un sistema o proceso estocástico es el cual su comportamiento es no-determinístico. Esto significa que el estado subsecuente del sistema se determina tanto por las acciones predecibles del proceso, como por un elemento aleatorio. Las variables del modelo calculadas a partir de variables aleatorias son también aleatorias. Por ello, la evolución de este tipo de sistemas debe estudiarse en términos probabilísticos¹⁷.

6.1.9. Simulación de Eventos Discretos¹⁸. Los sistemas dinámicos de eventos discretos son, actualmente, los más estudiados. Se caracterizan porque las variables de estado, que definen el estado de sistema en cada momento, van cambiando únicamente en un conjunto discreto de instantes de tiempo. Este comportamiento discreto del sistema permite la implementación del mismo en un programa de ordenador mediante una lista de sucesos futuros, un reloj que salte en el tiempo hacia el siguiente suceso y unos acumuladores estadísticos que actualicen las variables de estado y las de salida. Se trata de realizar una historia

¹⁵ <http://es.scribd.com/doc/26816059/Prueba-de-Anderson-Darling>

¹⁶ AZARANG Mohammad, GARCÍA DUNNA Eduardo. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos.. Pág. 1 y 2

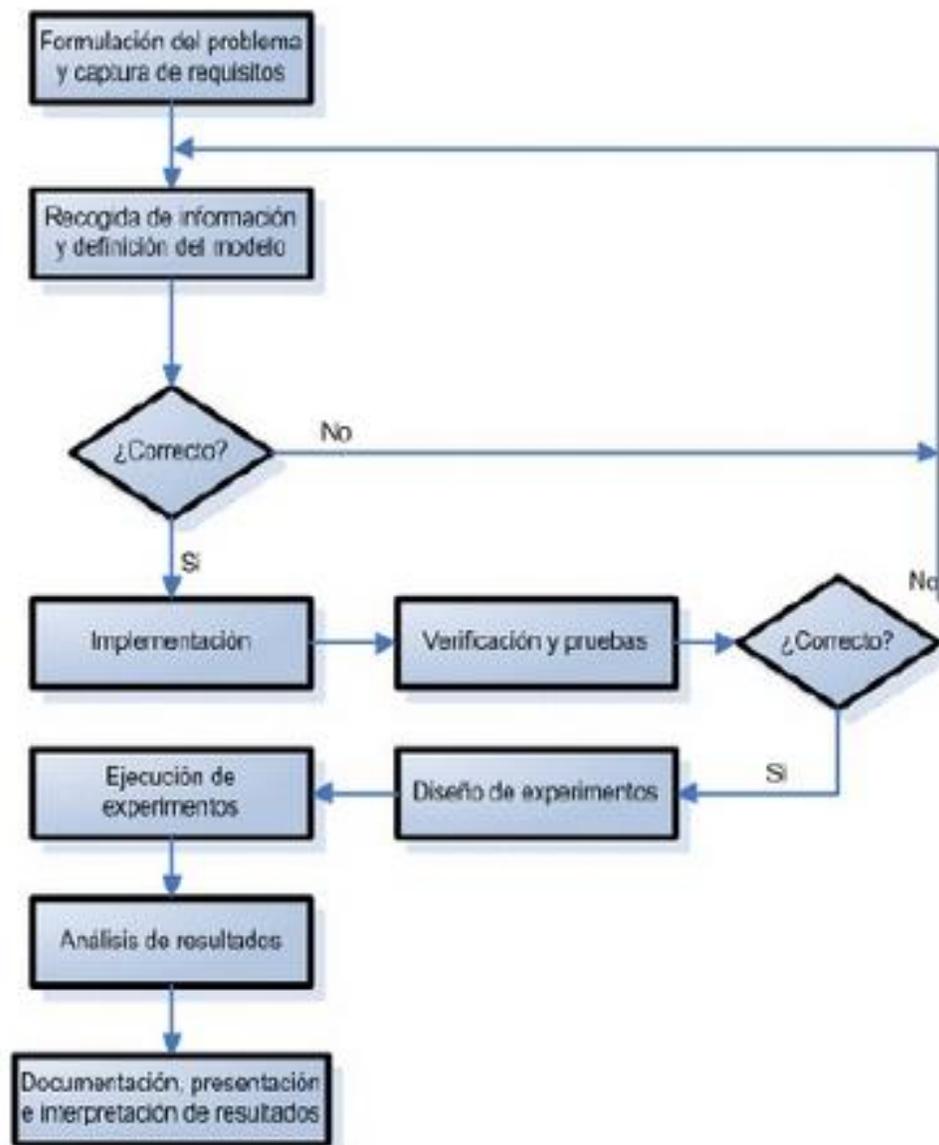
¹⁷ URQUÍA MORALED A, Antonio. Simulación, Texto Base de Teoría. Madrid, España, Juan del Rosal 16, 28040.

¹⁸<http://es.scribd.com/doc/26474639/07-Simulacion-de-Eventos-Discretos>

artificial del sistema a partir de las simulaciones del modelo para que, de esta forma, se pueda comprobar su correcto funcionamiento.

Las etapas principales en un proceso de simulación de eventos discretos se muestran en la siguiente figura:

Figura 4. Etapas de un Proceso de Simulación de Eventos Discretos



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/26474639/07-Simulacion-de-Eventos-Discretos>

6.1.10. Cuello de Botella¹⁹. La Teoría de las Restricciones o de Cuellos de Botella está basada en el simple hecho de que los procesos de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de balancear el proceso es utilizar un acelerador en este paso y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo, estos factores limitantes se denominan restricciones, embudos o cuellos de botella.

Por supuesto las restricciones pueden ser un individuo, un equipo, la pieza de un aparato, una política local, o la ausencia de alguna herramienta o pieza de algún aparato. Por regla general en toda empresa hay, por lo menos, una restricción pues si así no fuera, generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones factores que bloquean a la empresa en la obtención de mayores ganancias, toda gestión gerencial que apunte a ese objetivo debe focalizarse sobre las restricciones.

Cuando se menciona cuellos de botella se refiere a diferentes actividades que disminuyen la velocidad de los procesos, incrementan los tiempos de espera y reducen la productividad, trayendo como consecuencia final el aumento en los costos.

Los cuellos de botella producen una caída considerable de la eficiencia en un área determinada del sistema, y se presentan tanto en el personal como en la maquinaria, debido a diferentes factores como falta de preparación, entrenamiento o capacitación en el caso del personal, o la falta de mantenimiento apropiado para el caso de las máquinas y equipos.

¹⁹ <http://gcarrascoc.blogspot.com/2011/11/teoria-de-los-cuellos-de-botella.html>

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Líneas de Espera²⁰:

Imagen 1. Imágenes de Palma de Aceite



Fuente:<http://search.iminent.com/SearchTheWeb/v4/3082/toolbox/Result.aspx#q=PALMA%20DE%20ACEITE&s=web>

Efecto resultante en un sistema cuando la demanda de un servicio supera la capacidad de proporcionar dicho servicio. Se representa mediante la llegada de camiones a la planta extractora con el fin de descargar el fruto.

6.2.2. Palma de Aceite²¹: Planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar, su vida productiva puede durar más de cincuenta años²²

La palma de aceite es el cultivo oleaginoso que mayor cantidad de aceites produce por unidad de superficie. Con un contenido del 50% en el fruto, puede rendir de 3.000 a 5.000 Kg de aceite de pulpa por hectárea, más 600 a 1.000 Kg de aceite de palmiste. La palma de aceite es importante por la gran variedad de productos que genera, los cuales se utilizan en la alimentación y la industria. Tanto el aceite de pulpa como el de almendra se emplean para producir margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina, y jabones. El aceite de pulpa se usa en la fabricación de acero inoxidable, concentrados minerales, aditivos para lubricantes,

²⁰ <http://www.unamerida.com/archivospdf/337%20Lectura6.2.pdf>

²¹ <http://www.fedepalma.org/palma.htm>

crema para zapatos, tinta de imprenta, velas. Se usa también en la industria textil y de cuero, en la laminación de acero y aluminio, en la trefilación de metales y en la producción de ácidos grasos y vitamina A.

Las características físicas y químicas del suelo influyen en el desarrollo de la palma de aceite, particularmente en zonas climáticas marginales. Al igual que el cocotero, la palma de aceite es favorecida por suelos profundos, sueltos y con buen drenaje.

La palma de aceite resiste niveles bajos de acidez, hasta pH 4. Los suelos demasiado alcalinos le son perjudiciales. Aunque puede plantarse con éxito en terrenos de colinas, con pendientes mayores de 200, se prefieren los planos o ligeramente ondulados, con pendientes no mayores de 150; En éstos se disminuyen los costos de establecimientos y de cosecha y los riesgos de erosión.

6.2.3. Tiempos de Cargue y Descargue²³: Se debe considerar la densidad del producto, las distancias a recorrer, el tamaño y ubicación del cliente, el grado de agregación de inventarios y los medios de transporte utilizados en la red de cadena de suministro. Es minimizar el tiempo y aprovechar la capacidad de cada camión, reduciendo a su vez costos de operación.

6.2.4. Simulación en Arena²⁴: Es un intento de modelar situaciones de la vida real por medio de un programa de computadora, lo que requiere ser estudiado para ver cómo es que trabaja el sistema; ya sea por cambio de variables, quizás predicciones hechas acerca del comportamiento del sistema.

²³ <http://www.slideshare.net/killuank/tiempos-de-cargue-y-descargue-5588437>

²⁴ Shannon, Robert; Johannes, James D. (1976). «Systems simulation: the art and science». IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 6(10). pp. 723-724.

7. CUERPO DEL PROYECTO – METODOLOGÍA²⁵

Las producciones de plantaciones propias de la empresa y las de sus proveedores son de varios tipos, destacándose la siembra de guineenses por sus altos promedios productivos.

En cuanto al incremento de la productividad, la meta al 2016 se establece en lograr un incremento promedio total de 19.542 ton/Ha.

Para alcanzar estas metas se requiere contar con un personal que aporte el trabajo de campo de aquellos programas agronómicos a seguir por parte del consejo de expertos el cual PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A., organizará junto con sus proveedores, determinando de esta manera la cantidad de apoyo humano a requerir para realizar y supervisar las labores determinadas.

A partir de la visión de la empresa se han establecido cinco grandes objetivos estratégicos; para el logro de los mismos se han definido varias metas que apuntan al cierre de las brechas en lo productivo como lo son:

- Renovar hectáreas afectadas por enfermedades en cultivos propios y aliados estratégicos (Pudrición del Cogollo)
- Incrementar la productividad de RFF/ha (racimos de fruta fresca)
- Mejorar la calidad de la fruta fresca
- Ofrecer formación Agro - Empresarial para los aliados estratégicos

²⁵ Plan Estratégico USAP, Synapses Grupo Consultor S.A.S, Tomado el 1 de agosto de 2012 documento de Word.

- Fortalecer y promover la formas asociativas de economía solidaria (CTA, cooperativas)
- Promover los principios y criterios de RSPO

El núcleo palmero de la empresa tiene un potencial de 17.959,59 hectáreas exceptuando las plantaciones propias, cuenta con aproximadamente 123 proveedores regulares a la fecha, los cuales se encuentran ubicados en los municipios de Puerto Wilches (Santander), San Pablo, Simití, Cantagallo (Bolívar).

Los proveedores ubicados en el municipio de Puerto Wilches corresponden al 69,2% distribuido en 23 veredas: Las Pampas, Km 16, Km 8, García Cadena, Santa Teresa, Km 20, Caño Negro, Km 6, Campo Duro, La Reserva, Las Curumutás, Cayumba, Taladro II, Km 4, Cristalina, Italia, Terraplén, Km 4 La Y, Km 4 vía Las Curumutás, Puerto Wilches, La Y, Aguas Blancas y Sogamoso; como se observa a continuación

Gráfico 1. Número de Hectáreas por Veredas del Municipio de Puerto Wilches.

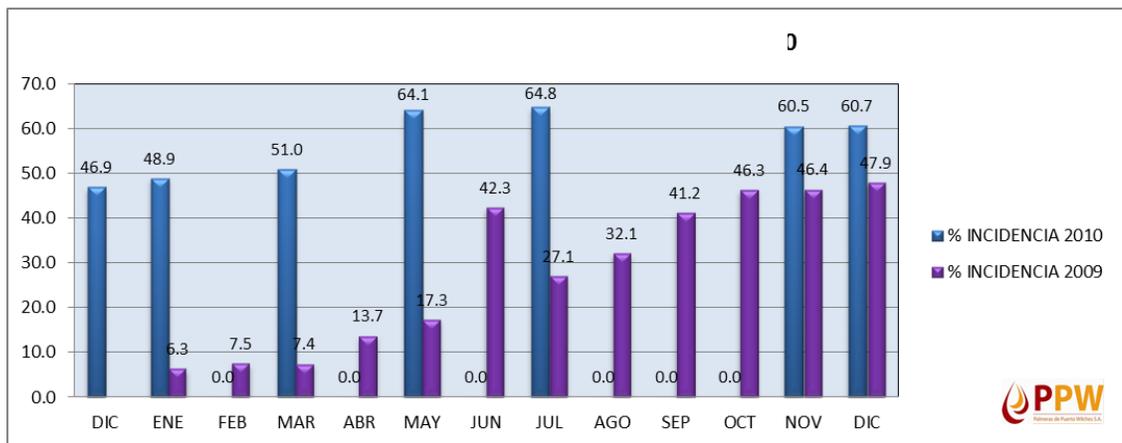


Fuente: Tomado de la USAP

El gráfico anterior muestra la cantidad de hectáreas por vereda del municipio notándose que el mayor número de hectáreas se encuentra en Las Pampas, Km 16, Km 8, García Cadena y en menor cantidad en Sogamoso y Aguas Blancas. Para un total de 13.250,59 ha/total.

La situación actual de incidencia de pudrición del cogollo (PC) en las plantaciones propias, se muestran en el siguiente gráfico

Gráfico 2. Porcentaje de Incidencia Pudrición del Cogollo en Plantación Propia



Fuente: Tomado de la USAP

El gráfico muestra el porcentaje de incidencia de pudrición del cogollo en las plantaciones propias de PPW, durante los primeros meses de 2010 la tendencia fue creciente manteniéndose estable en los últimos 3 meses del año, para el 2011 la tendencia sigue creciendo alcanzando picos altos en los meses de mayo y julio, los dos últimos meses del año se mantuvo estable pero con alto grado de incidencia, lo cual será aún más evidente en los primeros meses del año 2012.

A continuación se observa la Matriz DOFA, donde se puede identificar detenidamente la situación actual de la empresa.

Figura 5. Matriz DOFA de la Empresa

<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Experiencia técnica en el cultivo de la palma de aceite • Apoyo de la alta dirección • Capacidad de convocatoria de los proveedores • Apoyo institucional de Fedepalma – Cenipalma • Certificación de Calidad ISO 9001:2008 • Registro de EPSAGRO del MADR a la USAP • Instalaciones propias 	<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliación de las áreas de cultivo para nuevas siembras • Gestión de recursos económicos a través de la formulación de proyectos y gestión de créditos • Generar Alianzas estratégicas para captar nuevos clientes (proveedores) a través de un crecimiento asociativo. • Generar convenios a través de diferentes entes territoriales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales • Generación de ingresos por venta de servicios técnicos y demás. • Implementación de nuevas tecnologías y estandarización del proceso de Asistencia Técnica en el núcleo palmero.
<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de TIC limitadas (PDA´S, radio). • Falta de estrategia de fidelización de clientes • Conocimiento de las políticas gubernamentales nacionales, departamentales, regionales y 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Plagas y enfermedades en los cultivos propios y los aliados estratégicos • Seguridad • Competencia de otras unidades de asistencia técnica • Presencia de entes externos a la

<p>municipales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cultura de Trabajo en equipo • Infraestructura adecuada para el funcionamiento de la USAP • Capacitación y especialización idónea del personal de las labores operativas de la palma • Sistematización centralizada de la información relacionada con los procesos de la USAP. 	<p>economía de la palma con interés particulares bajo personerías jurídicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de mano de obra calificada y cualificada • Condiciones socio económicas y políticas del área de influencia
---	---

Fuente: Tomado de la USAP

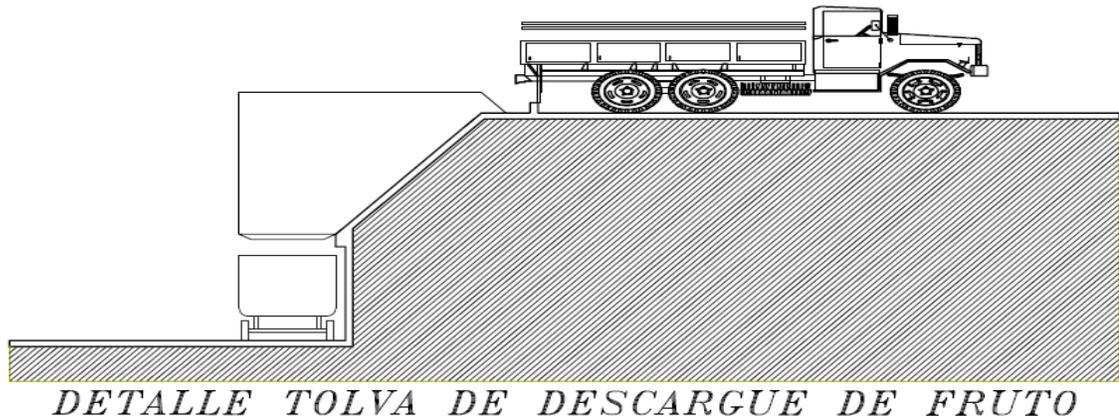
7.1. PROCESO DE DESCARGUE

El proceso de descargue de la empresa Palmeras de Puerto Wilches S.A., es el objeto de estudio en este proyecto y la simulación que se va a realizar es a partir del ingreso del camión a la planta extractora.

Los proveedores son los dueños de las plantaciones de palma de aceite y son los encargados de transportar el fruto desde sus fincas hasta la planta extractora de la empresa, a su vez son los encargados de contratar los camiones para el transporte y los coteros para el descargue del fruto cuando el camión es manual.

Una vez los camiones llegan a la planta extractora, en portería se hace un reporte con el nombre de la finca, el nombre del proveedor y el nombre del conductor para dar ingreso a los camiones que pasan a báscula para ser pesados; de ahí se desplazan a la plataforma de descargue para depositar los racimos de fruto en las tolvas respectivas. Para este descargue la parte posterior de los camiones debe quedar al frente de las tolvas. Como se observa en la figura 6:

Figura 6. Detalle Tolva



Fuente: Autor del Proyecto

Después de hacer el proceso de descargue se hace la extracción y procesamiento del fruto para obtener aceite crudo, otros de los productos que se obtienen del fruto de palma de aceite son la tusa y la torta de palmiste.

7.1.1. Proceso de Descargue Manual. El proceso de descargue manual es más dispendioso y conlleva más tiempo. Los encargados de depositar el fruto son los cotereros contratados por los proveedores y su función consiste en coger manualmente el racimo del fruto de palma de aceite y depositarlos en las tolvas.

Imagen 2. Camión Manual



Fuente: Tomada en la Región de Puerto Wilches.

7.1.2. Proceso de Descargue Volteo. El proceso de descargue volteo es más sencillo y no necesita la ayuda de coterros, éste proceso consiste en levantar el platón del camión y lentamente depositar los racimos de fruta de palma de aceite en las tolvas.

Imagen 3. Camión Volteo



Fuente: Tomada en la Región de Puerto Wilches

Para el descargue por medio de los dos procesos (manual y volteo), las tolvas deben estar vacías o medianamente llenas para depositar el fruto, de lo contrario los camiones deben esperar hasta que la tolva este adecuada para depositar el fruto.

La empresa cuenta con dos turnos, uno en la mañana y otro en la noche, los operarios de la planta supervisan que las tolvas y la plataforma de descargue están adecuadas para que los camiones puedan descargar el fruto y a su vez se encargan de inspeccionar el tipo de racimo que se descarga mediante la utilización de la estrella; este proceso es empírico y se basa en la experiencia de cada operario, como lo muestra la siguiente imagen.

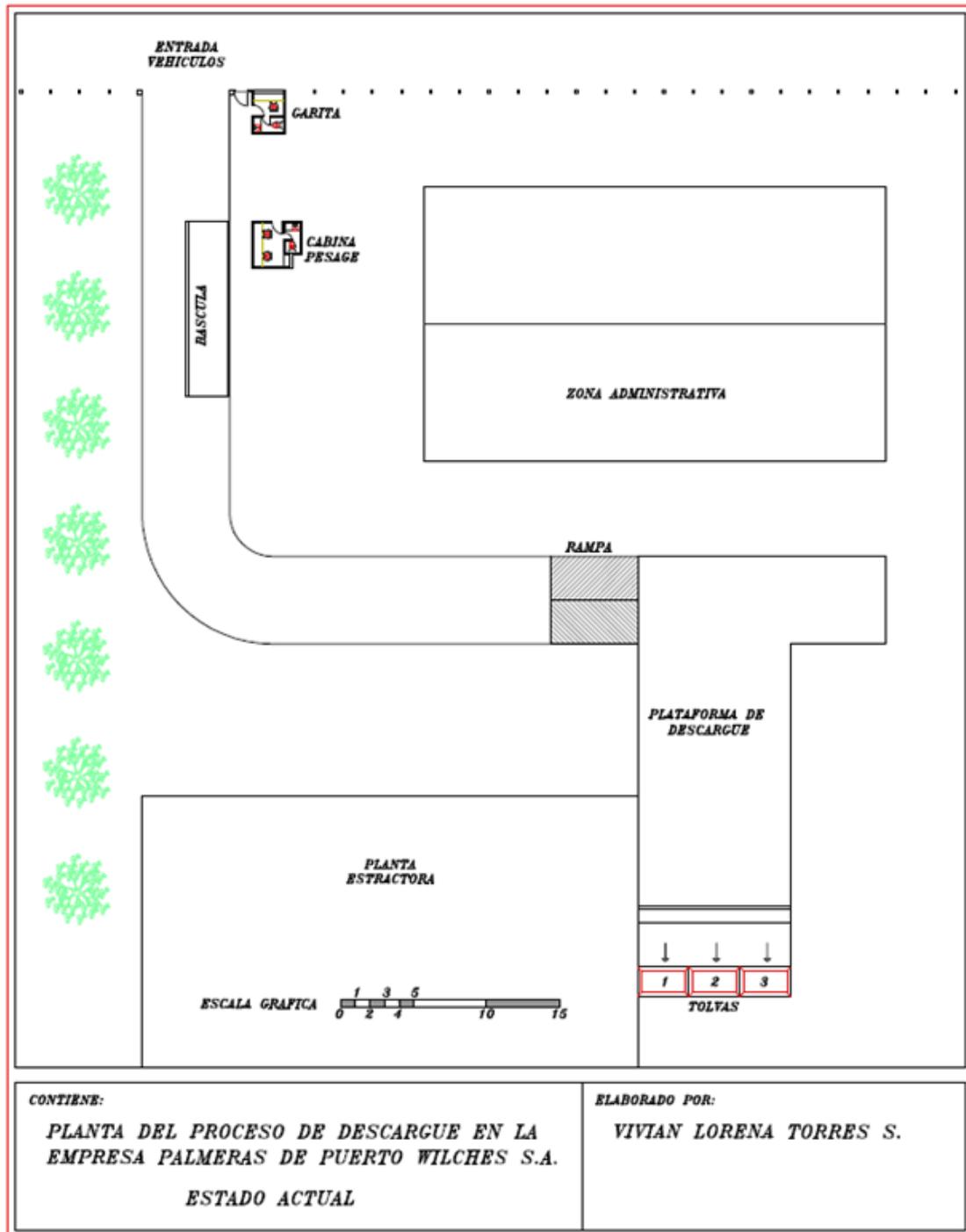
Imagen 4. Racimos del Fruto de Palma de Aceite



Fuente: Tomada en la Planta extractora de la Empresa.

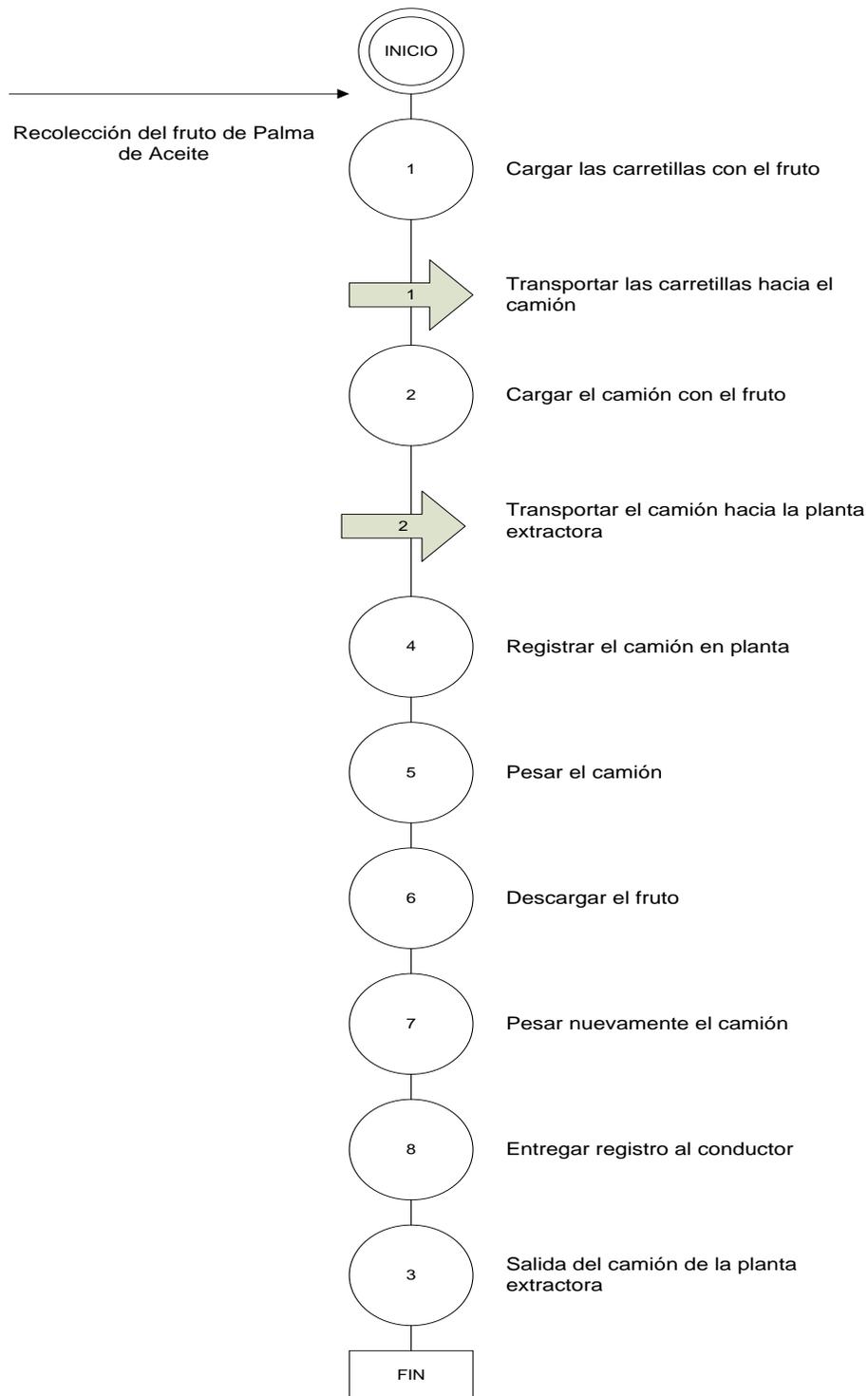
A continuación se observa el plano de la distribución del proceso de descargue en la planta extractora.

Figura 7. Distribución Actual del Proceso de Descargue



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 8. Diagrama del Proceso Actual de Descargue en la Empresa



Fuente: Autor del Proyecto

7.1.3. Tiempos: Para la toma de tiempos la empresa cuenta con un modelo en Excel, en donde se registran los tiempos de reporte, los tiempos de ingreso y los tiempos de salida, que son manejados por el portero de la planta. El modelo que maneja la empresa para el registro de tiempos de los camiones se encuentra en el Anexo A.

- El tiempo de reporte se realiza antes de que el camión ingrese a la planta extractora y se toman los datos del fruto que llega.
- El tiempo de ingreso es cuando el camión entra a la planta, para pasar a báscula a ser pesados, luego a la zona de descargue y nuevamente a báscula.
- El tiempo de salida, es cuando el camión sale de la planta extractora.

7.1.4. Báscula: En el área de báscula se pesa el camión cuando está cargado y cuando está vacío, es decir, después de depositar el fruto en las tolvas. En la báscula los operarios hacen el registro con el nombre del proveedor/cliente, la finca, la placa del camión, el nombre del conductor y el nombre de quien lo pesa, como se observa en la imagen 5. El peso que soporta la báscula varía dependiendo del tipo de camión, como se muestra a continuación:

- Vehículos 2 ejes: 49.200 Kg
- Vehículos 3 ejes: 53.300 kg

Imagen 5. Registro de Control en Báscula

	INGRESO	SALIDA
Peso(kg):	21,410.00	7,400.00
Fecha:	2012/04/17	2012/04/17
Hora:	10:10	10:27
Peso Neto: 14,210.00 Kg.		
Nota: RM-6044		
PLACAS: IDJ-630		
NOMBRE DEL CONDUCTOR: ACOSTA PARID		
PESADO POR: VARGAS BUITRAGO ALEXANDRO		
TB- 271022		
EMPRESA:		

PALMICULTORES ZONA CENTRO		REMISION
Proveedor: PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A.	NT. 09021902	Nº 1137
Fecha: 5/4/12		
Nombre: 95	Variedad:	Producto:
Tipo de vehículo: Camión		
Placa: XAG 30P		
Nombre de conductor: Nelson Rodríguez		
C.C. 9.259222		
Adm. de plantación: Cecada Gálvez		
C.C. 9.257210		
Firma del Administrador	Firma del Conductor	Firma del Conductor
COPY AMARILLO - Transportador	COPY AMARILLO - Transportador	COPY VERDE - Proveedor

Fuente: Tomada en la Plante Extractora de la Empresa

7.1.5. Zona de Descargue: La plataforma para el descargue del fruto de palma tiene un área de 291m², que se reparte en tres bahías iguales y tiene un espacio para que el camión pueda dar reversa.

7.2. TOMA DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN²⁶

El desarrollo de estudio de tiempos es un paso de vital importancia, debido que se puede establecer el Cuello de Botella y el desarrollo del modelo de simulación, los cuales son elaborados como herramienta de toma de decisiones y en este proyecto como ayuda a mejorar el proceso de descargue en la empresa.

Los datos de entrada que se emplean en la simulación son muy importantes y en gran medida depende el éxito del modelo. Frecuentemente la recolección y el análisis de los datos del sistema y el modelado de las entradas a partir de estos datos, consumen más tiempo que el propio diseño y programación del modelo.

²⁶ URQUÍA MORALED A, Antonio. Simulación, Texto Base de Teoría. Madrid, España, Juan del Rosal 16, 28040.

El diseño de un modelo estocástico de simulación, como es este caso, siempre implica decidir si determinados aspectos del sistema son representados de forma estocástica o determinista. Si se opta por una descripción probabilística de determinado aspecto, puede suceder que:

- Puedan obtenerse datos experimentales del sistema. En este caso, debe decidirse si durante la simulación se muestrea directamente de los datos experimentales, o bien si se muestrea de una distribución de probabilidad ajustada a partir de estos.
- No puedan obtenerse datos experimentales, bien porque el sistema aún no ha sido construido o porque no es posible recogerlos. En este caso, puede uno basarse en consideraciones teóricas y en estimaciones de operarios, ingenieros, diseñadores, entre otros.

En este caso se optó por la primera opción y para los datos experimentales se utilizaron datos históricos de estudios previos que se han realizado en la empresa y en una toma de tiempos que se realizó los días más críticos, que son los cierres de quincena y es donde hay mayor actividad en la empresa, por eso la toma de tiempos se hizo durante 3 días consecutivos y la otra toma a los ocho días después como se observa en el Anexo B.

Para aquellos tiempos que serán utilizados en la simulación se les realiza la prueba de Bondad y Ajuste, con el fin de determinar qué tipo de distribución de probabilidad se asemeja al comportamiento de los datos recolectados. Esta prueba se realizará utilizando la ayuda de Input Analyzer.

7.3. CUELLO DE BOTELLA

El cuello de botella es el proceso más lento y el cuál determina el ritmo de producción de la planta. Un recurso restrictivo de capacidad (RRC) es aquel que aunque no es un cuello de botella puede llegar a serlo si no se programa de la manera más adecuada.

Para determinar cuál es el cuello de botella o RRC en el proceso de descargue del fruto de palma de aceite en la empresa, en la parte teórica, se contó con la ayuda del supervisor de la planta, el cual estableció según la experiencia y conocimiento que tiene del proceso de descargue; llegando a la conclusión que cuando el camión es manual, ocupa mayor tiempo en la zona de descargue, lo cual genera colas de camiones que esperan para depositar el fruto en las tolvas.

Si hay gran cantidad de camiones esperando para descargar el fruto, algunos abandonan la planta y se trasladan a las plantas extractoras de la competencia que hay en la zona.

7.4. ELABORACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Para la elaboración del modelo actual del proceso de descargue del fruto de palma de aceite, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

7.4.1. Definir el Modelo: Debido a las diferentes ventajas que proporciona ARENA como herramienta de simulación, la empresa considera importante contar con esta herramienta, la cual no solo ayuda a determinar la mejor propuesta para el proceso de descargue, sino que ayudará en un futuro a tomar decisiones que se realicen dentro del mismo. Además la simulación es la única técnica disponible

que permite analizar sistemas arbitrarios de forma precisa, bajo diferentes condiciones experimentales.²⁷

Para el presente trabajo de grado se empleó la última adaptación del software de ARENA, de Rockwell versión 14. Tanto el modelo actual como las propuestas están ligadas a las limitaciones de esta versión, por lo que no se realizará la modelación de cada una de las actividades, sino que se tomaron los tiempos de tal forma que se minimizara las estaciones necesarias para el modelo de simulación.

7.4.2. Definir el Sistema: En la figura 7 y 8, se muestra el plano y el proceso actual de descargue en la empresa. Para la elaboración de este proyecto se va acotar el proceso y se limitará a partir del ingreso de los camiones a la planta extractora para descargar el fruto, junto con las variables de salida de interés del sistema a simular.

Se contará con dos etapas, en la primera se desarrollará el modelo conceptual del sistema que se va a simular y posteriormente se desarrollará el modelo del sistema en un software de simulación, que sería la segunda etapa.

7.4.3. Recolección de Información: Después de definir los datos de entrada y de salida, se limita a que los datos que se van a recolectar serán los del proceso de ingreso de camiones, pesaje de camiones y descargue del fruto.

Para la presente simulación se realizó una toma de datos de cada uno de los procesos que se desea representar y modelar en ARENA. La empresa facilitó un estudio de tiempos previos, pero dado que la simulación es una técnica muy diferente y requiere de bastantes datos siendo lo recomendado trabajar con un mínimo de 100 observaciones y máximo 200 como lo definen en el libro

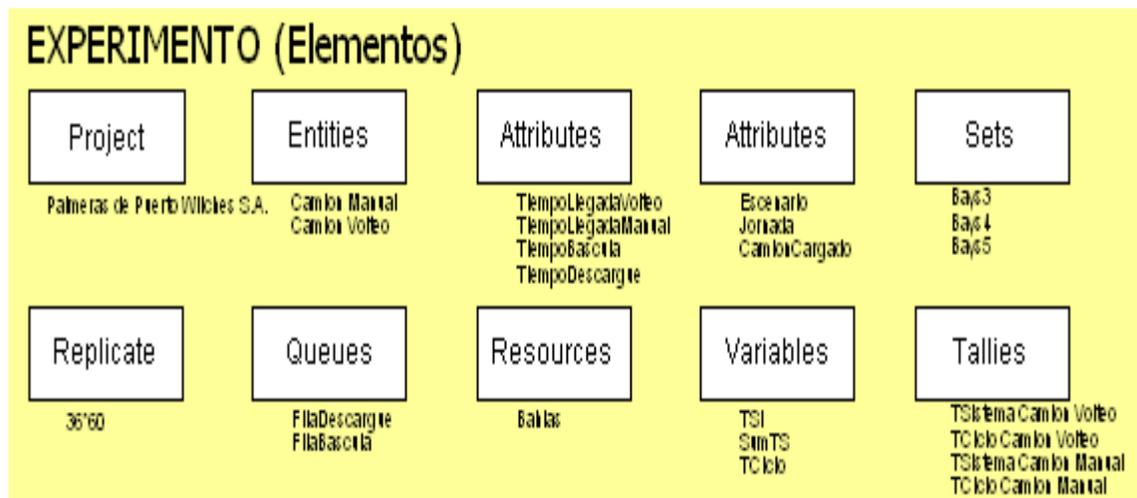
²⁷ URQUÍA MORALED A, Antonio. Simulación, Texto Base de Teoría. Madrid, España, Juan del Rosal 16, 28040.

Modelación y simulación, aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios²⁸, con el fin de ajustar estos datos a una distribución de probabilidad teórica conocida, que va alimentar el sistema tanto en los tiempos de llegada de la entidad camión, como en las actividades realizadas en el modelo como son la báscula y el descargue del fruto.

Los datos se van ajustar a una distribución de probabilidad teórico conocida, mediante pruebas de bondad de ajuste que utilizan o aplican a los test o pruebas de: Kolmogorov-Smirnov, Chi-cuadrado y Anderson- Darling.

7.4.4. Elaboración del Modelo: Para la elaboración del modelo en ARENA en primera medida se definen que componentes va a tener el diseño, como las entidades, los posibles atributos, las variables, los recursos y las filas que se puedan generar; para esto se diseña el modelo conceptual, como se observa en la siguiente tabla.

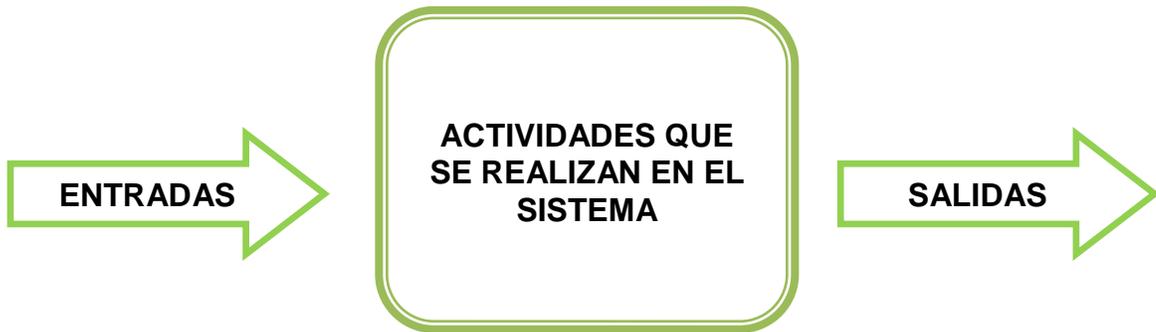
Tabla 1. Modelo Conceptual



Fuente: Autor del Proyecto

²⁸ GUASH Antoni, PIERA Miguel Ángel, CASANOVA Joseph, FIGUERAS Jaume. Modelación y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. México, Alfaomega, 2005, P4

Figura 9. Esquema de un Sistema



Fuente: Autor del Proyecto

Tiempos de cada proceso

- Entidades
- Atributos
- Variables
- Recursos
- Colas
- Réplicas
- Procesos

Tiempo de Ciclo

Porcentaje de Utilización

Para el desarrollo del modelo en ARENA se emplean cuatro escenarios de simulación, donde el primer escenario corresponde a la simulación de la situación real de la empresa y los tres escenarios restantes representan las propuestas de mejora planteadas a la empresa.

7.4.4.1. Modelo de Sistema General

a. Entities

Las entidades son objetos o elementos que circulan en el sistema y son el objeto de interés de estudio. La entidad empleada en esta simulación, corresponde a Camión Manual y Camión Volteo, que son las entidades que circulan en todo el

sistema y representan el proceso de descargue del fruto de palma de aceite desde su ingreso, su pesaje en báscula y la salida del sistema, como se había mencionado en el numeral 7.4.3.

b. Atributes

Los atributos son características de las entidades que transitan en el sistema o de los centros de trabajo disponibles.

Se definieron 7 atributos llamados Camión Cargado, Tiempo Llegada Volteo, Tiempo Llegada Manual, Tiempo Bascula, Tiempo Descargue, Escenarios y Jornada para capturar los tiempos de llegada y de salida de las entidades, con los cuales se calcula el tiempo de ciclo de la referencia simulada.

Tabla 2. Atributos del Modelo de Simulación

NOMBRE	TIPO	DESCRIPCIÓN
CamionCargado	Real	Trae la materia prima que va hacer procesada (Fruto de Palma de Aceite).
TiempoLlegadaVolteo	Real	Captura la hora de entrada de la entidad camión volteo al sistema.
TiempoLlegadaManual	Real	Captura la hora de entrada de la entidad camión manual al sistema.
TiempoBascula	Real	Captura la hora en que llega el camión cuando está cargado y cuando está vacío.
TiempoDescargue	Real	Captura la hora en que la entidad descarga el fruto.
Escenario	Real	Hace referencia a las bahías de la plataforma de descargue.
Jornada	Real	Es la simulación de los tiempos en 3 jornadas.

Fuente: Autor del Proyecto

c. Variables

Para llevar un control del modelo de simulación, las variables que se definieron corresponden al tiempo del camión en el sistema y al tiempo de ciclo.

d. Resources

Para este modelo los recursos hacen referencia a las bahías que se encuentran en la zona de descargue, donde para el modelo base se pueden descargar tres camiones simultáneamente.

e. Queue

Las colas tienen la capacidad para representar espacios limitados de almacenamiento. En toda la simulación se manejan dos colas, la primera se hace cuando el camión se va a pesar y la segunda se hace cuando el camión va a descargar el fruto.

f. Replicate

Para esta simulación se usaron diez réplicas, es decir, asemejan diez modelos diferentes con diez tiempos diferentes.

g. Process

El proceso de descargue comienza cuando los camiones llegan a la planta extractora, donde pasan a la báscula para tomar su peso y posteriormente a la plataforma para descargar el fruto.

h. Tallies

Son estadísticas discretas dependientes del tiempo, que permiten grabar eventos del sistema, tales como el tiempo en el sistema de una entidad y el tiempo de ciclo promedio.

7.4.4.2. Modelo del Sistema Actual: El modelo de simulación actual es muy importante, debido que a partir de este se realiza la comparación con las propuestas de simulación y será el punto de partida para determinar la mejor propuesta a implementar.

Tabla 3. Elementos de la Simulación Actual en Arena

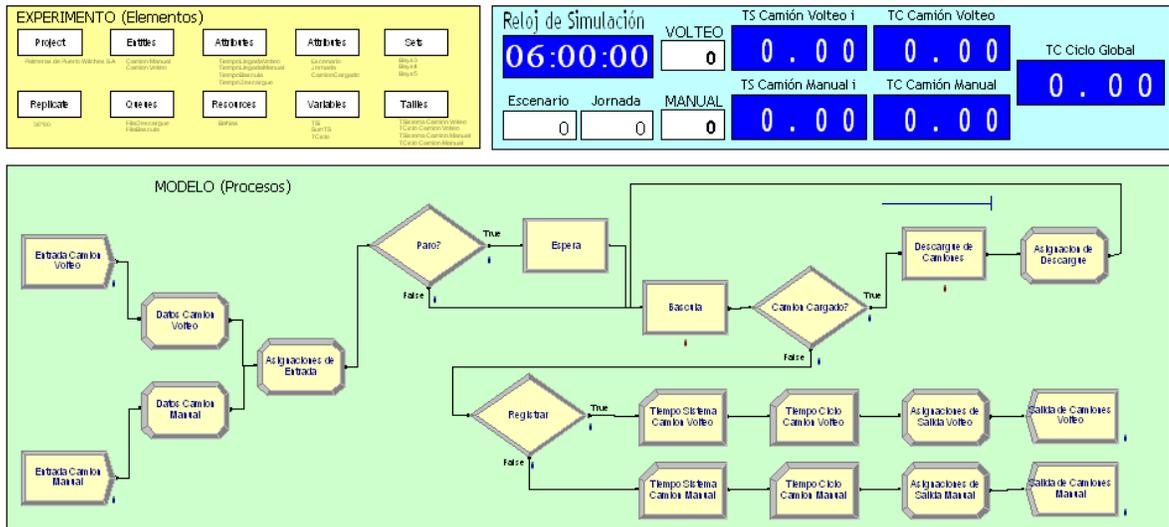
ELEMENTO	OBJETO	NOMBRE ASIGNADO	DESCRIPCIÓN
1.Entidades	Entities	EntradaCamionManual EntradaCamionVolteo	Entidad camión ya sea manual o volteo que ingresa a la planta extractora.
2.Atributos	Attributes	CamionCargado TiempoLlegadaVolteo TiempoLlegadaManual TiempoDescargue TiempoBascula Escenario Jornada	Atributos tipo entidad asociadas al camión.
3.Variables	Variable	TFlujo TSi SumTS TCiclo	Tiempo del ciclo del camión en el sistema.
4.Recursos	Resources	Bahías	Bahías: son las que capturan la entidad camión y donde se realiza el descargue del fruto, para el modelo base son tres.
5.Colas	Queue	FilaBascula FilaDescargue	Fila a donde llega la entidad camión para esperar turno de pesaje y turno de descargue

ELEMENTO	OBJETO	NOMBRE ASIGNADO	DESCRIPCIÓN
6.Record	Record	TiempoCamionVolteo TiempoCamionManual	Tiempo para guardar información en pantalla.
7.Replicas	Replicate	10	Se utilizaron 10 réplicas para que representen la variabilidad del modelo.
8.Espera	Delay	Espera	Simula un paro programado en el sistema.
9.Proceso	Process	Báscula DescarguedeCamiones	<u>Báscula:</u> proceso donde se realiza la actividad de pesaje de los camiones. <u>DescarguedeCamiones:</u> área donde se descarga el fruto en 1 de las 3 bahías disponibles.

Fuente: Autor del Proyecto

La siguiente figura muestra el modelo desarrollado en ARENA de la situación actual.

Figura 10. Simulación del Modelo Actual en Arena



Fuente: Autor del Proyecto

1. ENTITIES

Las condiciones de entrada que se tuvieron en cuenta para realizar el modelo de simulación fueron el tiempo de arribos entre camiones, las 3 bahías que tiene la plataforma de descarga de la empresa y las jornadas que se quieren simular.

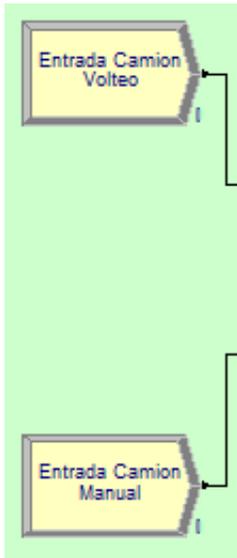
Para definir las entities, en el panel basic process se selecciona el objeto create. Cuando se elige cada create aparece una ventana con varias opciones:

- a. Se asigna el nombre para cada create, el primero con el nombre Entrada Camión Volteo como se observa en la figura 12 y el segundo con el nombre Entrada Camión Manual como se observa en la figura 13.
- b. Para seleccionar el tipo de entidad se revisa el modelo conceptual, donde se encuentran las dos entidades; Camión Volteo y Camión Manual.

- c. En el tiempo entre llegadas se selecciona expresión en el tipo y se escribe la distribución de probabilidad a la que se ajusta el modelo. Esta distribución esta guardada en un vector llamado `InterArrivalTimeJornada` creado en el panel de procesos avanzados en la hoja de datos expresión, vector que contiene 6 posiciones, como se observa en la figura 15.
- d. Para seleccionar en los create Camión Volteo y Camión Manual, la respectiva distribución de probabilidad asociada a cada una de las jornadas (mañana, tarde y noche) de trabajo se hace referencia al índice o a la posición del vector `InterArrivalTimeJornada`, como se observa en la figura 15; que para Camión Volteo ocupa las posiciones del 1 al 3 (mañana, tarde y noche) y para Camión Manual ocupada las posiciones del 4 al 6 (mañana, tarde y noche); por lo cual en el create Camión Manual, el índice del vector de distribuciones (`InterArrivalTimeJornada`) en el área expresión es igual a $Jornada+3$; es decir; si se tiene que el atributo Jornada en el área de experimento es 3, que es noche, el índice en el create de Camión Volteo es igual a 3, pero el índice en el create de Camión Manual es 6 lo que equivale a $Jornada+3$. Como se observa en la figura 18.
- El índice 1 y 4 hace referencia a la Jornada 1 que va de 6am – 12m
 - El índice 2 y 5 hace referencia a la Jornada 2 que va de 12m – 6pm
 - El índice 3 y 6 hace referencia a la Jornada 3 que va de 6pm – 12pm
 - El índice 4 es el mismo escenario 1 a excepción del tiempo de descargue para Camión Manual, que equivale a $Exp(20)$ correspondiente al tiempo empleado en el descargue con 2 gatos hidráulicos.

Lo escrito se puede observar en las siguientes figuras, obtenidas de la simulación en ARENA.

Figura 11. Entities



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 12. Entrada Camión Volteo

The screenshot shows the 'Create' dialog box for the 'Entrada Camion Volteo' entity. The dialog has a blue title bar with a question mark and a close button. The main area is light beige and contains the following fields:

- Name:** 'Entrada Camion Volteo' (dropdown menu)
- Entity Type:** 'Camion Volteo' (dropdown menu)
- Time Between Arrivals:**
 - Type:** 'Expression' (dropdown menu)
 - Expression:** 'JornadaJornada' (dropdown menu)
 - Units:** 'Minutes' (dropdown menu)
- Entities per Arrival:** '1' (text input)
- Max Arrivals:** 'Infinite' (text input)
- First Creation:** '0.0' (text input)

At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 13. Entrada Camión Manual

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 14. Create

Create - Basic Process								
	Name	Entity Type	Type	Expression	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Entrada Camion Volteo	Camion Volteo	Expression	InterArrivalTimeJornada(Jornada)	Minutes	1	Infinite	0.0
2	Entrada Camion Manual	Camion Manual	Expression	InterArrivalTimeJornada(Jornada+3)	Minutes	1	Infinite	0.0

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 15. Vector Expresión

Expression - Advanced Process						
	Name	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
1	InterArrivalTime	2		Native		2 rows
2	InterArrivalTimeJornada	6		Native		6 rows
3	TDescargue	3		Native		3 rows
4	TBascula	2		Native		2 rows

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 16. InterArrivalTime

1	0.999 + EXPO(20.2)
2	0.999 + EXPO(41.5)

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 17. TDescargue

1	$1.5 + \text{LOGN}(5.51, 4.15)$
2	$\text{UNIF}(27.5, 64.5)$
3	$\text{EXPO}(20)$

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 18. InterArrivalTimeJornada

1	$0.5 + \text{EXPO}(14.4)$
2	$-0.001 + \text{EXPO}(20.5)$
3	$2 + \text{EXPO}(33.7)$
4	$1.5 + \text{EXPO}(25.2)$
5	$0.999 + \text{EXPO}(31.2)$
6	$\text{NORM}(49, 23.8)$

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 19. TBascula

1	$0.5 + \text{LOGN}(10.9, 19)$
2	$0.5 + \text{LOGN}(1.35, 1.16)$

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

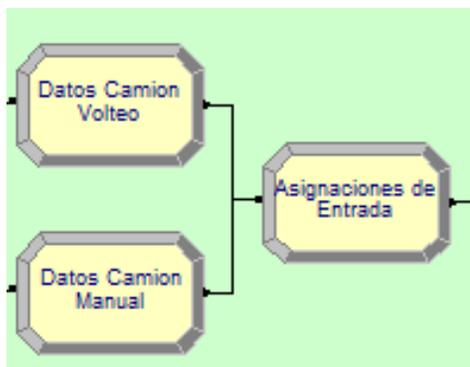
2. ASSIGN

En arena las asignaciones se definen en el panel de objetos básicos, con el objeto assign, para este caso se utilizaron 6 assign que guardan el tiempo de entradas de las entidades al sistema, asignan en el atributo si el camión cargado se encuentra cargado o no y el tiempo de flujo de cada camión en el sistema.

- a. Colocar el nombre que representa el objeto, en este caso Datos Camión volteo, Datos Camión Manual, Asignaciones de Entrada, como se observa en la figura 22, 24 y 26 respectivamente. Los otros 3 assign son Asignación de Descargue y Asignaciones de Salida Manual y Asignaciones de Salida Volteo, que se observan en la figura 28, 30 y 31 respectivamente.

- b. Para hacer las asignaciones se selecciona Add y en el tipo se escoge atributo, que son los tiempos de llegada de las entidades. En el modelo conceptual están los atributos definidos: TiempoLlegadaVolteo y TiempoLlegadaManual; se selecciona el que corresponde y se asigna un valor llamado TNOW, que es el tiempo en el sistema.
- c. Para Tiempo Descargue, se asigna un vector el cual representa que 1 es Camión Volteo y 2 es Camión Manual, como se observa en la figura 28.
- d. Para el tiempo que demora en descargar un Camión Manual usando dos gatos hidráulicos en el atributo TiempoDescargue, TDescargue(2), en vez de colocar el número 2 se agrega el número 3, así TiempoDescargue, TDescargue(3).
- e. Para las asignaciones de salida de camiones de volteo y manuales, se agregan las variables para definir el tiempo que demoran los camiones en el sistema, como se observa en la figura 32.

Figura 20. Assign



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 21. Resumen de Assign

Assign - Basic Process		
	Name	Assignments
1	Asignacion de Descargue	2 rows
2	Asignaciones de Salida Volteo	3 rows
3	Datos Camion Volteo	3 rows
4	Datos Camion Manual	3 rows
5	Asignaciones de Entrada	1 rows
6 ▶	Asignaciones de Salida Manual	3 rows

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 22. Datos Camión Volteo

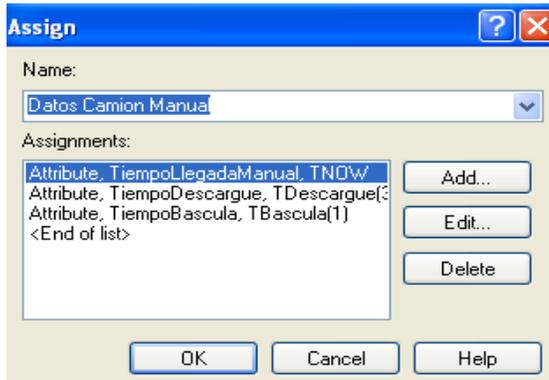
Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 23. Assignments de Datos Camión Volteo

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	TiempoLlegadaVolteo	TNOW
2	Attribute	TiempoDescargue	TDescargue(1)
3	Attribute	TiempoBascula	TBascula(1)

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 24. Datos Camión Manual



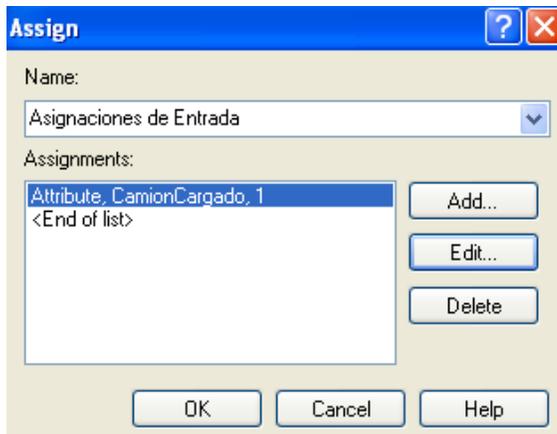
Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 25. Assignments de Datos Camión Manual

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	TiempoLegadaManual	TNOW
2	Attribute	TiempoDescargue	TDescargue(3)
3	Attribute	TiempoBascula	TBascula(1)

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 26. Asignaciones de Entrada



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 27. Assignments de Entrada

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	CamionCargado	1

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 28. Asignaciones de Descargue

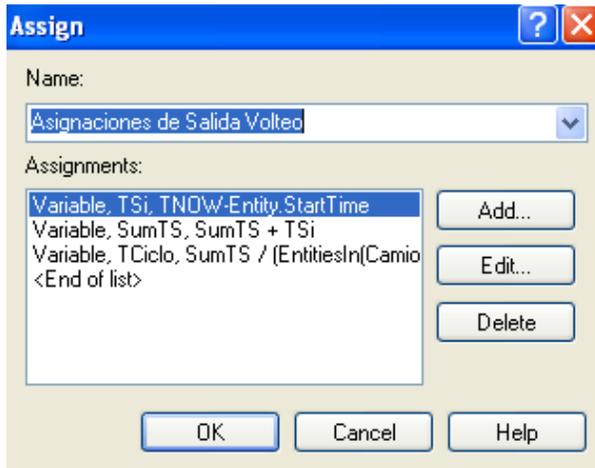
Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 29. Assignments de Descargue Attribute

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	TiempoBascula	TBascula(2)
2	Attribute	CamionCargado	2

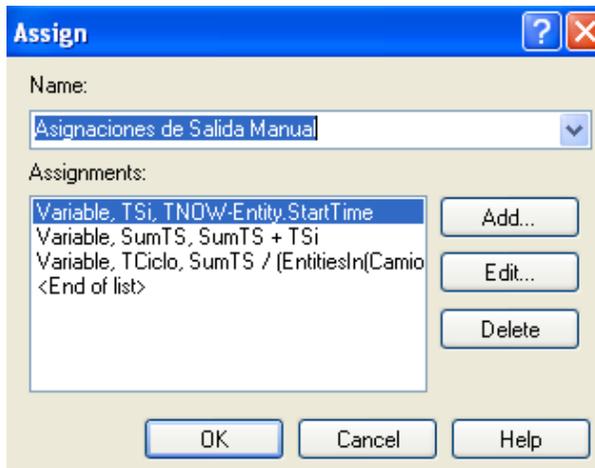
Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 30. Asignaciones de Salida Volteo



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 31. Asignaciones de Salida Manual



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 32. Resume Assignments

Assignments			
	Type	Variable Name	New Value
1	Variable	TSi	TNOW-Entity.StartTime
2	Variable	SumTS	SumTS + TSi
3	Variable	TCiclo	SumTS / (EntitiesIn(Camion Volteo)+EntitiesIn(Camion Manual))

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

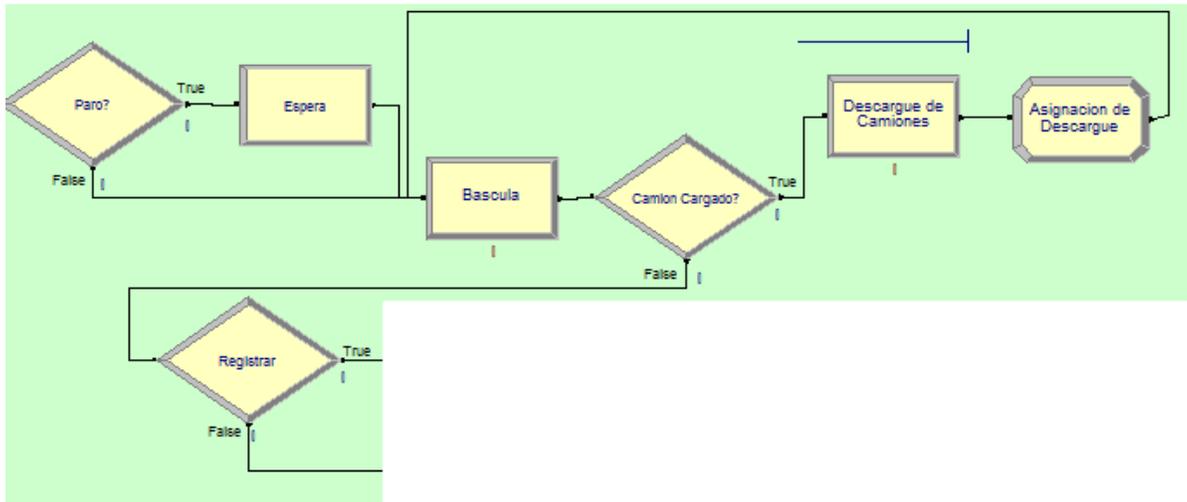
2. DECIDE

En arena las decisiones se definen en el panel de objetos básicos, con el objeto decide, para este caso se utilizaron 3 decide. El primero para saber qué pasa en el sistema si se presenta algún paro; el segundo para decidir, sí el camión se encuentra cargado pasa al proceso de descargue, pero si no está cargado toma la ruta para salir del sistema y el tercer decide se creó para separar los camiones manuales de los camiones de volteo y registrar las estadísticas, como se observa en la figura 33.

- a. Se selecciona el nombre con un interrogante, en este caso el primero es Paro?, el segundo Camión Cargado? y el tercero es Registrar.
- b. Para la decisión del Paro?, se selecciona el tipo 2-way by chance, porque se quiere determinar por medio de un porcentaje que sería del 2.5%; es decir; si el 2.5% de los camiones entran a paro es porque es true y tienen que hacer una espera de aproximadamente 2 días y para esto se crea un delay llamado espera y si es false es porque el 97.5% de los camiones no entran en paro, hacen el proceso normal de descargue, como se observa en la figura 34. El porcentaje se determinó a juicio de expertos para paros programados, porque la empresa no tiene detallado de manera estadística pero si tiene un estimado con base en los datos históricos y en la experticia de los directivos de la empresa.
- c. Se hace la decisión para Camión Cargado?, como se observa en la figura 35, porque el camión se pesa 2 veces, una cuando está cargado y la otra cuando está vacío, por esto se escoge el tipo 2-way by condition, el cual da un valor de igual a 1; es decir cuando está cargado es 1 y cuando es diferente de 1 es porque el camión está descargado y se dirige a los records que determinan el tiempo del camión y posteriormente salir del sistema.

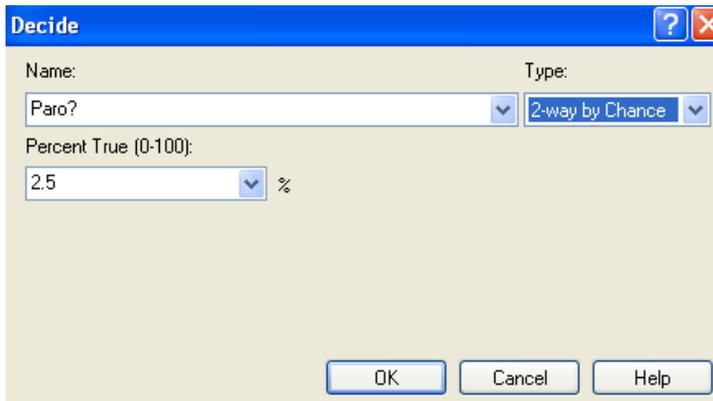
- d. En él decide de Registrar, se selecciona en el tipo 2 way by condition para saber si la entidad que entra es Camión Volteo, entonces es true; pero si la entidad que entra es Camión Manual es false, como se observa en la figura 36.

Figura 33. Decide



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 34. Paro?



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 35. Camión Cargado?

The 'Decide' dialog box is titled 'Decide' and contains the following fields:

- Name:** Camión Cargado?
- Type:** 2-way by Condition
- If:** Attribute
- Named:** CamiónCargado
- Is:** ==
- Value:** 1

Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 36. Registrar

The 'Decide' dialog box is titled 'Decide' and contains the following fields:

- Name:** Registrar
- Type:** 2-way by Condition
- If:** Entity Type
- Named:** Camión Volteo (with a dropdown menu showing 'Camión Manual' and 'Camión Volteo')

Buttons: OK, Cancel, Help

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 37. Resumen del Decide

Decide - Basic Process								
	Name	Type	Percent True	If	Attribute Name	Entity Type	Is	Value
1	Paro?	2-way by Chance	2.5	Attribute	CamiónCargado	Entity 1	==	1
2	Camión Cargado?	2-way by Condition	50	Attribute	CamiónCargado	Entity 1	==	1
3	Registrar	2-way by Condition	50	Entity Type	Attribute 1	Camión Volteo	>=	1

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

3. PROCESS

En arena los procesos se definen en el panel de objetos básicos, con el objeto process, para este caso se utilizaron 2 process, el primero indica el tiempo que deben esperar en báscula los camiones para ser pesados y el tercero indica el tiempo que demoran los camiones en descargar el fruto de palma de aceite.

- a. Se selecciona el nombre del proceso, para esta simulación el primer proceso es Báscula y el segundo proceso es Descargue de Camiones, como se observó en la figura 33.
- b. La acción de la báscula no la realiza un operario por tanto se selecciona la opción Delay, como se observa en la figura 39.
- c. Para el descargue de camiones como se observa en la figura 39 se captura un recurso que son las bahías de descargue y la acción es Seize Delay Release; es decir; captura el recurso, ejecuta una demora y lo libera. Para el recurso se agrega de tipo set porque es un conjunto y el nombre bay con cantidad 1 porque es un solo recurso (bahía) y se escoge Smalles Number Busy que es el menor tiempo de ocupación de un camión en la bahía como se observa en la figura 40.
- d. Arriba de cada proceso hay una cola que simboliza las filas que se presentan cuando la báscula y la zona de descargue están ocupadas.

Figura 38. Báscula

The screenshot shows the 'Process' dialog box for a process named 'Báscula'. The 'Name' field is set to 'Báscula' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Delay'. Below this, the 'Delay Type' is 'Expression', 'Units' are 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Expression' field contains 'TiempoBascula'. The 'Report Statistics' checkbox is checked. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

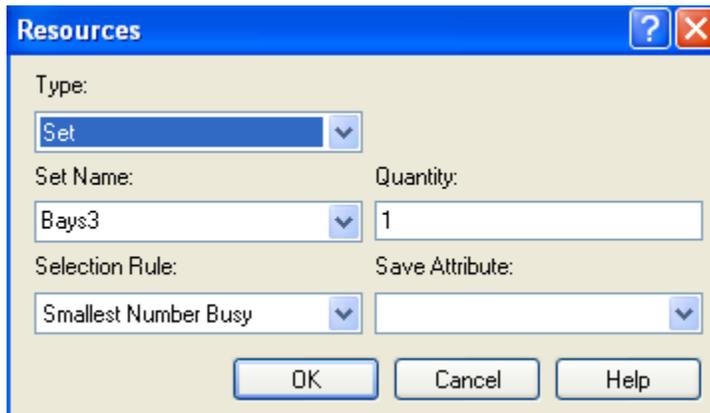
Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 39. Descargue de Camiones

The screenshot shows the 'Process' dialog box for a process named 'Descargue de Camiones'. The 'Name' field is set to 'Descargue de Camiones' and the 'Type' is 'Standard'. Under the 'Logic' section, the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Set, Bays3, 1, Smallest Number Busy' and '<End of list>'. There are 'Add...', 'Edit...', and 'Delete' buttons next to the resource list. Below this, the 'Delay Type' is 'Expression', 'Units' are 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Expression' field contains 'TiempoDescargue'. The 'Report Statistics' checkbox is checked. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 40. Resources Descargue de Camiones



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 41. Resumen de los Procesos

Process - Basic Process										
	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Expression	Report Statistics
1	Bascula	Standard	Delay	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	TiempoBascula	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Descargue de Camiones	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Expression	Minutes	Value Added	TiempoDescargue	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

4. RECORD

En arena los record se definen en el panel de objetos básicos, con el objeto record, para este caso se utilizaron 4 record, como se observa en la figura 42.

- a. La operación de cada record tiene un TNOW, el cual determina el tiempo en el sistema de cada camión.
- b. Se utilizaron 2 record para especificar el tiempo en el sistema del Camión Volteo y el tiempo en el sistema del Camión Manual, como se observa en la figura 43 y 45 respectivamente.

- c. Se utilizaron 2 record para especificar el tiempo de ciclo del Camión Volteo y el tiempo de ciclo del Camión Manual, como se observa en la figura 44 y 46 respectivamente.

Figura 42. Record



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 43. Tiempo Sistema Camión Volteo

Record [?] [X]

Name: Type:

Attribute Name: Record into Set

Tally Name:

[OK] [Cancel] [Help]

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 44. Tiempo Ciclo Camión Volteo

The screenshot shows a 'Record' dialog box with a blue title bar containing a question mark and a close button. The dialog has a light beige background. It contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with 'Tiempo Ciclo Camion Volteo' selected.
- Type:** A dropdown menu with 'Expression' selected.
- Value:** A text input field containing 'TAVG(TSistema Camion Volteo)'. To its right is a checkbox labeled 'Record into Set' which is unchecked.
- Tally Name:** A dropdown menu with 'TCiclo Camion Volteo' selected.
- At the bottom are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

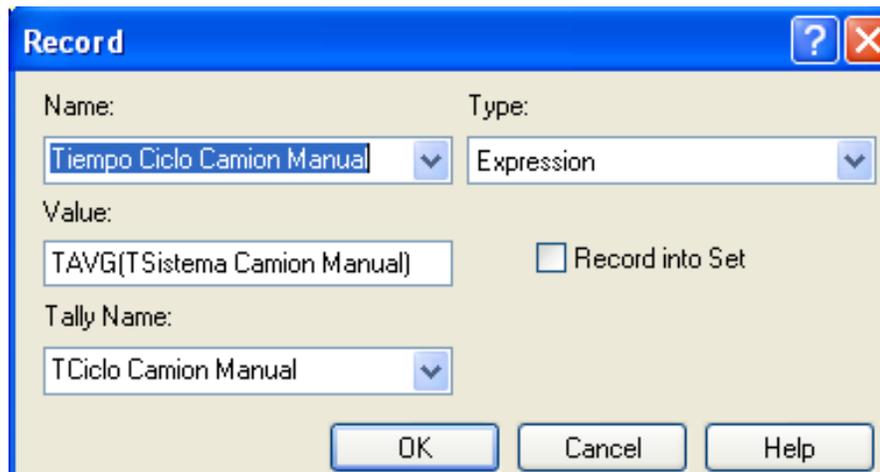
Figura 45. Tiempo Sistema Camión Manual

The screenshot shows a 'Record' dialog box with a blue title bar containing a question mark and a close button. The dialog has a light beige background. It contains the following fields and controls:

- Name:** A dropdown menu with 'Tiempo Sistema Camion Manual' selected.
- Type:** A dropdown menu with 'Time Interval' selected.
- Attribute Name:** A dropdown menu with 'TiempoLlegadaManual' selected. To its right is a checkbox labeled 'Record into Set' which is unchecked.
- Tally Name:** A dropdown menu with 'TSistema Camion Manual' selected.
- At the bottom are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 46. Tiempo Sistema Camión Manual

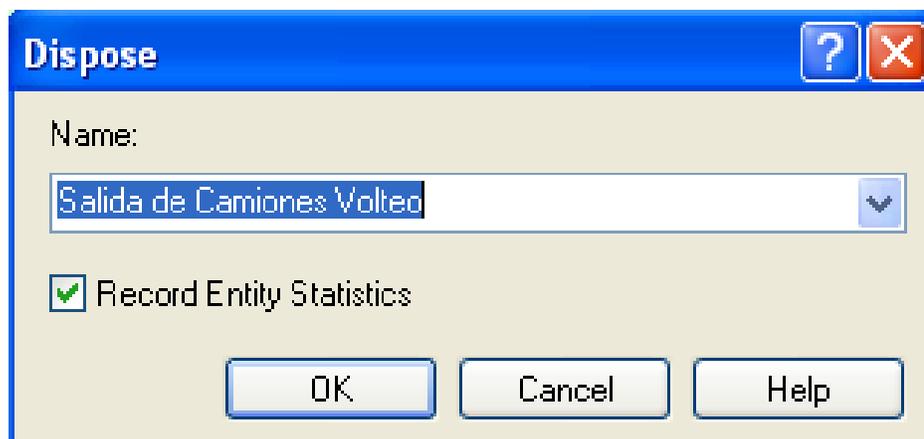


Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

5. DISPOSE

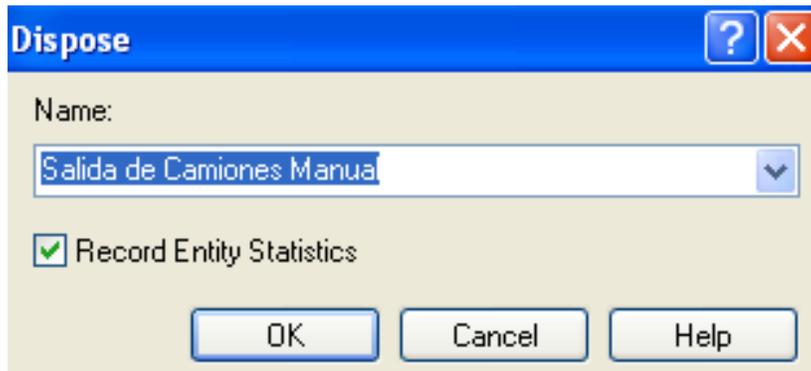
En arena el dispose, se define en el panel de objetos básicos, con el objeto dispose, para este caso se utilizó dos dispose para registrar por separado las salidas de las entidades en el sistema, como se observa en la figura 47 y 48.

Figura 47. Salida de Camiones Volteo



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

Figura 48. Salida de Camiones Manual



Fuente: Tomado de la Simulación en Arena

El modelo de simulación actual se observa en el Anexo C, el ajuste de datos de entradas a una distribución de probabilidad teórica conocida se realiza mediante la herramienta del software de ARENA distribución de probabilidad por Input Analyzer se observa en el Anexo D, la simulación del modelo y los resultados del mismo se observan en el Anexo G y H respectivamente, que están adjuntos en el cd.

7.4.5. Experimentación del Modelo

Tabla 4. Datos Totales de los Resultados de la Simulación en Arena

ESCENARIO	JORNADA	RÉPLICAS	CAMIÓN VOLTEO			CAMIÓN MANUAL			TIEMPO EN COLA
			INPUTS	SALIDAS	TC	INPUTS	SALIDAS	TC	TC
3 BAHÍAS	1	10	151.20	148.90	32.480	85.60	82.50	71.897	12.380
	2	10	108.30	107.20	26.699	69.90	68.50	62.641	4.622
	3	10	66.70	66.00	20.420	44.70	43.30	60.556	0.287
4 BAHÍAS	1	10	151.20	149.70	23.758	87.10	84.90	62.406	2.524
	2	10	109.60	108.50	21.521	72.90	71.30	60.669	0.980
	3	10	66.90	66.10	20.649	44.40	43.50	58.994	0.037
5 BAHÍAS	1	10	143.70	142.20	20.841	83.00	81.80	60.103	0.353
	2	10	111.50	110.30	21.247	71.20	69.20	59.401	0.172
	3	10	66.50	65.60	20.432	45.10	44.20	59.218	0.003
3 BAHÍAS + GATO HIDRÁULICO	1	10	151.10	149.20	21.413	84.40	82.50	33.394	0.744
	2	10	108.30	107.70	21.076	70.50	69.20	33.374	0.467
	3	10	64.80	64.10	20.031	44.40	43.90	32.596	0.020

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

7.4.6. Validación del Modelo. Una vez el modelo de simulación se ha desarrollado y se ha realizado la verificación de cada uno de los procesos del mismo, se determina si es un modelo representativo de la realidad, para esto se comparó los datos reales versus los simulados del tiempo de ciclo y del tiempo en cola en el proceso de descargue.

Para la validación se hizo ajuste de datos para saber la distribución de probabilidad a la que corresponde, se realizaron diferentes corridas, para saber el comportamiento que tiene y si hay alguna similitud.

Se tomaron 346 datos que hacen referencia a los camiones que entran en 6 días. Los tiempos que se tomaron para el proceso de descargue van desde el ingreso del camión a la planta extractora hasta la salida del camión.

Según García Dunna, pág. 87. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos, “Una vez que se ha corrido un sistema de simulación hasta llegar a la estabilización, existe el problema de que las observaciones obtenidas en el experimento de simulación, generalmente, no son independientes (autocorrelacionadas). Para obtener resultados independientes hay que repetir “ r ” veces la simulación de tamaño “ n ” con diferentes números aleatorios. Se aconseja que el número de réplicas o repeticiones sea 3 a 10^{29} ”.

Según Antoni Guasch, 2005, para que los datos de salida sean significativamente representativos del sistema se recomienda usar como mínimo 10 réplicas³⁰

²⁹AZARANG Mohammad, GARCÍA DUNNA Eduardo. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. México, Mc Graw-Hill, P 87

³⁰ GUASH Antoni, PIERA Miguel Ángel, CASANOVA Joseph, FIGUERAS Jaume. Modelación y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. México, Alfaomega, 2005, P4

A continuación se muestran los datos del proceso actual, teniendo en cuenta las llegadas de los camiones por día.

Tabla 5. Datos Reales

EXPERIMENTO			CAMIÓN VOLTEO			CAMIÓN MANUAL		
ESCENARIO	JORNADA	RÉPLICAS	INPUTS	SALIDAS	TC	INPUTS	SALIDAS	TC
3 BAHÍAS	1	10	111.00	111.00	33.870	59.00	59.00	70.730
	2	10	83.00	83.00	24.160	46.00	46.00	60.850
	3	10	30.00	30.00	19.170	17.00	17.00	60.210
		TOTAL	224.00	224.00		122.00	122.00	

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 6. Datos Promedio de la Simulación Actual

ESCENARIO	INPUTS	SALIDAS	TC
3 BAHÍAS	151.20	148.90	32.480
	108.30	107.20	26.699
	66.70	66.00	20.420
	85.60	82.50	71.897
	69.90	68.50	62.641
	44.70	43.30	60.556

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

De los datos reales se tiene que la media de es de 38,9529 y la desviación de 6,1566.

La muestra que se toma es de 122 datos porque es el promedio de camiones por jornada que llegan a la planta en los días en que se realizó la toma de datos.

Para determinar la validez del modelo de simulación se realiza la prueba de hipótesis para diferencia de medias, donde se busca establecer si hay diferencias significativas entre las muestras.

La hipótesis nula y la alternativa se muestran a continuación:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Se aplicará la prueba de distribución normal, porque se conoce la desviación estándar y la cantidad de datos es mayor a 30. El valor estadístico de prueba a utilizar es:

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

En este caso se debe usar el factor finito de corrección para modificar las desviaciones estándar, por lo tanto se aplica la siguiente ecuación:

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}}$$

Donde;

$$\sigma = 6,1566$$

$$\bar{x} = 38.9529$$

$$\mu = 37.9041$$

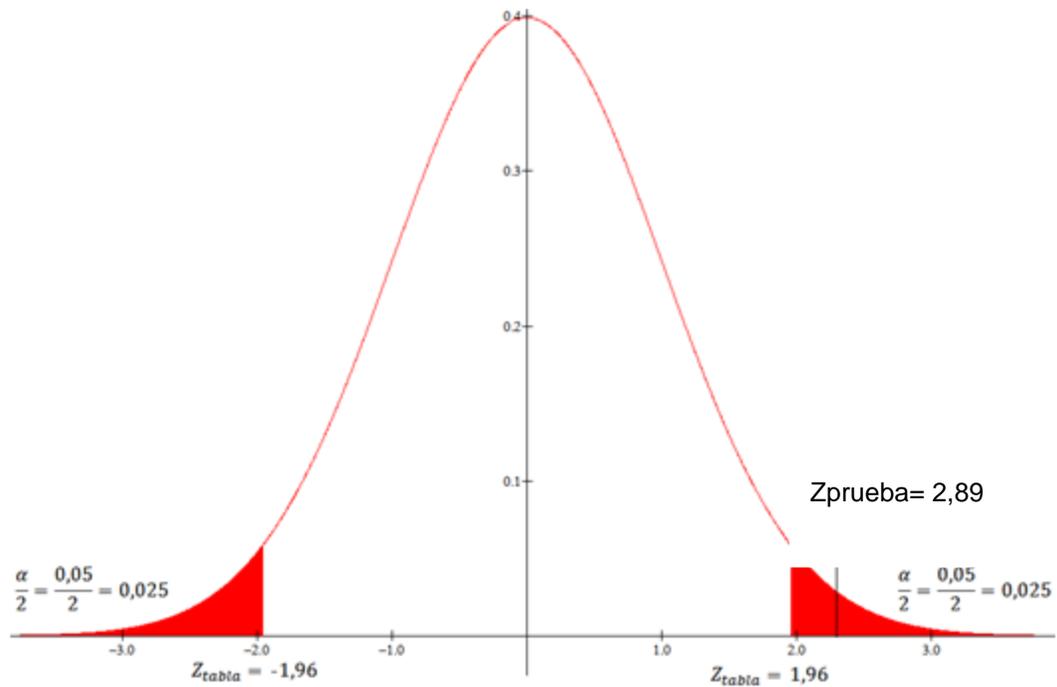
$$N = 346$$

$$n = 122$$

Entonces;

$$Z_{prueba} = \frac{38,9529 - 37,9041}{\frac{6,1566}{\sqrt{122}} * \sqrt{\frac{346 - 122}{346 - 1}}} = 2,89$$

Grafica 3. Validación del Modelo Actual



Fuente: Autor del Proyecto

Decisión: dado que $2,89 > Z_{prueba} \pm 1,96$, se rechaza H_0 y por lo tanto se acepta H_1 .

Con los valores obtenidos al aplicar la prueba de distribución normal, se concluye que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y se considera que el modelo de simulación es representativo a las condiciones establecidas.

8. IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTAS

8.1. MEJORAS PROPUESTAS

Después de analizar la simulación de la situación real de la empresa y con base a esta, se enuncian algunas propuestas a tener en cuenta para el mejoramiento del proceso de descargue; la implementación de algunas de estas propuestas debe ser sometida a estudio.

8.1.1. Aspectos Generales: Las posibles mejoras que se mencionan, conciernen al proceso de descargue del fruto.

- Debido a que no se cuenta con un programa de mejoramiento es importante hacer una revisión de los procedimientos, con el fin de detectar inconsistencias, tomar medidas correctivas necesarias e implementar un programa de mejoramiento continuo o ciclo PHVA.
- El proceso de descargue tiene pocos procesos, los cuales dependen uno del otro; es necesario que se agilice el tiempo de descargue del fruto, buscando la ampliación de la plataforma o la compra de 2 gatos hidráulicos para el levantamiento del camión manual, y así disminuir o evitar el cuello de botella para reducir la cola de camiones.
- Realizar capacitaciones a los proveedores, en donde se cree conciencia respecto a los días en que llevan el fruto a la planta, pues la mayoría de los proveedores acostumbran a transportarlo los cierres de quincena porque el tiempo de espera de pago es de solo ocho días, a diferencia de si lo llevan los otros días.

- Se debe hacer la señalización del recorrido que realiza el camión desde que ingresa a planta hasta que descarga el fruto y sale.
- Los coteros que descargan los camiones serán directamente proporcional a las toneladas de semillas de fruto que se transporte.

8.1.2. Aspectos Específicos

a) Tiempos:

Se seguirán tomando los tiempos de reporte, ingreso y salida de camiones; pero al registro que maneja la empresa se adicionarán los tiempos del proceso que son indispensables para futuros estudios, es decir; el tiempo que demora el camión desde el ingreso hasta la báscula, el tiempo que demora en báscula, el tiempo de recorrido entre la báscula y la plataforma, el tiempo que demora en descargar el fruto y el tiempo en que demora el camión en salir de la planta.

b) Báscula:

Por la ubicación en la que se encuentra la báscula, no se puede hacer modificaciones debido a que el espacio es muy limitado y no se puede ampliar o cambiar su ubicación.

c) Zona de Descargue:

La plataforma solo tiene capacidad para recibir tres camiones al mismo tiempo, por esto se propone ampliar la plataforma y/o comprar 2 gatos hidráulicos para levantar los camiones manuales; cada propuesta se simulará y se validará por medio del software de ARENA usando los datos históricos, para ver los cambios efectuados y analizar en cuanto mejora el proceso.

8.1.3. Procedimiento General para la Selección de las Propuestas

1. Establecer las limitaciones a lo que se está ligado el estudio para la ampliación de la plataforma de descargue y/o compra de los gatos hidráulicos.

Este estudio se realizó con la necesidad de mejorar el tiempo de descargue del fruto de palma de aceite y minimizar el cuello de botella que allí se presenta.

Limitaciones:

- Mantener la infraestructura vigente de la planta extractora, debido a que no se realizaran grandes inversiones actualmente.
 - La zona de báscula no se puede modificar, porque el espacio es limitado y no permite que se hagan pesajes por separado; es decir pesar los camiones cargados que entran y los camiones descargados que salen.
 - El espacio disponible para la ampliación de la plataforma es delimitado, lo cual imposibilita en gran medida grandes modificaciones en el aumento de bahías.
2. Conocer un diagnostico real de la empresa, para establecer sus puntos fuertes y débiles y así tomar medidas correctivas pertinentes antes del desarrollo de las propuestas.

De la plataforma de descargue actual se concluyó (Ver Figura 7):

- a. La semilla de palma de aceite no tiene grandes desplazamientos desde su ingreso a planta, actualmente la distancia que recorre es de aproximadamente 80 metros.

- b. El área de la zona de descargue es muy limitada y no permite grandes modificaciones, pues está cerca de un lago y al área de extracción del fruto.
- c. El área de ingreso y de báscula es muy cercana.
- d. La báscula solo puede pesar un camión a la vez
- e. El área de mayor congestión es la que se encuentra entre el área de pesaje camiones y descargue del fruto, debido al tamaño de la plataforma, pues solo se reciben tres camiones al tiempo.
- f. Para determinar el tamaño de cada bahía, se tomará el espacio de las bahías anteriores, pues ya cuentan con el área adecuada según los camiones que ingresan a la planta, la distancia que debe existir entre cada uno y la distancia para que los camiones puedan parquear adecuadamente.

3. Desarrollo de propuestas.

Para las propuestas de ampliar la plataforma de descargue se simulará teniendo en cuenta el espacio para 4 y 5 bahías y para la propuesta de la compra de 2 gatos hidráulicos se simulará el tiempo en que demora un camión manual en descargar el fruto. Para estas simulaciones se usaron los datos con que se hizo la simulación del proceso actual de descargue en la empresa.

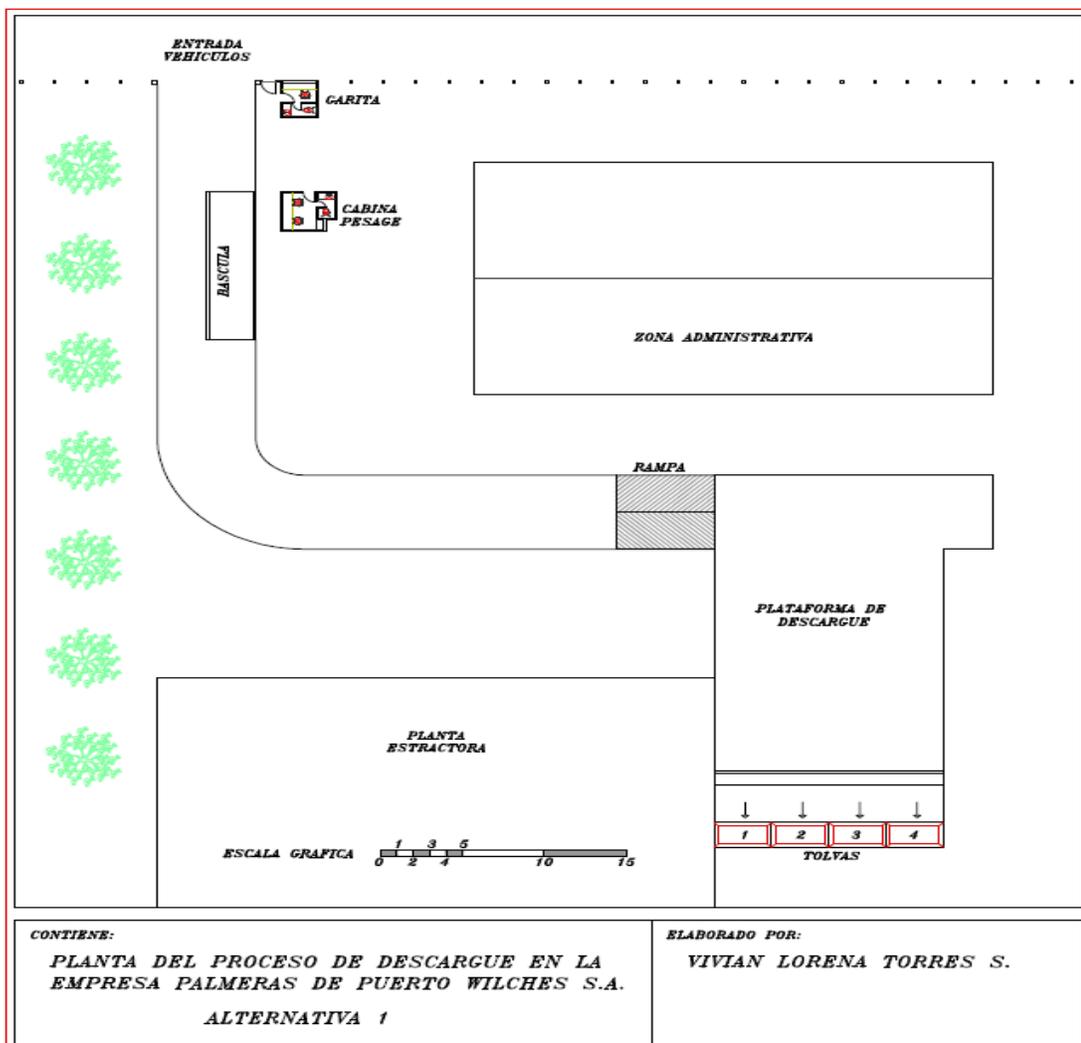
El propósito de la simulación tiene como objetivo calcular el tiempo de ciclo total del descargue del fruto en la plataforma con las nuevas propuestas, mostrar el flujo que se sigue desde el ingreso del camión hasta su salida; para poder observar su comportamiento, predecir los efectos que se producirían mediante los cambios realizados y comparar el número de entradas de camiones.

A continuación se detalla cada propuesta:

Para el diseño de las propuestas, se diseñaron tres planos, 2 con la ampliación de la plataforma y 1 con la compra de los gatos hidráulicos.

PROPUESTA 1. AMPLIACIÓN DE LA PLATAFORMA DE DESCARGUE A 4 BAHÍAS

Figura 49. Propuesta 1



Fuente: Autor del Proyecto

Ventajas:

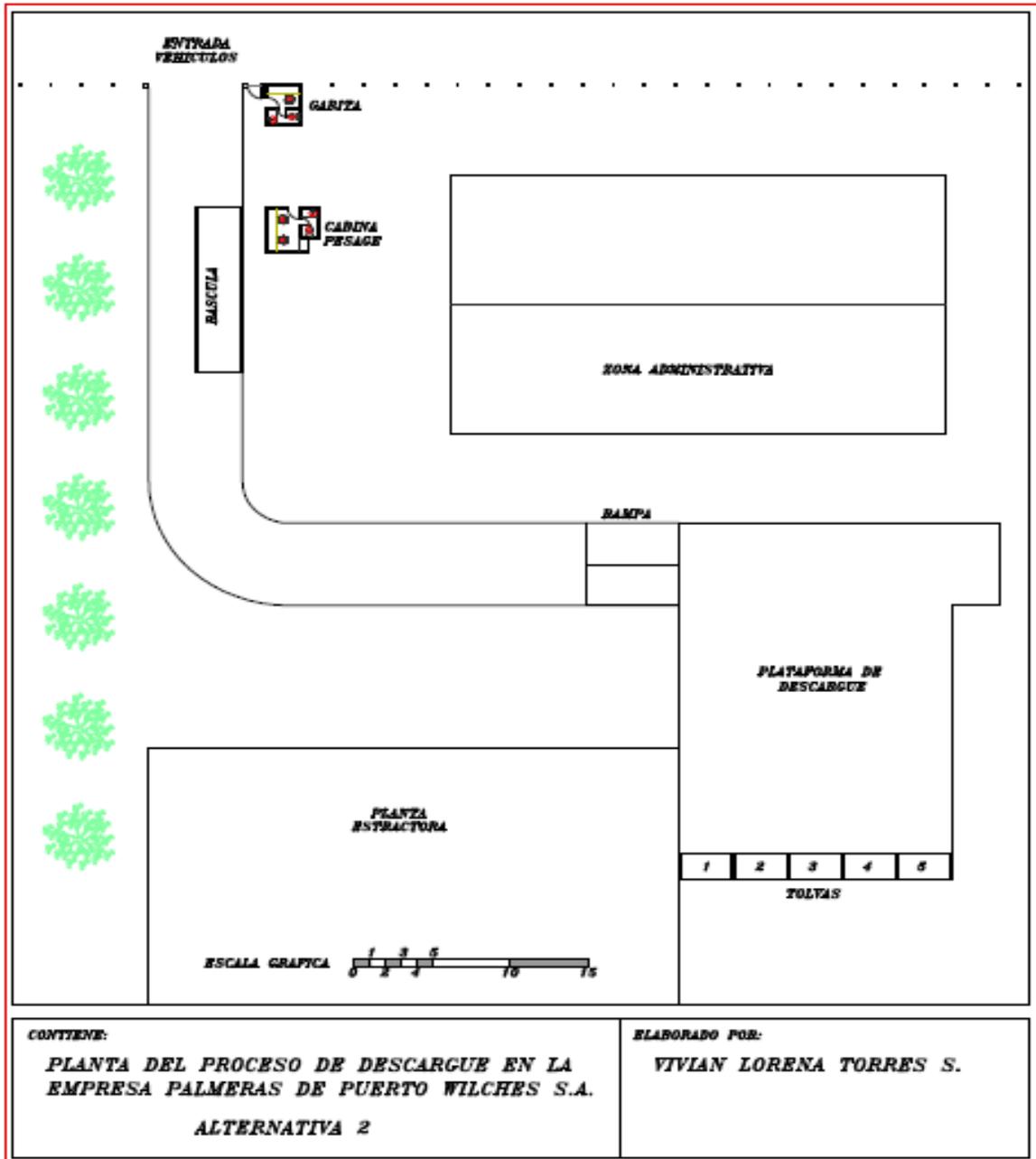
- a. La ubicación de la nueva bahía ayuda a tener un mejor flujo de camiones, pues el turno de espera para poder descargar el fruto en la plataforma disminuye en un 10,68% aproximadamente.
- b. El costo para la implementación de una cuarta bahía es de \$58.623.363 y el tiempo de implementación es de aproximadamente 45 días, de los cuales la duración de la obra civil es de 30 días y la entrega es de 15 días.

Desventajas:

- a. Aunque la nueva ampliación de la plataforma disminuye el tiempo de espera de los camiones, no es tan significativo el resultado comparado con la propuesta 2.

PROPUESTA 2. AMPLIACIÓN DE LA PLATAFORMA DE DESCARGUE A 5 BAHÍAS

Figura 50. Propuesta 2



Fuente: Autor del Proyecto

Ventajas:

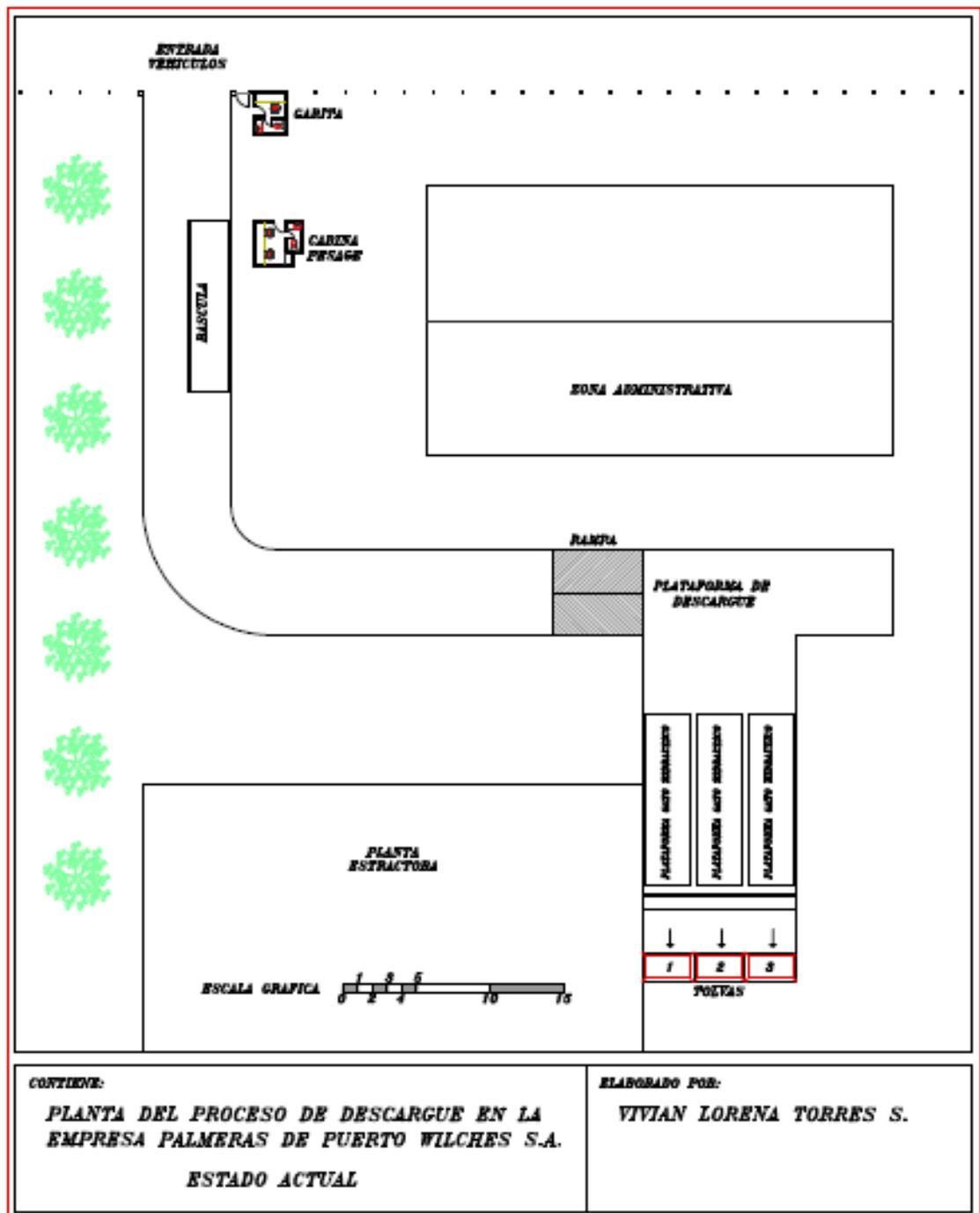
- a. La ampliación de la plataforma a 5 bahías disminuye el tiempo que esperan los camiones para descargar el fruto en un 13,33%.
- b. La disminución del tiempo en cola de camiones para descargar el fruto logró que la parte administrativa y operativa de la empresa se dieran cuenta de la importancia que tiene adecuar la plataforma de descargue.

Desventajas:

- a. El costo de la propuesta 2 es de \$110.435.658 y el tiempo de implementación es de 60 días.

PROPUESTA 3. COMPRA DE 2 GATOS HIDRAÚLICOS

Figura 51. Propuesta 3



Fuente: Autor del Proyecto

Esta propuesta consiste en comprar 2 gatos hidráulicos para el levantamiento de camiones manuales, que son los que más demoran en el proceso de descargue, los gatos deben soportar aproximadamente 55.000Kg, que es el peso promedio de camiones que ingresan a la planta extractora de la empresa.

Ventajas:

- a. El tiempo de instalación de los gatos hidráulicos es inmediata.
- b. La plataforma de descargue no requiere modificaciones en cuanto a construcción de obra civil, por tanto los operarios de la empresa no va a tener molestias por el ruido, fatiga muscular, accidentes o incidentes debido a la construcción.
- c. No va a generar obstrucciones en la zona de descargue, debido a que no va a existir cambios significativos.
- d. El costo del gato hidráulico es de \$25.432.000

Desventajas:

- a. Solo se piensan comprar 2 gatos hidráulicos; es decir; solo se pueden usar para un camión a la vez.

Los costos de cada propuesta se observan en el Anexo F, los resultados de las propuestas se observan en el Anexo I que están adjuntos en el cd y la validación de las nuevas propuestas en el Anexo J.

8.2. PROPUESTAS IMPLEMENTADAS

Para seleccionar la mejor propuesta, se realizará por medio de un comité evaluador el cual es el encargado de seleccionar los factores, ponderar y evaluar cada una de las propuestas. Aquella propuesta que reciba mayor ponderación será la más adecuada a implementar.

PROCEDIMIENTO GENERAL:

1. Elegir el comité evaluador, el cual es seleccionado por su relación tanto en el proceso de descargue como con el proyecto.
2. Determinar los posibles factores, los cuales evaluarán y seleccionarán las propuestas.

Factores de evaluación para seleccionar la mejor propuesta:

- **Tiempo de Proceso**

Con este factor se determinará el tiempo de proceso, en donde aquella propuesta que tenga menor tiempo total tendrá el mayor puntaje o importancia.

- **Costos Requeridos**

Aquella propuesta donde se evidencie la menor inversión y tiempo de implementación, será la que tenga mayor ponderación y será la más adecuada para la empresa.

- **Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión**

La nueva propuesta no debe impedir el buen flujo del proceso, por tanto la que tenga mejores procesos con mayor eficiencia y cercanía, ayudando a tener un mejor flujo del mismo es la que más se tendrá en cuenta para la elección de la propuesta.

- **Ergonomía, Seguridad y Resistencia al Cambio**

Este factor estima el impacto que ocasionará en el personal de operación el cambio en el esquema actual y el mayor o menor tiempo de adaptación que podría requerir. Igualmente se evalúa como afecta la nueva propuesta la seguridad de los operarios y su bienestar personal.

- **Cambios Futuros**

Debido a que se considera hacer cambios en un futuro, se seleccionará aquella propuesta en donde se evidencie una mayor facilidad para la realización de estos cambios.

- **Impacto Negativo sobre otras Áreas**

La nueva propuesta debe disminuir lo mínimo posible la contaminación cruzada con otras áreas, aquella alternativa en donde se observe una disminución será la más adecuada.

3. Ponderar cada uno de los Factores

Para escoger y ponderar cada uno de los factores, cada persona que hace parte del comité evaluador clasificó los factores en orden de importancia.

A continuación se muestra el valor que obtuvo cada uno de los factores, en donde el factor de mayor puntuación es el de mayor importancia.

Tabla 7. Valoración de los Factores de Evaluación

FACTORES		
1	Tiempo de Proceso	15
2	Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión	12
3	Costos Requeridos	9
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	8
5	Cambios Futuros	4
6	Impacto Negativo sobre las otras Áreas	4
	TOTAL	52

Fuente: Autor del proyecto

Después de seleccionar los factores a estos se les da un porcentaje y se establece los niveles de los factores.

Tabla 8. Valoración de los Factores de Evaluación Porcentualmente

FACTORES		
1	Tiempo de Proceso	29%
2	Fluidez en las Entrada y Salida del Camión	23%
3	Costos Requeridos	17%
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	15%
5	Cambios Futuros	8%
6	Impacto Negativo sobre las otras Áreas	8%
	TOTAL	100%

Fuente: Autor del Proyecto

Debido a que los últimos dos factores tuvieron un puntaje bajo, se consideran de poca importancia para la selección de la propuesta, los demás factores se evaluarán y se les darán un porcentaje.

Tabla 9. Valoración de los Nuevos Factores de Evaluación

FACTORES		
1	Tiempo de Proceso	15
2	Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión	12
3	Costos Requeridos	9
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	8
	TOTAL	44

Fuente: Autor del Proyecto

Al analizar las ponderaciones de cada uno de los factores, el comité evaluador decidió cambiar los puntajes de algunos de ellos, debido a que se considera que el costo debe tener mayor ponderación en el momento de decidir qué propuesta escoger.

Tabla 10. Valoración Final de los Factores de Evaluación

FACTORES		
1	Tiempo de Proceso	15
2	Costos Requeridos	12
3	Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión	9
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	8
	TOTAL	44

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 11. Valoración Final de los Factores de Evaluación Porcentualmente

FACTORES		
1	Tiempo de proceso	34%
2	Costos Requeridos	27%
3	Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión	21%
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	18%
	TOTAL	100%

Fuente: Autor del Proyecto

El nuevo orden de los factores y ponderación se considera más adecuado y proporciona una mejor evaluación de las propuestas.

4. Determinar los niveles de cada uno de los factores más representativos.

Para realizar una evaluación de las propuestas, a continuación se muestran los niveles de cada uno de los factores más representativos.

a. Tiempo de Proceso

- Se asignó un puntaje de 100 a aquella propuesta la cual disminuya considerablemente el tiempo del proceso con respecto al actual.
- Se asignó un puntaje de 50 a aquella propuesta donde su tiempo de proceso se considere aceptable y menor al actual.
- Se asignó un puntaje cero a aquella propuesta donde su tiempo de proceso no disminuya o aumente con respecto al actual.

b. Costos Requeridos

- Se asignó un puntaje de 100 a aquella propuesta con los menores costos y el menor tiempo de implementación (3 semanas).
- Se asignó un puntaje de 50 a aquella con los costos más altos y poco tiempo de implementación (3 semanas).
- Se asignó un puntaje de 50 a aquella propuesta con los costos más bajos y alto tiempo de implementación (5 semanas).
- Se asignó un puntaje cero a aquella propuesta que tenga los costos más elevados y su tiempo de implementación sea alto (5 semanas).

c. Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión

- Se asignó un puntaje de 100 a las propuestas que preservaban la fluidez en el proceso.
- Se asignó un puntaje de cero a las propuestas que no preservan la fluidez del proceso.

d. Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio

- El puntaje oscila entre cero y 100 donde, el cero corresponde a una propuesta con un riesgo potencial evidente para el personal y 100 puntos será la propuesta que no presente riesgo potencial evidente para el personal.

5. Evaluar cada una de las propuestas.

➤ Tiempo de Proceso

Para evaluar las propuestas implementadas se realizó la simulación en ARENA; donde refleja un mejor flujo de camiones que descargan el fruto.

➤ Costos Requeridos

Después de analizar los presupuestos que se encuentran en el Anexo J, se determinó que la propuesta 3 tiene un puntaje de 100, la propuesta 1 un puntaje de 50 y la propuesta 2 un puntaje de 0, porque tiene los costos más elevados y el tiempo de implementación es más alto.

➤ Para los otros dos factores se ponderó de acuerdo a la mejora del proceso de descargue y al buen juicio de los evaluadores.

Para seleccionar las ponderaciones de cada propuesta, el comité evaluador tuvo en cuenta los resultados que arrojó la simulación del software de ARENA con todos los escenarios planteados; también las limitaciones de la infraestructura de la planta extractora y el detalle de cada propuesta como se menciona en el numeral 8.1.3.

En la siguiente tabla se observa el puntaje que obtuvo cada propuesta, teniendo en cuenta los factores y la ponderación de cada uno.

Tabla 12. Ponderación de las Propuestas

FACTORES				
	Factor	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
1	Tiempo de Proceso	15,625	12,5	25
2	Costos Requeridos	18,75	15,625	21,875
3	Fluidez en las Entradas y Salidas del Camión	25	21,875	25
4	Ergonomía, Seguridad Industrial y Resistencia al Cambio	12,5	12,5	25
	TOTAL	71,875	62,5	96,875

Fuente: Autor del Proyecto

6. Evaluar cada una de las Propuestas.

Se realiza una evaluación de puntos por factor para determinar la propuesta que a consideración de los evaluadores es la más adecuada. Otro método de evaluación es hacer un análisis con todos los evaluadores y teniendo en cuenta todas las propuestas, desarrollar una que tengan todos los aspectos que considere más importante los evaluadores.

7. Selección de la Propuesta Final.

Después de la elaboración del modelo y su respectiva validación, se dio a conocer los resultados de la simulación al comité evaluador para que realizarán la ponderación de factores y así decidir qué propuesta se debe implementar en la planta extractora. Se llegó a la conclusión que la propuesta más adecuada y de mayor importancia es la número 3; porque es una propuesta inmediata, que

requiere un menor tiempo de implementación en comparación con las otras 2, las instalaciones de la planta no requieren cambios, los operarios pueden ejecutar sus tareas sin ninguna incomodidad por parte del ruido, cambio de recorridos, ergonomía y resistencia al cambio; además la inversión de los 2 gatos hidráulicos no es tan elevada y los directivos de la empresa por el momento prefieren esta propuesta.

8.3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

Debido a que a la empresa busca cada día maximizar su capacidad de producción, mejorando continuamente sus procesos para la extracción del aceite de palma y después de analizar la simulación con las respectivas propuestas se concluye que:

- En la propuesta 1 y 2 se observa que el tiempo en que demora un camión en descargar el fruto disminuye, el tiempo de ciclo es menor e incrementa la salida de camiones de la planta extractora; con la propuesta 1 la mejora es de 10,68% en el tiempo de ciclo; y para la propuesta 2 la mejora del tiempo de ciclo es de 13,33%.
- En la propuesta 3 se observa que el tiempo en que un camión manual demora en descargar es de aproximadamente 20 minutos, cuando actualmente tiene un promedio entre 40 y 70 minutos en descargar, esto hace que los tiempos de ciclo disminuyan en un 48,82%.
- La ponderación de factores para la selección de la mejor propuesta arroja un valor de 71,875 puntos para la propuesta 1; 62,5 puntos para la propuesta 2 y 96,875 puntos para la propuesta 3.

La propuesta 2 no queda descartada, debido a los resultados que se observaron en la simulación de ARENA; pero por el momento no se va a realizar ya que la empresa no quiere hacer cambios en la infraestructura de la planta extractora y no hay suficiente presupuesto por inversiones que la empresa ha hecho en la siembra de palma africana para sustituir las siembras que se han infectado por la pudrición del cogollo.

9. CONCLUSIONES

En la simulación se observa que la propuesta 3 tiene gran significancia para el proceso de descargue manual, porque en promedio el camión demora 20 minutos para descargar el fruto y el porcentaje de disminución en el tiempo de ciclo disminuye en un 53,55% para la jornada 1; 46,72% para la jornada 2 y 46,17% para la jornada 3.

La propuesta número 2 arrojó buenos resultados en la disminución del porcentaje del tiempo de ciclo según la simulación que se realizó en ARENA, pues muestra una mejora del 18,73% si el camión es volteo y 7,93% si el camión es manual. Los directivos de la empresa decidieron aplicar la propuesta 3 porque no requieren realizar modificaciones en la infraestructura de la planta por el momento y el costo es bajo.

Hay una situación en paralelo de infraestructura, de mal estado de los camiones que transportan el fruto de palma de aceite, a parte del problema socio-económico de la región que no permiten que se haga las mejoras de manera correcta.

Por medio de los módulos relacionados con rutinas de programación que cuenta el software de ARENA, se puede observar la disminución que hay en el tiempo de espera de los camiones para descargar el fruto, cuando se simulan las propuestas planteadas y la disminución en el tiempo de ciclo de cada entidad.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa realizar la modelación por partes del proceso, de tal manera que no tengan la necesidad de adquirir el paquete empresarial de ARENA. El realizar la modelación por partes tiene la ventaja de contar con un modelo con pocos factores que afecten el modelo y se observaría con más detalle el comportamiento de cada elemento; aunque tendría como desventaja el no contar con una modelación más amplia del proceso considerando la correlación que tienen las áreas y el efecto de los modelos dependientes. Se debe escoger por ello aquella propuesta la cual se considere las más adecuada para la toma de decisiones.

Después de realizar la propuesta que se seleccionó, se debe entrar a una etapa de evaluación y verificación, detectando falencias o desviaciones del proyecto que este desmejorando el proceso de descargue. El objetivo principal es establecer si se están teniendo los resultados esperados, para así tomar las medidas correctivas si se requiere.

Dentro de la etapa de evaluación y verificación se debe hacer nuevamente la toma de tiempos en donde se establezca el beneficio de la nueva propuesta y se verifique si se aumenta la productividad del área de descargue.

BIBLIOGRAFÍA

- Plan Estratégico USAP, Synapses Grupo Consultor S.A.S, Tomado el 1 de agosto de 2012 documento de Word.
- RIOS INSUA David, RIOS INSUA Sixto y JIMENEZ Jacinto Martin, Simulación. Modelos y aplicaciones.
- GUASH Antoni, PIERA Miguel Ángel, CASANOVA Joseph, FIGUERAS Jaume. Modelación y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. México, Alfaomega, 2005, P4.
- BANKS Jerry, BARRY L. Nelson. Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458
- BLANCO RIVERO Luis Ernesto, FAJARDO PIEDRAHITA Iván Darío, Simulación con producción, Casos de producción y logística. Segunda edición. Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. P 7,8.
- CHASE Richard B., JACOBS F. Robert, AQUILANO Nichikas J. Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. Décima edición. México, Mc Graw Hill, 2005. P 723.
- Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlan. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Simulación Digital. Jocotitlan Edo de México. Abril 2008
- MONTGOMERY C. Douglas y RUNGER C. George. Probabilidad y Estadística ajustada a la ingeniería. México, Mc Graw Hill, 1996. P 444.

- KELTON, David. Simulación con Software Arena. Mcgraw – Hill Shannon, Robert; Johannes, James D. (1976). «Systems simulation: the art and science». IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 6(10). pp. 723-724.
- URQUÍA MORALEDA, Antonio. Simulación, Texto Base de Teoría. Madrid, España, Juan del Rosal 16, 28040.
- AZARANG Mohammad, GARCÍA DUNNA Eduardo. Simulación y Análisis de Modelos Estocásticos. México, Mc Graw-Hill.
- RAMÍREZ ESPITIA, Carlos Andrés. Desarrollo y aplicación de una simulación en el software Arena como solución en manejo de inventarios de la empresa Industrias Pintulutex. Bucaramanga 2010.
- OSPINO ARIAS, Angelica María. Estudio de métodos y tiempos desarrollado en Palmeras de Puerto Wilches S.A. Bucaramanga 2000.
- http://www.portafolio.co/Especiales/tendencias-economicas-2020/sectores-economicos/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_PORTA-8021100.html
- <http://www.google.com.co/search?q=imput+analizer&oq=imput+analizer&sugexp=chrome,mod=0&sourceid=chrome&ie=UTF-8#hl=es&client=psy->
- http://www.ulpgc.es/hege/almacen/download/5/5015/Complemento_3_Prueba_de_Bondad_de_Ajuste_de_Kolmogorov_Smirnov.pdf
- http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap5-2.htm

- <http://es.scribd.com/doc/26816059/Prueba-de-Anderson-Darling>
- <http://es.scribd.com/doc/52494328/simulacion-arena>
- http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/model_simul/pdf/practicas_simulacion_msse.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/26474639/07-Simulacion-de-Eventos-Discretos>
- <http://gcarrascoc.blogspot.com/2011/11/teoria-de-los-cuellos-de-botella.html>
- <http://www.unamerida.com/archivospdf/337%20Lectura6.2.pdf>
- <http://www.fedepalma.org/palma.htm>
- <http://search.iminent.com/SearchTheWeb/v4/3082/toolbox/Result.aspx#q=PALMA%20DE%20ACEITE&s=web>
- <http://www.slideshare.net/killuank/tiempos-de-cargue-y-descargue-5588437>
- <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/simulacion-digital/simulacion-digital.pdf>
- <http://www.directindustry.es/prod/enerpac/gatos-hidraulicos-con-tuerca-de-bloqueo-14336-56535.html>
- <http://www.directindustry.es/prod/cmco-france/gatos-hidraulicos-26716-582910.html>

- <http://www.directindustry.es/prod/karl-heinz-jung/gatos-hidraulicos-para-carretillas-elevadoras-15472-700749.html>
- <http://spanish.alibaba.com/products/bottle-jack-for-trucks.html>

ANEXOS

Anexo A. Modelo de Tiempos de la Empresa

Tabla 13. Modelo para la Toma de Tiempos que utiliza la Empresa

PALMERAS DE PUERTO WILCHES S.A CONTROL DE INGRESO DE VEHICULOS DE FRUTO												
ITEM	PLACA	VOLTEO	MANUAL	NOMBRE CONDUCTOR	HORA REPORTE	HORA INGRESO	HORA SALIDA	FINCA	DIFERENCIA ENTRE REPORTE Y INGRESO	DIFERENCIA ENTRE INGRESO Y SALIDA	DIFERENCIA ENTRE REPORTE Y SALIDA	REMISION
1									00:00	00:00	00:00	
2									00:00	00:00	00:00	
3									00:00	00:00	00:00	
4									00:00	00:00	00:00	
5									00:00	00:00	00:00	
6									00:00	00:00	00:00	
7									00:00	00:00	00:00	
8									00:00	00:00	00:00	
9									00:00	00:00	00:00	
10									00:00	00:00	00:00	
11									00:00	00:00	00:00	
12									00:00	00:00	00:00	
13									00:00	00:00	00:00	
14									00:00	00:00	00:00	
15									00:00	00:00	00:00	
16									00:00	00:00	00:00	
17									00:00	00:00	00:00	
18									00:00	00:00	00:00	
19									00:00	00:00	00:00	
20									00:00	00:00	00:00	

Fuente: Tomado de la Empresa

Anexo B. Toma De Datos Para La Simulación

1. CAMIÓN VOLTEO

Tabla 14. Datos del Camión Volteo para la Simulación

DÍA 1					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
12	08:12	1	1	1	28
1	08:13	1	2	2	224
12	08:25	1	3	3	
55	09:20	1	4	4	
3	09:23	1	5	5	
30	09:53	1	6	6	
37	10:30	1	7	7	
1	10:31	1	8	8	
40	11:11	1	9	9	
27	11:38	1	10	10	
142	14:00	2	1	11	
1	14:01	2	2	12	
34	14:35	2	3	13	
3	14:38	2	4	14	
5	14:43	2	5	15	
20	15:03	2	6	16	
7	15:10	2	7	17	
9	15:19	2	8	18	
39	15:58	2	9	19	
17	16:15	2	10	20	
179	19:14	3	1	21	
7	19:21	3	2	22	
19	19:40	3	3	23	
11	19:51	3	4	24	
2	19:53	3	5	25	
26	20:19	3	6	26	
13	20:32	3	7	27	
5	20:37	3	8	28	

DÍA 2					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
3	06:03	1	1	1	51
7	06:10	1	2	2	224
13	06:23	1	3	3	
10	06:33	1	4	4	
6	06:39	1	5	5	
20	06:59	1	6	6	
18	07:17	1	7	7	
4	07:21	1	8	8	
29	07:50	1	9	9	
12	08:02	1	10	10	
13	08:15	1	11	11	
2	08:17	1	12	12	
25	08:42	1	13	13	
18	09:00	1	14	14	
1	09:01	1	15	15	
18	09:19	1	16	16	
2	09:21	1	17	17	
13	09:34	1	18	18	
21	09:55	1	19	19	
13	10:08	1	20	20	
5	10:13	1	21	21	
14	10:27	1	22	22	
12	10:39	1	23	23	
13	10:52	1	24	24	
10	11:02	1	25	25	
5	11:07	1	26	26	
5	11:12	1	27	27	
7	11:19	1	28	28	
25	11:44	1	29	29	
1	11:45	1	30	30	
10	11:55	1	31	31	
19	12:14	2	1	32	
13	12:27	2	2	33	
163	15:10	2	3	34	
14	15:24	2	4	35	
3	15:27	2	5	36	
44	16:11	2	6	37	
19	16:30	2	7	38	
5	16:35	2	8	39	
32	17:07	2	9	40	

11	17:18	2	10	41	
6	17:24	2	11	42	
13	17:37	2	12	43	
12	17:49	2	13	44	
6	17:55	2	14	45	
30	18:25	3	1	46	
19	18:44	3	2	47	
183	21:47	3	3	48	
23	22:10	3	4	49	
7	22:17	3	5	50	
67	23:24	3	6	51	
DÍA 3					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
25	07:25	1	1	1	31
15	07:40	1	2	2	224
23	08:03	1	3	3	
14	08:17	1	4	4	
3	08:20	1	5	5	
17	08:37	1	6	6	
14	08:51	1	7	7	
24	09:15	1	8	8	
4	09:19	1	9	9	
11	09:30	1	10	10	
6	09:36	1	11	11	
16	09:52	1	12	12	
21	10:13	1	13	13	
18	10:31	1	14	14	
7	10:38	1	15	15	
6	10:44	1	16	16	
9	10:53	1	17	17	
4	10:57	1	18	18	
16	11:13	1	19	19	
164	13:57	2	1	20	
8	14:05	2	2	21	
4	14:09	2	3	22	
10	14:19	2	4	23	
7	14:26	2	5	24	
9	14:35	2	6	25	
3	14:38	2	7	26	
5	14:43	2	8	27	
28	15:11	2	9	28	
23	15:34	2	10	29	

6	15:40	2	11	30	
13	15:53	2	12	31	
DÍA 4					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
7	07:07	1	1	1	30
7	07:14	1	2	2	224
11	07:25	1	3	3	
48	08:13	1	4	4	
13	08:26	1	5	5	
6	08:32	1	6	6	
21	08:53	1	7	7	
6	08:59	1	8	8	
10	09:09	1	9	9	
3	09:12	1	10	10	
16	09:28	1	11	11	
5	09:33	1	12	12	
12	09:45	1	13	13	
7	09:52	1	14	14	
84	11:16	1	15	15	
82	12:38	2	1	16	
36	13:14	2	2	17	
46	14:00	2	3	18	
5	14:05	2	4	19	
28	14:33	2	5	20	
55	15:28	2	6	21	
33	16:01	2	7	22	
27	16:28	2	8	23	
11	16:39	2	9	24	
14	16:53	2	10	25	
47	17:40	2	11	26	
33	18:13	3	1	27	
17	18:30	3	2	28	
115	20:25	3	3	29	
41	21:06	3	4	30	
DÍA 5					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
33	06:33	1	1	1	46
12	06:45	1	2	2	224
19	07:04	1	3	3	
25	07:29	1	4	4	
1	07:30	1	5	5	

12	07:42	1	6	6	
8	07:50	1	7	7	
17	08:07	1	8	8	
5	08:12	1	9	9	
9	08:21	1	10	10	
4	08:25	1	11	11	
45	09:10	1	12	12	
50	10:00	1	13	13	
1	10:01	1	14	14	
6	10:07	1	15	15	
22	10:29	1	16	16	
5	10:34	1	17	17	
7	10:41	1	18	18	
40	11:21	1	19	19	
6	11:27	1	20	20	
12	11:39	1	21	21	
58	12:37	2	1	22	
36	13:13	2	2	23	
51	14:04	2	3	24	
5	14:09	2	4	25	
8	14:17	2	5	26	
11	14:28	2	6	27	
5	14:33	2	7	28	
8	14:41	2	8	29	
49	15:30	2	9	30	
7	15:37	2	10	31	
7	15:44	2	11	32	
47	16:31	2	12	33	
13	16:44	2	13	34	
1	16:45	2	14	35	
30	17:15	2	15	36	
10	17:25	2	16	37	
19	17:44	2	17	38	
13	17:57	2	18	39	
28	18:25	3	1	40	
16	18:41	3	2	41	
12	18:53	3	3	42	
51	19:44	3	4	43	
70	20:54	3	5	44	
21	21:15	3	6	45	
52	22:07	3	7	46	

DÍA 6					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
14	08:14	1	1	1	38
16	08:30	1	2	2	224
7	08:37	1	3	3	
5	08:42	1	4	4	
18	09:00	1	5	5	
13	09:13	1	6	6	
4	09:17	1	7	7	
6	09:23	1	8	8	
39	10:02	1	9	9	
7	10:09	1	10	10	
22	10:31	1	11	11	
9	10:40	1	12	12	
6	10:46	1	13	13	
42	11:28	1	14	14	
27	11:55	1	15	15	
42	12:37	2	1	16	
51	13:28	2	2	17	
31	13:59	2	3	18	
6	14:05	2	4	19	
17	14:22	2	5	20	
7	14:29	2	6	21	
11	14:40	2	7	22	
6	14:46	2	8	23	
6	14:52	2	9	24	
32	15:24	2	10	25	
46	16:10	2	11	26	
6	16:16	2	12	27	
15	16:31	2	13	28	
12	16:43	2	14	29	
12	16:55	2	15	30	
33	17:28	2	16	31	
8	17:36	2	17	32	
5	17:41	2	18	33	
21	18:02	3	1	34	
8	18:10	3	2	35	
13	18:23	3	3	36	
65	19:28	3	4	37	
109	21:17	3	5	38	
		VOLTEO	224	224	

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 15. Camiones Volteo por Jornada

CAMIONES x JORNADAS EN 6 DÍAS		
PRIMERA	111	49,55%
SEGUNDA	83	37,05%
TERCERA	30	13,39%
TOTAL	224	100,00%

PROMEDIOS EN 6 HORAS		
PRIMERA	18,50	49,55%
SEGUNDA	13,83	37,05%
TERCERA	5,00	13,39%
TOTAL	37,33	100,00%

JORNADAS		
PRIMERA	06:00 a.m.	12:00 p.m.
SEGUNDA	12:00 p.m.	06:00 p.m.
TERCERA	06:00 p.m.	12:00 a.m.

Fuente: Autor del Proyecto

2. CAMIÓN MANUAL

Tabla 16. Datos del Camión Manual para la Simulación

DÍA 1					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
30	08:30	1	1	1	18
32	09:02	1	2	2	122
28	09:30	1	3	3	
15	09:45	1	4	4	
97	11:22	1	5	5	
15	11:37	1	6	6	
160	14:17	2	1	7	
7	14:24	2	2	8	
3	14:27	2	3	9	
83	15:50	2	4	10	
1	15:51	2	5	11	
26	16:17	2	6	12	
5	16:22	2	7	13	
2	16:24	2	8	14	
20	16:44	2	9	15	
185	19:49	3	1	16	
9	19:58	3	2	17	
53	20:51	3	3	18	
DÍA 2					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
12	06:12	1	1	1	26
14	06:26	1	2	2	122

26	06:52	1	3	3	
2	06:54	1	4	4	
43	07:37	1	5	5	
2	07:39	1	6	6	
54	08:33	1	7	7	
14	08:47	1	8	8	
6	08:53	1	9	9	
19	09:12	1	10	10	
46	09:58	1	11	11	
4	10:02	1	12	12	
23	10:25	1	13	13	
41	11:06	1	14	14	
17	11:23	1	15	15	
10	11:33	1	16	16	
30	12:03	2	1	17	
4	12:07	2	2	18	
170	14:57	2	3	19	
44	15:41	2	4	20	
66	16:47	2	5	21	
16	17:03	2	6	22	
32	17:35	2	7	23	
15	17:50	2	8	24	
225	21:35	3	1	25	
76	22:51	3	2	26	
DÍA 3					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
29	07:29	1	1	1	9
60	08:29	1	2	2	122

38	09:07	1	3	3	
63	10:10	1	4	4	
33	10:43	1	5	5	
48	11:31	1	6	6	
163	14:14	2	1	7	
4	14:18	2	2	8	
33	14:51	2	3	9	
DÍA 4					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
19	07:19	1	1	1	20
12	07:31	1	2	2	122
48	08:19	1	3	3	
3	08:22	1	4	4	
16	08:38	1	5	5	
6	08:44	1	6	6	
36	09:20	1	7	7	
4	09:24	1	8	8	
20	09:44	1	9	9	
3	09:47	1	10	10	
97	11:24	1	11	11	
168	14:12	2	1	12	
9	14:21	2	2	13	
89	15:50	2	3	14	
22	16:12	2	4	15	
72	17:24	2	5	16	
17	17:41	2	6	17	
52	18:33	3	1	18	
111	20:24	3	2	19	

64	21:28	3	3	20	
DÍA 5					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
6	06:06	1	1	1	26
24	06:30	1	2	2	122
40	07:10	1	3	3	
27	07:37	1	4	4	
31	08:08	1	5	5	
11	08:19	1	6	6	
12	08:31	1	7	7	
6	08:37	1	8	8	
100	10:17	1	9	9	
6	10:23	1	10	10	
21	10:44	1	11	11	
107	12:31	2	1	12	
62	13:33	2	2	13	
41	14:14	2	3	14	
49	15:03	2	4	15	
19	15:22	2	5	16	
30	15:52	2	6	17	
35	16:27	2	7	18	
26	16:53	2	8	19	
31	17:24	2	9	20	
15	17:39	2	10	21	
41	18:20	3	1	22	
53	19:13	3	2	23	
77	20:30	3	3	24	
58	21:28	3	4	25	

32	22:00	3	5	26	
DÍA 6					
T. ENTRE LLEGADAS	INGRESO	FRANJAS HORARIAS	TOTAL FRANJA	TOTAL DÍA	TOTAL VOLTEO
13	08:13	1	1	1	23
8	08:21	1	2	2	122
28	08:49	1	3	3	
5	08:54	1	4	4	
34	09:28	1	5	5	
6	09:34	1	6	6	
42	10:16	1	7	7	
22	10:38	1	8	8	
47	11:25	1	9	9	
50	12:15	2	1	10	
116	14:11	2	2	11	
6	14:17	2	3	12	
17	14:34	2	4	13	
29	15:03	2	5	14	
6	15:09	2	6	15	
90	16:39	2	7	16	
21	17:00	2	8	17	
12	17:12	2	9	18	
45	17:57	2	10	19	
25	18:22	3	1	20	
52	19:14	3	2	21	
46	20:00	3	3	22	
44	20:44	3	4	23	
VOLTEO			122	122	

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 17. Camiones Manual por Jornada

CAMIONES x JORNADAS EN 6 DÍAS		
PRIMERA	59	48,36%
SEGUNDA	46	37,70%
TERCERA	17	13,93%
TOTAL	122	100,00%

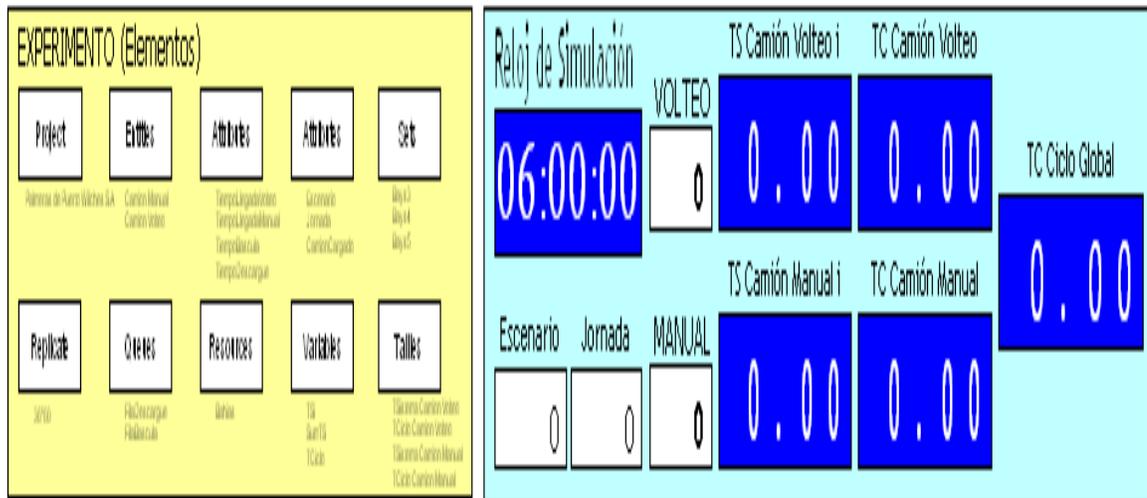
PROMEDIOS EN 6 HORAS		
PRIMERA	9,83	48,36%
SEGUNDA	7,67	37,70%
TERCERA	2,83	13,93%
TOTAL	20,33	100,00%

JORNADAS		
PRIMERA	06:00 a.m.	12:00 p.m.
SEGUNDA	12:00 p.m.	06:00 p.m.
TERCERA	06:00 p.m.	12:00 a.m.

Fuente: Autor del Proyecto

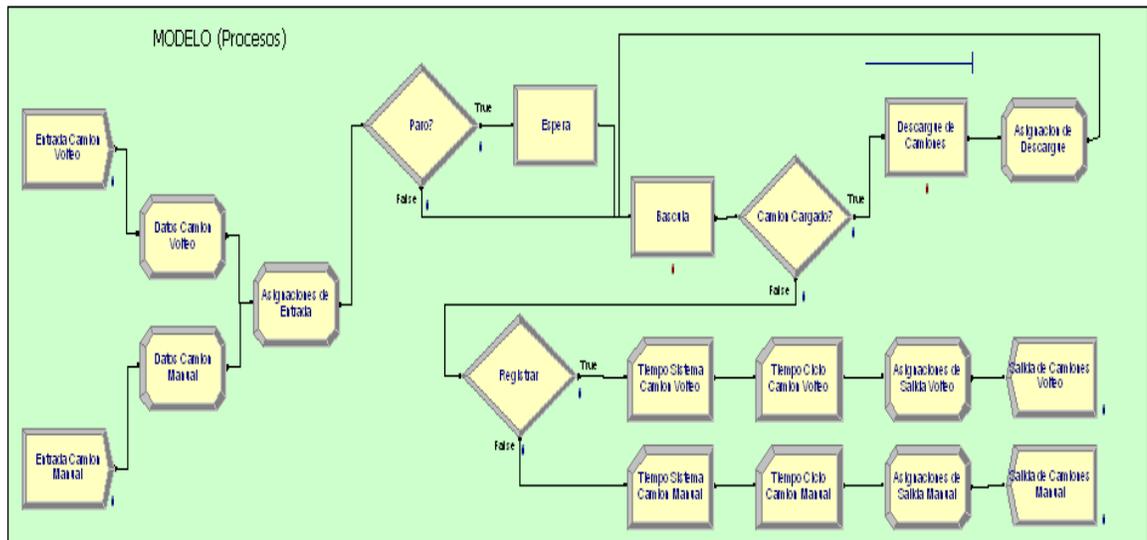
Anexo C. Modelo De Simulación Actual Del Modelo En Arena

Tabla 18. Modelo Conceptual



Fuente: Autor del Proyecto

Figura 52. Simulación del Modelo Actual SOFTWARE



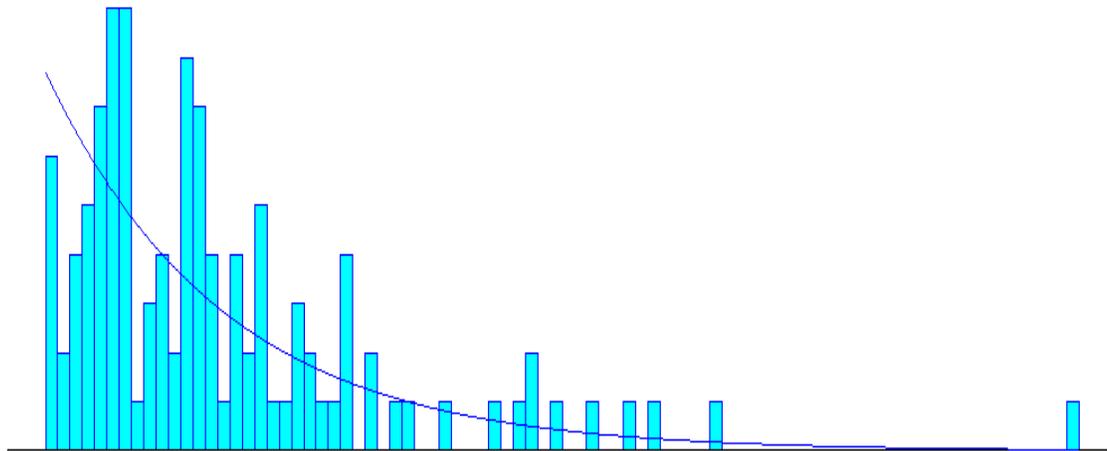
Fuente: Autor del Proyecto

Anexo D. Ajuste de Datos de Entrada por Medio de la Herramienta de Arena

1. CAMIÓN VOLTEO

- Tiempo entre Llegadas, Jornada 1

Figura 53. Tiempo Entre Llegadas Jornada 1 Volteo

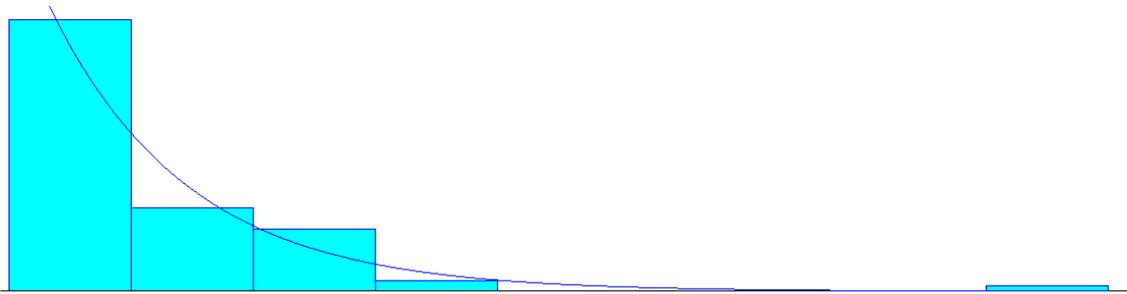


Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	0.5 + EXPO(0)
Square Error:	0.012777
Chi Square Test	
Number of intervals	= 9
Degrees of freedom	= 7
Test Statistic	= 9.65
Corresponding p-value	= 0.219
Data Summary	
Number of Data Points	= 111
Min Data Value	= 1
Max Data Value	= 84
Sample Mean	= 14.9
Sample Std Dev	= 13.3
Histogram Summary	
Histogram Range	= 0.5 to 84.5
Number of Intervals	= 84

Fuente: Tomado de Arena

- Tiempo entre llegadas, Jornada 2

Figura 54. Tiempo Entre Llegadas Jornada 2 Volteo

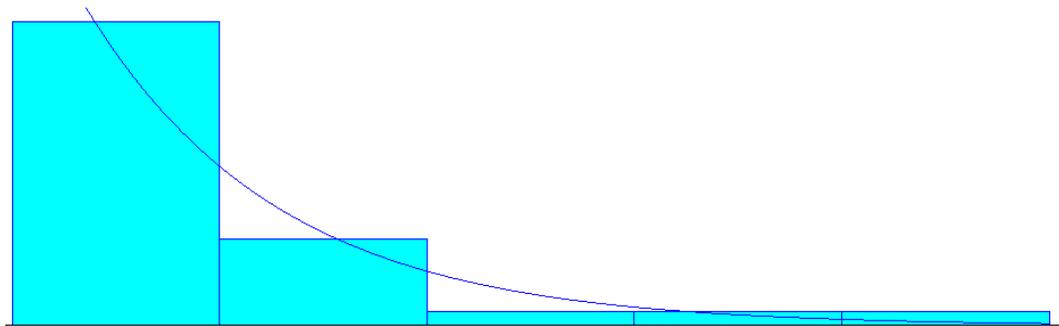


Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	-0.001 + EXPO(0)
Square Error:	0.006806
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 2.75
Corresponding p-value	= 0.098
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.132
Corresponding p-value	= 0.101
Data Summary	
Number of Data Points	= 83
Min Data Value	= 0
Max Data Value	= 163
Sample Mean	= 20.5
Sample Std Dev	= 22.1
Histogram Summary	
Histogram Range	= -0.001 to 163
Number of Intervals	= 9

Fuente: Tomado de Arena

- Tiempo entre llegadas, Jornada 3

Figura 55. Tiempo Entre Llegada Jornada 3 Volteo



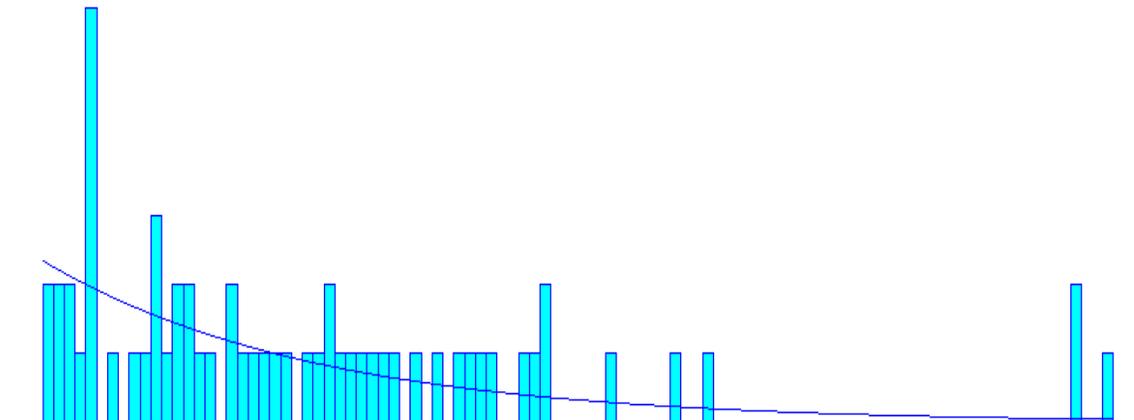
Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	2 + EXPO(0)
Square Error:	0.004885
Chi Square Test	
Number of intervals	= 2
Degrees of freedom	= 0
Test Statistic	= 0.283
Corresponding p-value	< 0.005
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.157
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 30
Min Data Value	= 2
Max Data Value	= 183
Sample Mean	= 35.7
Sample Std Dev	= 40.3
Histogram Summary	
Histogram Range	= 2 to 183
Number of Intervals	= 5

Fuente: Tomado de Arena

2. CAMIÓN MANUAL

- Tiempo entre llegadas, Jornada 1

Figura 56. Tiempo Entre Llegada Jornada 1 Manual



Distribution Summary

Distribution: Exponential
Expression: $1.5 + \text{EXPO}(0)$
Square Error: 0.013763

Chi Square Test

Number of intervals = 8
Degrees of freedom = 6
Test Statistic = 1.59
Corresponding p-value > 0.75

Data Summary

Number of Data Points = 59
Min Data Value = 2
Max Data Value = 100
Sample Mean = 26.7
Sample Std Dev = 22.9

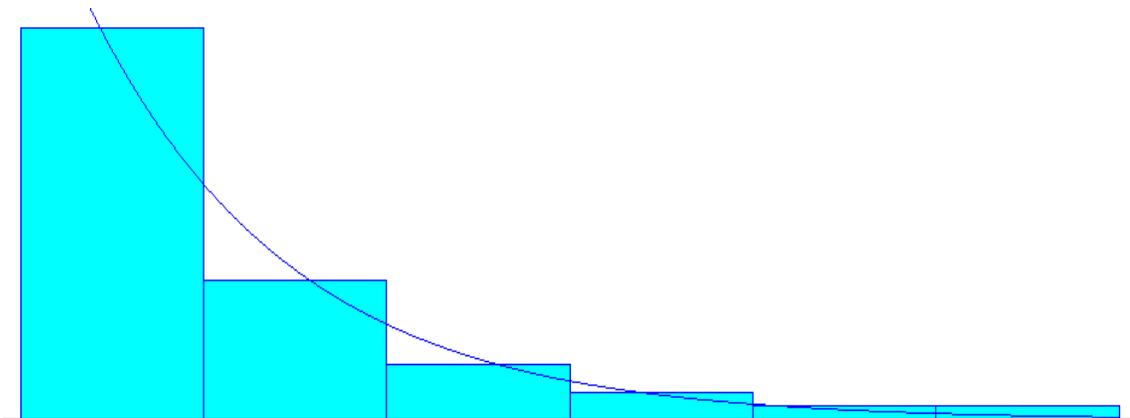
Histogram Summary

Histogram Range = 1.5 to 101
Number of Intervals = 99

Fuente: Tomado de Arena

- Tiempo entre llegadas, Jornada 2

Figura 57. Tiempo Entre Jornada 2 Manual

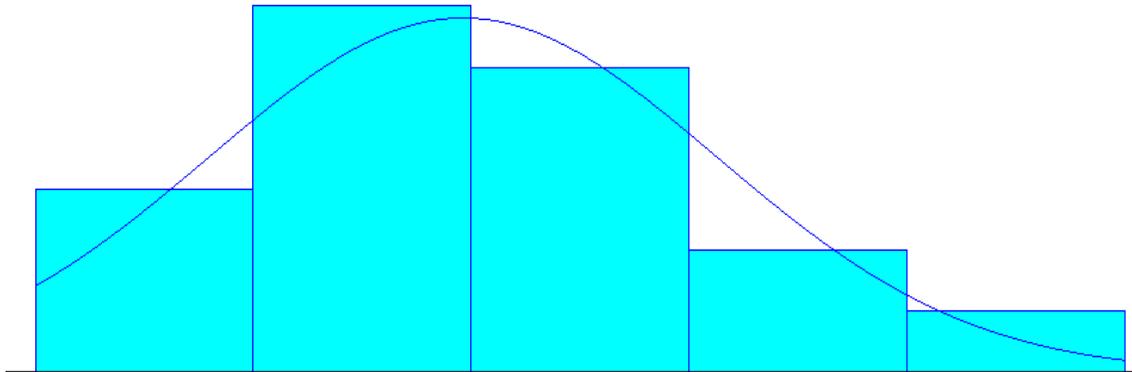


Distribution Summary	
Distribution:	Exponential
Expression:	0.999 + EXPO(0)
Square Error:	0.001163
Chi Square Test	
Number of intervals	= 3
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 0.195
Corresponding p-value	= 0.684
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0762
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 46
Min Data Value	= 1
Max Data Value	= 170
Sample Mean	= 32.2
Sample Std Dev	= 33.8
Histogram Summary	
Histogram Range	= 0.999 to 170
Number of Intervals	= 6

Fuente: Tomado de Arena

- Tiempo entre llegadas, Jornada 3

Figura 58. Tiempo Entre Jornada 3 Manual



Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(0, 0)
Square Error:	0.003719
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.153
Corresponding p-value	> 0.15
Data Summary	
Number of Data Points	= 17
Min Data Value	= 9
Max Data Value	= 111
Sample Mean	= 49
Sample Std Dev	= 24.6
Histogram Summary	
Histogram Range	= 9 to 111
Number of Intervals	= 5

Fuente: Tomado de Arena

Anexo E. Propuestas para el Proceso de Descargue

Debido que las propuestas tienen cambios mínimos con respecto al modelo de simulación actual de la empresa, no se explicaran nuevamente las consideraciones de los modelos.

Los modelos de simulación tienen los siguientes cambios:

- Para la propuesta 1, se hará la ampliación de la plataforma a 4 bahías, la medida será igual a las bahías anteriores, y necesitara de una tolva. El área que se va a construir es de 36m²; el área de la plataforma en total seria de 394m² y el tiempo de implementación es de aproximadamente 45 días.
- Para la propuesta 2, se hará la ampliación de la plataforma a 5 bahías, las medidas serán iguales a las bahías anteriores, se necesitan 2 tolvas y rieles para que el vagón que espera abajo pueda continuar con su recorrido y llevar la semilla al proceso de extracción del aceite crudo. El área que se va a construir es de 72m²; el área de la plataforma en total seria de 394m² y el tiempo de implementación es de 60 días aproximadamente.
- Para La propuesta 3, no se requieren modificaciones en la plataforma, únicamente tener los 2 gatos hidráulicos, para que los camiones manuales puedan ser levantados y descargar el fruto en las tolvas correspondientes. El peso que soportan los 2 gatos hidráulicos oscila entre 10.000 y 55.000 kg.

Anexo F. Costos de las Propuestas

1. PROPUESTA 1 Y 2

Tabla 19. APU Concreto de Piso

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
CONCRETO DE PISO				
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Replanteo	m ²	1	6,000	\$ 6,000
Concreto 2.500*1 psi	m ³	0.15	450,000	\$67,500
Hierro de media	Kg	27	2,700	\$72,900
Reglas	und.	0.33	6,000	\$1,980
M.D.O	m ²	1	15,000	\$15,000
			TOTAL	\$163,380

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 20. APU Muro de Contención

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
MURO DE CONTENCIÓN				
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Perfilada de talud	global	1	34,500	\$ 34,500
Concreto de ¾ psi	m ³	0.20	520,000	\$104,000
Malla de 9mm (20*20)	rollo	0.222	422,100	\$93,706
Formaleta	días	21	750	\$15,750
Vibrador de aguja	hora	0.16	25,000	\$4,000
M.D.O	m ²	1	35,000	\$35,000
			TOTAL	\$286,956

Fuente: Autor del Proyecto

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)

TOLVAS + RIELES GUIAS \$ 38.000.000

2. PROPUESTA 3

Tabla 21. Propuesta 3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)				
OPCIONES	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Proveedor 1	Gato hidráulico con tuerca de bloqueo 50-1 000 t, max. 700 bar CLL series	2	\$17.394.996	\$34.789.992
Proveedor 2	5 000 - 25 000 kg Hydrojack 360°	2	\$16.478.449	\$32.956.899
Proveedor 3	10 000 - 55 000 kg, 150 - 200 mm JH-G plus EX series	2	\$12.716.000	\$25.432.000
Proveedor 4	soldados camiones volquete cilindro hidráulico de elevación del soporte	2	\$14.160.000	\$28.320.000
Proveedor 5	Capacidad 50t H 255mm Elevación 150mm Ajustar 19mm N. W/pc 19.5kg 925W/ctn	2	\$17.723.000	\$35.446.000

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 22. Presupuesto Propuesta 1

PRESUPUESTO PROPUESTA 1				
DESCRIPCIÓN	UNIDA D	CANTIDA D	APU	TOTAL
Concreto de piso	m ²	63	\$ 163.380	\$ 10.292.940
Muro de Contención	m ²	36	\$ 286.956	\$ 10.330.423
Tolva y Rieles	Unid	1	\$ 38.000.000	\$ 38.000.000
			TOTAL	\$ 58.623.363

Fuente: Autor del Proyecto

Tabla 23. Presupuesto Propuesta 2

PRESUPUESTO PROPUESTA 2				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	APU	TOTAL
Concreto de piso	m ²	147	\$ 93.706	\$ 13.774.811
Muro de Contención	m ²	72	\$ 286.956	\$ 20.660.846
Tolva y Rieles	Unid	2	\$ 38.000.000	\$ 76.000.000
			TOTAL	\$ 110.435.658

Fuente: Autor del Proyecto

PRESUPUESTO PROPUESTA 3

Se escogió el proveedor 3 por la capacidad en toneladas que tienen los gatos hidráulicos para soportar el peso y por la inclinación que alcanza.

b. GATO HIDRÁULICO * 2 = \$25.432.000

Anexo G. Simulación Del Modelo,

Véase en el CD

Anexo H. Resultados De La Simulación Del Modelo Actual,

Véase en el CD

**Anexo I. Resultados De La Simulación Con La Implementación De Las
Propuestas,**

Véase en el CD

Anexo J. Validación De Las Propuestas

Partiendo que el modelo de simulación actual es representativo de la realidad, se procede a la validación de cada una de las propuestas planteadas para mejorar el proceso de descargue. Dado que cada una de ellas está sujeta a cambios, donde los más representativos son la disminución en el tiempo de ciclo del proceso de descargue y el tiempo en cola.

En tiempo en cola presenta demasiada variabilidad, por esto no se va hacer la validación para las propuestas. Cabe resaltar que en la validación del modelo real se evidencia que es u modelo representativo a la realidad.

Tabla 24. Porcentaje de Disminución del Tiempo de Ciclo

ESCENARIO	JORNADA	RÉPLICAS	% DISM TC	
			VOLTEO	MANUAL
3 BAHÍAS	1	10	0.00%	0.00%
	2	10	0.00%	0.00%
	3	10	0.00%	0.00%
4 BAHÍAS	1	10	-26.85%	-13.20%
	2	10	-19.39%	-3.15%
	3	10	1.12%	-2.58%
5 BAHÍAS	1	10	-35.84%	-16.40%
	2	10	-20.42%	-5.17%
	3	10	0.06%	-2.21%
3 BAHÍAS + GATO HIDRÁULICO	1	10	-34.07%	-53.55%
	2	10	-21.06%	-46.72%
	3	10	-1.90%	-46.17%

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

La validación entre el modelo actual y cada una de las propuestas, se realizó por medio de la prueba de distribución normal. Debido que cada corrida tiene un valor diferente de simulación, se comparó la diferencia de medias para establecer la validez de cada uno de los modelos de simulación.

La prueba de hipótesis para realizar las validaciones se muestran a continuación:

$$H_0: \mu_D = 0$$

$$H_1: \mu_1 \neq 0$$

Donde μ_D es la diferencia entre medias por corrida de cada modelo.

Para determinar si los modelos de simulación y el modelo actual tiene sus medias estadísticamente similares se aplicó la distribución normal.

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

A continuación se muestra la prueba de hipótesis para cada propuesta.

1. Validación para el Tiempo de Ciclo

- Modelo Propuesta 1 de Simulación

Tabla 25. Datos de la Modelación para la Propuesta 1

ESCENARIO	INPUTS	SALIDAS	TC
4 BAHÍAS	151.20	149.70	23.758
	109.60	108.50	21.521
	66.90	66.10	20.649
	87.10	84.90	62.406
	72.90	71.30	60.669
	44.40	43.50	58.994
		MEDIA	41.33
		DESVIACIÓN	19.36

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

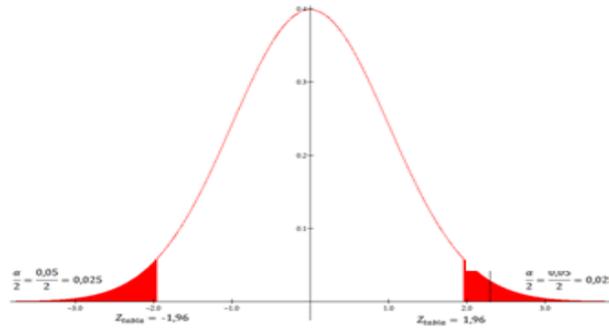
Donde;

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Entonces;

$$Z_{prueba} = \frac{41,33 - 36,48}{\frac{19,36}{\sqrt{122}}} = 2,76$$

Grafico 4 .Validación Propuesta 1



Fuente: Autor del Proyecto

Teniendo en cuenta el resultado obtenido, se puede concluir que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula; es decir; estadísticamente la diferencia entre medias es tendiente a cero y por tanto se considera que el modelo de simulación es representativo

- **Modelo Propuesta 2 de Simulación**

Tabla 26. Datos de la Modelación para la propuesta 2

ESCENARIO	INPUTS	SALIDAS	TC
5 BAHÍAS	143.70	142.20	20.841
	111.50	110.30	21.247
	66.50	65.60	20.432
	83.00	81.80	60.103
	71.20	69.20	59.401
	45.10	44.20	59.218
	MEDIA		40.21
	DESVIACIÓN		19.37

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

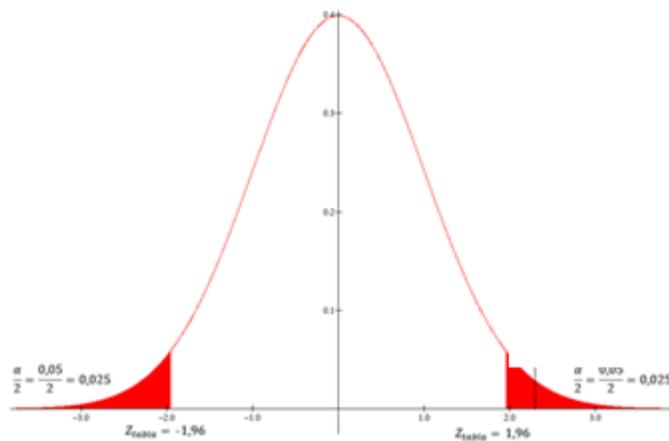
Donde;

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Entonces;

$$Z_{prueba} = \frac{40,21 - 35,23}{\frac{19,37}{\sqrt{122}}} = 2,83$$

Grafico 5. Validación Propuesta 2.



Fuente: Autor del Proyecto

Teniendo en cuenta el resultado obtenido, se puede concluir que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula; es decir; estadísticamente la diferencia entre medias es tendiente a cero y por tanto se considera que el modelo de simulación es representativo.

- Modelo Propuesta 3 de la Simulación

Tabla 27. Datos de la Modelación para la Propuesta 3

ESCENARIO	INPUTS	SALIDAS	TC
3 BAHÍAS + GATO HIDRÁULICO	151.10	149.20	21.413
	108.30	107.70	21.076
	64.80	64.10	20.031
	84.40	82.50	33.394
	70.50	69.20	33.374
	44.40	43.90	32.596
		MEDIA	38.98
		DESVIACIÓN	14.41

Fuente: Datos obtenidos de la Simulación en Arena

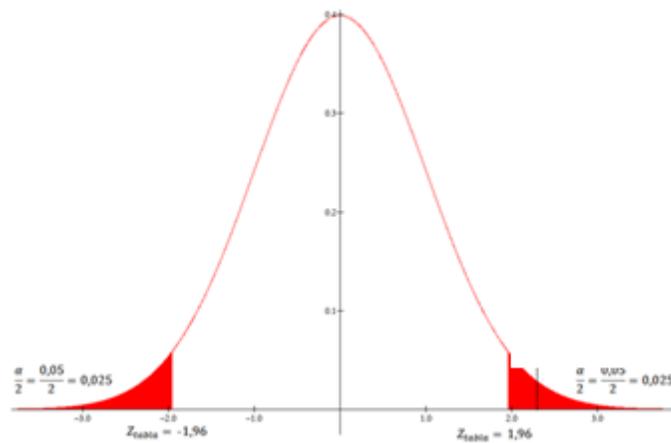
Donde;

$$Z_{prueba} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Entonces;

$$Z_{prueba} = \frac{38,981 - 35,26}{\frac{14,407\sqrt{122}}{122}} = 2,85$$

Grafica 6. Validación Propuesta 3.



Fuente: Autor del Proyecto

Teniendo en cuenta el resultado obtenido, se puede concluir que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula; es decir; estadísticamente la diferencia entre medias es tendiente a cero y por tanto se considera que el modelo de simulación es representativo.