

**EVALUACION, ANALISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE
LEVANTE Y TRANSPORTE DE FRUTO EN PALMAS
OLEAGINOSAS BUCARELIA**

JULIAN ANDRES DURAN PEÑA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2005

**EVALUACION, ANALISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE
LEVANTE Y TRANSPORTE DE FRUTO EN PALMAS
OLEAGINOSAS BUCARELIA**

JULIAN ANDRES DURAN PEÑA

**Practica Empresarial Para Optar al Titulo de
Ingeniero Industrial**

Director: Ing. Piedad Arenas.

Codirector: Ing. Carlos Diaz.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2005

A mis padres, a mis hermanos y mi novia por haberme apoyado de todas las maneras posibles en la culminación de mis estudios superiores.

A todos mis amigos por siempre.

Julián Andrés Duran Peña.

AGRADECIMIENTOS

En especial a la Ingeniera Piedad Arenas y al Ingeniero Carlos Díaz quienes fueron los más asiduos promotores del proyecto y mis más cercanos asesores. Al Ingeniero Carlos Humberto Díaz quien me colaboró en todos los momentos que lo requerí.

A mis amigos José Mario, Fredy Dueñas, Juan Carlos Díaz, Gustavo Saavedra, Julián Rosales, Liliana Arbelaez, Tulia Maria Angulo y Claudia Nelly y todos los que no puedo nombrar, pues con su apoyo e interés, hicieron posible la realización de este gran sueño.

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACION ANALISIS Y MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE LEVANTE Y TRANSPORTE DE FRUTO EN PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA.

AUTOR: Julián Andrés Duran Peña**.

PALABRAS CLAVE: Mejoramiento, Levante y Transporte, Tiempo de Ciclo, Promodel, Procedimiento.

El levante y transporte de fruto de palma es un proceso que requiere coordinación con base en la producción de fruto en la plantación y la capacidad de procesamiento de fruto con que se cuenta en la planta extractora.

Es así como se determina que la clave de generar un flujo continuo de fruto ingresando en la planta extractora se obtiene a partir del tiempo de ciclo con el cual funciona el proceso de levante y transporte, ya que éste proceso es el encargado de garantizar en todo momento la disponibilidad de fruto suficiente para abastecer la planta.

Debe entenderse que el generar un flujo continuo de fruto hacia la planta implica de igual forma un mejor aprovechamiento de los vehículos y alzadores y además una disminución en el tiempo de espera en la cola, la cual se forma por la aleatoriedad de la llegada de los vehículos a la planta extractora.

El mejoramiento del proceso de levante y transporte de fruto se enfocó en la determinación de horarios de salida y llegada de cada vehículo con el fin de compartir una igualdad en cuanto a los ingresos promedio de los trabajadores y además mantener un número constante de vehículos demandando el servicio de descargue de fruto.

El software especializado en producción "PROMODEL" ha sido la herramienta utilizada para evaluar las diferentes alternativas de mejoramiento planteadas, la alternativa propuesta busca disminuir el tiempo de espera en la cola en un 40% en comparación con la situación actual que implica un ahorro en costos laborales y un mejoramiento en la calidad del producto.

* Práctica Empresarial Para Optar al Título de Ingeniero Industrial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director del proyecto Ing. Piedad Arenas.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF THE GETS UP AND TRANSPORT OF FRUIT IN PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA. *.

AUTHORS: Julián Andrés Duran Peña**.

KEY WORDS: Improvement, Rise and Transport, Time of Cycle, Promodel, Procedure.

CONTENT: The rises and transport of palm fruit is a process that requires coordination with base in the fruit production in the plantation and the capacity of fruit prosecution with which it is counted in the plant extractor.

It is as well as it is determined that the key of generating a continuous flow of fruit entering in the plant extractor is obtained starting from the time of cycle with which the process works of the gets up and transport, since this process is the one in charge of guaranteeing in all moment the readiness of enough fruit to supply the plant.

It should understand each other that generating a continuous flow of fruit toward the plant implies of equal it forms a better use of the vehicles and workers and also a decrease in the time of wait in the line, which is formed for the randomness of the arrival from the vehicles to the plant extractor.

The improvement of the process of the gets up and fruit transport was focused in the determination of schedules of exit and arrival of each vehicle with the purpose of sharing an equality as for the revenues average of the hard-working ones and also to maintain a constant number of vehicles demanding the service of it discharges of fruit.

The software specialized in production "PROMODEL" it has been the tool used to evaluate the different outlined alternatives of improvement, the alternative proposal looks for to diminish the time of wait in the line in 40% in comparison with the current situation that implies a saving in labor costs and an improvement in the quality of the product.

* Business Practice to access to the Title of an Industrial Engineer.

** Faculties of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies.
Director of the Project: Ing. José Piedad Arenas.

TABLA DE CONTENIDO

	PAG
Introducción	1
1. Generalidades de la empresa	
1.1 Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.	1
1.1.1 Misión	2
1.1.2 Visión	3
1.2 Proceso agroindustrial	3
1.2.1 Fase agrícola de la palma	5
1.2.2 Fase industrial	9
2. Generalidades del proyecto	14
2.1 Objetivos	14
2.1.1 Objetivo general	14
2.1.2 Objetivos específicos	14
2.2 Planteamiento del problema	14
2.3 Alcance del proyecto	15
3. Desarrollo metodológico	17
3.1 Revisión documental del proceso	17
3.2 Observación operativa del proceso	17
3.3 Diagnóstico del proceso	19
3.4 Estudio de tiempos	19
3.5 Estudio de líneas de espera	21
3.5.1 Descripción del modelo	22
3.5.2 División del estudio en grupos	22
3.5.3 Toma de datos	23
3.5.4 Validación estadística de los datos	24
3.5.5 Parámetros del modelo	24
3.6 Simulación en Promodel	25
3.7 Alternativas de mejoramiento	26
4. Resultados de la revisión documental y diagnóstico del proceso	27
4.1 Revisión documental	27
4.2 Observación operativa del proceso	28
4.3 Diagnóstico del proceso	32
5. Estudio de métodos y tiempos	37
5.1 División del estudio en grupos	37
5.2 Determinación de los elementos del estudio de tiempos	39
5.2.1 Levante de racimos	40
5.2.2 Levante de fruto suelto	41
5.2.3 Factores que tienen un impacto significativo en el ciclo de ruta del proceso	42
5.3 Toma de datos	43
5.4 Tiempo normal y tiempo estándar	46
5.4.1 Valoración de la actuación	46
5.4.2 Medición y registro de tiempos	46
5.4.3 Tiempo normalizado	47
5.4.4 Tiempo estándar o tiempo tipo	47

5.5 Tiempo total de ruta	54
5.6 Análisis de los resultados del estudio de tiempos y movimientos	59
5.6.1 Tiempo tipo levante fruto suelto	59
5.6.2 Tiempo tipo levante de racimos	60
5.6.3 Ciclo de ruta del proceso de levante y transporte de fruto	60
6. Estudio de líneas de espera	62
6.1 Descripción del modelo	62
6.2 División del estudio en grupos	65
6.3 Toma de datos	66
6.4 Validación estadística del modelo	68
6.4.1 Igualdad de la población en la procedencia de los datos del descargue de fruto	68
6.4.2 Distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas de los vehículos	70
6.4.3 Distribución de probabilidad del tiempo de descargue de fruto	73
6.4.3.1 Canal de descargue uno	73
6.4.3.2 Canal de descargue dos	76
6.5 Parámetros del modelo	79
6.5.1 Tiempo entre llegadas de un vehículo	79
6.5.2 Tiempo de descargue de fruto	80
6.5.3 Tiempo promedio de espera en la cola	80
6.5.4 Número promedio de vehículos que esperan en la cola	80
6.5.5 Situación actual del sistema	80
6.6 Análisis de los resultados del estudio de líneas de espera	81
6.6.1 Análisis del tiempo entre llegadas de un vehículo	82
6.6.2 Ciclo de levante y transporte de fruto	82
7. Alternativas de mejoramiento	84
7.1 Programación de turnos de cumplimiento	84
7.1.1 Jornada laboral de servicio de la planta extractora de 6:00 a.m. – 10:00 p.m.	87
7.1.2 Jornada laboral de servicio de 6:00 a.m. a 10:00 p.m., con un tiempo laboral efectivo de 12 horas por vehículo.	90
7.1.3 Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas para cada cooperativa.	93
7.1.4 Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas para cada cooperativa.	96
7.2 Acciones complementarias.	99
7.3 Levante mecánico de fruto	99
8. Promodel	101
8.1 Ventajas de la utilización de Promodel como herramienta de solución.	103
8.2 Resultados de la simulación realizada a cada alternativa.	104
8.3 Alternativa recomendada.	106

LISTA DE TABLAS

	PAG
Tabla 1. Grupos de estudio levante de racimos	38
Tabla 2. Grupos de estudio levante de fruto suelto	39
Tabla 3. Premuestra levante de racimos	44
Tabla 4. Premuestra levante de fruto suelto	44
Tabla 5. Muestra levante de racimos	45
Tabla 6. Muestra levante de fruto suelto	46
Tabla 7. Principales escalas de valoración	49
Tabla 8. Resultados del estudio de tiempos levante de fruto suelto	50
Tabla 9. Resultados del estudio de tiempos levante de racimos	51
Tabla 10. Racimos de fruto fresca necesarios para llenar un vehículo	54
Tabla 11. Fruto suelto recolectado y número de vaciaderos por ruta	55
Tabla 12. Ciclo de ruta del proceso de levante y transporte	57
Tabla 12 A. Desviación estándar del ciclo de ruta del proceso de levante y transporte	58
Tabla 13. Grupos de estudio líneas de espera	66
Tabla 14. Parámetros de la premuestra servicio de descargue	67
Tabla 15. Parámetros de la premuestra tiempo entre llegadas	67
Tabla 16. Observaciones necesarias para el tiempo entre llegadas	67
Tabla 17. Observaciones necesarias para el tiempo de descargue	68
Tabla 18. Entre llegadas grupo uno	71
Tabla 19. Entre llegadas grupo dos	71
Tabla 20. Entre llegadas grupo tres	72
Tabla 21. Entre llegadas grupo cuatro	72
Tabla 22. Entre llegadas grupo cinco	73
Tabla 23. Canal uno, exponencial grupo uno	74
Tabla 24. Canal uno, exponencial grupo dos	74
Tabla 25. Canal uno, exponencial grupo tres	75
Tabla 26. Canal uno, exponencial grupo cuatro	75
Tabla 27. Canal uno, exponencial grupo cinco	76
Tabla 28. Canal dos, exponencial grupo uno	76
Tabla 29. Canal dos, exponencial grupo dos	77
Tabla 30. Canal dos, exponencial grupo tres	77
Tabla 31. Canal dos, exponencial grupo cuatro	78
Tabla 32. Canal dos, exponencial grupo cinco	78
Tabla 33. Tiempo entre llegadas de un vehículo	79
Tabla 34. Tiempo de servicio de descargue por vehículo	80
Tabla 35. Situación actual del modelo de líneas de espera	81
Tabla 36. Grado de utilización de los canales de descargue de fruto	81
Tabla 37. Ciclo de levante y transporte de fruto	83
Tabla 38. Ciclo de turnos por división	86
Tabla 39. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta A	88
Tabla 40. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento A	89
Tabla 41. Fruto comprado para la propuesta A	90

Tabla 42. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta B	91
Tabla 43. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento B	92
Tabla 44. Fruto comprado para la propuesta B	92
Tabla 45. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas	93
Tabla 46. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta C	94
Tabla 47. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento C	95
Tabla 48. Fruto comprado para la propuesta C	96
Tabla 49. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas	97
Tabla 50. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta D	97
Tabla 51. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento D	98
Tabla 52. Fruto comprado para la propuesta D	98
Tabla 53. Tabla de logros	107

LISTA DE FIGURAS

	PAG
Figura 1. Fruto de la palma	4
Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso de levante y transporte de fruto	30
Figura 3. Sistema de la cola	65
Figura 4. Layout modelo de simulación actual	102
Figura 5. Layout modelo de simulación alternativas de mejora	103

GLOSARIO

VACIADERO: Espacio ubicado en los lotes de la plantación que se utiliza para almacenar el fruto que se cosecha mientras los vehículos recolectores de fruto se encargan de transportarlo.

TIMBO: Unidad de medida utilizada por la empresa para la recolección de fruto suelto, la recolección de fruto suelto se efectúa por medio de palas con capacidad de 2 kilos y cada timbo se llena con tres paladas de fruto suelto.

ALZADORES: Se les dice de ésta forma a los trabajadores encargados de levantar el fruto y transportar el fruto de los vaciaderos hasta la planta extractora.

PEPA: Es el nombre con el cual los trabajadores encargados del proceso de levante y transporte de fruto llaman al fruto suelto que se encuentra EN el vaciadero.

INTRODUCCION

El mejoramiento continuo en las empresas parte del reconocimiento del despilfarro de recursos de tiempo y mano de obra en cada uno de los procesos que afectan directamente la calidad del producto, es así como surge la necesidad de realizar una investigación a fondo de cada uno de estos procesos en la empresa Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. con el fin de evaluar el desempeño de sus recursos invertidos y plantear planes de acción en busca de un flujo continuo en sus procesos y un mayor aprovechamiento de los recursos.

En el capítulo uno se muestra una breve descripción de la empresa, de su razón social, el proceso que se maneja internamente y el problema que se presenta actualmente en el proceso de levante y transporte de fruto; más adelante en los capítulos dos, tres y cuatro se encuentra la metodología aplicada para la resolución del problema empezando con el diagnóstico del proceso siguiendo con las herramientas utilizadas y terminando con el análisis de los resultados con los cuales se buscó plantear la mejor solución. En los capítulos cinco y seis se encuentran los resultados de la metodología utilizada partiendo de la aplicación del estudio de tiempos y movimientos y seguido del estudio de colas o líneas de espera, además se muestra un análisis de éstos resultados y el impacto que genera en el tiempo de ciclo de la ruta.

Finalmente en los capítulos siete y ocho se encuentran planteadas las alternativas de mejoramiento que se evaluaron para la resolución del problema y la aplicación de Pro-Model como herramienta de solución de situaciones de transporte de materia prima y despilfarro de recursos dentro de un proceso que une dos tipos de sistemas productivos: discreto, para el proceso de producción de racimos de fruta; y continuo para el proceso de extracción de aceite.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.

Las plantaciones de **PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.** están situadas en la zona Noroccidental del Departamento de Santander, en Puerto Wilches.

Fue fundada el 7 de Noviembre de 1.960 siendo su objeto el cultivar, explotar y extraer el fruto de la palma africana (*Eleais Guinensis*) de forma industrial en un área de 530 hectáreas; en 1966 se adquiere la planta extractora a causa del incremento en la producción; Tres años mas tarde se compra una nueva planta de extracción la cual inició operaciones a finales de 1971⁴.

El Grupo Empresarial **Lloreda S.A.** adquirió la totalidad de la empresa en 1988, y desarrolló nuevas plantaciones en el período 1988-1992 y en el período 1995-1998. Las plantaciones propias suman alrededor de 4700 Has., en un solo núcleo aunque en varios predios, teniendo además plantaciones contratadas con terceros.

La palma de aceite es un vegetal perenne, cuya vida puede ser mayor a los 50 años, pero su vida comercial promedio oscila entre 24 y 30 años, por la dificultad en la recolección de los frutos cuando la corona de racimos supera los 13 metros.

1.1.1 *Misión*

Somos (Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.) una Empresa Agroindustrial que produce y compra racimos de fruta fresca de palma de aceite, extrae y vende aceite crudo y almendra.

⁴ www.bucarelia.com

Garantizamos a nuestros clientes nacionales e internacionales productos de calidad y a nuestros accionistas rentabilidad, utilizando el Sistema de Gestión de la Calidad y la Gerencia de Operaciones y Proyectos basados en la Teoría de Restricciones, como las herramientas básicas para planear, controlar y mejorar permanentemente los procesos y costos.

Estamos comprometidos con el desarrollo integral de nuestros colaboradores, el cuidado del medio ambiente y con proyectos de autogestión para la comunidad.

Mantenemos relaciones de largo plazo con nuestros proveedores y apoyamos la investigación aplicada a procesos relacionados con el negocio.

1.1.2 Visión

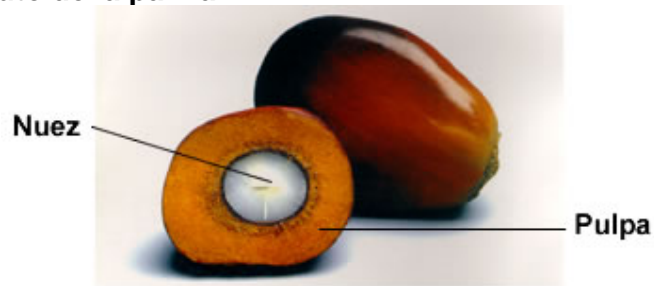
Seremos una empresa agroindustrial del sector de palma de aceite, competitiva y reconocida por su alta capacidad de respuesta frente a los cambios del mercado globalizado, fundamentada en la optimización y eficacia de sus procesos.

Nos sentiremos orgullosos de haber contribuido a que el Magdalena Medio se haya convertido en polo de desarrollo del país.

1.2 Proceso agroindustrial

Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. realiza su proceso de producción en dos grandes fases: La primera fase es agrícola y comprende las actividades relacionadas con la siembra, mantenimiento y explotación del cultivo de palma de aceite y una segunda fase relacionada con la extracción del aceite de palma en una planta de beneficio primario.

Figura 1. Fruto de la palma



La palma y el fruto

La palma de aceite es un cultivo permanente, cuyo ciclo productivo se inicia alrededor de los 26 meses posteriores a su siembra y su vida útil es de aproximadamente 25 años.

Es un cultivo fundamentalmente del trópico húmedo, pues los mayores rendimientos se obtienen en regiones lluviosas, con buena radiación solar, altas temperaturas y una altura sobre el nivel del mar inferior a 900 metros.

“*Eleais Guineensis*” es una gran palma empenachada que puede alcanzar 25 metros de altura, pero su altura media oscila entre los 16 y los 20 metros. El tronco o estipe no supera los 50 centímetros de diámetro. No tiene defensas excepto unas cortas espinas en la base de la hoja y dentro del racimo de fruto. La palma es monoica con inflorescencias masculinas o femeninas y a veces hermafroditas, que se desarrollan en las axilas de las hojas.

EL fruto de la palma de aceite es una drupa sésil cuya forma varía desde casi esférica a ovoide o alargada y un poco más gruesa en el ápice. En longitud varía desde 2 a más de 5 centímetros y un peso de 3 a más de 30 gramos.

El pericarpio del fruto consta del exocarpio exterior o piel, el mesocarpio o pulpa y el endocarpio o hueso. La apariencia exterior del fruto varia

considerablemente, en especial al madurar, y esta estrechamente relacionado con el contenido de caroteno. El tipo más común de fruto es de color violeta oscuro a negro en el ápice e incoloro en la base antes de la maduración y rojo-amarillo en la madurez.

El mesocarpio de todos los frutos contiene fibras que atraviesan longitudinalmente el tejido que contiene aceite. Este material fibroso casi siempre constituye cerca del 16% del mesocarpio, pero puede variar del 11 al 21%. El porcentaje de contenido de aceite en el fruto varía del 35 al 60%.⁵

El racimo de frutos es ovoide y puede alcanzar 50 centímetros de largo y 35 centímetros de ancho. El racimo está constituido por frutos externos e internos, siendo estos últimos algo aplanados y menos pigmentados. El peso del racimo varía desde unos pocos kilogramos hasta cerca de 100 kilogramos de acuerdo con la edad y la situación, pero en las plantaciones adultas los pesos medios van de 10 a 30 kilogramos. Los racimos bien desarrollados llevan de 500 a 4000 frutos, siendo lo común una media de 1500, con una proporción de fruto a racimo de 60 a 70%. La maduración se realiza desde la base hacia arriba y los frutos se desprenden gradualmente.

1.2.1 Fase agrícola de la palma africana

BUCARELIA inició sus actividades agrícolas en 1962 en un terreno de 500 hectáreas ubicada en el corregimiento El Pedral con la siembra de 30 hectáreas de palma. Desde ese momento ha mantenido una estrategia de crecimiento y en la actualidad cuenta con 4700 hectáreas de palma sembrada y tiene proyectada la resiembra de lotes de palma que, por su altura, son de difícil acceso para los trabajadores.

La plantación está dividida en lotes de distinta extensión, que son identificados por el año de siembra y el número consecutivo

⁵ El cultivo de la Palma de Aceite y su Beneficio.

correspondiente al orden de la siembra, por ejemplo el lote 20-82 nos indica que ese lote fue el numero veinte de los sembrados en el año 1982.

Para una mejor administración y control de personal y las labores de campo de la plantación, se han agrupado los lotes en siete zonas, cada una de las cuales se encuentra bajo la dirección de un supervisor de campo, quien se encarga de distribuir las tareas diariamente al personal de su zona.

Por otra parte, cada zona pertenece a una División Agronómica, a cargo de un Ingeniero Agrónomo. Actualmente se tienen definidas tres divisiones: División 1 que tiene a su cargo la responsabilidad de las zonas 1 y 2, la División 2 se encarga de las zonas 3, 4 y 5 y la División 3 de las zonas 6 y 7.

En los predios de palmas Bucarelia se realiza de forma completa el proceso agrícola de la palma africana el cual inicia con la etapa de vivero, la siguiente etapa es la siembra y por ultimo se realiza la fase de explotación.

- **Etapa de vivero.** En esta etapa se establecen semilleros bajo condiciones especiales de luminosidad solar, riego, fertilización y mantenimiento general por un periodo que oscila entre los ocho y diez meses, durante el cual las palmas alcanzan una altura aproximada de 30 centímetros, encontrándose listas para ser trasladadas al campo.
- **Etapa de siembra y establecimiento del cultivo.** Esta etapa incluye la selección de las palmitas, la preparación del terreno y la siembra definitiva de las palmas, para ello se establecen poblaciones que pueden fluctuar entre 130 y 150 palmas por hectárea. El tiempo de este proceso es alrededor de 2 años y puede variar de acuerdo a las condiciones de la siembra, el clima y las condiciones del suelo donde se inicie el cultivo.

Un año después de haber realizado la siembra es conveniente el establecimiento de un cultivo de cobertura, generalmente una leguminosa, con el fin de facilitar el control de malezas, las labores de campo, fijar nitrógeno de la atmósfera y aportar nutrientes a las palmas jóvenes, lo cual representa ahorro de fertilizantes.

- ***Etapas de explotación.*** La última etapa de la fase agrícola comprende el corte de fruto, su recolección y transporte hasta la planta extractora. En el momento en que la plantación ha entrado plena producción, debe ser visitada por los trabajadores encargados de cortar el fruto en ciclos de 8 días aproximadamente de acuerdo a los lineamientos establecidos en el Sistema de Gestión de Calidad para luego ser transportados de forma inmediata a la planta extractora. Esta etapa es crucial en el nivel de calidad del aceite, ya que del manejo oportuno y adecuado del fruto depende en gran medida la calidad del aceite a obtener y el precio del producto final.⁶

Así como existen una serie de etapas para diferenciar los diferentes estados del proceso agrícola, también existen procesos de apoyo que a se encargan de garantizar que estas etapas se realicen de forma continua con el fin de preservar las palmas y el terreno en el que se siembra. Estas actividades varían de acuerdo a la edad de la siembra y dentro de ellas podemos encontrarlas siguientes:

- ***Control de malezas.*** Comprenden todas aquellas actividades tendientes a la eliminación de las plantas que compiten con la palma de aceite por nutrientes, luz, agua, permitiendo el crecimiento del cultivo de cobertura y facilitando a su vez, las labores de corte y recolección de fruto. Por lo general se realiza de forma manual (machete), mecánica (guadaña) y otras ocasiones se utilizan químicos especiales (herbicidas).

⁶ El cultivo de la Palma de Aceite y su Beneficio.

- **Resiembra.** Hace referencia al respaldo de las palmas que se mueren o que se hace necesario destruir por no considerarse óptimas para el cultivo durante los dos primeros años de establecimiento del mismo.

- **Aplicación de fertilizantes.** La elección y dosificación de fertilizantes se efectúa teniendo en cuenta las características del suelo y las necesidades fisiológicas de la palma de aceite, estas varían de una población a otra e inclusive en cada lote de una misma plantación. Para lograr óptimos resultados es necesario repartir los nutrientes uniformemente y en proximidad a la zona radicular. Estas labores se hacen de forma manual y se combinan con el uso de máquinas para algunos fertilizantes.

- **Control sanitario.** Este ítem hace referencia al control de enfermedades y plagas que atacan el cultivo; las actividades de control que se realizan dependen del diagnóstico dado por el departamento de sanidad vegetal y desarrollo agrícola.

- **Plateos.** Es una labor que consiste en mantener limpia el área próxima al tronco de la palma, para lo cual se delimita un área circular de 2 a 2.5 metros de radio, denominada plato, en donde se restringe al máximo la presencia de basura y malezas que en un momento dado compiten por nutrientes con la palma. La labor está orientada a facilitar el corte y recolección del fruto ya que permite a los cortadores realizar una mejor aproximación visual y manual de los racimos y frutos que se encuentran en el piso.

- **Elaboración de vaciaderos:** Los vaciaderos son sitios estratégicamente ubicados en diferentes puntos de cada lote, en donde los recolectores depositan el fruto para que sea llevado hasta la planta de beneficio primario.

- **Poda:** Las actividades de poda se inician solamente cuando la palma ha alcanzado un metro de altura y se realizan, por lo general, durante épocas de baja producción. La poda consiste en la remoción de hojas secas, hojas senescentes y de flores masculinas de ciclos anteriores. El objetivo principal de la poda es facilitar la visualización de los racimos maduros y la polinización. Las hojas cortadas se tajan y amontonan en los lotes dejando una calle de por medio o distribuyéndolas uniformemente en el área exterior del plato.

1.2.2 Fase Industrial

BUCARELIA dio a las actividades de extracción de aceite y palmaste en el año de 1966 con la compra de la planta extractora de aceite, con una capacidad para procesar 500 kilogramos de racimos de fruta fresca por hora. Al transcurrir de los años, el nivel de producción de racimos fue aumentando proporcionalmente al área sembrada haciéndose necesario realizar varios cambios a la planta hasta aumentar su capacidad a 1.5 toneladas por hora. Sin embargo, este esfuerzo no fue suficiente y en el año de 1982 se inaugura una nueva planta extractora con una capacidad para procesar 15 toneladas de fruto por hora y actualmente tiene una capacidad de 36 ton de racimos/hora.

La fase industrial comprende todos aquellos procesos necesarios para la extracción del aceite y la recuperación de las almendras de los frutos de palma como son la recepción, esterilización, desfrutación o desgranado, digestión y prensado, desfibración, secado de nueces y palmistería, clarificación y almacenamiento.

- **Recepción del fruto.** EL proceso se inicia cuando el fruto es pesado y descargado en la planta de beneficio primario, allí se deposita en unas góndolas para ser transportados a unos esterilizadores o autoclaves.

- **Esterilización.** Es la cocción de los racimos de frutas frescas en un esterilizador o autoclave, a una presión de 2.5 atmósferas (45 psi) y una temperatura equivalente a 130 grados centígrados, durante una hora aproximadamente. Este proceso reduce el contenido de humedad del racimo; afloja las frutas; desactiva las enzimas, estabilizando la calidad del aceite en términos de desarrollo de ácidos grasos libres y produce el endurecimiento del mucílago y al encogimiento de los palmiste, con lo cual se desprenden de la cáscara.

- **Desfrutación.** Este proceso tiene por objeto separar los frutos de los raquis de los racimos esterilizados. Los racimos esterilizados se introducen dentro de una maquina desfrutadota, en la cual, al someter los racimos a golpes repetidos los frutos pasan a través de barrotes o aperturas que no dejan espacio para que pasen los raquis, los cuales, son desechados y utilizados como abono.

- **Digestión y prensado.** Los frutos separados durante el desfrute junto con las espigas, son recalentados para remover la pulpa de las nueces en preparación para el prensado, formándose una masa fibrosa en la cual la mayor parte de las células oleíferas resultan rotas y las semillas quedan dispersas en esta masa, cuya temperatura es de 100 C. Esto se lleva a cabo en un cilindro precalentado y provisto de un eje con brazos agitadores, conocido como digestor. En ciertos casos se produce espontánea de parte del aceite, al que se denomina aceite virgen.

Para extraer el aceite se utilizan se utilizan prensas continuas horizontales (sin fin), que están formadas por un cilindro perforado con eje horizontal. La presión sobre frutos malaxados es ejercida por un tornillo sin fin de paso regresivo y la contrapresión es regulada por el movimiento de un punzón cónico.

- **Desfibración.** Al terminar el prensado se tiene una mezcla de semillas y fibras húmedas, que contienen un cierto porcentaje de aceite residual. Debido a la consistencia, ha de pasar por un transportador disgregador recalentado, en el cual tritura los terrones y al mismo tiempo homogeniza la pasta disminuyendo el grado de humedad de la misma; luego, se envía a un desfibrador para asegurar la perfecta separación entre la semilla o nuez y la fibra.
- **Secado de nueces y palmistería.** Este proceso se divide de la siguiente manera:

Preparación de las nueces. En esta etapa las nueces pasan por sitios calentadores en los cuales se secan para aflojar las almendras dentro de las nueces con el objetivo de lograr un perfecto descascarillado de las semillas.

Clarificación y descascarillado de las nueces. Una vez secas, las nueces son clasificadas por tamaños y pasan a los rompedores, en los cuales se logra la rotura de la cáscara por el choque de las semillas al ser proyectadas contra un tabique metálico fijo. Las nueces rotas pasan nuevamente por tambores de clasificación, con el objeto de quitar el polvo y partículas pequeñas y dejar caer las nueces que no se rompieron para su reproceso.

Separación de las almendras. Generalmente se realiza por densidad (vía húmeda), teniendo en cuenta la diferencia de densidad entre las almendras y la cáscara. La masa se introduce en un baño líquido de densidad intermedia en el que las almendras sobrenadan.

Secado y empaque. Finalmente, las almendras se depositan en un silo para ser secados y cuando tengan un nivel de humedad inferior al 7%,

son empacadas en sacos de diferentes capacidades según los requerimientos de los clientes.

- **Clarificación.** Al salir de los aparatos de extracción, el aceite bruto está constituido por una mezcla parcialmente emulsionada, agua (con azúcares y sales de la pulpa en disolución), materias coloidales (mucílagos) e impurezas sólidas (fibras, arena, etc.). Las proporciones de estos constituyentes varían mucho con la calidad de los racimos tratados y los procedimientos de extracción que se hayan utilizado.

El aceite crudo, recién salido de la prensa pasa primero por una criba vibratoria para quitar fibras y otra basura gruesa, las cuales vuelven al malaxador.

La separación del aceite se opera corrientemente en dos tiempos (primera y segunda clarificación). La primera clarificación tiene como finalidad separar rápidamente la mayor parte del aceite para evitar que se acidifique por la prolongación del contacto con otras impurezas. La segunda trata de sedimentos de la primera clarificación para extraer de ellos el resto de aceite que contienen. Algunas veces, se practica una tercera clarificación que permite recoger un pequeño y último resto de aceite de calidad inferior.

Al salir del clarificador el aceite contiene aun cierta cantidad de agua (en general, menos del 1%) y de materias extrañas que perjudican su calidad y buena conservación; ello hace necesario un tratamiento de depuración, secado, filtrado o depuración o depuración centrífuga, con lo cual se reducen considerablemente los niveles de humedad y se disminuye el porcentaje de impurezas.

- **Almacenamiento.** Finalmente, el aceite obtenido se transporta mediante una tubería a grandes tanques de almacenamiento, en donde se conserva hasta ser despachado a los clientes.

2. GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Garantizar un flujo continuo de entrada de fruto a la planta de beneficio primario que permita un alto rendimiento de la planta extractora y disminuya el tiempo de espera de las volquetas.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y evaluar el actual proceso de levante y transporte de fruto en Palmas Oleaginosas Bucarelia.
- Realizar un estudio de tiempos en el proceso de levante y transporte de fruto desde las zonas hasta la planta extractora.
- Identificar las variables más significativas en las actividades del levante y transporte de fruto y su impacto en el tiempo de ciclo.
- Analizar el comportamiento del tiempo de espera de las volquetas en la planta y de igual forma el tiempo que ocupa descargando el fruto.
- Plantear alternativas de mejoramiento que busquen optimizar las rutas y los horarios de servicio de descargue de las volquetas transportadoras de fruto.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El levante y transporte de fruto en Palmas Oleaginosas Bucarelia s.a. se lleva a cabo a través de vehículos transportadores (volquetas), estos vehículos llevan a su cargo dos trabajadores que son los encargados de alzar el fruto que se encuentra en los vaciaderos de los lotes de la

plantación; el fruto es llevado a la planta de beneficio primario en donde se pesa para luego descargarlo en la tolva de recepción.

El proceso presenta largos periodos de espera de los vehículos en la portería de la planta extractora, ocasionando que el fruto cosechado presente un largo tiempo de espera antes de poder ser procesado en la planta extractora, influyendo así en la calidad del aceite debido a un aumento considerado en el porcentaje de ácidos grasos, se observa además gran cantidad de fruto en los vaciaderos en la época de alta producción.

El cultivo de la palma africana al igual que todos los cultivos atraviesan por épocas de alta y baja producción de fruto en sus plantaciones, es por ello que la empresa en baja producción de racimos de fruta fresca acude a comprar fruto procedente de otras para cumplir con la capacidad de la planta extractora, esta situación se presenta de igual forma en la época de alta producción de fruto, con la diferencia que la producción de racimos de la empresa supera la capacidad de procesamiento de la planta extractora, existiendo así un exceso de fruto a procesar y un aumento aun mayor en el tiempo de espera de los vehículos.

Para esto, es necesaria la realización de un diagnóstico general, que permita conocer a fondo las condiciones en que se desarrolla el proceso. Con base en esta información, se propondrán ajustes a nivel operativo que permitan estructurar de mejor manera las actividades que allí se realizan. A medida que los ajustes se vayan desarrollando, serán sometidos a una evaluación constante, que ayude a identificar los avances y beneficios que estos pueden traer para el propósito de la empresa.

2.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Para efectos de información que se puede encontrar dentro del presente proyecto y como límites económicos y de tiempo se plantean para la realización del estudio se proyecta por lo tanto el alcance del proyecto y el sitio de aplicación del mismo. El proyecto tuvo lugar en la plantación de la empresa Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A. que está ubicada en el municipio de Puerto Wilches corregimiento El Pedral. El estudio presenta alternativas que apoyan la logística del proceso de levante y transporte de fruto, indicando cuales son los factores de mayor impacto en cuanto al rendimiento del proceso.

Por otra parte se indicó el tiempo promedio que debe esperar un vehículo para ingresar, así como su tiempo de descargue y el número de vehículos que se encuentran realizando la cola en un instante determinado.

Como limitación del proyecto se encontraron las restricciones económicas de la empresa al momento de implementar las mejoras propuestas a corto plazo, debido a cuestiones económicas y sociales que han afectado el desempeño de Palmas Oleaginosas Bucarelia.

3 DESARROLLO METODOLÓGICO

El desarrollo metodológico consiste en la descripción de las herramientas utilizadas para la realización del actual proyecto y el procedimiento secuencial que conlleva esta aplicación; en éste capítulo se busca describir las actividades y la forma como se llevaron a cabo, además mostrar de manera general los resultados que se buscan al término de cada una de las etapas.

3.1 REVISIÓN DOCUMENTAL DEL PROCESO

Para la revisión documental del proceso fue necesario basarse en la información disponible en la empresa, así como de publicaciones realizadas por el Centro de Investigación en Palma (CENIPALMA), los documentos que se consultaron con el fin de brindar una visión más amplia del proceso fueron los siguientes:

- Procedimiento documentado del proceso de levante y transporte de fruto a partir del manual de calidad.
- Instructivo acerca del proceso de levante y transporte de fruto, obtenido a partir del manual de calidad.
- Procedimiento documentado del proceso de corte de fruto con base en el manual de calidad.
- Ceniavance No. 119, Noviembre de 2004. Benchmarking: metodología aplicada al sector palmicultor colombiano.

3.2 OBSERVACIÓN OPERATIVA DEL PROCESO

Con el fin de realizar un diagnóstico general del proceso y llevar un seguimiento de las fechas y actividades realizadas durante la realización del proyecto se observó de forma directa el comportamiento del mismo bajo los siguientes parámetros:

- Se realizó una observación de las actividades repetitivas y no repetitivas del proceso a partir del día 16 de Diciembre de 2004 hasta el de Diciembre del año 2004, con el fin de registrarlas para su posterior toma de tiempos.
- Entre los días 3 de Enero y 12 de Enero del año 2005 se realizó una medición de la cantidad de fruto que se recolectaba por parte de los trabajadores, ésta medición se realizó teniendo en cuenta la capacidad de cargue de los vehículos (10 toneladas) y el peso promedio de los racimos.
- Durante el proceso de observación y registro de datos, éste último se llevó a cabo al término de la observación de las actividades entre los días 3 y 12 de Enero del año 2005, se determinaron los suplementos de tiempo y el porcentaje que tendría cada uno de ellos.
- La observación de las actividades evidenció que el proceso de levante de fruto se divide en dos grandes actividades: levante de racimos y levante de fruto suelto, ya que presentan claras diferencias entre sus elementos principales y un mismo patrón de comportamiento al interior de cada actividad.
- Entre los días de Enero 28 y Febrero 4 de 2005 se observaron los elementos del estudio de líneas de espera, con el fin de determinar los grupos de estudio dentro del registro de la información.
- Durante la fase de la observación operativa del proceso la cual inició el día 16 de Diciembre y culminó el 4 de Febrero se determinó la forma como se permitía el ingreso a la planta para el descargue de fruto teniendo presente el fruto que se compra a pequeños palmicultores.
- Por medio de preguntas a los Gerentes de las cooperativas transportadoras se determinó la cantidad de vehículos con los que cuentan para realizar la labor y el número de operarios que requieren por cada vehículo, además al mismo tiempo se observó

cuales eran las cooperativas encargadas de recolectar fruto por cada División establecida.

3.3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

La etapa de diagnóstico se desarrolló bajo los parámetros establecidos en la observación operativa del proceso en comparación con el planteamiento del problema y las necesidades de la empresa reflejadas en los objetivos establecidos.

3.4 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos se realizó con el fin de establecer una escala de medición del proceso y así mismo determinar cuáles son las zonas de más alto rendimiento y por qué.

Los instrumentos necesarios para la realización del estudio de tiempos y movimientos son los siguientes:

- Observación directa del proceso
- Trabajo de grado para optar al título en Ingeniería Industrial. Silvia Teresa Morales. UIS. Descripción, evaluación y mejoramiento del proceso de corte de fruto. 1999.
- Cronómetro digital de 30 memorias.

Los instrumentos se utilizaron con el fin de establecer un procedimiento sistemático para la determinación del tiempo de ciclo de ruta, este procedimiento fue:

1. ***División del estudio en grupos:*** Esta división se realizó con el fin de manejar la información de una manera más práctica y al mismo tiempo seguir con la línea de medición establecida por la empresa sobre la cantidad de fruto recolectado (No. Racimos, No. Timbos de fruto suelto).

2. **Determinación de los elementos del estudio:** El siguiente paso fue la determinación de los elementos del estudio, con lo cual se establecen las actividades a las cuales se les realizará el registro de los tiempos a partir de la premuestra y posteriormente para la muestra.
3. **Toma de datos:** Es la actividad de campo con la cual se plantea una metodología para el registro de los datos a partir de unos formatos realizados y aprobados por el Jefe de planeación (Anexo 1). Esta se realizó en temporada de alta producción de racimos de fruta fresca, la cual comprende los meses entre enero y abril.

Para la toma de datos fue necesario tener en cuenta los diferentes grupos de estudio establecidos (los cuales se muestran en la Tabla 1 y 2 del capítulo 4), ya que a partir de estos grupos se permitió establecer el ciclo de ruta del proceso en cada una de las zonas, el procedimiento para la toma de datos se muestra a continuación:

- Se establecía previamente cuales serían las zonas a las cuales se registraría el tiempo de levante y transporte de fruto.
- A continuación se ubicaba uno de los vehículos que se encargarían de realizar el proceso en esa zona.
- El siguiente paso era seguir el vehículo hasta el vaciadero establecido y registrar el tiempo que gastaba en llegar hasta ese lugar.
- Seguidamente se registraba el tiempo de levante de racimos de fruta fresca.
- Después se registraba el tiempo de levante de fruto suelto.
- A continuación se anotaba el tiempo de transporte entre ese vaciadero y el siguiente vaciadero.
- Los anteriores registros de tiempos se realizaban las veces que fueran necesarias hasta que el vehículo se llenara totalmente.
- Por último se tomaba el tiempo que se gastaba de regreso a la planta procesadora.

El estudio de tiempos es una técnica de muestreo y como tal debe cumplir con los requisitos estadísticos necesarios para considerar válidos los resultados. De esta forma, el tamaño muestral dependerá en gran parte del grado de variación de los tiempos registrados, para el estudio se determinó el tamaño muestral mediante la toma de una premuestra de acuerdo a los grupos de estudio establecidos para el levante de racimos como para el levante de fruto suelto.

Esta metodología se aplicó durante dos meses, que fue el tiempo necesario para cumplir con el tamaño de la muestra establecido en la Tabla 5.

4. **Tiempo normal y tiempo estándar:** Para la determinación del tiempo normal de la operación se utilizó la valoración subjetiva de la actividad, a partir de la velocidad normal de trabajo; mientras que el instrumento utilizado para el cálculo del tiempo estándar fueron los suplementos de tiempo asociados a cada actividad y determinados en la observación del proceso.
5. **Tiempo total de ruta:** Para el ajuste de este tiempo se utilizaron instrumentos estadísticos para el cálculo del promedio y la variabilidad del proceso, además fue necesario aplicar los suplementos de tiempo por contingencia ya que se presentan situaciones inesperadas que no se tienen en cuenta dentro del estudio.

3.5 ESTUDIO DE LÍNEAS DE ESPERA

Con el fin de establecer las características con las que cuenta el sistema de recepción de fruto, fue necesario la realización de un estudio de líneas de espera que muestre las debilidades del sistema en cuanto a despilfarro de tiempo y recursos (vehículos y trabajadores), y que plantee escenarios reales con los cuales el sistema presenta un mayor aprovechamiento de los recursos y un menor despilfarro de tiempo.

3.5.1 Descripción del modelo. Para la realización del estudio de líneas de espera fue necesario tener presente las condiciones del proceso tales como: horarios de descargue de fruto, número de vehículos disponibles, lugares de descargue, etc. Con el fin de organizarlos de la siguiente manera:

- **Población potencial:** Para establecer este parámetro fue necesario determinar si el sistema cuenta con un número de clientes finito o infinito, y a partir de allí definir el tipo de población.
- **Capacidad de la cola:** Para hallar la capacidad de la cola se tuvo en cuenta si existen o no restricciones de espacio para la ubicación de los vehículos en la cola.
- **Disciplina de la cola:** Se realizó con base en la indagación a los Jefes de proceso y el personal de seguridad que permite el ingreso de los vehículos, acerca de la prioridad con que se cuenta para el ingreso de los mismos, es decir; si el primer vehículo que llega es el primero que se le permite el ingreso.
- **Mecanismos de servicio:** Para el cálculo de este parámetro se realizó una observación directa de la forma como se realiza el descargue de fruto en los canales de descargue, y determinar si existe alguna diferencia en esta actividad.
- **La cola:** Para la determinación de la cola se observó cuales vehículos de los que se encuentran en la partería de la planta extractora realmente están demandando el servicio y cuales se encuentran ubicados allí para otra actividad.
- **El sistema de la cola:** Se le llama a la interacción que existe entre la unión de los anteriores parámetros establecidos⁷.

3.5.2 División del estudio en grupos. De la misma manera que para el estudio de tiempos, para la obtención del modelo de líneas de espera se

⁷ **HILLER LIEBERMAN.** Investigación de operaciones. Santa Fé de Bogotá: Editorial Mc Graw Hill, 2000. 687 p.

realizó una división del estudio en grupos teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- El horario de atención del servicio de descargue de fruto: ya que es la restricción del sistema en cuanto al flujo de entrada de clientes al sistema.
- Los días de la semana: en primer lugar por que el comportamiento del sistema varía entre un día y otro ya que los lugares de recolección de fruto esta ligado al proceso de corte de fruto, y éste se realiza en lugares diferentes entre un día y otro; además la disposición de la práctica fue de tiempo completo de Lunes a Viernes.

3.5.3 Toma de datos. Para la toma de datos se tuvo en cuenta los días asignados para cada grupo de estudio y además fue necesario establecer en primera instancia cuál de los canales de descargue de fruto sería el canal uno o dos para efectos de establecer el tiempo de servicio de descargue de cada canal.

La toma de datos se estableció de acuerdo al siguiente procedimiento:

- El primer paso era registrar la placa del vehículo que llegaba a descargar el fruto a la tolva de recepción.
- A continuación se registraba la hora a la cuál llegaba a la planta extractora.
- Después se realizaba un seguimiento al vehículo sobre la ubicación de descargue con el fin de saber en cual de los dos canales descargaba el fruto.
- Se registra la hora a la cual termina de descargar el fruto.
- El siguiente paso es registrar el tiempo que tardó descargando el fruto.
- Por último se registra el tiempo que tarda el vehículo en regresar nuevamente a la planta extractora a descargar el fruto.

Este procedimiento se realiza todos los vehículos que realizan el levante y transporte de fruto.

3.5.4 Validación estadística de los datos

El estudio de líneas de espera por tratarse de un procedimiento de tipo estadístico debe cumplir como tal con los parámetros establecidos como son:

- La realización de una prueba de bondad de ajuste para la comprobación de la igualdad de población de los datos.
- Se realizó una prueba K-S a los tiempos que toman los vehículos en salir y regresar de la planta de extracción cuando han descargado el fruto (tiempo entre llegada a la planta de un vehículo), con el fin de establecer el comportamiento de los datos.
- Fue necesario realizar una prueba K-S a los tiempos de descargue de fruto para lograr determinar el comportamiento de estos datos.

El estudio de líneas de espera determina los factores relevantes de lo que ocurre en sistemas de servicio donde se generan colas y por consiguiente tiempo de espera.

3.5.5 Parámetros del modelo.

Para la determinación de los parámetros del modelo se tuvo en cuenta el comportamiento de tiempos entre llegada de un vehículo y su respectivo tiempo de descargue de fruto, ya que para aplicar modelos de líneas de espera es necesario establecer la distribución de probabilidad que identifique los datos de entrada del modelo (tiempo entre llegada, tiempo de descargue), con el fin de determinar el modo de solucionarlo, ya sea a partir de un modelo determinístico que se encuentra por medio de la observación y la experiencia o por medio de una simulación.

Los parámetros que arroja el estudio en este proyecto son los siguientes:

- A. El tiempo promedio de servicio de descargue en cada uno de los canales de descargue.
- B. El tiempo promedio que tarda un vehículo en la cola.
- C. El número promedio de vehículos que esperan en la cola en un instante determinado de tiempo (longitud promedio de la cola).
- D. El grado de utilización que tienen los canales de servicio de descargue.

3.6 SIMULACIÓN EN PROMODEL.

Promodel es una herramienta utilizada para realizar simulaciones de procesos productivos, la finalidad de este software es brindar la posibilidad de hacer un diagnóstico del proceso y evaluar las diferentes alternativas de mejora que se presenten desde el punto de vista operativo y financiero⁸. En el actual proyecto fue necesaria la utilización de esta herramienta para lograr que los resultados del sistema de líneas de espera se ajustaran más a la realidad del proceso. Al término de la recolección de los datos y la validación estadística de los mismos, el siguiente paso fue dar entrada a los datos característicos del modelo de líneas de espera como son:

- La fuente de entrada del sistema.
- Capacidad de la cola.
- Disciplina de la cola.
- Tiempo entre llegadas de un vehículo.
- Número de canales de descargue de fruto.
- Tiempo de descargue de fruto.

Con la entrada de estos parámetros al modelo se procede a simular el proceso y por último se da un juicio de los resultados obtenidos, el cual debe incluir las variables de salida con las que cuenta un sistema de colas que se resuelve de manera matemática.

⁸ **DECISIONES LOGÍSTICAS.** (On line). 2005. <http://www.dl.com.co>.

3.7 ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO.

La finalidad del proyecto es plantear alternativas con el fin de aumentar la productividad del proceso y garantizar un flujo continuo de entrada de fruto a la planta de beneficio primario (pbp), así como mejorar la calidad de vida de los trabajadores en cuanto al tiempo que dedican a trabajar diariamente, además se busca con las mejoras planteadas tener un mayor control del proceso y mejorar la logística de proceso de levante y transporte para que se pueda cumplir con el fruto que se tiene que recoger diariamente pero teniendo en cuenta las limitaciones de capacidad que tiene la planta extractora.

El análisis del proceso a partir de los estudios realizados y las mejoras planteadas dan cabida para dar conclusiones acerca de las variables importantes del proceso, de qué forma influyen estas variables y cómo se están controlando; además se establecen tendencias del proceso y se dan juicios sobre la productividad actual y de la forma como afecta al sistema de extracción de aceite. En cuanto a las recomendaciones, éstas se plantearon con base en la problemática existente en el actual proceso y además los factores que se deben tener en cuenta para ejercer un mayor control sobre el proceso mejorando las condiciones de operación.

4. RESULTADOS DE LA REVISIÓN DOCUMENTAL DEL PROCESO

El presente capítulo tiene como finalidad mostrar los análisis que fueron necesarios realizar antes de determinar la situación actual del proceso y por consiguiente cuáles son los factores que se deben mejorar en el proceso y la influencia que éstos factores ejercen sobre los demás procesos.

4.1 REVISIÓN DOCUMENTAL

Al iniciar el estudio del proceso de levante y transporte de fruto se tuvo en cuenta en primer lugar la documentación existente acerca del procedimiento que siguen los operarios para realizar las actividades. Ésta revisión documental se hizo gracias al Manual de Calidad aplicado por la empresa e implementado a partir del año 2000, ya que Palmas Oleaginosas Bucarelia se encuentra certificada por la norma ISO 9001-2000

Los procesos a los cuales se les realizó una revisión documental fueron los siguientes:

- Corte de fruto. La razón por la cual se realizó una revisión a este proceso es debido a que en la línea productiva del sistema de extracción de aceite crudo, éste es el encargado de proveer la materia prima (fruto) al proceso de levante y transporte de fruto, así mismo se debe tener en cuenta que de la productividad de este proceso depende en gran medida el tiempo de ciclo del proceso de levante. Es importante tener en cuenta que acerca de este proceso se realizó un proyecto de grado a cargo de una estudiante perteneciente a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander cuyo fin fue el de empezar un proceso de mejoramiento continuo en los procesos de cosecha y recolección de fruto y extracción de aceite con el fin de darle soporte al sistema de

gestión de calidad ISO 9001-2000, el foco de aplicación fue el mejoramiento del proceso de corte de fruto basado en un estudio de Tiempos y Movimientos.

- Levante y Transporte de fruto. Bajo los parámetros de la identificación del proceso se realizó de igual forma una revisión exhaustiva de este proceso con el fin de determinar los materiales empleados, la secuencia de las actividades y por ultimo señalar cuales son las actividades que mayor impacto tienen sobre el tiempo de ciclo del proceso. El actual proyecto de grado se centró en el proceso de Levante y transporte de fruto, por tal razón los resultados arrojados se enfocaron en la aplicación de este proceso junto con las alternativas de mejoramiento.

4.2 OBSERVACIÓN OPERATIVA DEL PROCESO

Para esta etapa fue necesario conocer de forma directa las actividades realizadas en el proceso de levante y transporte, por ello se realizó una observación en cada una de las etapas del proceso, esta observación se realizó con el fin de determinar la división del estudio en grupos y así facilitar la toma de datos y su posterior análisis.

Para efectos del estudio se observó la operación de los siguientes procesos:

- Corte de fruto. De igual forma que para la revisión documental se tuvo en cuenta este proceso; para este caso se necesitó tener como referencia la secuencia de las actividades, la dificultad de realizarlas, y la influencia que existe cuando la producción de racimos de fruta fresca atraviesa por los diferentes picos de cosecha (alta producción, baja producción).
- Levante y Transporte de fruto. Por tratarse del foco del proyecto, se observaron los detalles a fondo acerca de las condiciones como se realiza el proceso, las actividades más representativas, el número de

trabajadores necesarios para realizar la labor, el equipo de trabajo y las variables de mayor influencia que de forma directa o indirecta afectan la productividad del proceso.

No solo se observaron los procesos mencionados anteriormente sino que para efectos de la determinación del tiempo de ciclo del proceso de levante y transporte el cual inicia en el momento en que los vehículos tienen la información de la ubicación y cantidad de fruto y termina cuando el vehículo ha descargado el fruto, por lo cual el ciclo incluye el tiempo de espera en la planta junto con el de descargue de fruto con lo cual fue necesario tener en cuenta el estudio de líneas de espera para la determinación de este resultado.

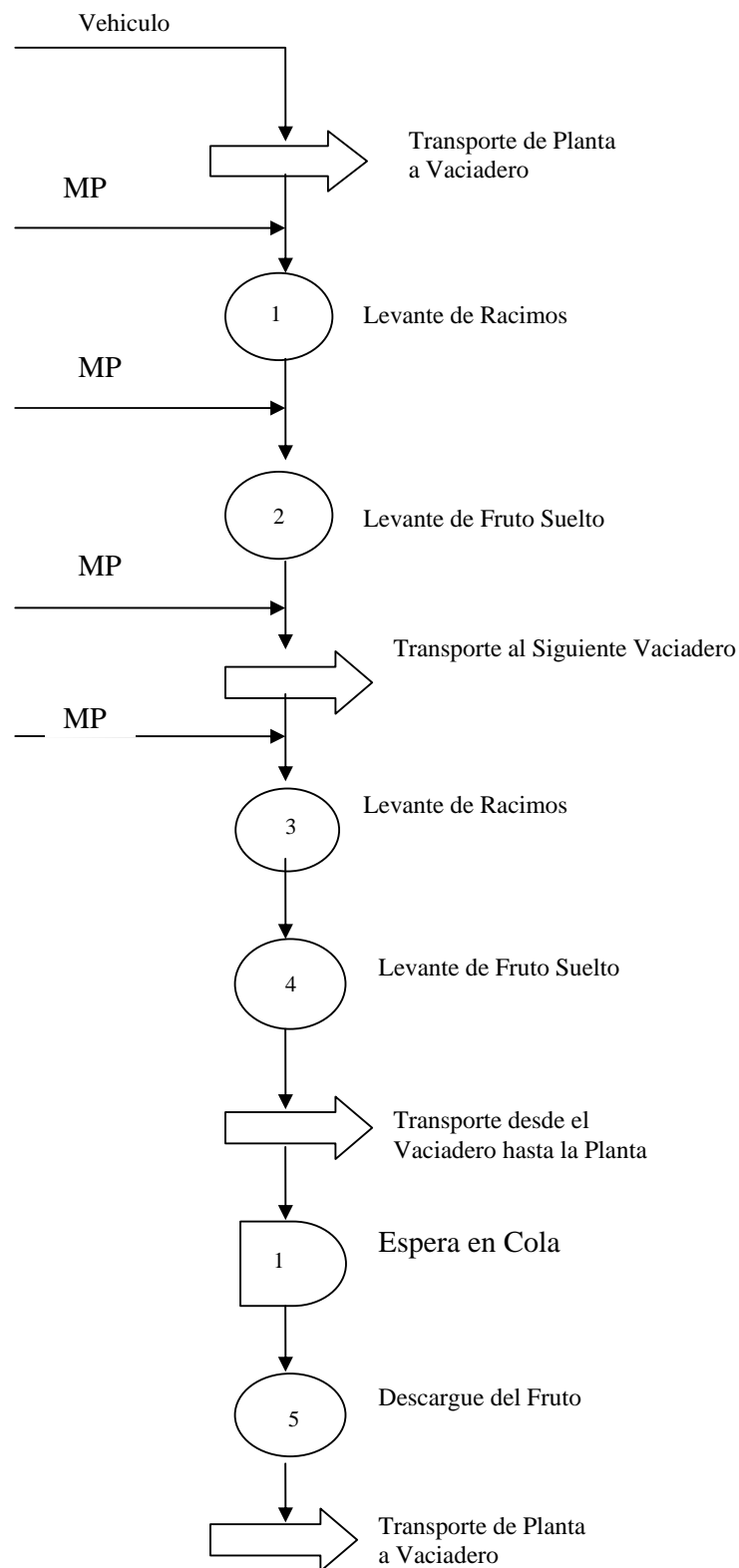
Las actividades de levante de racimos, levante de fruto suelto y transporte al siguiente vaciadero se repiten por cada vaciadero que se necesite recorrer para llenar el vehículo; y al término del llenado del vehículo se procede al transporte desde el vaciadero hasta la planta extractora para su posterior descargue. (Ver figura 2: Diagrama de operaciones del proceso de levante y transporte de fruto).

Dentro de la observación operativa se determinaron variables que influyen en el ciclo de la ruta pero que no fueron medidas por efectos de disposición de tiempo y complejidad en cuanto a su unidad de medida.

- ***Estado de los vaciaderos***

Se debe tener en cuenta que la actividad de levante de fruto tiene parámetros de calidad establecidos por la empresa en cuanto a la cantidad de basura mínima que debe contener el fruto suelto recolectado (12% basura); es por ello que el estado de los vaciaderos juega un papel importante en el cumplimiento de esta meta, ya que si las condiciones de limpieza del vaciadero no son las apropiadas (libre de maleza, piedras y hojas de palma) el porcentaje de basura potencial recolectada aumentaría por encima de este límite.

Figura 2. Diagrama de operaciones del proceso de levante y transporte de fruto



- ***Estado de las vías***

Es importante tener en cuenta que el proceso empieza y termina con el transporte ya sea de solo los trabajadores hacia el sitio de ubicación del fruto o bien del fruto proveniente de las diferentes zonas de la plantación, el estado de las vías es importante para trazar un parámetro en cuanto al tiempo que se invierte en esta operación; ya que en época de tiempo seco las vías se mantienen en buen estado y se puede transitar por ellas sin ninguna problema. Por otro lado en época de lluvias las vías se deterioran y algunos sitios se convierten intransitables ocasionando que el tiempo promedio de transporte se eleve hasta en dos o tres veces del tiempo en temporada seca.

- ***Tiempo de espera del fruto en el vaciadero antes de ser recolectado***

En el mismo instante en que el fruto es cortado el porcentaje de ácidos grasos que se encuentran en el aceite a extraer empieza a aumentar a razón de 0.5% por día, ocasionando que la calidad del aceite disminuya considerablemente; de manera tal que el proceso de levante y transporte es el directamente responsable de que no se disminuya la calidad del aceite por falta de coordinación para recolectar el fruto tan pronto éste sea cortado.

- ***Confiabilidad que posea la planta extractora***

La esencia del negocio de Palmas Bucarelia es vender el aceite crudo de palma a sus clientes en Cali y Barranquilla, es por ello que la planta procesadora de fruto se debe mantener en óptimas condiciones para mantener la productividad de sus procesos; sin embargo ocurren fallas de tipo electromecánico que obligan a detener el proceso y que afectan directamente la capacidad de respuesta que se tenga para con el proceso de levante y transporte de fruto. Estas situaciones se presentan de forma aislada dentro del proceso, sin embargo no se pueden dejar de lado y obligan a proponer planes de contingencia en los casos en que presentan.

- **Disponibilidad de recursos (Vehículos y trabajadores)**

Las cooperativas encargadas del proceso de levante y transporte de fruto tienen a su disposición un número determinado de vehículos y a su vez cada vehículo cuenta con un determinado número de trabajadores que se encargan de alzar los racimos de fruta y el fruto suelto regado en el vaciadero, sin embargo; existen situaciones en donde se necesita un mayor número de recursos (alta producción de racimos de fruta) por parte de las cooperativas transportadoras y no se cuenta con estos recursos, mientras que en otras circunstancias no se necesita un gran número de vehículos y trabajadores (baja producción de racimos de fruta) para realizar el proceso y este exceso de recursos ocasiona congestión en el proceso y pérdidas de tiempo importantes

4.3 DIAGNÓSTICO DEL PROCESO

Para la realización del actual diagnóstico los resultados se generaron a partir de los siguientes instrumentos:

- Los requisitos que exigía la empresa para la realización de este trabajo los cuales se obtuvieron a partir de indagatoria directa al Jefe de Planeación y Directores de División fueron los de disminuir los tiempos de espera de los vehículos en la cola de la portería de la planta y la obtención de una programación de horarios de cumplimiento en base a la igualdad de oportunidad de turnos de atención para cada cooperativa de transporte.
- En segunda instancia se analizó el proceso de forma operativa por medio de una observación directa a cada una de las actividades necesarias para el cumplimiento de la labor.
- Para el análisis de la línea de espera fue necesario saber cuáles son los picos altos y bajos de demanda de vehículos, los cuáles se observaron por medio de los registros utilizados en la planta para el control del fruto que ingresa y la observación de la llegada de

los vehículos; y además la forma como afectaba una parada en planta a estas condiciones de demanda.

- La forma como se maneja la información por parte de las cooperativas transportadoras, información en donde se incluye la ubicación del fruto y las proporciones que se encuentran. Estos resultados se obtuvieron a partir de preguntas a los Gerentes de las cooperativas, supervisores de zona y trabajadores responsables del proceso.
- La forma como se priorizaba el ingreso de vehículos a descargue de fruto, la cual se obtenía preguntando al Jefe de Procesos de turno sobre el sistema de descargue de fruto, ya que en algunos casos la prioridad era de acuerdo a la cantidad de tiempo que estuviese en la cola y en otros casos los días de corte que tuviese el fruto recolectado.

El proceso de levante y transporte de fruto está a cargo de las cooperativas de transporte como son: Cootracor, que es la encargada de levantar el fruto de las zonas 1 y 2 de la plantación, Cootraespecial que se responsabiliza de las zonas 3, 4 y 5, y por ultimo Coosembrar que transporta el fruto de las zonas 6 y 7. Cada cooperativa tiene a su disposición un número determinado de vehículos. Cootracor cuenta con 7 vehículos disponibles para realizar la labor de transporte de fruto, Cootraespecial tiene una capacidad de 7 vehículos que garantizan el cumplimiento del proceso, Coosembrar por otro lado tiene a su disposición 8 vehículos que se encargan de levantar el fruto; sin embargo este número de vehículos con los que cuentan las cooperativas de transporte varía de acuerdo con el nivel de producción de racimos de fruta fresca.

Cada conductor de vehículo tiene a su mando dos alzadores que en primer lugar se encargan de levantar los racimos de fruto y posteriormente recogen el fruto suelto que se encuentra en los vaciaderos debido al desprendimiento generado durante el proceso de corte.

La actividad de levante de racimos se divide en dos partes, la primera parte se caracteriza por que los dos alzadores trabajan al mismo tiempo levantando el fruto ya que hay suficiente espacio en donde ubicar los racimos sin que éstos logren caerse al piso; mientras que cuando la volqueta se ha llenado hasta el 66% de la capacidad total del vehículo transportador de fruto (capacidad 10 ton), uno de los alzadores se sube al vehículo mientras que su compañero le arroja los racimos desde el piso; esta actividad se conoce con el nombre de encarrar, y se debe realizar esta labor para poder aprovechar al máximo la capacidad de los vehículos que oscila alrededor de las 10 toneladas, esta actividad ayuda también para que el fruto se encuentre mas seguro durante el viaje hasta la planta extractora y no se caiga durante el camino.

La actividad de levante de fruto suelto se realiza en cada uno de los vaciaderos a los cuales debe acudir el vehículo, lo anterior se lleva a cabo por medio de un raspador que simula la función de una escoba y se utiliza para amontonar el fruto suelto en un sitio cercano a la volqueta, a continuación los alzadores proceden a levantar el fruto con una pala hasta recogerlo totalmente. Esta operación se puede mejorar si se recolecta el fruto por medio de una red ubicada en el vaciadero mucho antes de que los trabajadores que cortan el fruto puedan ubicar los racimos en el vaciadero, ésta técnica se utiliza en el levante mecánico de fruto.

La planta extractora recibe el fruto procedente de las distintas zonas de la plantación. Además del fruto propio, recibe también fruto cosechado en otras plantaciones como son Yarima, Palmosan y Doña Claudia los cuales representan el mayor porcentaje de ingreso de fruto comprado. La prioridad para descargar el fruto en la planta extractora se basa en el orden de llegada a la planta sin tener en cuenta la cooperativa ó zona de procedencia.

Sin embargo debido a la alta producción de racimos de fruta fresca la sección agronómica de la empresa se dio a la tarea de programar horarios

de recepción de fruto para los vehículos transportadoras de fruto para cada una de las cooperativas de transporte, esta propuesta se realizó con el fin de tener mayor control en cuanto a las líneas de espera que se generan en la portería de la planta y así garantizar un flujo constante de entrada de fruto a PBP, ya que anteriormente se presentaban largos tiempos de espera en la recepción de fruto. En lo referente a fruto comprado sus horarios de ingreso es el de una volqueta de fruto por cada hora a partir de las 6 de la mañana hasta las 10 de la noche en cada uno de los días de la semana.

Los días Sábados y Domingos no se realiza corte de fruto y por lo tanto se debe tener registrado las toneladas de fruto que están en el campo y el lugar donde se encuentre para poder suministrar información a los gerentes de las cooperativas de transporte con el fin de comunicarle a los trasportadores de las volquetas sobre los lugares a los cuales deben ir a recoger fruto.

Debido a que la producción de fruto no se puede programar por razones de tipo natural de la palma, en donde se encuentra que existen épocas de alta y baja producción de fruto; la alta producción de racimos de fruta fresca ha ocasionado un desorden en los horarios de recepción de las volquetas de fruto debido a un incumplimiento total de los horarios de recepción, llevando a que los problemas que se presentaban anteriormente vuelvan a presentarse y se encuentren nuevamente con largos tiempos de espera para descargar el fruto, en cuyo caso los efectos se ven reflejados en el gran numero de vehículos que se encuentran en la portería de la planta, también se ve reflejado en la gran cantidad de fruto en campo en donde se va deteriorando su calidad, aumentando el porcentaje de ácidos grasos en el potencial de aceite a extraer, el cual por políticas de calidad no debe ser mayor al 2% de la cantidad de aceite a extraer.

La problemática que se presenta en el actual proceso se evidencia en los siguientes aspectos:

- La cola que se genera en la portería de la planta extractora ocasiona que los vehículos transportadores de fruto pierdan entre una y cuatro horas esperando para poder descargar el fruto.
- El número de vehículos necesarios para realizar el proceso de levante y transporte de fruto no es el adecuado para la época de alta producción de racimos de fruta, ya que una de las razones por las cuales se genera cola en la planta extractora es debido a la gran cantidad de vehículos con que se cuenta para realizar la labor.
- No existe control en la cantidad de fruto que puede recolectar un vehículo, es por ello que se presentan vehículos que pueden recolectar 40 toneladas diariamente, mientras que otros solo alcanzan 10 toneladas.
- Al igual que ocurre con los vehículos, las cooperativas transportadoras sufren dificultades con la cantidad de fruto que alcanzan a ingresar en la planta extractora en un día, ya que en el caso de Coosembrar la unión de sus vehículos no supera las 150 toneladas de fruto, mientras que las otras dos cooperativas fácilmente alcanzan las 220 toneladas de fruto diario.

5. ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Como parte del proyecto se planteó realizar un estudio de métodos y tiempos con el fin de determinar el tiempo de ciclo del levante de racimo y fruto suelto, además fue necesario determinar el tiempo de las actividades no periódicas que se realizan en un ciclo de ruta para lograr determinar el tiempo estándar aplicado a una ruta en específico y tener una visión global del comportamiento del proceso.

5.1 DIVISIÓN DEL ESTUDIO EN GRUPOS

En esta etapa se determinarán los grupos a evaluar dentro del estudio de tiempos de acuerdo a los factores de mayor trascendencia dentro del proceso. Esta fase se llevó a cabo a partir de los análisis realizados en la etapa de diagnóstico del proceso, en donde se establecieron los instrumentos necesarios para la evaluación actual y la problemática que se deriva a partir de ello.

La división en grupos de estudio para la realización del actual estudio tiene por objetivo evaluar todas las zonas de la plantación, ya que por factores de tiempo, dinero y practicidad de los resultados se deben dar juicios compactos sobre el comportamiento total del proceso de levante y transporte de fruto.

De forma general las actividades básicas dentro del proceso de levante y transporte de fruto son las mismas en todas las zonas de la plantación, por otro lado la división del estudio por grupos se debe a factores como la diferencia en cuanto al peso de los racimos y la distancia que existe entre las zonas y la planta extractora.

Por otro lado se debe tener en cuenta que el proceso de levante de fruto tiene inherente dentro de sus actividades el levante de fruto suelto en el

vaciadero, tanto así que para esta actividad se debe llevar un análisis diferente del estudio del levante de racimos pero que se realice de forma paralela al estudio levante de racimos. Para este caso se realizo de igual forma una división en grupos para enfocar los esfuerzos en los sitios más representativos de la plantación. Los grupos de estudio se obtuvieron a partir de las zonas existentes en la plantación, quiere decir que existen tantos grupos de interés como zonas.

Para el estudio de tiempos se realizó una división en grupos partiendo de las condiciones del proceso como son: el peso de los racimos y las zonas de la plantación; esta división se realizó con el fin de minimizar el número de datos a tomar en cada muestra y comparar los rendimientos de los trabajadores en cada una de las zonas teniendo como base el peso de los racimos el cual esta dado por el año de la siembra de la palma, estas condiciones se aplicaron para la división del estudio de levante de racimos, en la Tabla 1 se muestran la relación de estas variables con los diferentes grupos de estudio.

Tabla 1. Grupos de estudio Levante de racimos

Grupo	Zona	Año de siembra	Peso
1	Corredor	76-79	21.3
2		80-82	24
3		96-97	12.5
4	Establo 4	78-79	21.3
5		80-82	24.1
6	Mulería 1	75	20
7		95-96	14.9
8	Arandu	76-79	21.8
9		80-82	24
10		97-98	10.2
11	Patio bonito	75-76	19.9
12		80-82	24
13		92	17.1
14	Montecarlo	92-93	16.4
15		97	10.7
16	Damasco	90	15
17		96-00	9.9

Para el caso del levante del fruto suelto se tuvieron en cuenta como condiciones para la división del estudio en grupos las zonas de la plantación, con el fin de brindar continuidad para el análisis del rendimiento del proceso en las distintas zonas de la plantación, además no se tuvo en cuenta el año de la siembra de la palma ya que la capacidad de cargue de la pala es aproximadamente 2 kilogramos y se utiliza en todas las zonas; esta división se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupos de estudio Levante fruto suelto

Grupo	Zona
1	Corredor
2	Establo 4
3	Muleria 1
4	Arandu
5	Patio bonito
6	Montecarlo
7	Damasco

5.2 DETERMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio de tiempos y movimientos se basa en la determinación del tiempo de ciclo estipulado para una tarea en específico, dividiendo el proceso en actividades con el fin de diferenciar las variables que influyen en cada actividad y asignar suplementos constantes o variables según sea el caso.

Para la determinación de los elementos de estudio se tuvieron en cuenta las siguientes circunstancias:

- Las actividades que se requieren para realizar el levante de fruto suelto en cada vaciadero se dividen en dos grandes grupos: levante de racimos de fruta y levante de fruto suelto.
- La unidad de medida utilizada para controlar la cantidad de fruto recolectado son toneladas, el cual está asociado con el número de

racimos de fruta y los timbos de fruto suelto recolectado (1 timbo = 3 paladas de fruto suelto).

Bajo estas circunstancias se debió tener presente que para la división en actividades del proceso se diferenciaron las actividades relacionadas con el levante de racimos de aquellas que tienen que ver con el levante de fruto suelto, esta diferenciación se realizó debido a que la determinación del tiempo total asociado a una ruta de levante y transporte incluye el levante de fruto suelto, y por tratarse de actividades diferentes al levante de racimos se decidió realizar un estudio paralelo en el cual se tuviera en cuenta el tiempo estándar de levante de fruto suelto.

5.2.1 Levante de racimos. Para el estudio del levante de racimos sus elementos se definieron a partir del momento en el cual los trabajadores ajustan sus implementos de seguridad y comienzan a levantar los racimos hasta el instante en el que se ha levantado el racimo y se toma el siguiente racimo.

Los elementos definidos para el estudio de tiempos del método de levante de racimos son los siguientes:

- A. (ACTIVIDAD NO REPETITIVA) AJUSTE DE GUANTES. El proceso se inicia desde el momento en que los alzadores ubican la posición de los guantes y culmina cuando los dos alzadores se han ajustado sus guantes.
- 1. LEVANTE DE RACIMO. El segundo elemento comprende la toma del racimo para su posterior levante.
- 2. DESCARGUE DEL RACIMO. El tercer elemento consta desde el transporte del racimo hasta su descargue en el vehículo.

3. TOMA DEL SIGUIENTE RACIMO. El elemento inicia desde el momento en que se descarga el racimo hasta que se toma el nuevo racimo.

5.2.2 Levante de fruto suelto. Para el caso de levante de pepa los factores que se consideraron para este tipo de división fue el de limpieza de los vaciaderos y el esparcimiento de la pepa, y los elementos de estudio fueron los siguientes:

A. (ACTIVIDAD NO REPETITIVA) AMONTONAMIENTO DEL FRUTO SUELTO. La actividad comienza con el amontonamiento de la pepa por medio de la pala y el rastrillo y termina cuando se ha amontonado la totalidad de la pepa.

1. LLENANDO LA PALA. Esta actividad inicia en el momento en que el trabajador toma la pala y la llena de fruto suelto (pepa).
2. DEPOSITANDO EL FRUTO SUELTO. Es el tiempo que transcurre desde que se llena la pala y termina cuando se ha depositado la pepa en el vehículo.

Además de estos elementos en el estudio se presentaron los elementos contingentes que se presentan a intervalos irregulares de tiempo y es el transporte entre la planta extractora y el primer vaciadero, el transporte entre vaciaderos y el transporte de regreso a la planta extractora. Estos elementos se repiten una vez por cada viaje que se realice a excepción del transporte entre vaciaderos del cual depende exclusivamente del nivel de producción de racimos de fruta fresca.

5.2.3 Factores que tienen un impacto significativo en el ciclo de ruta del proceso

Es importante tener presente que existen factores internos y externos que afectan de manera directa el rendimiento del proceso de levante y transporte de fruto, estos factores afectan directamente el tiempo de ciclo de la ruta y generan diferencias en los resultados del estudio de tiempos de cada zona.

Los factores se analizaron con base en la variación generada por el proceso, es decir; por tratarse de un trabajo manual el rendimiento de los operarios juega un papel importante en el ciclo del proceso, por otro lado el nivel de producción de racimos de fruta indica el número de vaciaderos necesarios para llenar un vehículo, y la distancia que existe entre una zona y la planta extractora muestra una diferencia en cuanto al tiempo de transporte del vehículo lo que implica un impacto en el tiempo de ciclo.

El rendimiento del proceso esta dado por el tiempo requerido para cumplir con un ciclo de ruta, es decir; la inversión en tiempo necesaria para levantar y transportar 10 toneladas de fruto desde las zonas de la plantación, hasta la planta extractora. Estos factores se enuncian como: confiabilidad que posea la planta extractora, distancia desde las zonas hasta la planta extractora, nivel de producción de racimos de fruta fresca, disponibilidad de recursos.

- ***Distancia desde las zonas hasta la planta extractora***

Palmas Oleaginosas Bucarelia dividió la plantación en siete zonas, cada una de ellas se encuentra a una distancia diferente con respecto a la planta, ocasionando que ciertas zonas dediquen un menor tiempo al transporte y posean un mejor potencial de ingreso de fruto; esto a causado que las zonas que se encuentran mas alejadas de la plantación tengan un rendimiento significativamente menor de ingreso de fruto y

surjan problemas con los responsables del proceso de cada una de estas zonas por la inequidad de oportunidades.

- ***Nivel de producción de racimos de fruta fresca***

La capacidad de producción de racimos de fruta fresca que posean cada una de las zonas de la plantación es un parámetro a tener en cuenta dentro del tiempo de ciclo del levante y transporte, ya que dependiendo de la cantidad de fruto que produzca cada zona se determinara el número de vaciaderos que debe recorrer un vehículo para completar su viaje, es decir; en temporada de alta producción de racimos de fruta fresca el número de vaciaderos que debe recorrer un vehículo es menor que época de baja producción.

- ***Habilidad de los trabajadores***

El levante de racimos es una actividad que se realiza de forma manual y que se necesita de entrenamiento y experiencia para realizar la labor de una manera práctica y rápida; además es un factor que indica cuales zonas requieren mayor atención para establecer un programa de entrenamiento a los trabajadores.

5.3 TOMA DE DATOS

El estudio de tiempos se basa en parámetros estadísticos en donde se establece primero que nada una premuestra para el ciclo de la actividad; bajo las condiciones del presente proyecto se estableció una premuestra a cada uno de los grupos de estudio establecidos. Para el levante de racimos la premuestra se dividió de acuerdo a la Tabla 3.

En el caso del levante de fruto suelto se planteó una premuestra del mismo número de datos para cada uno de los grupos de estudio tal como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 3. Premuestra levante de racimos

ZONA	Grupo de estudio No.	Premuestra
Corredor	1	21
	2	21
	3	8
	Total	50
Establo 4	4	25
	5	25
	Total	50
Muleria 1	6	10
	7	40
	Total	50
Arandu	8	21
	9	21
	10	8
	Total	50
Patio bonito	11	10
	12	26
	13	14
	Total	50
Montecarlo	14	40
	15	10
	Total	50
Damasco	16	8
	17	42
	Total	50

Tabla 4. Premuestra levante de fruto suelto

ZONA	Premuestra
SANTA FE	20
ESTABLO 4	20
MULERIA 1	20
ARANDU	20
PATIO BON.	20
MONTECARLO	20
DAMASCO	20

Una vez recolectada esta información el siguiente paso fue determinar el tamaño muestral por medio de la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(S \times t_{\alpha/2, n-1})^2}{e^2}$$

Donde:

S: Desviación estándar de la premuestra

t: Estadístico de t-student

e: Error de estimación

1 - α : Nivel de significancia (95%)

n: Tamaño de la premuestra

Los tamaños muestrales obtenidos de acuerdo a la anterior fórmula⁹ se muestran en la Tabla 5. para el levante de racimos, y en la Tabla 6. para el levante de fruto suelto.

Tabla 5. Muestra levante de racimos

Grupo de estudio No.	Observaciones Necesarias
1	57
2	53
3	9
4	51
5	13
6	83
7	13
8	327
9	94
10	5
11	87
12	159
13	23
14	42
15	10
16	6
17	59

⁹ **ORTIZ**, Néstor. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga: Publicaciones UIS. 189 p.

Tabla 6. Muestra Levante de fruto suelto

Grupo de estudio No.	Observaciones necesarias
1	15
2	18
3	14
4	20
5	30
6	28
7	56

5.4 TIEMPO NORMAL Y TIEMPO ESTÁNDAR

Para la determinación de los tiempos normal y estándar, primero se analizó como se va a realizar la valoración de la actuación de los operarios, a continuación se decidió como sería el registro de tiempos y por último se asignaron suplementos para establecer el tiempo de ciclo de levante de racimos y de fruto suelto.

5.4.1 Valoración de la actuación. La valoración (denominada también valoración de rendimiento) es la operación mental mediante la cual el especialista del estudio del trabajo compara la actuación del operario a quien está observando con su propio concepto de ritmo normal de ejecución del trabajo por un método determinado y su objetivo es ajustar el tiempo medio observado de cada elemento al tiempo que hubiera requerido un operario trabajando a un ritmo normal, debido a que existen variaciones en la velocidad de actuación.

En el presente estudio se definió una escala de valoración en la cual la actuación normal se considera al cien por ciento tal como se ve en la Tabla 7.

5.4.2 Medición y registro de tiempos. El registro de todos los tiempos se realizó por observación directa de cada una de las actividades del proceso y cronometrando la duración de cada una de ellas (actividades) por medio de un cronómetro digital con capacidad de registro de diez

memorias, lo que permitía el registro del tiempo de cada elemento sin tener que volver el reloj a cero.

5.4.3 Tiempo normalizado. Una vez registrados los tiempos de cada elemento junto con la valoración correspondiente se procedió a calcular el “Tiempo Normalizado de la Operación”, el cual consiste en la multiplicación del tiempo observado por la valoración subjetiva de la velocidad de operación.

5.4.4 Tiempo estándar o tiempo tipo. Para calcular el tiempo estándar fue necesario determinar los suplementos de tiempo que aplican a este tipo de estudio para luego determinar el tiempo de ciclo de la operación.

Los suplementos son márgenes de tiempo que se adicionan al tiempo normalizado bien sea para compensar la inactividad forzosa del operario debido a la naturaleza misma del proceso, para proporcionar al trabajador la oportunidad de recuperarse de los efectos fisiológicos del gasto de energía inherente a la ejecución del trabajo especificado en condiciones determinadas, o para atender a sus necesidades personales o por consideración de la dirección de la organización en virtud de las características del trabajo en cuestión.

Los tipos de suplementos asignados de forma general fueron:

- Suplementos constantes:
 - A: Suplementos por descanso y fatiga.
 - B: Suplementos por necesidades personales.
- Suplementos variables.
 - C: Suplementos por trabajar de pie.
 - D: Suplemento por uso de fuerza.
 - E: Suplementos por condiciones atmosféricas.
 - F: Suplemento por trabajo monótono.

G: Suplemento por contingencia: por posibles inconvenientes como la caída de racimos al momento de arrojarlo al vehículo, imperfecciones en el vehículo que pueden demorar el proceso y que se presentan de forma esporádica dentro del mismo¹⁰.

Los datos obtenidos se muestran de acuerdo con la metodología planteada y se organizan de forma tal que se establezca un orden cronológico de la obtención de los datos; es decir, en primer lugar se obtuvieron los tiempos observados de cada uno de los elementos, en segundo lugar se obtuvo el tiempo normalizado, que se ajusta con base en la valoración de la actuación de los trabajadores, por último se calculó el tiempo tipo o tiempo de ciclo de la actividad asociada a la operación.

En la Tabla 7 se muestra la escala de valoración empleada para el presente estudio.

Los tiempos observados y los tiempos normalizados así como la valoración de cada uno los elementos establecidos se encuentran en los anexos; por otro lado hay que tener en cuenta que la finalidad del estudio de tiempos fue establecer el tiempo de ciclo de ruta de levante y transporte de fruto en cada una de las zonas de la plantación, es así como también se muestra los tiempos de transporte del vehículo entre los vaciaderos de la plantación y la planta extractora.

Los tiempos de transporte del vehículo se calcularon de acuerdo a la distancia existente entre un sitio y otro y la velocidad promedio con la cual se mueve el vehículo, se tuvo en cuenta que cuando el vehículo se encuentra vacío (sin carga de fruto) la velocidad promedio es mayor que cuando se encuentra cargado de fruto.

¹⁰ **ORTIZ**, Néstor. Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. Bucaramanga: Publicaciones UIS. 189 p.

Tabla 7. Principales escalas de valoración.

Escalas de valoración			Descripción		Velocidad de marcha comparable (millas/hora)
40*	50**	67***		Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo	2mill.(3.2 Km)
60	75	100	Ritmo normal	Constante, premeditado, como de operario que no trabaja a destajo, pero que lo hace bajo dirección competente; en apariencia lento, pero no desperdicia tiempo deliberadamente mientras se le observa.	3mill.(4.8 Km)
80	100	133	Ritmo de trabajo por piezas	Activo, experto, como de operario medio adiestrado en trabajo a destajo; logra con seguridad el nivel de calidad y precisión fijado.	4mill.(6.4 Km)
100	125	167		Muy rápido; el operario da muestras de gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, bastante superior a las del operario medio adiestrado.	5mill.(8 Km)
120	150	200		Extraordinariamente rápido; concentración y esfuerzo intenso que es improbable pueda mantener durante largos periodos; actuación de un "virtuoso", que solo pueden efectuar unos pocos trabajadores sobresalientes.	6mill.(9.6 Km)

Fuente: **OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO OIT**. Introducción al estudio del trabajo. Segunda parte.

* Escala de valoración Bedoux.

** Escala de valoración Británica.

*** Escala de valoración porcentual utilizada en el presente estudio.

En la Tabla 8 se encuentra la tabla resumen del estudio de tiempos realizado a la actividad de levante de fruto suelto, mientras que en la Tabla 9 se muestra el resumen del estudio de tiempos para la actividad del levante de racimos.

Tabla 8. Resultados del estudio de tiempos Levante de Fruto suelto

Zona	Descripción	Tiempo normalizado (seg.)	Desviación estándar (seg.)	Suplementos por necesidades personales (%)						Tiempo tipo (seg)
				Nec. Person.	Fatiga	Trabajo de pie	Uso de fuerza	Cond. Atm.	Total	
Corredor	A	194,20		5	4	2	0	8	19	231,10
	1	2,40	0,75	5	4	2	1	8	20	2,88
	2	3,19	0,6	5	4	2	1	8	20	3,82
	Total TC	199,79								237,8
Establo 4	A	178,56		5	4	2	0	8	19	212,48
	1	2,32	0,73	5	4	2	1	8	20	2,78
	2	3,17	0,56	5	4	2	1	8	20	3,80
	Total TC	184,05								219,06
Mulería 1	A	111,41		5	4	2	0	8	19	132,58
	1	1,74	0,19	5	4	2	1	8	20	2,09
	2	2,93	0,31	5	4	2	1	8	20	3,52
	Total TC	116,08								138,19
Arandú	A	34,25		5	4	2	0	8	19	40,76
	1	1,98	0,89	5	4	2	1	8	20	2,38
	2	3,83	1,04	5	4	2	1	8	20	4,59
	Total TC	40,06								47,72
Patio bonito	A	98,12		5	4	2	0	8	19	116,77
	1	2,10	0,89	5	4	2	1	8	20	2,52
	2	3,68	1,20	5	4	2	1	8	20	4,42
	Total TC	103,9								123,71
Montecarlo	A	21,11		5	4	2	0	8	19	25,13
	1	2,58	0,91	5	4	2	1	8	20	3,09
	2	3,54	0,84	5	4	2	1	8	20	4,24
	Total TC	27,23								32,46
Damasco	A	67,31		5	4	2	0	8	19	80,10
	1	2,60	1,17	5	4	2	1	8	20	3,12
	2	3,65	1,11	5	4	2	1	8	20	4,38
	Total TC	73,56								87,6

Tabla 9. Resultados del estudio de tiempos Levante de Racimos

Zona	Siembras de estudio	Descripción	Tiempo normalizado (seg.)	Desviación estándar (seg.)	Suplementos por necesidades personales (%)							Tiempo tipo (seg)
					Nec. Person.	Fatiga	Trabajo de pie	Uso de fuerza	Cond. Atm.	Monótono	Total	
Corredor	76-78	1	3,02	1,01	5	4	2	9	8	1	29	3,60
		2	4,86	2,11	5	4	2	9	8	1	29	5,78
		3	3,38	1,45	5	4	2	0	8	1	20	4,02
	80-82	1	3,43	1,25	5	4	2	12	8	1	32	4,08
		2	5,42	2,35	5	4	2	12	8	1	32	6,45
		3	3,40	1,51	5	4	2	0	8	1	20	4,04
	96-97	1	3,67	1,15	5	4	2	3	8	1	23	4,37
		2	4,02	1,46	5	4	2	3	8	1	23	4,79
		3	3,92	1,06	5	4	2	0	8	1	20	4,66
Establo 4	78-79	1	2,62	0,98	5	4	2	9	8	1	29	3,12
		2	4,23	2,11	5	4	2	9	8	1	29	5,03
		3	2,81	1,48	5	4	2	0	8	1	20	3,34
	80-82	1	4,00	1,43	5	4	2	12	8	1	32	4,75
		2	5,54	2,33	5	4	2	12	8	1	32	6,59
		3	2,89	0,6	5	4	2	0	8	1	20	3,43
Muleria 1	75	1	2,76	1,31	5	4	2	9	8	1	29	3,29
		2	4,96	2,85	5	4	2	9	8	1	29	5,90
		3	3,79	1,00	5	4	2	0	8	1	20	4,51
	95-96	1	1,72	0,47	5	4	2	4	8	1	24	2,05
		2	5,85	2,79	5	4	2	4	8	1	24	6,96
		3	3,47	1,51	5	4	2	0	8	1	20	4,13

Continuación, Tabla 9 Resultados del estudio de tiempos Levante de Racimos

Zona	Siembras de estudio	Descripción	Tiempo normalizado (seg.)	Desviación estándar (seg.)	Suplementos por necesidades personales (%)							Tiempo tipo (seg)
					Nec. Person.	Fatiga	Trabajo de pie	Uso de fuerza	Cond. Atm.	Monótono	Total	
Arandu	76-79	1	3,14	1,66	5	4	2	9	8	1	29	3,74
		2	4,72	2,31	5	4	2	9	8	1	29	5,62
		3	3,95	1,35	5	4	2	0	8	1	20	4,71
	80-82	1	3,25	1,38	5	4	2	12	8	1	32	3,87
		2	4,38	2,61	5	4	2	12	8	1	32	5,21
		3	3,46	1,60	5	4	2	0	8	1	20	4,11
	97-98	1	1,86	0,60	5	4	2	2	8	1	22	2,21
		2	3,80	0,53	5	4	2	2	8	1	22	4,52
		3	3,38	0,27	5	4	2	0	8	1	20	4,03
Patio bonito	75-76	1	3,75	1,26	5	4	2	9	8	1	29	4,47
		2	5,21	2,62	5	4	2	9	8	1	29	6,20
		3	4,62	2,21	5	4	2	0	8	1	20	5,50
	80-82	1	3,79	1,65	5	4	2	12	8	1	32	4,51
		2	5,24	2,38	5	4	2	12	8	1	32	6,23
		3	3,61	1,68	5	4	2	0	8	1	20	4,30
	92	1	3,29	1,19	5	4	2	6	8	1	26	3,92
		2	4,60	2,23	5	4	2	6	8	1	26	5,48
		3	3,78	1,30	5	4	2	0	8	1	20	4,50
Montecarlo	92-93	1	4,24	2,04	5	4	2	6	8	1	26	5,04
		2	4,27	1,73	5	4	2	6	8	1	26	5,09
		3	3,42	1,21	5	4	2	0	8	1	20	4,07

Continuación, Tabla 9 Resultados del estudio de tiempos Levante de Racimos

Zona	Siembras de estudio	Descripción	Tiempo normalizado (seg.)	Desviación estándar (seg.)	Suplementos por necesidades personales (%)							Tiempo tipo (seg)
					Nec. Person.	Fatiga	Trabajo de pie	Uso de fuerza	Cond. Atm.	Monótono	Total	
Damasco	97	1	2,03	0,32	5	4	2	2	8	1	22	2,41
		2	1,96	0,42	5	4	2	2	8	1	22	2,34
		3	2,26	1,09	5	4	2	0	8	1	20	2,69
	90	1	4,18	2,22	5	4	2	6	8	1	26	4,98
		2	3,95	0,92	5	4	2	6	8	1	26	4,71
		3	3,21	1,08	5	4	2	0	8	1	20	3,82
	96-00	1	2,10	0,63	5	4	2	2	8	1	22	2,49
		2	2,52	1,37	5	4	2	2	8	1	22	3,00
3		2,53	0,84	5	4	2	0	8	1	20	3,01	

5.5 TIEMPO TOTAL DE RUTA

Con el objeto de plantear las alternativas de mejora fue necesario determinar el tiempo total de ruta, para ello se partió de los grupos de estudio establecidos y se asignaron tiempos totales de ruta para estos grupos, teniendo en cuenta solamente como ciclo de ruta aquella que inicia con el vehículo sin fruto en la planta extractora y termina cuando el vehículo llega con el fruto a la planta.

El tiempo total de la ruta de levante y transporte de fruto se obtuvo teniendo en cuenta en primera instancia el tiempo de ciclo del levante de racimos y el tiempo de ciclo del levante de fruto suelto, además fue necesario establecer con relación a la capacidad que tienen los vehículos transportadores de fruto el número de racimos necesarios para llenar un vehículo, al mismo tiempo se determinó la cantidad promedio de fruto suelto que contiene una ruta de levante y transporte.

El número promedio de racimos que se requieren para llenar un vehículo con capacidad de 10 toneladas y con relación a la siembra de la cual proviene se muestra en la Tabla 10, además por causa de la misma característica del proceso, la cual tiene en cuenta que el llenado del vehículo con racimos se realiza en dos fases en donde la primera llega hasta el instante donde el vehículo se ha llenado hasta un 66% de su capacidad que es el instante en el cual un trabajador se sube al vehículo y el otro se encarga de alzar los racimos. La Tabla 10 muestra de igual forma esta descripción para cada una de las zonas de la plantación.

Tabla 10. Racimos de fruta fresca necesarios para llenar un vehículo.

Año de Siembra	66% Capacidad	44% Capacidad	Total
75-79	326	168	494
80-82	287	148	435
90-93	468	241	709
95-96	435	224	659
97-00	686	353	1039

Para el caso del levante de fruto suelto fue necesario tener en cuenta la unidad de medida que se utiliza para la cantidad de fruto suelto que se recolecta en la ruta, por tanto la unidad de medida utilizada son los timbos de fruto suelto que se recolectan, a su vez cada timbo lleno equivale a tres paladas llenas de fruto suelto, las palas que se utilizan en esta labor son de capacidad estándar para todas las zonas de la plantación, esta capacidad equivale aproximadamente a 2 kilogramos; el tiempo dedicado al transporte del vehículo se referencia de acuerdo al número de vaciaderos que necesita recorrer, esta actividad varía entre una zona y otra dependiendo del nivel de producción que tenga dicha zona. La Tabla 11 muestra este tipo de relación de acuerdo con las zonas.

Tabla 11. Fruto suelto recolectado y número de vaciaderos por ruta

Zona	Timbos	Paladas	Vaciaderos
1 (Corredor)	38	114	4
2 (Establo 4)	33	99	4
3 (Mulería 1)	42	126	5
4 (Arandu)	42	126	5
5 (Patio bonito)	41	123	5
6 (Montecarlo)	29	87	2
7 (Damasco)	14	42	3

Para obtener el tiempo total de la ruta fue necesario saber el número de trabajadores que se requieren para realizar la labor por cada una de las zonas, para las zonas 1, 2, 3, 4 y 5 el número de trabajadores necesarios es el mismo y es igual a dos; mientras que para las zonas 6 y 7 éste número varía, para la zona 6 la operación se realiza con tres trabajadores mientras que para la zona 7 se necesitan cinco. Estas diferencias es debido a que estas dos zonas son las mas alejadas de la planta extractora y para lograr una paridad en cuanto al fruto que se levanta y transporta por zona el Gerente de esta cooperativa ha decidido aumentar el número de trabajadores dedicados a esta labor.

El ciclo de la ruta para cada una de las zonas de la plantación se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Ciclo de ruta del proceso de Levante y transporte de fruto

Zona	Tiempo racimos (seg.)	Tiempo fruto suelto (seg.)	Tiempo entre vac*. (seg.)	Tiempo operación (seg.)	Tiempo operación (min.)	pbp**-vac. (min.)	vac.-pbp (min.)	Tiempo ruta (min.)	Contingencia (%)	Ciclo de ruta (min.)
1	5237,44	1688,55	917,1	7852,99	130,88	15,28	27,28	173,44	5	182,12
2	4900,65	1501,58	917,1	7319,33	121,99	13,45	24,02	159,46	5	167,43
3	6184,64	1228,50	561,12	7974,01	132,90	4,24	7,58	144,72	5	151,96
4	5053,67	1082,54	561,12	6697,33	111,62	7,83	13,97	133,42	5	140,09
5	5357,58	1437,66	561,12	7356,36	122,61	11,63	20,77	155,01	5	162,76
6	4298,84	369,33	78	4746,17	79,10	29,77	53,16	162,03	5	170,14
7	3540,29	555,21	134,04	4229,55	70,49	65,73	117,38	253,61	5	266,29

*Vac. Vaciadero

**pbp. Planta de beneficio primario.

Tabla 12.a. Desviación estándar del ciclo de ruta del proceso de Levante y transporte de fruto

Zona	Tiempo racimos (seg.)	Desviación (seg.)	Tiempo fruto suelto (seg.)	Desviación (seg.)	Tiempo entre vac*. (seg.)	Tiempo operación (seg.)	Tiempo operación (min.)	Desviación total de ciclo (seg.)	Tiempo ruta (min.)	Contingencia (%)	Ciclo de ruta (min.)
1	5237,44	1515	1688,55	154	917,1	7852,99	130,88	1669	173,44	5	182,12
2	4900,65	1391	1501,58	129	917,1	7319,33	121,99	1520	159,46	5	167,43
3	6184,64	1804	1228,50	63	561,12	7974,01	132,90	1867	144,72	5	151,96
4	5053,67	1259	1082,54	239	561,12	6697,33	111,62	1478	133,42	5	140,09
5	5357,58	1581	1437,66	256	561,12	7356,36	122,61	1837	155,01	5	162,76
6	4298,84	1058	369,33	76	78	4746,17	79,10	1134	162,03	5	170,14
7	3540,29	668	555,21	95	134,04	4229,55	70,49	763	253,61	5	266,29

El tiempo dedicado a transporte del vehículo desde la planta hasta el vaciadero y después de haberse llenado el vehículo el tiempo del vaciadero hasta la planta se asignó de acuerdo a la distancia y la velocidad promedio con la cual transitan los vehículos, cuando el vehículo se encuentra vacío la velocidad promedio es de 30 Km/hr., mientras que cuando se encuentra lleno la velocidad promedio es de 15 Km/hr.

5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

5.6.1 Tiempo tipo del levante fruto suelto

En términos generales los resultados generados en el presente estudio se basaron en un desarrollo metodológico y en la aplicación de herramientas estadísticas para desarrollar un soporte válido en el proceso de toma de decisiones a partir de la obtención de estos datos.

En cuanto al tiempo tipo del levante de fruto suelto es necesario decir que la variación existente entre una zona y otra en función del tiempo tipo es debido a la actividad dedicada al amontonamiento de fruto suelto, es preciso decir que en zonas como Corredor y Establo 4 en donde el tiempo de esta actividad es relativamente alto en comparación con las demás es debido a la gran cantidad de timbos de fruto suelto que se recolectan en cada ruta, y al mal estado de los vaciaderos que impiden que se amontone el fruto suelto con facilidad.

Al revisar las zonas de Arandú, Mulería 1 y Patio bonito las cuales tienen un número de timbos de fruto suelto por ruta equivalentes, se encuentra que Mulería 1 y Patio bonito cuentan con un tiempo de amontonamiento muy parecido, mientras que Arandú presenta una gran diferencia a su favor por la excelente limpieza de sus vaciaderos.

Las zonas de Montecarlo y Damasco presentan un tiempo de amontonamiento de fruto suelto relativamente menor a las demás zonas, debido en primera a que el número de trabajadores es mayor, para Montecarlo se realiza la labor con tres trabajadores mientras que para Damasco se hace con cinco; además el número de timbos de fruto suelto por ruta se ubica en 29 para Montecarlo y en 14 para Damasco. A pesar de esta situación el tiempo tipo de levante de fruto suelto para Montecarlo es mucho menor que el de Damasco, esta diferencia se debe al

deplorable estado de los vaciaderos en la zona de Damasco y al bajo rendimiento de los trabajadores que a pesar de superarlos en número su tiempo de levante de fruto suelto es superior.

5.6.2 Tiempo tipo levante de racimos

A partir de los resultados se puede decir que el tiempo tipo para cada uno de los grupos de estudio se diferencia básicamente en el peso con que cuenta cada uno de ellos, la explicación de este tiempo se encuentra en primer lugar en el tiempo normalizado de cada una de las siembras de estudio; de las siembras de estudio que se encuentran a partir del año 1996 hasta el año 2000 su tiempo de levante de racimos es el menor de las demás siembras, le siguen las siembras de los años 1990 – 1992 – 1993; luego se encuentran las siembras de los años 1975 – 1976 – 1978 – 1979 y por último están las siembras 1980 – 1981 – 1982. El orden descrito anteriormente indica la primera razón por la cual ciertas siembras cuentan con un tiempo superior a otras, la segunda razón se observa en los suplementos de tiempo que se asignan por el uso de la fuerza al levantar cada racimo, ocasionando que además de que se tenga un tiempo superior de levante de racimos, su porcentaje de suplemento también los está obligando a que su tiempo tipo sea superior o inferior dependiendo de la siembra.

5.6.3 Ciclo de ruta del proceso de levante y transporte de fruto

Los resultados generados en la Tabla 12 del ciclo de ruta del proceso tienen su mayor explicación en el tiempo de levante de racimos por tratarse de la actividad principal del proceso, sin embargo para las zonas 6 y 7 ésta actividad no es la más importante ya que el tiempo de transporte se convierte en relevante por la distancia a la cual se encuentran de la planta extractora ocasionando que este tiempo sea mayor que el tiempo de levante de racimos, además; éstas dos zonas son particularmente diferentes a las otras cinco en comparación con el número de operarios con los cuales realiza la labor, la zona 6 cuenta con tres

operarios mientras que la zona 7 lo hace con cinco, disminuyendo así el tiempo de levante de racimos dejando como actividad importante el tiempo de transporte.

El tiempo entre vaciaderos depende de la distancia que se debe recorrer entre un vaciadero y otro y el número de vaciaderos necesarios para llenar el vehículo; a partir de esto se puede decir que la zona 6 cuenta con el tiempo mínimo en este rubro en relación a las demás zonas, en primer lugar las muestras para ésta zona se tomaron en el momento donde ésta zona tenía mayor rendimiento que las otras; obligando a recorrer menos vaciaderos por cada ciclo de ruta y por tanto menor transporte entre vaciaderos.

Se puede decir que el tiempo de ciclo del proceso es el reflejo del rendimiento que muestra cada una de las zonas de la plantación, los cuales se explican a partir de los factores más significantes mencionados en el capítulo 5 como son la habilidad de los operarios, la distancia entre una zona y la planta extractora y el nivel de producción de racimos de fruta; a pesar de que la zona 7 posea cinco alzadores por cada vehículo no podrá tener un tiempo similar a las demás zonas por su gran distancia a la planta extractora, mientras que la zona 6 puede igualarse al rendimiento de las zonas 1, 2 y 5 si continua trabajando con tres alzadores.

6. ESTUDIO DE LÍNEAS DE ESPERA

La teoría de las colas es el estudio matemático de las colas o líneas de espera. La formación de colas es, por supuesto, un fenómeno común que ocurre debido a la aleatoriedad de los tiempos de llegadas y los tiempos de servicio.

La teoría de las colas en si no resuelve directamente el problema, pero contribuye con la información vital que se requiere para tomar las decisiones concernientes prediciendo algunas características sobre la línea de espera: probabilidad de que se formen, el tiempo de espera promedio.

Para la aplicación del modelo de teoría de colas se deberá tener en cuenta las características que presenta la situación real, como lo son el número de servidores, la cantidad posible de clientes, las limitaciones en cuanto al número máximo de vehículos que se puedan tener en sistema de recepción.

6.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Al igual que los modelos matemáticos buscan la representación de la realidad mediante un análisis de sus variables y el planteamiento de un modelo, así mismo, se busca por medio de un estudio de líneas de espera cuál es el modelo asociado al comportamiento de la situación que se presenta y cuál es la información necesaria para plantear dicho modelo.

A continuación se determina la disciplina del modelo y la metodología que conlleva la aplicación de este sistema:

- ***Fuente de entrada o población potencial.*** Es un conjunto de individuos (no necesariamente seres vivos) que pueden llegar a solicitar el servicio en cuestión. Se puede considerar finita o infinita. Para el caso del estudio realizado en este trabajo de grado se define

que la población potencial son los vehículos transportadores de fruto que demandan el servicio de descargue de fruto diariamente, además el tipo de población es finita ya que se cuenta con un número definido de vehículos para realizar esta labor.

- **Capacidad de la cola.** Es el máximo número de clientes que pueden estar haciendo cola (antes de comenzar a ser servidos), es decir; es el número máximo de vehículos que puede tener el sistema de recepción de fruto en la empresa. Para efectos del modelo la capacidad de la cola es infinita y por lo tanto no existe restricción en cuanto al número de vehículos que puede tener el sistema.

- **Disciplina de la cola.** Es el modo en el que los vehículos son seleccionados para ser atendidos. EL sistema empleado en el actual modelo obedece al modelo FIFO (first in first out), también llamada FCFS (first come first served): según la cual se atiende primero al vehículo que antes haya llegado.

- **Mecanismos de servicio.** Es el procedimiento por el cual se da servicio a los vehículos que lo solicitan, dado que la labor de descargue de fruto se realiza de la misma forma para cada uno de los vehículos, el procedimiento a seguir es el mismo y por lo tanto no existen diferentes comportamientos entre uno y otro servicio para los vehículos, partiendo de esta premisa se concreta que indirectamente el tiempo de servicio para uno y otro servidor de descargue de fruto presentan el mismo comportamiento, en este caso el número de servidores de descargue de fruto es igual a dos.

- **La cola.** Es el conjunto de vehículos que hacen espera, es decir los vehículos que ya han solicitado el servicio pero que aún no han pasado al mecanismo de servicio de descargue de fruto.

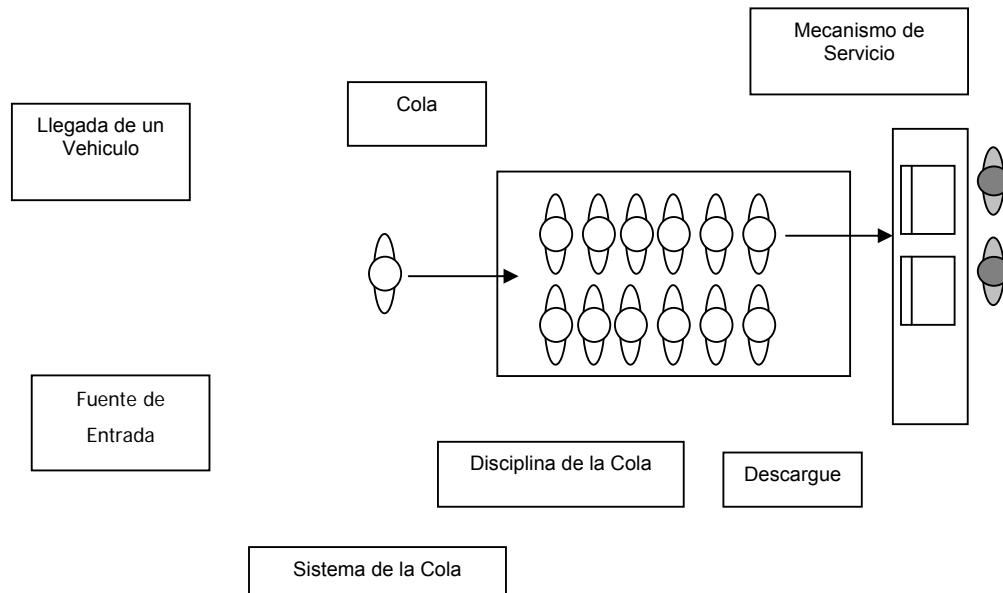
- **El sistema de la cola.** Es el conjunto formado por la cola y el mecanismo de servicio (descargue del vehículo), junto con la disciplina de la cola, que es lo que nos indica el criterio de cuál vehículo de la cola elegir para pasar al mecanismo de servicio.

Los resultados de esta parte del estudio son los relacionados con la información de entrada necesaria para el cumplimiento de la aplicación y análisis del modelo de la teoría de colas. Los resultados de la búsqueda de la información se muestra a continuación:

- Fuente de entrada. Vehículos transportadores de fruto que llegan diariamente a descargar el fruto en la planta extractora.
- Capacidad de la cola. No existe límite en cuanto al número de vehículos que pueden estar haciendo cola en un momento determinado.
- Disciplina de la cola. El orden de descargue de fruto es: primer vehículo en llegar es el primero al que se le permite descargar el fruto.
- Canales de servicio: Existen dos canales de descargue de fruto.
- Mecanismos de servicio: No existe diferencia en cuanto a la forma como se procede a descargar el fruto entre un canal y otro.
- La cola. Son todos aquellos vehículos que se han registrado para descargar el fruto y que aun no han ingresado.
- Sistema de la cola. Conjunto formado por la cola y el mecanismo de servicio (descargue del vehículo), junto con la disciplina de la cola, que es lo que nos indica el criterio de cuál vehículo de la cola elegir para pasar al mecanismo de servicio.

Estos elementos pueden verse en la Figura 3.

Figura 3. Sistema de la cola



6.2 DIVISIÓN DEL ESTUDIO EN GRUPOS

De acuerdo a la teoría de colas es necesario primero que nada garantizar el cumplimiento de los requisitos estadísticos como son: la aleatoriedad de los datos que se registran durante la etapa del registro de la información, además se debe establecer una premuestra con el fin de determinar el número óptimo de datos que se deben tomar, y por ultimo se necesita organizar la toma de datos para dar cumplimiento a que la procedencia de los mismos se establezca dentro de los mismos parámetros estadísticos, es decir de la misma población. Para ello se establecieron grupos de estudio que garanticen estas condiciones y que al mismo tiempo cumplan con los parámetros requeridos anteriormente.

Para determinar los grupos de estudio se tuvo en cuenta en primer lugar los horarios de atención que se tienen normalmente para el descargue de fruto, además también fue necesario determinar cuales serían los días de toma de datos, estos días se seleccionaron de acuerdo a los días laborales del proceso de corte de fruto, ya que son éstos en donde se

presentan una mayor cantidad de fruto a recoger por efectos del corte diario de fruto. Los grupos de estudio se muestran en la Tabla 13

Tabla 13. Grupos de estudio líneas de espera

Grupo de estudio No.	Día	Horario
1	Lunes	6:00 a.m. – 10:00 p.m.
2	Martes	6:00 a.m. – 10:00 p.m.
3	Miércoles	6:00 a.m. – 10:00 p.m.
4	Jueves	6:00 a.m. – 10:00 p.m.
5	Viernes	6:00 a.m. – 10:00 p.m.

6.3 TOMA DE DATOS

Los datos tomados se ajustaron a los grupos de estudio establecidos. Así como para el estudio de tiempos se obtuvo una premuestra para los grupos de estudio, de igual forma para el estudio de líneas de espera se realizó la secuencia de la misma forma, se determinó un número igual para todos los grupos de estudio de 30 datos y a partir de allí se encontró el tamaño óptimo de la muestra de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N_{\text{óptimo}} = \frac{t^2 S^2}{(e\bar{X})^2}$$

Donde:

t: Estadístico t student que se obtiene a partir de la Tabla t student.

S: Desviación estándar de la premuestra.

\bar{X} : Promedio de la premuestra.

e: Error de estimación.

Para determinar el tamaño óptimo de la muestra fue necesario calcular las variables de entrada de la fórmula, estos valores se muestran en la Tabla 14 y en la Tabla 15.

Tabla 14. Parámetros de la muestra del servicio de descargue

MUESTRA PRELIMINAR DE SERVICIO DE DESCARGUE								
Grupo	Descargue 1				Descargue 2			
	Promedio	Varianza	Error (%)	Estimado t	Promedio	Varianza	Error (%)	Estimado t
1	15,48	106,99	10	2,05	15,07	82,82	10	2,05
2	17,00	114,21	10	2,05	15,57	41,15	10	2,05
3	21,86	179,61	10	2,05	20,03	176,17	10	2,05
4	23,67	186,19	10	2,05	23,30	168,42	10	2,05
5	28,10	187,06	10	2,05	29,63	195,83	10	2,05

Tabla 15. Parámetros de la muestra del tiempo entre llegadas

MUESTRA PRELIMINAR DE LLEGADAS				
Grupo	Promedio	Varianza	Error (%)	Estimado t
1	202,30	6162,70	7	2,05
2	228,70	6210,01	7	2,05
3	219,40	7046,66	7	2,05
4	232,97	6209,34	7	2,05
5	213,83	3219,73	7	2,05

De acuerdo a la anterior fórmula se determinó un tamaño de muestra para establecer tanto el comportamiento de las llegadas al sistema de líneas de espera como el tiempo de servicio, en la Tabla 16 se encuentra el tamaño de muestra óptimo para el tiempo entre una llegada y otra de un vehículo.

Tabla 16. Observaciones necesarias para el tiempo entre llegadas.

Entre llegadas	
Grupo No.	N optimo
1	129
2	101
3	125
4	98
5	61

Al mismo tiempo se halló el tamaño de muestra para los canales de servicio (dos) los cuales se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Observaciones necesarias para el tiempo de descargue.

Servicio de descargue		
Grupo No.	N optimo	
	Descargue 1	Descargue 2
1	222	156
2	194	94
3	141	184
4	214	196
5	152	141

6.4 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DEL MODELO

La teoría de colas arroja resultados confiables de acuerdo a la validación estadística que se realiza en sus datos. Dadas estas circunstancias se procedió a realizar pruebas de bondad de ajuste en la cual se busca determinar el comportamiento probabilístico de sus datos y la igualdad de la población de sus datos.

6.4.1 Comprobación en la igualdad de la población en la procedencia de los datos del descargue de fruto

El primer paso fue establecer que los datos de los dos servidores tengan la misma distribución, así que se tuvo que hacer una prueba de hipótesis para demostrar que ambas muestras provienen de la misma población, al tener la misma media. La prueba fue:

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \text{ Nivel de significancia } (\alpha) \text{ del } 5\%, \text{ cola derecha e izquierda}$$

Como no se conocen las varianzas, y no se puede afirmar que las muestras son normales, el estadígrafo a usar es:

$$t = \frac{(\overline{X_1 - X_2}) - (\overline{\mu_1 - \mu_2})}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1 - 1} + \frac{S_2^2}{n_2 - 1}}}$$

Que se distribuye como t-student con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.

Debido a la característica del estudio el cual se basa en la determinación de grupos para la toma de los datos, fue necesario realizar las pruebas estadísticas para cada uno de ellos diferenciando los resultados de un grupo y otro.

- **Grupo de estudio número uno (lunes).**

$$t = \frac{15.48 - 15.07}{\sqrt{\frac{106.99}{29} + \frac{82.82}{29}}} = \frac{0.41}{2.55} = 0.1607$$

Se contrasta con la tabla de la t-student con 58 grados de libertad, y se obtiene el valor de $1-\alpha = 0.8728$, lo que deja un valor para la significancia de 0.1272, bastante mayor que el pedido de 0.05, con lo que se puede decir que no se puede rechazar la hipótesis nula. De esa forma se comprobó que los servidores tienen la misma media.

- **Grupo de estudio número dos (martes).**

$$t = \frac{17.00 - 15.57}{\sqrt{\frac{114.21}{29} + \frac{41.15}{29}}} = \frac{1.43}{2.31} = 0.6190$$

Se contrasta con la tabla de la t-student con 58 grados de libertad, y se obtiene el valor de $1-\alpha = 0.5383$, lo que deja un valor para la significancia de 0.4617, bastante mayor que el pedido de 0.05, con lo que se puede decir que no se puede rechazar la hipótesis nula. De esa forma se comprobó que los servidores tienen la misma media.

- **Grupo de estudio número tres (miércoles).**

$$t = \frac{21.86 - 20.03}{\sqrt{\frac{179.61}{29} + \frac{176.17}{29}}} = \frac{1.83}{3.50} = 0.5228$$

Se contrasta con la tabla de la t-student con 58 grados de libertad, y se obtiene el valor de $1-\alpha = 0.6031$, lo que deja un valor para la significancia

de 0.3969, bastante mayor que el pedido de 0.05, con lo que se puede decir que no se puede rechazar la hipótesis nula. De esa forma se comprobó que los servidores tienen la misma media.

▪ **Grupo de estudio número cuatro (jueves).**

$$t = \frac{23.67 - 23.30}{\sqrt{\frac{186.19}{29} + \frac{154.42}{29}}} = \frac{0.37}{3.42} = 0.1081$$

Se contrasta con la tabla de la t-student con 58 grados de libertad, y se obtiene el valor de $1-\alpha = 0.9143$, lo que deja un valor para la significancia de 0.0857, que a pesar de ser levemente superior a 0.05, es aconsejable no rechazar la hipótesis nula. De esa forma se comprobó que los servidores tienen la misma media.

▪ **Grupo de estudio número cinco (viernes).**

$$t = \frac{28.10 - 29.63}{\sqrt{\frac{187.06}{29} + \frac{195.83}{29}}} = \frac{-1.53}{3.63} = 0.4214$$

Se contrasta con la tabla de la t-student con 58 grados de libertad, y se obtiene el valor de $1-\alpha = 0.6750$, lo que deja un valor para la significancia de 0.2250, bastante mayor que el pedido de 0.05, con lo que se puede decir que no se puede rechazar la hipótesis nula. De esa forma se comprobó que los servidores tienen la misma media.

6.4.2 Prueba del tipo de distribución de probabilidad a la cual obedece el tiempo entre llegadas de los vehículos

A continuación se realizó una prueba de bondad de ajuste para cada una de las muestras, con el fin de establecer el tipo de distribución con la cual se comportan los datos.

Se utilizó el software de estadística SPSS para realizar la prueba, y éste arrojó los siguientes resultados:

- **Grupo de estudio número uno (lunes).**

Tabla 18. Entre llegadas grupo uno
ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

LUNES		
N		130
Exponential parameter.	Mean	226,8308
Most Extreme Differences	Absolute	,329
	Positive	,109
	Negative	-,329
Kolmogorov-Smirnov Z		3,748
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número dos (martes).**

Tabla 19. Entre llegadas grupo dos
ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MARTES		
N		102
Exponential parameter.	Mean	223,8529
Most Extreme Differences	Absolute	,396
	Positive	,151
	Negative	-,396
Kolmogorov-Smirnov Z		4,004
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- Grupo de estudio número tres (miércoles).

Tabla 20. Entre llegadas grupo tres

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MIÉRCOLES		
N		125
Exponential parameter.	Mean	230,8080
Most Extreme Differences	Absolute	,368
	Positive	,113
	Negative	-,368
Kolmogorov-Smirnov Z		4,117
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- Grupo de estudio número cuatro (jueves).

Tabla 21. Entre llegadas grupo cuatro

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

JUEVES		
N		99
Exponential parameter.	Mean	229,1919
Most Extreme Differences	Absolute	,392
	Positive	,164
	Negative	-,392
Kolmogorov-Smirnov Z		3,902
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- Grupo de estudio número cinco (viernes).

Tabla 22. Entre llegadas grupo cinco

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

VIERNES		
N		63
Exponential parameter.	Mean	207,5238
Most Extreme Differences	Absolute	,397
	Positive	,151
	Negative	-,397
Kolmogorov-Smirnov Z		3,150
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
 b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

6.4.3 Prueba del tipo de distribución de probabilidad al cual obedece el tiempo de descargue de los vehículos

Por otro lado fue necesario realizar una prueba de Kolmogorov para los datos que se obtuvieron en el servicio de descargue de fruto con el fin de determinar el tipo de comportamiento con relación a la distribución exponencial.

6.4.3.1 Canal de descargue uno

A continuación se demuestra por medio de una prueba kolmogorov el tipo de distribución de probabilidad al cual obedece el tipo de comportamiento de los datos del canal de descargue uno.

- Grupo de estudio número uno (lunes).

Tabla 23. Canal uno, exponencial grupo uno

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

LUNES1		
N		219
Exponential parameter.	Mean	21,6667
Most Extreme Differences	Absolute	,249
	Positive	,084
	Negative	-,249
Kolmogorov-Smirnov Z		3,680
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- Grupo de estudio número dos (martes)

Tabla 24. Canal uno, exponencial grupo dos

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MARTES1		
N		193
Exponential parameter.	Mean	25,3005
Most Extreme Differences	Absolute	,201
	Positive	,072
	Negative	-,201
Kolmogorov-Smirnov Z		2,789
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.

b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número tres (miércoles)**

Tabla 25. Canal uno, exponencial grupo tres

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MIÉRCOLES1		
N		141
Exponential parameter.	Mean	26,6383
Most Extreme Differences	Absolute	,224
	Positive	,078
	Negative	-,224
Kolmogorov-Smirnov Z		2,660
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número cuatro (jueves)**

Tabla 26. Canal uno, exponencial grupo cuatro

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

JUEVES1		
N		214
Exponential parameter.	Mean	23,2710
Most Extreme Differences	Absolute	,227
	Positive	,047
	Negative	-,227
Kolmogorov-Smirnov Z		3,322
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número cinco (viernes)**

Tabla 27. Canal uno, exponencial grupo cinco

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

VIERNES1		
N		152
Exponential parameter.	Mean	26,0921
Most Extreme Differences	Absolute	,211
	Positive	,053
	Negative	-,211
Kolmogorov-Smirnov Z		2,607
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)

Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

6.4.3.2 Canal de descargue dos

Desde la Tabla 28 hasta la Tabla 32 se muestra el tipo de distribución de probabilidad a la cual obedece cada uno de los grupos de estudio establecidos para el descargue de fruto.

- **Grupo de estudio número uno (lunes)**

Tabla 28. Canal dos, exponencial grupo uno

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

LUNES2		
N		155
Exponential parameter.	Mean	23,1548
Most Extreme Differences	Absolute	,235
	Positive	,043
	Negative	-,235
Kolmogorov-Smirnov Z		2,927
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

- a. Test Distribution is Exponential.
b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)
 Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número dos (martes)**

Tabla 29. Canal dos, exponencial grupo dos

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MARTES2		
N		94
Exponential parameter.	Mean	24,0638
Most Extreme Differences	Absolute	,242
	Positive	,064
	Negative	-,242
Kolmogorov-Smirnov Z		2,344
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.
 b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)
 Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número tres (miércoles)**

Tabla 30. Canal dos, exponencial grupo tres

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

MIÉRCOLES2		
N		182
Exponential parameter.	Mean	23,7253
Most Extreme Differences	Absolute	,244
	Positive	,072
	Negative	-,244
Kolmogorov-Smirnov Z		3,295
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.
 b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)
 Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número cuatro (jueves)**

Tabla 31. Canal dos, exponencial grupo jueves

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

JUEVES2		
N		196
Exponential parameter.	Mean	25,6633
Most Extreme Differences	Absolute	,198
	Positive	,039
	Negative	-,198
Kolmogorov-Smirnov Z		2,776
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.
 b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov Z > Most Extreme Differences (Absolute)
 Resultado: De acuerdo a la prueba K –S de puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

- **Grupo de estudio número cinco (viernes)**

Tabla 32. Canal dos, exponencial grupo cinco

ONE-SAMPLE KOLMOGOROV-SMIRNOV TEST

VIERNES2		
N		141
Exponential parameter.	Mean	29,6454
Most Extreme Differences	Absolute	,222
	Positive	,078
	Negative	-,222
Kolmogorov-Smirnov Z		2,642
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

a. Test Distribution is Exponential.
 b. Calculated from data.

Validación: Kolmogorov-Smirnov $Z > \text{Most Extreme Differences (Absolute)}$
Resultado: De acuerdo a la prueba K –S se puede decir que la distribución es de tipo exponencial.

6.5 PARÁMETROS DEL MODELO

Los parámetros del modelo son todos aquellos resultados que se requieren para dar un juicio sobre el comportamiento del sistema de líneas de espera que se genera, estos resultados no muestran la solución del problema pero se utiliza como punto de partida para resolver los problemas de tiempos ociosos y despilfarro de personal capacitado.

Los parámetros del modelo son los siguientes:

- Tiempo entre llegadas de un vehículo.
- Tiempo de descargue del vehículo.
- Tiempo promedio de espera en cola.
- Número promedio de vehículos que esperan en la cola.
- Grado de utilización de los canales de descargue de fruto.

6.5.1 Tiempo entre llegadas de un vehículo. Para el cálculo de este parámetro fue necesario tener en cuenta que el tiempo entre llegadas incluyó no solo aquellas actividades relacionadas con el levante y transporte de fruto sino que también las relacionadas con actividades de descanso y necesidades fisiológicas. En la Tabla 33 se muestra el tiempo que transcurre entre las llegadas de un vehículo, es decir, es el tiempo que pasa desde que ha descargado el fruto en la planta y regresa nuevamente a descargar el fruto.

Tabla 33. Tiempo entre llegadas de un vehículo

Grupo de estudio	Tiempo entre llegadas (min.)
1. (Lunes)	226.83
2. (Martes)	223.85
3. (Miércoles)	230.81
4. (Jueves)	229.19
5. (Viernes)	207.52

6.5.2 Tiempo de descargue del vehículo. Para el tiempo de servicio de descargue se muestra de igual manera que para el tiempo ente llegadas los resultados de acuerdo a los grupos de estudio establecidos, estos resultados se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. Tiempo servicio de descargue por vehículo

Grupo de estudio	Descargue 1 (min.)	Descargue 2 (min.)
1. (Lunes)	21.67	23.15
2. (Martes)	25.30	24.06
3. (Miércoles)	26.64	23.73
4. (Jueves)	23.27	25.66
5. (Viernes)	26.09	29.65

6.5.3 Tiempo promedio de espera en la cola. Para el tiempo promedio de espera en la cola fue necesario tener en cuenta el comportamiento de los datos con el fin de determinar el modelo matemático que se ajuste a la realidad del proceso, dados estos resultados, los cuales se ajustaban a las condiciones de probabilidad establecidas por especialistas en la materia (distribución poisson y exponencial) se concretó que la resolución del modelo se podía realizar por medio de modelos matemáticos, sin embargo para efectos de presentación frente a los trabajadores y directivos de la organización, la evaluación de éste modelo se concretó por medio de una simulación en Promodel del proceso ya que el comportamiento de los datos no se ajustaba a ningún modelo de los que se han determinado en las tesis establecidas por los autores de libros y publicaciones.

6.5.4 Número promedio de vehículos que esperan en la cola. El resultado de esta variable se relacionó de acuerdo a la unidad de tiempo en que se presenta esta cola; es decir, se encontró el número de vehículos promedio que esperan en la cola por unidad de tiempo, la unidad de tiempo utilizada fue #vehículos/hora.

6.5.5 Situación actual del sistema. La evaluación realizada anteriormente se definió con el fin de establecer los parámetros actuales del modelo, y a partir de estos resultados generar propuestas de mejora enfocadas en los resultados de estos parámetros; a continuación se muestra de forma tabular la situación actual del modelo.

Tabla 35. Situación actual del modelo de líneas de espera

Línea de servicio	Tiempo espera en cola (min)	Vehículos en cola (hora)	Número máximo de vehículos en el sistema	Tiempo servicio (min)	Tiempo total (min)
Descargue 1	87,12	2.38	12	24.59	111,71
Descargue 2	87,12	2.38	12	25.25	112,37

Además del comportamiento del sistema planteado en la Tabla 35 la situación actual del sistema se complementa con la cantidad de fruto que ingresa bajo éstas condiciones, por lo tanto el fruto que ingresa en esta situación son 600 toneladas, las mismas que la planta extractora necesita diariamente que ingresen por parte del fruto propio; lo que se busca es bajo qué otras circunstancias se puede lograr que ingrese la misma cantidad de fruto disminuyendo el tiempo de espera en la cola, el número máximo de vehículos en la cola y el número promedio de vehículos por hora.

6.5.6 Grado de utilización de los canales de descargue de fruto. Los canales de servicio de descargue de fruto se evalúan de acuerdo a la utilización que tengan cada uno de ellos, la utilización de un canal se hace referencia al porcentaje de tiempo que dedica a prestar el servicio con relación al tiempo total de operación del sistema de líneas de espera y se

obtuvo a partir de los resultados de la simulación en ProModel. En la Tabla 36 se muestra el grado de utilización que tienen los canales de descargue de fruto.

Tabla 36. Grado de utilización de los canales de descargue de fruto

Línea de servicio	Grado de utilización (%)
Descargue 1	70.73
Descargue 2	73.71

6.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LÍNEAS DE ESPERA

De acuerdo a los resultados de la situación actual del proceso, los parámetros encontrados se relacionan directamente con el sistema de la cola, es decir; los resultados de cada línea de descargue varían únicamente en el tiempo de descargue de fruto ya que las demás variables como el número de vehículos en cola y el tiempo de espera en la cola obedecen al mismo comportamiento del sistema por tratarse de un sistema de una cola y dos canales de servicio.

Es así como se encuentra que el tiempo total en el sistema de líneas de espera es similar entre un canal de descargue y otro, además se observa de igual forma que el grado de utilización se comporta de forma muy parecida entre los sistemas de descargue garantizando de esta forma que el tiempo de descargue de fruto tienda a ser igual entre los dos.

6.6.1 Análisis del tiempo entre llegadas de un vehículo

Los resultados obtenidos se observan de acuerdo a los grupos de estudio que se asignaron en relación a los días de la semana, la variabilidad de este tiempo se atribuye a los sistemas de corte establecidos en la organización, en donde la política es realizar el proceso de corte a partir de los lotes más lejanos de la zona en relación a la planta extractora, y al final de la semana el corte de fruto se realice en los lotes mas cercanos a la planta; es así como se encuentra que en los primeros días de la semana el tiempo entre llegadas es relativamente mayor a los demás

días, el día Viernes por las mismas condiciones del proceso de corte de fruto el tiempo entre llegadas es el menor de todos los otros días de estudio.

6.6.2 Análisis del ciclo de levante y transporte de fruto

Para el cálculo del ciclo de levante y transporte de fruto fue necesario realizar un compacto entre los estudios de tiempos y movimientos con el estudio de líneas de espera con el fin de calcular primero que nada el tiempo de ruta del levante y transporte de fruto. Gracias al estudio de tiempos, y calcular el tiempo de espera en la planta por medio del estudio de colas; cada uno de estos resultados se basó en una validación estadística y en una metodología propia de aplicación. En la Tabla 37 se muestra este compacto realizado especificando la proveniencia de cada uno de los datos.

Tabla 37. Ciclo de levante y transporte de fruto

Zona	Tiempo total de ruta (min)	Tiempo en planta (min)	Ciclo de levante y transporte (min)
1 (Corredor)	182,12	112,04	294,16
2 (Establo 4)	167,43	112,04	279,47
3 (Muleria 1)	151,96	112,04	264,00
4 (Arandu)	140,09	112,04	252,13
5 (Patio bonito)	162,76	112,04	274,80
6 (Montecarlo)	170,14	112,04	282,18
7 (Damasco)	266,29	112,04	378,33

En la Tabla 37 se puede observar que el tiempo en planta es similar en todos los días ya que por las circunstancias del proceso en torno a que no se puede plantear un modelo de programación de horarios para cada uno de los días ya que la producción de fruto que se presupuesta diariamente supera la capacidad de producción de la planta extractora, ocasionando que se acumule fruto diariamente y afecte la programación de los vehículos del día anterior. El tiempo en la planta se obtuvo a partir del promedio de ésta misma variable en la Tabla 35 con el fin de establecer una constante para cada una de las zonas de la plantación.

7. ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO

Con el fin de brindar soluciones a la problemática planteada en el actual proceso se propusieron alternativas que buscan un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y disminuir el tiempo promedio en la cola así como dar la oportunidad de igualar el ingreso promedio de un trabajador con base en el número de toneladas que descarga.

Estas alternativas surgieron con base en la continuidad que la empresa quiere brindar a los horarios planteados por parte la sección agronómica, además; la prioridad fue plantear propuestas con los recursos y el tiempo disponible por parte de las cooperativas transportadoras y de la misma empresa en la cual se buscaban que fueran prácticas y de fácil acceso.

7.1 PROGRAMACIÓN DE TURNOS DE CUMPLIMIENTO

Los turnos propuestos se encaminan a generar un flujo continuo de ingreso de fruto a la planta extractora que garantice en todo momento la existencia de materia prima en la planta y que además disminuya los tiempos de espera y la cantidad promedio de vehículos en la cola; por otro lado se busca al mismo tiempo determinar el número de vehículos y de operarios necesarios para realizar la labor de acuerdo a los horarios de servicio establecidos.

Las alternativas planteadas se realizaron a partir de reuniones realizadas con los trabajadores y gerentes de las cooperativas transportadoras y además en presencia de los Directores de cada una de las Divisiones, en donde se acordó analizar el impacto que genera trabajar con una serie de horarios de cumplimiento y al mismo tiempo evaluar cuál sería la mejor opción con el fin de ponerla en práctica durante la próxima temporada de alta producción de racimos de fruta (Enero – Abril).

Las propuestas realizadas se plantearon teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Es necesario tener presente que la capacidad de procesamiento de la planta extractora es de 35 toneladas de fruto por hora en promedio, de los cuales se extrae el 20% en aceite; quiere decir que al final del día la planta procesa en promedio 840 toneladas, en donde 240 toneladas son procedentes de los proveedores de la empresa; por consiguiente solo 600 toneladas son procedentes del fruto que se cosecha en los predios de Bucarelia, es por ello que la capacidad de recepción de fruto diario por parte de la planta extractora es igual a 600 toneladas.
- Una de las finalidades del mejoramiento del proceso fue buscar la equidad en cuanto a la cantidad de fruto que puede recolectar cada vehículo y cada cooperativa, fue por ello que se planteó en primera instancia que cada cooperativa tenía derecho a ingresar 200 toneladas de fruto diariamente y a partir de allí organizar los vehículos para cumplir con este parámetro.
- Debe aclararse que los resultados obtenidos se manejan exclusivamente para épocas de alta producción de racimos de fruta y por tanto no se presentarán detenciones en el proceso de recolección porque en un momento dado no exista fruto disponible para recolectar, ya que la particularidad de la época de alta producción es que siempre se va a tener fruto para recolectar durante todo el día.
- Para la asignación de los horarios de cumplimiento se tuvo en cuenta el número de operarios con los cuales se calculó el tiempo de ciclo de la ruta, es decir el número de operarios con que contaba cada vehículo al momento de tomar las muestras, y a partir de allí se tuvo presente que para cumplir con las alternativas planteadas cada vehículo debe contar con un número de

trabajadores estándar para ésta labor (el número de trabajadores con los cuales se tomó la muestra).

- Las propuestas planteadas se realizaron de forma tal que los vehículos no cuentan con el tiempo suficiente para realizar reparaciones durante el proceso, es por ello que estos horarios se plantearon teniendo presente que los vehículos se encuentran en buen estado para realizar la labor de forma normal.
- Los horarios planteados para cada División se basaron en los tiempos de ruta obtenidos a través del estudio de tiempos y movimientos y el estudio de líneas de espera, la Tabla 38 muestra estos tiempos de acuerdo a cada cooperativa.

Tabla 38. Ciclo de turno por División

Cooperativa	División	Tiempo ruta (min.)	Tiempo descargue (min.)	Ciclo de turno (min.)
Cootracor	1	175	25	200
Cootraespecial	2	152	25	177
Coosembrar	3	211	25	236

Las propuestas de mejoramiento son las siguientes:

- A.** Jornada laboral de servicio de la planta extractora de 6:00 a.m. – 10:00 p.m.
- B.** Jornada laboral de servicio de la planta extractora de 6:00 a.m. – 10:00 p.m., con un tiempo laboral efectivo de 12 horas por vehículo.
- C.** Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas para cada cooperativa.
- D.** Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas para cada cooperativa.

Se debe tener presente que la capacidad de procesamiento de la planta extractora es 35 ton. / hora, sin embargo el horario de recepción de fruto no son las 24 horas, son 16 horas (6:00 a.m. – 10:00 p.m.), las ocho horas restantes se procesan con fruto que se ha almacenado durante todo el

día, es decir; en 16 horas ingresan las toneladas de fruto que la planta extractora necesita para laborar las 24 horas del día, por lo tanto, la capacidad de recepción de fruto ya no será 35 ton. / hora sino que aumentará a 52,5 ton. / hora.

Por cada alternativa se presenta al mismo tiempo la programación de los turnos de cumplimiento de los vehículos que recolectan el fruto comprado con base en una cantidad diaria de recepción de 240 toneladas con lo cual se completan las exigencias diarias de fruto de la planta extractora (840 toneladas).

Los vehículos que entregan el fruto comprado tienen capacidad de 15 ton. cada uno, por lo tanto el número de vehículos necesarios para entregar 240 toneladas es 16 (240 ton. / 15ton/vehículo).

7.1.1 Jornada laboral de servicio de la planta extractora de 6:00 a.m. – 10:00 p.m.

La jornada laboral de 6:00 a.m. hasta las 10:00 p.m. es propuesta con base en el horario de recepción de fruto el cual presenta el mismo horario de servicio, la empresa y los Gerentes de las cooperativas transportadoras junto con los alzadores de fruto buscaban equidad en cuanto al número de viajes que se le permitía a cada vehículo dependiendo de la cooperativa a la cual perteneciera; y se encontró que para la división uno y dos el número de viajes que establece esta equidad es igual a tres, mientras que para la división tres los viajes necesarios por vehículo es igual a dos. La tasa de llegada de cada viaje de 10 toneladas de fruto por cada cooperativa es de 5 viajes/4 horas (20 viajes/16 horas)

La programación de los horarios se basó en la tasa de llegada de los vehículos para cumplir con el ingreso de 200 toneladas de fruto por cooperativa, además se tuvo presente la hora a la cual se inicia el proceso de levante y transporte de fruto con el fin de programar los vehículo de acuerdo a este horario; finalmente con ésta propuesta se busca que como

mínimo por cada hora se encuentre un vehículo de cada cooperativa descargando el fruto a excepción de la cooperativa Coosembrar (División 3) en el turno de las 6:00 a.m. ya que de acuerdo a la hora que inicia el proceso no puede cumplir con éste turno con el propósito de administrar la demanda de vehículos durante todo el día laboral.

En esta propuesta se plantea que el inicio de los horarios de descargue de fruto en la planta extractora, inicie a partir de las 6:00 a.m. y se prolongue hasta las 10:00 p.m.; durante este lapso de tiempo los vehículos poseen una gran holgura de tiempo entre la llegada de un viaje de fruto y la salida del siguiente con el fin de garantizar la cantidad de fruto necesario y la hora a la cual se requiera entregar en la planta extractora.

El cálculo del número de vehículos necesarios para cumplir con la actual propuesta se basó en la tasa de llegadas establecida por cada cooperativa y el tiempo del ciclo de la ruta, el número de operarios y de vehículos necesarios se muestra a continuación:

Tabla 39. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta A.

Cooperativa o Zona	# Vehículos	# Operarios / Vehículo
Cootracor	7	2
Cootraespecial	7	2
Montecarlo (6)	5	3
Damasco (7)	5	5

De acuerdo a los parámetros de la propuesta en cuanto al número de vehículos y trabajadores, los horarios propuestos bajo estas condiciones son los siguientes:

Tabla 40. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento A

DIVISION	1er. VIAJE		2do. VIAJE		3er. VIAJE	
	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.
DIVISION 1	04:30	07:25	09:30	12:25	14:30	17:25
	04:30	07:25	09:30	12:25	15:30	18:25
	05:30	08:25	10:30	13:25	16:30	19:25
	05:30	08:25	11:30	14:25	17:30	20:25
	06:30	09:25	12:30	15:25	17:30	20:25
	07:30	10:25	13:30	16:25	18:30	21:25
	08:30	11:25	13:30	16:25		
DIVISION 2	04:00	06:32	09:00	11:32	15:00	17:32
	04:00	06:32	10:00	12:32	16:00	18:32
	05:00	07:32	11:00	13:32	16:00	18:32
	06:00	08:32	12:00	14:32	17:00	19:32
	07:00	09:32	12:00	14:32	18:00	20:32
	08:00	10:32	13:00	15:32	19:00	21:32
	08:00	10:32	14:00	16:32		
DIVISION 3	04:00	07:31	11:00	14:31		
	04:00	07:31	12:00	15:31		
	05:00	08:31	12:00	15:31		
	06:00	09:31	13:00	16:31		
	06:00	09:31	14:00	17:31		
	07:00	10:31	14:00	17:31		
	08:00	11:31	15:00	18:31		
	08:00	11:31	16:00	19:31		
	09:00	12:31	17:00	20:31		
10:00	13:31	18:00	21:31			

Resultados generados por la actual propuesta.

El alcance que se genera a partir de la anterior propuesta en cuanto a la totalidad de los parámetros que arroja Promodel es limitado, es por ello que los factores que se pueden observar a partir de la anterior propuesta son los siguientes:

- Cantidad de toneladas que ingresan = 600. Divididas de la siguiente manera:
 - a. División 1 = 200 toneladas.
 - b. División 2 = 200 toneladas.
 - c. División 3 = 200 toneladas.

Para el manejo del fruto que se compra se busca que se complemente con la cantidad de fruto propio que se recibe, además, los horarios se plantearon con el fin de tener un número constante de vehículos descargando fruto por cada hora (5 vehículos), por lo tanto los horarios para el fruto comprado son:

Tabla 41. Fruto comprado para la propuesta A.

No. vehículos	Turno de cumplimiento
2	6:00 a.m. – 7:00 p.m.
-	7:00 a.m. – 8:00 p.m
1	8:00 a.m. – 9:00 p.m
1	9:00 a.m. – 10:00 p.m
1	10:00 a.m. – 11:00 p.m
1	11:00 a.m. – 12:00 a.m
1	12:00 a.m. – 13:00 p.m
1	13:00 p.m. – 14:00 p.m
1	14:00 p.m. – 15:00 p.m
1	15:00 p.m. – 16:00 p.m
1	16:00 p.m. – 17:00 p.m
1	17:00 p.m. – 18:00 p.m
1	18:00 p.m. – 19:00 p.m
1	19:00 p.m. – 20:00 p.m
1	20:00 p.m. – 21:00 p.m
1	21:00 p.m. – 22:00 p.m

7.1.2 Jornada laboral de servicio de 6:00 a.m. a 10:00 p.m., con un tiempo laboral efectivo de 12 horas por vehículo.

La necesidad de plantearla presente alternativa fue la de disminuir el número de vehículos necesarios para cumplir con la labor junto con el tiempo ocioso que se presenta cuando los vehículos han descargado el fruto en la planta y se preparan nuevamente para iniciar un nuevo ciclo.

La política de ingreso de vehículos por cada cooperativa esta dado en 5viajes / 4horas (20 viajes / 16 horas), ésta tasa de llegada es similar a la anterior propuesta ya que para la presente alternativa existe el mismo radio de cumplimiento de horarios y es por ello que se conserva el tiempo de servicio de descargue que ofrece la planta extractora.

Del mismo modo se busca que se mantenga un flujo continuo de entrada de vehículos a la planta, por lo tanto los horarios planteados se encuentran distribuidos de manera que por cada hora se encuentren entre uno y dos vehículos descargando el fruto por cada cooperativa.

Para el cálculo del número de vehículos con los que se cuenta para la presente alternativa, se tuvo en cuenta el tiempo laboral efectivo (12 horas) y el ciclo de turno promedio por cada división mostrado en la Tabla 38, obteniendo como resultado las especificaciones de alzadores y vehículos los cuales se muestran en la Tabla 42.

Tabla 42. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta B.

Cooperativa o Zona	# Vehículos	# Operarios / Vehículo
Cootracor	6	2
Cootraespecial	5	2
Montecarlo (6)	3	3
Damasco (7)	4	5

La propuesta de horarios de cumplimiento de cada uno de los vehículos de las cooperativas de transporte son los siguientes (Ver Tabla 43: Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento B).

La política para el manejo del fruto que se compra busca que exista un flujo constante de vehículos ingresando a la planta, por lo tanto dadas las condiciones que se presentan en los horarios planteados para el fruto propio, el número de vehículos que se espera ingresar a la planta extractora por cada hora es 5; por consiguiente los horarios para el fruto comprado son (Ver Tabla 44: Fruto comprado para la propuesta B).

Tabla 43. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento B

DIVISION	1er. VIAJE		2do. VIAJE		3er. VIAJE		4to. VIAJE	
	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA
	SAL.	LLEG.	SAL.	LLEG.	SAL.	LLEG.	SAL.	LLEG.
DIVISION 1	04:30	07:25	08:30	11:25	13:30	16:25	18:30	21:25
	04:30	07:25	09:30	12:25	14:30	17:25	18:30	21:25
	05:30	08:25	10:30	13:25	15:30	18:25		
	06:30	09:25	11:30	14:25	16:30	19:25		
	07:30	10:25	12:30	15:25	16:30	19:25		
	08:30	11:25	12:30	15:25	17:30	20:25		
DIVISION 2	04:00	06:32	08:00	10:32	12:00	14:32	16:00	18:32
	04:00	06:32	08:00	10:32	12:00	14:32	16:00	18:32
	05:00	07:32	09:00	11:32	13:00	15:32	17:00	19:32
	06:00	08:32	10:00	12:32	14:00	16:32	18:00	20:32
	07:00	09:32	11:00	13:32	15:00	17:32	19:00	21:32
DIVISION 3	04:00	07:31	09:00	12:31	14:00	17:31		
	04:00	07:31	09:00	12:31	15:00	18:31		
	05:00	08:31	10:00	13:31	16:00	19:31		
	05:00	08:31	11:00	14:31	17:00	20:31		
	06:00	09:31	12:00	15:31	17:00	20:31		
	07:00	10:31	13:00	16:31	18:00	21:31		
	08:00	11:31	13:00	16:31				

Tabla 44. Fruto comprado para la propuesta B.

No. vehículos	Turno de cumplimiento
2	6:00 a.m. – 7:00 p.m.
-	7:00 a.m. – 8:00 p.m
1	8:00 a.m. – 9:00 p.m
1	9:00 a.m. – 10:00 p.m
1	10:00 a.m. – 11:00 p.m
1	11:00 a.m. – 12:00 a.m
1	12:00 a.m. – 13:00 p.m
1	13:00 p.m. – 14:00 p.m
1	14:00 p.m. – 15:00 p.m
1	15:00 p.m. – 16:00 p.m
1	16:00 p.m. – 17:00 p.m
1	17:00 p.m. – 18:00 p.m
1	18:00 p.m. – 19:00 p.m
1	19:00 p.m. – 20:00 p.m
1	20:00 p.m. – 21:00 p.m
1	21:00 p.m. – 22:00 p.m

Resultados generados por la actual propuesta.

Los factores que se pueden observar a partir de la anterior propuesta son los siguientes:

- Cantidad de toneladas que ingresan = 600. Divididas de la siguiente manera:
 - a. División 1 = 200 toneladas.
 - b. División 2 = 200 toneladas.
 - c. División 3 = 200 toneladas.

7.1.3 Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas para cada cooperativa.

Se debe tener en cuenta que cada cooperativa de transporte se encarga del proceso de levante y transporte de fruto en una División específica, a continuación se muestra esta relación y los turnos de 8 horas correspondientes a cada cooperativa.

Tabla 45. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas.

Cooperativa	División	Turnos de servicio
Cootracor	1	8:00 a.m. - 4:00 p.m.
Cootraespecial	2	6:00 a.m. - 2:00 p.m.
Coosembrar	3	10:00 a.m. - 6:00 p.m.

El planteamiento de la actual propuesta surgió con base en la inquietud que tenían los directivos de la empresa sobre la necesidad de limitar el servicio de descargue de fruto por cada cooperativa a solo ocho horas con el fin de evaluar como sería el comportamiento del proceso bajo la intensidad laboral de los horarios de oficina.

La tasa de llegada de los vehículos por cada cooperativa se encuentra en 5viajes / 2horas (20 viajes / 8 horas) con el fin de cumplir 20 viajes de diez toneladas de fruto en 8 horas.

De acuerdo a las exigencias de la organización las cuales consistían en que los turnos de inicio de descargue fueran escalonados con base en cada cooperativa, se propuso establecer ésta programación en función de

la distancia a la cual cada cooperativa recolectaba fruto, es decir; la primera cooperativa en ingresar fruto fue cootraespecial, la segunda cootractor y la tercera coosembrar, además la diferencia entre el inicio del servicio de descargue entre una cooperativa y otra es de dos horas, tal como lo muestra la Tabla 45.

El número de vehículos necesarios para llevar a cabo ésta alternativa se basó en el tiempo laboral efectivo el cual es de 8 horas junto con el ciclo de turno por cada división, éste resultado se muestra en la Tabla 46.

Con el fin de cumplir con la tasa de llegada de los vehículos y un flujo continuo de entrada de vehículos, los horarios se establecieron de modo tal que cada cooperativa ingrese entre dos o tres vehículos de forma intercalada entre una hora y otra; por ejemplo, el turno de 7:00 a.m. ingresan dos vehículos y el de 8:00 a.m. lo hacen tres, y así de forma sucesiva hasta completar ocho horas.

Tabla 46. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta C.

Cooperativa o Zona	# Vehículos	# Operarios / Vehículo
Cotractor	9	2
Cootraespecial	8	2
Montecarlo (6)	5	3
Damasco (7)	5	5

Los horarios propuestos para cada uno de los vehículos de las cooperativas de transporte se muestran a continuación:

Tabla 47. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento C

DIVISIÓN	1er. VIAJE		2do. VIAJE		3er. VIAJE	
	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.
DIVISIÓN 1	05:15	08:10	08:40	11:35	12:30	15:25
	05:30	08:25	09:10	12:05	12:30	15:25
	06:15	09:10	09:40	12:35		
	06:30	09:25	10:30	13:25		
	06:30	09:25	10:30	13:25		
	07:15	10:10	10:40	13:35		
	07:30	10:25	11:30	14:25		
	08:15	11:10	11:40	14:35		
	08:30	11:25	12:30	15:25		
DIVISIÓN 2	04:00	06:32	07:00	09:32	10:00	12:32
	04:00	06:32	07:00	09:32	10:00	12:32
	04:00	06:32	08:00	10:32	11:00	13:32
	05:00	07:32	08:00	10:32	11:00	13:32
	05:00	07:32	08:00	10:32		
	06:00	08:32	09:00	11:32		
	06:00	08:32	09:00	11:32		
DIVISIÓN 3	07:00	10:31	11:00	14:31		
	07:00	10:31	11:00	14:31		
	07:00	10:31	11:00	14:31		
	08:00	11:31	12:00	15:31		
	08:00	11:31	12:00	15:31		
	09:00	12:31	13:00	16:31		
	09:00	12:31	13:00	16:31		
	09:00	12:31	13:00	16:31		
	10:00	13:31	14:00	17:31		
	10:00	13:31	14:00	17:31		

El fruto que se compra se maneja de forma tal que al inicio y al final del día laboral puedan ingresar éstos vehículos, ya que para éste caso el flujo de ingreso de vehículos de fruto propio iguala o supera la capacidad de recepción de fruto de planta extractora; por lo tanto los horarios de cumplimiento de fruto comprado son los siguientes:

Tabla 48. Fruto comprado para la propuesta C.

No. vehículos	Turno de cumplimiento
2	6:00 a.m. – 7:00 p.m.
2	7:00 a.m. – 8:00 p.m.
2	16:00 p.m. – 17:00 p.m.
2	17:00 p.m. – 18:00 p.m.
4	18:00 p.m. – 19:00 p.m.
4	19:00 p.m. – 20:00 p.m.

C. 1.Resultados generados por la actual propuesta.

Los factores que se pueden observar a partir de la anterior propuesta son los siguientes:

- Cantidad de toneladas que ingresan = 600. Divididas de la siguiente manera:
 - a. División 1 = 200 toneladas.
 - b. División 2 = 200 toneladas.
 - c. División 3 = 200 toneladas.

7.1.4 Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas para cada cooperativa.

La programación por turnos de 10 horas se propuso con el fin de disminuir el flujo de ingreso de vehículos que se presenta en la alternativa de la programación de turnos por 8 horas, ya que es posible que los turnos de 8 horas se encuentren demasiado ajustados en cuanto a los horarios de llegada y salida de vehículos.

La tasa de llegada de los vehículos por cada cooperativa esta dado en 2viajes / hora (20 viajes / 10 horas), ya que ésta relación debe cumplir con 20 viajes de fruto en un radio de 10 horas.

La política de funcionamiento se estableció con base en las exigencias que planteó la organización en los turnos de 8 horas, es decir; turnos escalonados de cumplimiento con base en la distancia a las zonas a las cuales las cooperativas recolectan fruto, tal como se observa en la Tabla 49.

Al igual que en las demás alternativas el número de vehículos es calculado a partir del número efectivo de horas laborales sobre el ciclo de turno por cada división, estos resultados se muestran en la Tabla 50.

Tabla 49. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas.

Cooperativa	División	Turnos de servicio
Cootracor	1	8:00 a.m. - 6:00 p.m.
Cootraespecial	2	6:00 a.m. - 4:00 p.m.
Coosembrar	3	10:00 a.m. - 8:00 p.m.

El número de vehículos y trabajadores necesarios para cumplir con la actual propuesta se muestra continuación.

Tabla 50. Vehículos y operarios necesarios para la propuesta D.

Cooperativa o Zona	# Vehículos	# Operarios / Vehículo
Cootracor	7	2
Cootraespecial	6	2
Montecarlo (6)	4	3
Damasco (7)	4	5

Los horarios propuestos para cada uno de los vehículos de las cooperativas de transporte se muestran a continuación (Ver Tabla 51: Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento D).

Los vehículos que se encargan de recolectar el fruto comprado se programan de forma tal que por cada hora de recepción lleguen por lo menos 5 vehículos a descargar entre fruto propio y comprado, por lo tanto; los horarios programados para establecer este flujo son los siguientes (Ver Tabla 52: Fruto comprado para la propuesta D).

Tabla 51. Horarios de trabajo de los vehículos de acuerdo a la propuesta de mejoramiento D

DIVISION	1er. VIAJE		2do. VIAJE		3er. VIAJE		4to. VIAJE	
	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.	HORA SAL.	HORA LLEG.
DIVISION 1	05:15	08:10	08:40	11:35	12:30	15:25		
	05:30	08:25	09:10	12:05	12:30	15:25		
	06:10	09:05	09:30	12:25	13:30	16:25		
	06:30	09:25	10:10	13:05	13:30	16:25		
	07:10	10:05	10:30	13:25	14:30	17:25		
	07:30	10:25	11:10	14:05	14:30	17:25		
	08:10	11:05	11:30	14:25				
DIVISION 2	04:00	06:35	07:00	09:35	10:00	12:35	13:00	15:35
	04:00	06:35	07:00	09:35	10:00	12:35	13:00	15:35
	05:00	07:35	08:00	10:35	11:00	13:35		
	05:00	07:35	08:00	10:35	11:00	13:35		
	06:00	08:35	09:00	11:35	12:00	14:35		
	06:00	08:35	09:00	11:35	12:00	14:35		
DIVISION 3	07:00	10:31	11:00	14:31	15:00	18:31		
	07:00	10:31	11:00	14:31	15:00	18:31		
	08:00	11:31	12:00	15:31	16:00	19:31		
	08:00	11:31	12:00	15:31	16:00	19:31		
	09:00	12:31	13:00	16:31				
	09:00	12:31	13:00	16:31				
	10:00	13:31	14:00	17:31				
10:00	13:31	14:00	17:31					

Tabla 52. Fruto comprado para la propuesta D.

No. vehículos	Turno de cumplimiento
3	6:00 a.m. – 7:00 p.m.
2	7:00 a.m. – 8:00 p.m.
2	8:00 a.m. – 9:00 p.m.
1	9:00 a.m. – 10:00 p.m.
1	16:00 p.m. – 17:00 p.m.
2	17:00 a.m. – 18:00 p.m.
2	18:00 a.m. – 19:00 p.m.
3	19:00 a.m. – 20:00 p.m.

D. 1. Resultados generados por la actual propuesta.

Los factores que se pueden observar a partir de la anterior propuesta son los siguientes:

- Cantidad de toneladas que ingresan = 600. Divididas de la siguiente manera:
 - a. División 1 = 200 toneladas.
 - b. División 2 = 200 toneladas.
 - c. División 3 = 200 toneladas.

7.2 ACCIONES COMPLEMENTARIAS

De acuerdo a los resultados encontrados en los estudios aplicados al presente proyecto de grado surgieron acciones complementarias apoyan las propuestas anteriores y que además ayudan a garantizar el cumplimiento de los horarios de llegada y salida de vehículos. La actual acción tiene como fin la implementación de un programa de capacitación con los trabajadores de las zonas que por su bajo rendimiento en el proceso de levante de racimos y fruto suelto no logran competir con los tiempos de levante de las demás zonas, para ser más específico el programa de capacitación debe ir enfocado en primera instancia a los nuevos trabajadores que ingresan para los picos de alta producción de racimos de fruta de la zona siete (Damasco) en donde por observación directa del proceso y basado en el registro de tiempos se encontró que el rendimiento promedio por trabajador es bastante inferior en comparación a las demás zonas, además se debe tener en cuenta que esta zona es la que posee el ciclo de ruta mas largo, lo que obliga a contar con trabajadores de un alto rendimiento y que permitan disminuir en gran medida las diferencias existentes entre los ciclos de ruta de las demás zonas de la plantación.

7.3 LEVANTE MECÁNICO DE FRUTO

La mecanización del trabajo agrícola se está convirtiendo en la forma como la gran mayoría de las empresas se están preparando para asumir los riesgos y competencias para el nuevo milenio, están buscando aumentar la eficacia y la eficiencia de sus procesos con el fin de

garantizar un producto de calidad para el cliente y mantener su nivel de satisfacción en el umbral de sus expectativas.

Para el caso del proceso de levante y transporte de fruto, la mecanización consiste en la implementación de transportes con una grúa en la parte de atrás del vehículo, los vaciaderos cuentan con una malla en el piso, en donde los racimos cortados son arrojados para su posterior levante. El proceso de levante de racimos se hace de la siguiente forma:

- El proceso de levante de racimos y fruto suelto no requiere de trabajadores, el personal necesario para este proceso se reduce a simplemente un trabajador y éste es el conductor del vehículo.
- Al llegar el vehículo a un vaciadero el primer paso es tomar la red llena de racimos y fruto suelto con la grúa.
- A continuación se procede a levantar el fruto y depositarlo en el vehículo.
- El siguiente paso es colocar nuevamente la red en el vaciadero para colocar los racimos cortados.
- Este proceso se repite en todos los vaciaderos necesarios para llenar el vehículo, y al término del llenado del vehículo se procede a dirigirse a la planta extractora para descargar el fruto.

El anterior proceso se plantea como una nueva manera de realizar el proceso, con el fin de disminuir los costos laborales y el ciclo de ruta del proceso; además se busca al mismo tiempo mecanizar el proceso con el fin de iniciar una implementación de maquinaria nueva en los procesos de producción de racimos de fruta y competir de forma internacional con tecnología y calidad en sus procesos y productos.

8. PROMODEL

ProModel es un software especializado en simulación para evaluar, planificar o rediseñar procesos de manufactura, almacenaje, distribución, logística y transporte. Esta herramienta fácil de utilizar, le permite construir una representación computacional del funcionamiento de su empresa, para luego evaluar diferentes escenarios de configuración y proveerlo de la mejor solución. La animación y resultados gráficos son herramientas extremadamente poderosas para visualizar y entender el comportamiento de su sistema

Para la evaluación de las propuestas realizadas fue necesario realizar una simulación en ProModel con el fin de minimizar los costos de implementar una prueba piloto a cada una de ellas y evaluar su viabilidad y así mismo tener una mayor certeza sobre la alternativa que más se ajuste a la realidad del proceso.

ProModel nos brindó la herramienta para evaluar el proceso de la forma más real posible, los diferentes modelos de simulación realizados en ProModel presentan las siguientes características:

- Los tiempos de recolección de fruto se manejan a partir del promedio establecido para cada División, vale recordar que a cada cooperativa de transporte le corresponde realizar el proceso en una División.
- La simulación del proceso inicia desde el mismo punto (planta extractora) para cada uno de los vehículos de las cooperativas transportadoras, con el fin de tener presente el tiempo de transporte desde la planta hasta el vaciadero.
- El tiempo de simulación depende de la alternativa la cual se evalúa dependiendo de los horarios de cumplimiento, ya que éste parámetro cambia entre cada alternativa.

- La situación actual se evaluó a partir de un modelo diferente ya que los datos de entrada del modelo fueron el tiempo entre llegadas de los vehículos y no el tiempo de levante y transporte utilizado para evaluar las alternativas de mejora, éste modelo se realizó de ésta forma ya que no existe un horario de cumplimiento para la actual labor y por lo tanto los datos que se obtienen son el tiempo entre llegadas y el tiempo de descargue.
- El tiempo de descargue de fruto se suministró de acuerdo a los resultados generados por el estudio de líneas de espera, con lo cual su comportamiento obedece a una distribución de probabilidad exponencial.
- Los datos de entrada del modelo en cuanto al tiempo de transporte de los vehículos se asignó teniendo en cuenta la distancia entre cada zona con relación a la planta extractora y la velocidad promedio de los vehículos en caso de encontrarse cargado de fruto o simplemente vacío.

Figura 4. Layout modelo de simulación situación actual

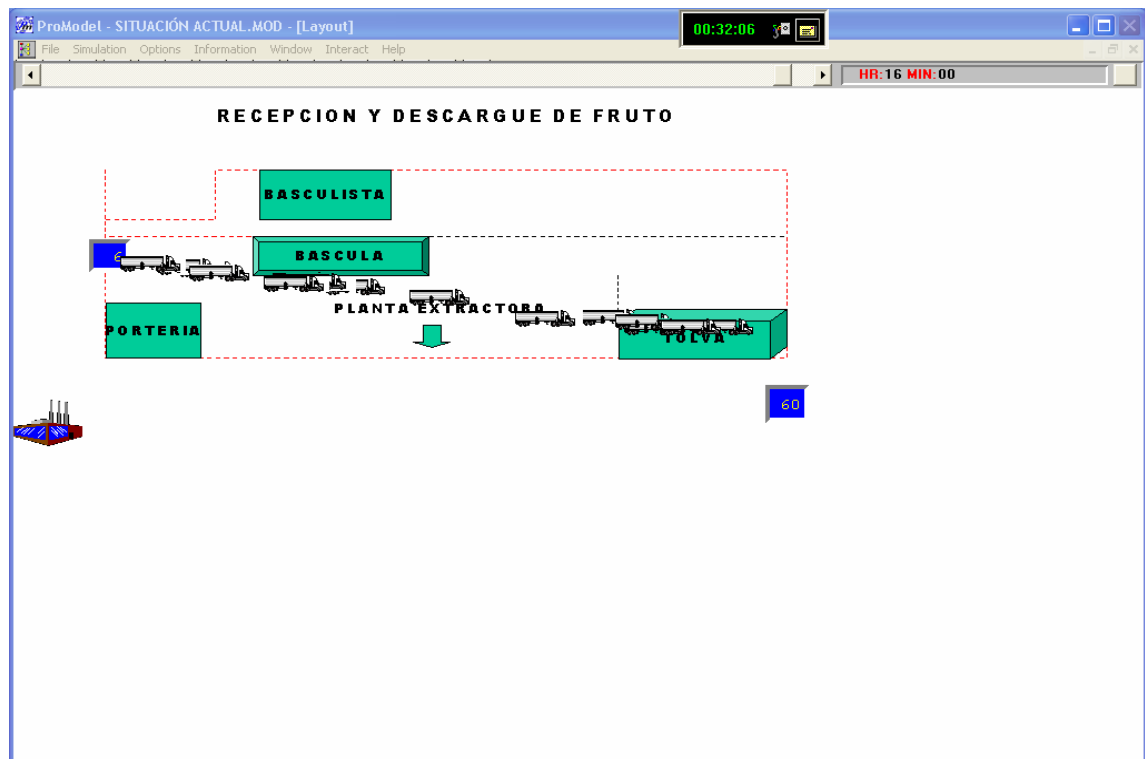
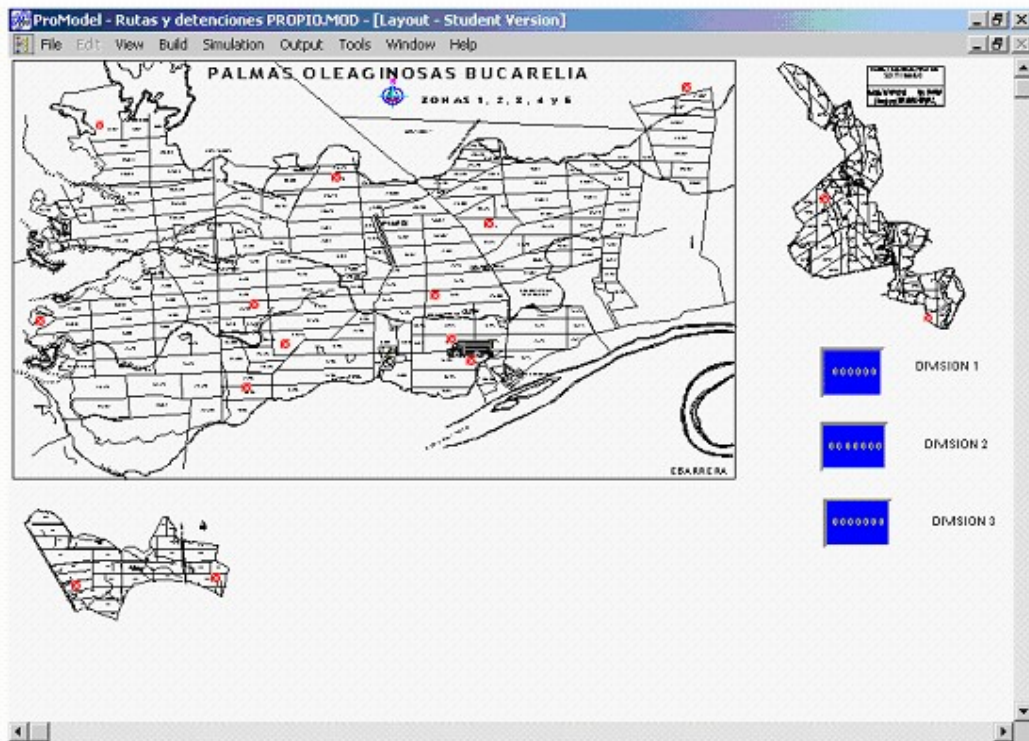


Figura 5. Layout modelo de simulación alternativas de mejora



8.1 VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE PROMODEL COMO HERRAMIENTA DE SOLUCIÓN.

De las anteriores condiciones con las cuales se diseñó el modelo de simulación en Promodel, las que adquieren una mayor importancia con relación a los horarios determinísticos planteados son:

- El manejo de los datos desde el punto de vista de la variabilidad del proceso.
- Análisis de la inclusión de nuevos vehículos dentro del sistema con lo que brinda un mayor radio de evaluación que la realizada de forma determinística.
- Permite la observación de variables como el tiempo de espera en la cola el cual no se puede determinar de forma determinística a partir de los horarios planteados.

- Brinda la oportunidad de observar el rendimiento presentado por cada cooperativa desde el punto de vista de la cantidad de fruto que ingresa cada una de ellas.

8.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN REALIZADA A CADA ALTERNATIVA

Los parámetros que se evaluaron con base en la simulación del modelo para comparar el funcionamiento entre una propuesta y otra fueron los siguientes:

- Número máximo de vehículos en el sistema.
- Cantidad de toneladas de fruto que ingresan y la procedencia de ellas.
- Número promedio de minutos que espera en la cola un vehículo.

Los resultados generados por ésta simulación para cada una de las propuestas son los siguientes:

A. Jornada laboral de servicio de descargue de fruto de 6:00 a.m. – 10:00 a.m.

Las condiciones brindadas por la actual propuesta son las siguientes:

1. Número máximo de vehículos en el sistema = 9
2. Cantidad de toneladas que ingresan = 660. De las cuales se dividieron de la siguiente forma:
 - División 1 = 210 toneladas.
 - División 2 = 220 toneladas.
 - División 3 = 230 toneladas.
3. Número promedio de minutos en la cola = 59,41 minutos.

B. Jornada laboral de servicio de descargue de 6:00 a.m. – 10:00 p.m., con un tiempo laboral efectivo de 12 horas por vehículo

En cuanto a la simulación del modelo la diferencia que existe con la anterior alternativa es la utilización de un número diferente de vehículos y un tiempo de descanso y alimentación igual a dos horas. Los resultados de los parámetros que se generaron a partir de la actual propuesta son los siguientes:

1. Número máximo de vehículos en el sistema = 6
2. Cantidad de toneladas que ingresan = 610. De las cuales se dividieron de la siguiente forma:
 - División 1 = 200 toneladas
 - División 2 = 200 toneladas
 - División 3 = 210 toneladas
3. Número promedio de minutos en la cola = 56,49 minutos.

C. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 8 horas

Los resultados generados a partir de ProModel con base en la actual propuesta fueron los siguientes:

1. Número máximo de vehículos en el sistema = 10
2. Cantidad de toneladas que ingresan = 640. De las cuales se dividieron de la siguiente forma:
 - División 1 = 220 toneladas.
 - División 2 = 240 toneladas.
 - División 3 = 180 toneladas.
3. Número promedio de minutos en la cola = 43,63 minutos.

D. Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas

La simulación en ProModel arrojó los siguientes resultados de acuerdo a los parámetros establecidos:

1. Número máximo de vehículos en el sistema = 10
2. Cantidad de toneladas que ingresan = 610; de las cuales se dividieron de la siguiente forma:

- División 1 = 210 toneladas.
- División 2 = 230 toneladas.
- División 3 = 170 toneladas.

3. Número promedio de minutos en la cola = 39,04 minutos.

8.3 ALTERNATIVA RECOMENDADA

Con el fin de dar un juicio sobre las alternativas planteadas anteriormente y proponer cuál de ellas sería la más conveniente para aplicar en sistema de la empresa, el parámetro que se tuvo en cuenta para evaluar la mejor situación ha sido “El tiempo promedio de espera en la cola”.

Con base en éste parámetro la alternativa “D” es la que se recomienda “Programación de turnos de cumplimiento con base en horarios de 10 horas para cada cooperativa” ya que es la que presenta el menor tiempo promedio de espera en la cola y además la cantidad de fruto que ingresa se encuentra a tan solo 10 toneladas por encima del objetivo (600 toneladas), ésta alternativa se recomienda a pesar contar en un instante con un número máximo de vehículos en el sistema de 10 cuando en la alternativa “B” tan solo hay 6, sin embargo su tiempo de espera en la planta es mayor que la alternativa recomendada.

Tabla 53. TABLA DE LOGROS

OBJETIVO	REFERENCIA DE CUMPLIMIENTO
Analizar y evaluar el actual proceso de levante y transporte de fruto en Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.	Numeral 4.3 Diagnóstico del proceso
Realizar un estudio de tiempos en el proceso de levante y transporte de fruto desde las zonas hasta la planta extractora.	Capitulo 5. Estudio de métodos y tiempos
Identificar las variables más significativas en las actividades de levante y transporte de fruto y su impacto en el tiempo de ciclo.	Numeral 5.2.3 Factores que tienen un impacto significativo en el ciclo de ruta del proceso. Numeral 4.2 Observación operativa del proceso
Analizar el comportamiento del tiempo de espera de las volquetas en la planta y de igual forma el tiempo que gasta descargando el fruto	Capitulo 6. Estudio de líneas de espera
Plantear alternativas que busquen optimizar las rutas de los horarios de servicio de descargue de las volquetas transportadoras de fruto	Capitulo 7. Alternativas de mejoramiento Capitulo 8. ProModel

CONCLUSIONES

- La relación entre el año de la siembra de la palma y el peso de los racimos es de tipo inversamente proporcional, ya que para lograr llenar un vehículo se requieren 1039 racimos de siembras entre 1997 y 2000; mientras que para las siembras entre 1975 y 1979 se necesitan tan solo 494 racimos.
- El nivel de producción de racimos de fruta fresca se mide por la cantidad de vaciaderos que se necesitan para llenar un vehículo, es por ello que la zona seis (Montecarlo), fue la que mayor nivel de producción de fruto tuvo, ya que sólo se requiere dos vaciaderos para llenar un vehículo, mientras que las zonas 3,4, y 5, fueron las de menor nivel de producción por necesitar cinco vaciaderos para llenar un vehículo.
- El ciclo de ruta muestra el tiempo de ciclo del proceso de levante y transporte de fruto para cada zona de la plantación, el tiempo de levante de racimos mostrado en la tabla 12, para la zona 7, es menor que las demás zonas, ya que se obtiene a partir de un registro de tiempos a cinco trabajadores que son los encargados de levantar el fruto en ésta zona.
- El ciclo de ruta para la zona 6, a pesar de su larga distancia con relación a la planta extractora tiene un ciclo similar a las zonas 1,2 y 5, ya que se recolecta el fruto con tres trabajadores, su tiempo de levante de fruto suelto es de tan sólo 369 segundos, por causa de los 29 timbos de fruto suelto que se recolecta, y además su tiempo entre vaciaderos es 78 segundos, ya que tan sólo se recorren dos vaciaderos.

- La zona 3, a pesar de ser la que se encuentra al a planta extractora, no cuenta con el ciclo de ruta más corto, ya que el tiempo de levante de de racimos es el más elevado en comparación a las demás zonas (6184 segundos), ocasionando que el tiempo de operación sea el de menos rendimiento, alcanzando tan sólo 132.9 minutos en un ciclo de ruta.
- Para la situación actual del proceso el tiempo en la planta que es de 112.04 minutos, está ocasionando que no sólo el fruto que se encuentra en la cola este sufriendo ese retraso, sino de igual forma el fruto que se encuentra en los vaciaderos se vea afectado.
- Las alternativas de mejoramiento planteadas a partir del mantenimiento de la jornada laboral de 6 a.m. a 10 p.m., disminuyen en más del 30% el tiempo de espera en la planta; sin embargo su tiempo aún se considera elevado para garantizar un flujo continuo de fruto , ya que entorpece el ingreso de vehículos entre una hora y la siguiente por tratarse de un tiempo promedio en planta de 59.41 minutos y 56.49 minutos que se encuentran muy cercanos a una hora.
- El tiempo promedio de espera en la planta extractora, es el parámetro más importante para medir la situación actual y las mejoras planteadas, ya que es la medida real del despilfarro de recursos por causa del proceso y es así como se obtuvo que la mejor alternativa sería el planteamiento de turnos de cumplimiento de 10 horas, la cual mejora la situación inicial en un 55%.
- El proceso de levante y transporte de fruto presenta problemas de tipo logístico en donde su principal dificultad es la coordinación de los vehículos transportadores de fruto para garantizar un flujo

continuo de entrada de fruto y disminuir el tiempo de espera en la cola que se genera en la planta extractora.

- El levante de fruto suelto es una actividad que tiene un porcentaje de participación importante en el ciclo de ruta del proceso, es así como se debe garantizar un mantenimiento periódico a los vaciaderos con el fin de disminuir este tiempo y por ende su impacto dentro del tiempo total.
- El ciclo de ruta del proceso de levante y transporte de fruto para la zona seis (Montecarlo) a pesar de encontrarse a una gran distancia su tiempo es parecido al de las zonas cercanas de la plantación, debido a que su nivel de producción de racimos fue el mayor durante la toma de datos, lo que se evidencia por el número de vaciaderos que recorre el vehículo y la poca distancia entre uno y otro.
- El rendimiento del proceso de levante y transporte se encuentra ligado a la habilidad que posea el trabajador para realizar esta labor. La zona siete (Damasco) cuenta con trabajadores de bajo rendimiento según lo indica la Tabla 12 (Tiempo de ruta del proceso), ya que a pesar de contar con cinco trabajadores su rendimiento no está lejos del establecido en la zona seis, obligando a que los trabajadores que trabajan en corte de fruto se perjudiquen por razones de calidad y peso del racimo cortado, y sumando que esta zona es la más lejana de la planta extractora.

RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta que ejercer un control sobre el proceso de levante y transporte de fruto debe empezar con la estimación de los procesos restrictivos de capacidad del sistema de extracción de aceite crudo de palma en las diferentes épocas de producción de racimos de fruta fresca, éste control se debe realizar por razones de forma operativa que existen en éste proceso, ya que el proceso de levante y transporte de fruto es la línea de producción que une los procesos agronómicos con los de extracción de aceite crudo de palma.
- El proceso de corte de fruto debe trabajar a la par con el proceso de levante de fruto, es decir; se debe tener en cuenta los horarios de trabajo de los dos procesos y la estimación del tiempo necesario para tener el suficiente fruto cortado con el fin de llenar el vehículo disminuyendo los tiempos ociosos, esta recomendación tiene un mayor impacto en la época de baja producción de racimos de fruta donde los vehículos sufren tiempos ociosos debido a la deficiencia de fruto cosechado.
- Para la época de alta producción de fruto se recomienda un trabajo asociado entre el proceso de levante y transporte de fruto y el proceso de extracción de aceite, es así como se debe establecer un control en el sistema de producción que garantice el cumplimiento diario de abastecimiento de fruto minimizando el riesgo de detenciones en el proceso por falta de fruto.
- Para ejercer un mayor control en el proceso en la época de baja producción de racimos de fruta, se recomienda la realización de un estudio similar con el fin de aplicar un modelo que se ajuste a las necesidades del proceso, ya que como se describió durante el

presente documento el proceso restrictivo varía desde la extracción del aceite hasta el corte de fruto.

- Se recomienda que el fruto comprado a otras plantaciones se maneje en horarios estables de recepción para no entorpecer el funcionamiento del proceso de levante y transporte y evitar al mismo tiempo colas innecesarias y ayudar a ejercer un mayor control sobre el fruto propio y comprado que ingresa a la planta extractora.
- El levante de fruto suelto esta directamente relacionado con la limpieza de los vaciaderos, es así que se recomienda mantenerlos en buen estado y asegurarse de que no existan piedras u otros objetos que dificulten la labor y ocasionen un impacto negativo en el tiempo del ciclo de ruta del proceso.
- La mecanización del cultivo se está convirtiendo en una herramienta generadora de ventajas competitivas para aquellas compañías que la poseen, es por ello que se recomienda la evaluación del proyecto de inversión en cuanto al levante mecánico de fruto realizado por medio de grúas y la asesoría por parte de personal de la empresa Palmas del Cesar (única empresa que cuenta con este sistema) sobre los costos de implementación y las mejoras que se obtienen.

BIBLIOGRAFÍA

- BUFFA ELWEED, Administración y dirección técnica de la producción. 1era Edición. Limusa – Wiley, s.a 675p. 1971
- GARAVITO EDWING, La simulación como herramienta para la toma de decisiones y Promodel como herramienta de simulación. 1era Edición. UIS 125 p. 1997
- CHASE RICHARD, Administración de producción de operaciones. 8ava Edición. Mc Graw Hill. 869p. 2000
- LIEBERMAM GERALD, Introducción a la investigación de operaciones. 4ta Edición. Mc Graw Hill. 874p. 1989
- ORTIZ NESTOR, Análisis y mejoramiento de los procesos de la empresa. 1era Edición UIS. 189p. 2000
- www.bucarelia.com
- www.cenipalma.org
- www.gestiopolis.com

ANEXOS

```

-----
General Report
Output from C:\Documents and Settings\Estudiante.IND47\Mis documentos\SITUACIÓN
ACTUAL.MOD
Date: Aug/26/2005   Time: 05:02:21 PM
-----

```

```

Scenario      : Normal Run
Replication   : 1 of 1
Simulation Time : 16 hr
-----

```

LOCATIONS

Location Current Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents
Descargue 1 1 86.38	16	1	34	24.39	0.86	1
Descargue 2 1 88.39	16	1	28	30.30	0.88	1
Linea de espera 6 0.00	16	999999	68	77.92	2.61	12
Campo 0 0.00	16	999999	22	0.00	0	1

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Linea de espera	16	7.75	92.25	0.00	0.00
Campo	16	100.00	0.00	0.00	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Descargue 1	16	86.38	0.00	13.62	0.00	0.00	0.00
Descargue 2	16	88.39	0.00	11.61	0.00	0.00	0.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Truck	Campo	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes Blocked
Truck	0	22	87.12

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
------------------	------------------	----------------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

FRUTO 60 15.91 0 60 60 27.40

General Report

Output from C:\Documents and Settings\Estudiante.IND47\Mis documentos\alternativa A.MOD

Date: Aug/26/2005 Time: 05:03:28 PM

Scenario : Normal Run
 Replication : 1 of 1
 Simulation Time : 16 hr

LOCATIONS

Location Current Name Contents % Util	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents
Planta Extractora 1 3.63	16	55	67	28.64	1.99	9
Lejano Patio 13 30.18	16	50	18	804.71	15.08	18
Lejano Corredor 23 49.92	16	50	29	826.33	24.96	29
Lejano Establo4 24 59.11	16	50	33	859.82	29.55	33
Lejano Muleria 1 25 54.44	16	50	29	901.04	27.21	29
Lejano Damasco 9 26.58	16	50	17	750.49	13.29	17
Cercano Damasco 13 29.86	16	50	17	842.99	14.92	17
Lejano Montecarlo 15 36.30	16	50	24	726.03	18.15	24
Cercano Montecarlo 20 41.76	16	50	24	835.28	20.88	24
Cercano Muleria 1 22 52.03	16	50	29	861.22	26.01	29
Cercano Corredor 26 54.08	16	50	29	895.12	27.04	29
Cercano Arandu 16 38.27	16	50	20	918.48	19.13	20
Lejano Arandu 18 37.15	16	50	20	891.59	18.57	20
Cercano Patio 14 31.40	16	50	18	837.45	15.70	18
Cercano Establo4 28 61.39	16	50	33	892.92	30.69	33

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Planta Extractora	16	23.86	76.14	0.00	0.00
Lejano Patio	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Corredor	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Establo4	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Muleria 1	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Damasco	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Damasco	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Montecarlo	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Montecarlo	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Muleria 1	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Corredor	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Arandu	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Arandu	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Patio	16	0.00	100.00	0.00	0.00

Cercano Establo4 16 0.00 100.00 0.00 | 0.00

RESOURCES

Resource Name % Util	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes Travel To Use	Average Minutes Travel To Park	% Blocked In Travel
Cotraespecial.1 73.50	1	16	4	168.07	8.32	0.00	0.00
Cotraespecial.2 70.38	1	16	4	163.08	5.82	0.00	0.00
Cotraespecial.3 70.82	1	16	3	211.91	11.02	0.00	0.00
Cotraespecial.4 70.74	1	16	4	162.48	7.28	0.00	0.00
Cotraespecial.5 70.32	1	16	4	161.68	7.07	0.00	0.00
Cotraespecial.6 70.28	1	16	3	210.20	11.02	0.00	0.00
Cotraespecial.7 69.92	1	16	4	159.26	8.53	0.00	0.00
Cotraespecial 70.85	7	112	26	174.02	8.44	0.00	0.00
Cotractor.1 76.10	1	16	3	220.28	17.43	0.00	0.00
Cotractor.2 75.62	1	16	4	168.66	12.82	0.00	0.00
Cotractor.3 75.43	1	16	3	220.74	15.47	0.00	0.00
Cotractor.4 74.94	1	16	3	217.57	16.68	0.00	0.00
Cotractor.5 74.29	1	16	3	210.31	20.55	0.00	0.00
Cotractor.6 74.28	1	16	3	218.33	14.52	0.00	0.00
Cotractor.7 74.14	1	16	4	165.11	12.82	0.00	0.00
Cotractor 74.97	7	112	23	199.86	15.75	0.00	0.00
Coosembrar.1 66.81	1	16	3	175.80	38.00	0.00	0.00
Coosembrar.2 62.82	1	16	3	165.02	27.00	0.00	0.00
Coosembrar.3 48.60	1	16	2	188.80	44.50	0.00	0.00
Coosembrar.4 56.42	1	16	2	213.80	57.00	0.00	0.00
Coosembrar.5 72.03	1	16	3	184.81	45.66	0.00	0.00
Coosembrar.6 74.68	1	16	3	190.64	48.33	0.00	0.00
Coosembrar.7 46.73	1	16	2	182.80	41.50	0.00	0.00
Coosembrar.8 58.29	1	16	2	219.80	60.00	0.00	0.00
Coosembrar.9 58.38	1	16	3	157.80	29.00	0.00	0.00
Coosembrar.10 47.35	1	16	2	184.80	42.50	0.00	0.00
Coosembrar 59.21	10	160	25	184.08	41.61	0.00	0.00

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Cootraespecial.1	16	70.03	3.47	0.00	1.13	25.37
Cootraespecial.2	16	67.95	2.43	0.00	3.86	25.77
Cootraespecial.3	16	66.22	4.59	0.00	4.18	25.00
Cootraespecial.4	16	67.70	3.03	0.00	4.26	25.00
Cootraespecial.5	16	67.37	2.95	0.00	4.68	25.00
Cootraespecial.6	16	65.69	4.59	0.00	4.72	25.00
Cootraespecial.7	16	66.36	3.56	0.00	5.08	25.00
Cootraespecial	112	67.33	3.52	0.00	3.99	25.16
Cootracor.1	16	68.84	7.26	0.00	5.15	18.75
Cootracor.2	16	70.28	5.34	0.00	5.63	18.75
Cootracor.3	16	68.98	6.45	0.00	5.82	18.75
Cootracor.4	16	67.99	6.95	0.00	6.31	18.75
Cootracor.5	16	65.72	8.56	0.00	6.96	18.75
Cootracor.6	16	68.23	6.05	0.00	6.97	18.75
Cootracor.7	16	68.80	5.34	0.00	7.11	18.75
Cootracor	112	68.41	6.57	0.00	6.28	18.75
Coosembrar.1	16	54.94	11.88	0.00	4.98	28.21
Coosembrar.2	16	51.57	11.25	0.00	18.43	18.75
Coosembrar.3	16	39.33	9.27	0.00	32.65	18.75
Coosembrar.4	16	44.54	11.88	0.00	24.83	18.75
Coosembrar.5	16	57.75	14.27	0.00	9.22	18.75
Coosembrar.6	16	59.58	15.10	0.00	6.57	18.75
Coosembrar.7	16	38.08	8.65	0.00	34.52	18.75
Coosembrar.8	16	45.79	12.50	0.00	22.96	18.75
Coosembrar.9	16	49.31	9.06	0.00	22.88	18.75
Coosembrar.10	16	38.50	8.85	0.00	33.90	18.75
Coosembrar	160	47.94	11.27	0.00	21.09	19.70

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Fruto	Lejano Patio	0
Fruto	Lejano Corredor	0
Fruto	Lejano Establo4	0
Fruto	Lejano Muleria 1	0
Fruto	Lejano Damasco	0
Fruto	Cercano Damasco	0
Fruto	Lejano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Muleria 1	0
Fruto	Cercano Corredor	0
Fruto	Cercano Arandu	0
Fruto	Lejano Arandu	0
Fruto	Cercano Patio	0
Fruto	Cercano Establo4	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Fruto	66	274	500.78	345.49	0.00	95.87	59.41

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
-----	-----	-----	-----	-----

Fruto 68.99 0.00 19.14 11.86

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
DIVISION 1	21	41.62	0	21	21	9.73
DIVISION 2	22	43.43	0	22	22	10.87
DIVISION 3	23	39.36	0	23	23	10.96

General Report

Output from C:\Documents and Settings\Estudiante.IND47\Mis documentos\alternativa B.MOD

Date: Aug/26/2005 Time: 05:04:11 PM

Scenario : Normal Run
Replication : 1 of 1
Simulation Time : 16 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents
Planta Extractora 3	16	55	64	27.82	1.85	6
Lejano Patio 14	16	50	18	834.57	15.64	18
Lejano Corredor 23	16	50	29	832.40	25.14	29
Lejano Establo4 23	16	50	33	878.43	30.19	33
Lejano Muleria 1 26	16	50	29	909.19	27.46	29
Lejano Damasco 10	16	50	17	810.60	14.35	17
Cercano Damasco 14	16	50	17	876.69	15.52	17
Lejano Montecarlo 15	16	50	24	755.43	18.88	24
Cercano Montecarlo 20	16	50	24	842.68	21.06	24
Cercano Muleria 1 24	16	50	29	883.05	26.67	29
Cercano Corredor 26	16	50	29	895.51	27.05	29
Cercano Arandu 18	16	50	20	936.01	19.50	20
Lejano Arandu 18	16	50	20	907.74	18.91	20
Cercano Patio 14	16	50	18	856.05	16.05	18
Cercano Establo4 28	16	50	33	896.72	30.82	33

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Planta Extractora	16	31.40	68.60	0.00	0.00
Lejano Patio	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Corredor	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Establo4	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Muleria 1	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Damasco	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Damasco	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Montecarlo	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Montecarlo	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Muleria 1	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Corredor	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Arandu	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Arandu	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Patio	16	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Establo4	16	0.00	100.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name % Util	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes Travel To Use	Average Minutes Travel To Park	% Blocked In Travel
Cootraespecial.1 80.12	1	16	4	182.29	7.99	0.00	0.00
Cootraespecial.2 77.39	1	16	4	176.58	7.32	0.00	0.00
Cootraespecial.3 77.07	1	16	4	176.01	7.15	0.00	0.00
Cootraespecial.4 76.99	1	16	4	173.48	9.02	0.00	0.00
Cootraespecial.5 76.57	1	16	4	172.64	8.88	0.00	0.00
Cootraespecial 77.63	5	80	20	176.20	8.07	0.00	0.00
Cootracor.1 84.44	1	16	4	182.09	20.55	0.00	0.00
Cootracor.2 78.75	1	16	4	174.91	11.25	0.00	0.00
Cootracor.3 79.56	1	16	4	176.41	14.52	0.00	0.00
Cootracor.4 79.56	1	16	4	176.41	14.52	0.00	0.00
Cootracor.5 82.26	1	16	4	180.73	16.68	0.00	0.00
Cootracor.6 82.00	1	16	4	180.31	16.47	0.00	0.00
Cootracor 81.09	6	96	24	178.48	15.49	0.00	0.00
Coosembrar.1 76.50	1	16	3	196.46	48.33	0.00	0.00
Coosembrar.2 75.90	1	16	4	147.91	34.25	0.00	0.00
Coosembrar.3 77.83	1	16	4	157.80	29.00	0.00	0.00
Coosembrar.4 84.40	1	16	3	212.06	58.00	0.00	0.00
Coosembrar.5 77.75	1	16	3	199.13	49.66	0.00	0.00
Coosembrar.6 74.68	1	16	3	182.97	42.00	0.00	0.00
Coosembrar.7 71.93	1	16	3	175.80	40.78	0.00	0.00

Coosembrar 7 112 23 179.22 42.08 0.00 0.00
 77.00
 RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Cootraespecial.1	16	75.96	4.16	0.00	1.13	18.75
Cootraespecial.2	16	73.58	3.81	0.00	3.86	18.75
Cootraespecial.3	16	73.34	3.73	0.00	4.18	18.75
Cootraespecial.4	16	72.28	4.70	0.00	4.26	18.75
Cootraespecial.5	16	71.94	4.63	0.00	4.68	18.75
Cootraespecial	80	73.42	4.21	0.00	3.62	18.75
Cootracor.1	16	75.87	8.56	0.00	5.15	10.42
Cootracor.2	16	72.88	5.86	0.00	5.63	15.62
Cootracor.3	16	73.50	6.05	0.00	5.82	14.63
Cootracor.4	16	73.50	6.05	0.00	6.31	14.14
Cootracor.5	16	75.31	6.95	0.00	6.96	10.78
Cootracor.6	16	75.13	6.86	0.00	6.97	11.03
Cootracor	96	74.37	6.72	0.00	6.14	12.77
Coosembrar.1	16	61.40	15.10	0.00	4.98	18.52
Coosembrar.2	16	61.63	14.27	0.00	5.35	18.75
Coosembrar.3	16	65.75	12.08	0.00	5.79	16.38
Coosembrar.4	16	66.27	18.12	0.00	6.23	9.38
Coosembrar.5	16	62.23	15.52	0.00	6.48	15.77
Coosembrar.6	16	57.18	17.50	0.00	6.57	18.75
Coosembrar.7	16	54.94	16.99	0.00	9.32	18.75
Coosembrar	112	61.34	15.66	0.00	6.39	16.61

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Fruto	Lejano Patio	0
Fruto	Lejano Corredor	0
Fruto	Lejano Establo4	0
Fruto	Lejano Muleria 1	0
Fruto	Lejano Damasco	0
Fruto	Cercano Damasco	0
Fruto	Lejano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Muleria 1	0
Fruto	Cercano Corredor	0
Fruto	Cercano Arandu	0
Fruto	Lejano Arandu	0
Fruto	Cercano Patio	0
Fruto	Cercano Establo4	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Fruto	61	279	549.47	398.82	0.00	94.14	56.49

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Fruto	72.58	0.00	17.13	10.28

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
DIVISION 1	20	47.53	0	20	20	8.68
DIVISION 2	20	46.77	0	20	20	8.21
DIVISION 3	21	44.19	0	21	21	9.18

 General Report

Output from D:\julian\JULIAN ANDRES\Rutas y detenciones prop. C.MOD
 Date: Aug/25/2005 Time: 12:22:45 PM

 Scenario : Normal Run
 Replication : 1 of 1
 Simulation Time : 12 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents
Planta Extractora 4	12	55	68	27.50	2.59	10
Lejano Patio 13	12	50	18	608.88	15.22	18
Lejano Corredor 23	12	50	29	637.74	25.68	29
Lejano Establo4 22	12	50	33	651.64	29.86	33
Lejano Muleria 1 25	12	50	29	675.75	27.21	29
Lejano Damasco 10	12	50	17	638.97	15.08	17
Cercano Damasco 14	12	50	17	669.41	15.80	17
Lejano Montecarlo 15	12	50	24	602.12	20.07	24
Cercano Montecarlo 20	12	50	24	653.91	21.79	24
Cercano Muleria 1 23	12	50	29	649.02	26.14	29
Cercano Corredor 26	12	50	29	683.54	27.53	29
Cercano Arandu 16	12	50	20	674.61	18.73	20
Lejano Arandu 18	12	50	20	674.75	18.74	20
Cercano Patio 14	12	50	18	628.22	15.70	18
Cercano Establo4 26	12	50	33	675.94	30.98	33

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Planta Extractora	12	25.61	74.39	0.00	0.00
Lejano Patio	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Corredor	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Establo4	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Muleria 1	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Damasco	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Damasco	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Montecarlo	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Montecarlo	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Muleria 1	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Corredor	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Arandu	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Arandu	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Patio	12	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Establo4	12	0.00	100.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name % Util	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes Travel To Use	Average Minutes Travel To Park	% Blocked In Travel
Cootraespecial.1 74.54	1	12	3	169.73	9.15	0.00	0.00
Cootraespecial.2 71.77	1	12	3	165.31	6.93	0.00	0.00
Cootraespecial.3 72.80	1	12	3	166.96	7.76	0.00	0.00
Cootraespecial.4 76.62	1	12	3	173.06	10.81	0.00	0.00
Cootraespecial.5 78.35	1	12	3	175.83	12.20	0.00	0.00
Cootraespecial.6 92.80	1	12	4	161.83	5.20	0.00	0.00
Cootraespecial.7 73.85	1	12	3	168.63	8.60	0.00	0.00
Cootraespecial.8 74.54	1	12	3	169.73	9.15	0.00	0.00
Cootraespecial 76.91	8	96	25	168.60	8.58	0.00	0.00
Cootracor.1 83.33	1	12	3	180.08	19.91	0.00	0.00
Cootracor.2 77.84	1	12	3	173.66	13.14	0.00	0.00
Cootracor.3 76.60	1	12	3	171.67	12.15	0.00	0.00
Cootracor.4 83.33	1	12	3	180.08	19.91	0.00	0.00
Cootracor.5 81.45	1	12	3	179.43	16.03	0.00	0.00
Cootracor.6 77.49	1	12	3	173.10	12.86	0.00	0.00
Cootracor.7 79.85	1	12	3	176.88	14.76	0.00	0.00
Cootracor.8 79.85	1	12	3	176.88	14.76	0.00	0.00
Cootracor.9 81.45	1	12	3	179.43	16.03	0.00	0.00
Cootracor 80.13	9	108	27	176.80	15.51	0.00	0.00
Coosembrar.1 75.00	1	12	3	152.33	27.66	0.00	0.00

Coosembrar.2 64.81	1	12	2	188.80	44.50	0.00	0.00
Coosembrar.3 75.00	1	12	2	198.50	47.66	0.00	0.00
Coosembrar.4 75.00	1	12	2	213.00	57.00	0.00	0.00
Coosembrar.5 75.00	1	12	2	201.50	45.66	0.00	0.00
Coosembrar.6 63.14	1	12	2	184.80	42.50	0.00	0.00
Coosembrar.7 75.00	1	12	3	151.00	29.00	0.00	0.00
Coosembrar.8 73.30	1	12	2	203.89	60.00	0.00	0.00
Coosembrar.9 64.81	1	12	2	188.80	44.50	0.00	0.00
Coosembrar.10 75.00	1	12	3	143.33	36.66	0.00	0.00
Coosembrar 71.61	10	120	23	178.19	42.28	0.00	0.00

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Cootraespecial.1	12	70.72	3.81	0.00	1.51	23.95
Cootraespecial.2	12	68.88	2.89	0.00	5.14	23.09
Cootraespecial.3	12	69.57	3.24	0.00	5.58	21.62
Cootraespecial.4	12	72.11	4.51	0.00	5.69	17.70
Cootraespecial.5	12	73.27	5.08	0.00	6.25	15.40
Cootraespecial.6	12	89.91	2.89	0.00	6.29	0.91
Cootraespecial.7	12	70.27	3.58	0.00	6.78	19.37
Cootraespecial.8	12	70.72	3.81	0.00	6.89	18.57
Cootraespecial	96	73.18	3.73	0.00	5.52	17.58
Cootracor.1	12	75.04	8.30	0.00	0.00	16.67
Cootracor.2	12	72.36	5.48	0.00	0.00	22.16
Cootracor.3	12	71.53	5.06	0.00	0.00	23.40
Cootracor.4	12	75.04	8.30	0.00	0.00	16.67
Cootracor.5	12	74.77	6.68	0.00	0.00	18.55
Cootracor.6	12	72.13	5.36	0.00	0.00	22.51
Cootracor.7	12	73.70	6.15	0.00	0.00	20.15
Cootracor.8	12	73.70	6.15	0.00	0.00	20.15
Cootracor.9	12	74.77	6.68	0.00	0.00	18.55
Cootracor	108	73.67	6.46	0.00	0.00	19.87
Coosembrar.1	12	63.47	11.53	0.00	0.00	25.00
Coosembrar.2	12	52.44	12.36	0.00	10.19	25.00
Coosembrar.3	12	55.14	19.86	0.00	0.00	25.00
Coosembrar.4	12	59.17	15.83	0.00	0.00	25.00
Coosembrar.5	12	55.97	19.03	0.00	0.00	25.00
Coosembrar.6	12	51.33	11.81	0.00	11.86	25.00
Coosembrar.7	12	62.92	12.08	0.00	0.00	25.00
Coosembrar.8	12	56.64	16.67	0.00	1.70	25.00
Coosembrar.9	12	52.44	12.36	0.00	10.19	25.00
Coosembrar.10	12	59.72	15.28	0.00	0.00	25.00
Coosembrar	120	56.92	14.68	0.00	3.39	25.00

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Fruto	Lejano Patio	0
Fruto	Lejano Corredor	0
Fruto	Lejano Establo4	0
Fruto	Lejano Muleria 1	0
Fruto	Lejano Damasco	0
Fruto	Cercano Damasco	0
Fruto	Lejano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Muleria 1	0

Fruto	Cercano Corredor	0
Fruto	Cercano Arandu	0
Fruto	Lejano Arandu	0
Fruto	Cercano Patio	0
Fruto	Cercano Establo4	0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Fruto	64	276	471.46	334.30	0.00	93.51	43.63

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Fruto	70.91	0.00	19.84	9.26

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
DIVISION 1	22	32.69	0	22	22	6.84
DIVISION 2	24	26.02	0	24	24	9.99
DIVISION 3	18	38.64	0	18	18	5.25

 General Report
 Output from D:\julian\JULIAN ANDRES\Rutas y detenciones prop. D.MOD
 Date: Aug/25/2005 Time: 12:23:31 PM

Scenario : Normal Run
 Replication : 1 of 1
 Simulation Time : 14 hr

LOCATIONS

Location Name	Current Contents	% Util	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents
Planta Extractora 1	3.87		14	55	62	28.82	2.12	10
Lejano Patio 13	30.76		14	50	18	717.79	15.38	18
Lejano Corredor 23	51.14		14	50	29	740.63	25.56	29
Lejano Establo4 24	60.45		14	50	33	769.36	30.22	33
Lejano Muleria 1 26	54.60		14	50	29	790.75	27.29	29
Lejano Damasco 11	30.86		14	50	17	762.30	15.42	17
Cercano Damasco 14	31.92		14	50	17	788.70	15.96	17
Lejano Montecarlo 16	41.35		14	50	24	723.67	20.67	24

Cercano Montecarlo 20 44.10	14	50	24	771.70	22.04	24
Cercano Muleria 1 23 52.51	14	50	29	760.51	26.25	29
Cercano Corredor 26 54.80	14	50	29	793.62	27.39	29
Cercano Arandu 16 38.06	14	50	20	799.35	19.03	20
Lejano Arandu 18 37.63	14	50	20	790.20	18.81	20
Cercano Patio 14 31.68	14	50	18	739.23	15.84	18
Cercano Establo4 28 62.27	14	50	33	792.48	31.13	33

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Planta Extractora	14	22.66	77.34	0.00	0.00
Lejano Patio	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Corredor	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Establo4	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Muleria 1	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Damasco	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Damasco	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Montecarlo	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Montecarlo	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Muleria 1	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Corredor	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Arandu	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Lejano Arandu	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Patio	14	0.00	100.00	0.00	0.00
Cercano Establo4	14	0.00	100.00	0.00	0.00

RESOURCES

Resource Name	Units	Scheduled Hours	Number Of Times Used	Average Minutes Per Usage	Average Minutes Travel To Use	Average Minutes Travel To Park	% Blocked In Travel
Cootraespecial.1 80.44	1	14	4	163.08	5.82	0.00	0.00
Cootraespecial.2 80.43	1	14	4	163.08	5.82	0.00	0.00
Cootraespecial.3 89.05	1	14	4	175.15	11.86	0.00	0.00
Cootraespecial.4 84.59	1	14	4	168.90	8.73	0.00	0.00
Cootraespecial.5 87.27	1	14	4	172.64	10.60	0.00	0.00
Cootraespecial.6 83.40	1	14	4	167.24	7.90	0.00	0.00
Cootraespecial 84.20	6	84	24	168.35	8.46	0.00	0.00
Cootracor.1 85.71	1	14	3	220.63	14.52	0.00	0.00
Cootracor.2 85.71	1	14	4	167.18	12.82	0.00	0.00
Cootracor.3 85.71	1	14	3	217.75	16.68	0.00	0.00
Cootracor.4 85.71	1	14	3	217.75	16.68	0.00	0.00
Cootracor.5 85.71	1	14	3	212.59	20.55	0.00	0.00
Cootracor.6 85.71	1	14	3	219.36	15.47	0.00	0.00

Cootracor.7 85.71	1	14	4	166.43	13.56	0.00	0.00
Cootracor 85.71	7	98	23	199.94	15.75	0.00	0.00
Coosembrar.1 71.43	1	14	3	162.00	38.00	0.00	0.00
Coosembrar.2 71.43	1	14	3	160.66	39.33	0.00	0.00
Coosembrar.3 71.43	1	14	2	225.50	49.66	0.00	0.00
Coosembrar.4 71.43	1	14	2	231.50	45.66	0.00	0.00
Coosembrar.5 71.43	1	14	3	162.00	38.00	0.00	0.00
Coosembrar.6 71.43	1	14	3	153.66	34.75	0.00	0.00
Coosembrar.7 71.43	1	14	3	160.66	39.33	0.00	0.00
Coosembrar.8 71.43	1	14	2	216.00	56.00	0.00	0.00
Coosembrar 71.43	8	112	21	178.23	42.28	0.00	0.00

RESOURCE STATES BY PERCENTAGE

Resource Name	Scheduled Hours	% In Use	% Travel To Use	% Travel To Park	% Idle	% Down
Cootraespecial.1	14	77.66	2.78	0.00	1.29	18.27
Cootraespecial.2	14	77.66	2.77	0.00	4.41	15.16
Cootraespecial.3	14	83.41	5.65	0.00	4.78	6.16
Cootraespecial.4	14	80.43	4.16	0.00	4.87	10.54
Cootraespecial.5	14	82.21	5.05	0.00	5.35	7.38
Cootraespecial.6	14	79.64	3.76	0.00	5.39	11.21
Cootraespecial	84	80.17	4.03	0.00	4.35	11.45
Cootracor.1	14	78.80	6.92	0.00	0.00	14.29
Cootracor.2	14	79.61	6.10	0.00	0.00	14.29
Cootracor.3	14	77.77	7.95	0.00	0.00	14.29
Cootracor.4	14	77.77	7.95	0.00	0.00	14.29
Cootracor.5	14	75.93	9.79	0.00	0.00	14.29
Cootracor.6	14	78.34	7.37	0.00	0.00	14.29
Cootracor.7	14	79.25	6.46	0.00	0.00	14.29
Cootracor	98	78.21	7.50	0.00	0.00	14.29
Coosembrar.1	14	57.86	13.57	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.2	14	57.38	14.05	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.3	14	53.69	17.74	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.4	14	55.12	16.31	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.5	14	57.86	13.57	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.6	14	54.88	16.55	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.7	14	57.38	14.05	0.00	0.00	28.57
Coosembrar.8	14	51.43	20.00	0.00	0.00	28.57
Coosembrar	112	55.70	15.73	0.00	0.00	28.57

FAILED ARRIVALS

Entity Name	Location Name	Total Failed
Fruto	Lejano Patio	0
Fruto	Lejano Corredor	0
Fruto	Lejano Establo4	0
Fruto	Lejano Muleria 1	0
Fruto	Lejano Damasco	0
Fruto	Cercano Damasco	0
Fruto	Lejano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Montecarlo	0
Fruto	Cercano Muleria 1	0
Fruto	Cercano Corredor	0
Fruto	Cercano Arandu	0
Fruto	Lejano Arandu	0
Fruto	Cercano Patio	0

Fruto Cercano Establo4 0

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Fruto	61	279	541.41	409.10	0.00	93.26	39.04

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Fruto	75.56	0.00	17.23	7.21

VARIABLES

Variable Name	Total Changes	Average Minutes Per Change	Minimum Value	Maximum Value	Current Value	Average Value
DIVISION 1	21	36.04	0	21	21	7.51
DIVISION 2	23	35.64	0	23	23	9.35
DIVISION 3	17	47.26	0	17	17	4.81