

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. DISEÑO Y GESTIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA	11
1.1 TITULO DEL PROYECTO	11
1.2 DELIMITACIÓN Y ALCANCE	11
1.3 PROBLEMA A TRATAR	13
1.3.1 Planteamiento del problema	13
1.3.2 Análisis del problema	13
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	16
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. METODOLOGÍA	17
3.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA	17
4. MARCO DE REFERENCIA	18

4.1 MARCO TEÓRICO	18
4.1.1 Definición y estado actual de la Pyme colombiana	18
4.1.2 Capacidad productiva	19
4.1.2.1 Capacidad instalada	20
4.1.2.2 Capacidad disponible	20
4.1.2.3 Capacidad necesaria:	21
4.1.2.4 Capacidad utilizada	21
4.1.3 Medición de la capacidad	21
4.1.4 Estudio de Tiempos	22
4.1.5 Metodologías del estudio de tiempos	23
4.1.6 Cronometraje	26
4.1.7 Requisitos para el estudio de tiempos	28
4.1.8 Limitaciones	30
4.1.9 Simulación.	30
4.1.9.1 Ventajas	31
4.1.9.2 Desventajas	32
4.2 APOORTE INTELECTUAL	33
5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO	35
5.1 RECURSOS	35

6. DESARROLLO DEL PROYECTO	37
6.1 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	37
6.1.1 Selección de las frutas a analizar.	37
6.1.2 Estudio detallado de los procesos de producción de las frutas seleccionadas	39
6.1.3 Lista de variables incidentes en el proceso de producción de pulpa de fruta	43
6.1.3.1 Tipo de proceso de cada grupo de frutas	44
6.1.3.2 Temperatura que debe alcanzar la fruta en el escaldado o pasteurizado	44
6.1.3.3 Temperatura actual de la fruta antes de empezar el proceso	44
6.1.3.4 Tipo de operario	45
6.1.3.5 Labores ajenas al proceso	45
6.1.3.6 Mantenimiento y reparación de las maquinas	45
6.1.3.7 Tiempo de alistamiento	46
6.1.3.8 Características de las maquinas	46
6.1.3.9 Capacidad de recipientes de almacenamiento de inventario en proceso	47
6.1.3.10 Limpieza entre tipos de fruta	47
6.1.3.11 Tamaño de fruta	47
6.1.3.12 Capacidad de la marmita, despulpador y pasteurizadora	48
6.1.3.13 Tamaño del empaque de la pulpa	49
6.1.3.14 Abastecimiento de las frutas	49

6.1.4 Caracterización del proceso productivo	50
6.2 NORMALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS	51
6.2.1 Análisis de actividades y operarios	51
6.2.1.1 Cargue y selección de la línea de producción.	51
6.2.1.2 Transporte de área de recepción a área de tanque de inmersión.	52
6.2.1.3 Transporte de pulpa desde pulper hasta la balanza digital.	53
6.2.1.4 Transporte de pulpa desde balanza digital hasta marmita.	53
6.2.1.5 Cargue marmita.	53
6.2.1.6 Vaciado marmita.	54
6.2.1.7 Transporte de pulpa desde marmita hasta área de envasado.	54
6.2.1.8 Transporte de limón desde lavadora de rodillos hasta mesa de corte.	54
6.2.1.9 Corte de limón.	54
6.2.1.10 Exprimido de limón.	55
6.2.1.11 Empaque de un kilogramo de pulpa de fruta.	55
6.2.1.12 Empaque de 5 kilogramos de pulpa de fruta.	56
6.2.1.13 Empaque de 25 kilogramos de pulpa de fruta.	56
6.2.2 TIEMPOS A ESTANDARIZAR	57
6.2.2.1 Toma de tiempos.	57
6.2.2.2 Forma de recolección.	59
6.2.3 Calificación del desempeño, suplementos y holguras	60

6.2.3.1 Calificación del desempeño.	60
6.2.3.2 Calificación de Holguras y Suplementos.	63
6.2.4 Tiempos estandarizados.	66
6.3 DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	68
6.3.1 Definición del sistema	68
6.3.2 Diseño preliminar	68
6.3.3 Formulación del modelo	70
6.3.4 Validación del modelo	71
6.4 CUANTIFICACION DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA	72
6.4.1 Resultados obtenidos de los modelos de simulación	72
6.4.1.1 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de limón	73
6.4.1.2 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de lulo	74
6.4.1.3 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de mango	75
6.4.1.4 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de mora	76
6.4.1.5 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de piña	77
6.4.2 Comparación de los tiempos de procesamiento entre frutas	78
6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 1 Kg	78

6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 5 Kg	79
6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 25 Kg	79
6.4.3 Tasas de rendimiento y calculo de desperdicio	80
6.4.4 Porcentaje de utilización de las locaciones o estaciones	82
6.4.5 Cálculo de la capacidad de la línea de producción de pulpa de fruta	84
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
7.1 CONCLUSIONES	86
7.2 RECOMENDACIONES	88
8. BIBLIOGRAFÍA	91

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Estrategia metodológica	17
Tabla 2. Definición de la Pyme en Colombia	18
Tabla 3 Comparación: métodos de cronometraje	27
Tabla 4. Volumen de producción del año 2011	37
Tabla 5. Frutas seleccionadas para el proyecto	39
Tabla 6. Temperatura de Escaldado	44
Tabla 7. Sistema Westinghouse para calificar habilidades.	61
Tabla 8. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.	61
Tabla 9. Sistema Westinghouse para calificar las condiciones	62
Tabla 10. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.	62
Tabla 11. Ejemplo de aplicación de desempeño estándar.	63
Tabla 12. Holguras recomendadas por ILO (International Labour Office)	64
Tabla 13. Ejemplo de aplicación de holguras o suplementos.	65
Tabla 14. Resumen de estandarización de tiempos.	66
Tabla 15. Características de los modelos de simulación	69
Tabla 16. Tiempo de procesamiento del lulo	73
Tabla 17. Tiempo de procesamiento del lulo	74

Tabla 18. Tiempo de procesamiento del mango	75
Tabla 19. Tiempo de procesamiento de la mora	76
Tabla 20. Tiempo de procesamiento de la piña	77
Tabla 21. Rendimiento de pulpa de limón	80
Tabla 22. Rendimiento de pulpa de lulo	81
Tabla 23. Rendimiento de pulpa del mango	81
Tabla 24. Rendimiento de pulpa de la mora	81
Tabla 25. Rendimiento de pulpa de la piña	81
Tabla 26. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del lulo	82
Tabla 27. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del limón	82
Tabla 28. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del mango	83
Tabla 29. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso de la mora	83
Tabla 30. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso de la piña	83
Tabla 31. Capacidad de producción (Kg/h)	85

LISTA DE FÍGURAS

	pág.
Figura 1. Producción del año 2011	38
Figura 2. Diagrama de flujo general	40
Figura 3. Modelo de Simulación en Promodel 2010	71
Figura 4. Tiempo de procesamiento del limón	73
Figura 5. Tiempo de procesamiento del limón	74
Figura 6. Tiempo de procesamiento del mango	75
Figura 7. Tiempo de procesamiento de la mora	76
Figura 8. Tiempo de procesamiento de la piña	77
Figura 9. Comparación para envasado de 1 Kg	78
Figura 10. Comparación para envasado de 5 Kg	79
Figura 11. Comparación para envasado de 25 Kg	79

INTRODUCCIÓN

En todas las empresas productivas es trascendental tener el conocimiento claro de la capacidad del sistema productivo que posee dicha organización, además de conocer las variables críticas de dicho sistema productivo, cuando una empresa conoce estas variables, de alguna manera tienen un conocimiento claro de su sistema productivo y puede establecer estrategias eficientes y eficaces que le permitan alcanzar sus objetivos a lo largo del tiempo.

El conocimiento de la capacidad productiva con la que cuenta una empresa le permite tomar decisiones estratégicas, operativas y técnicas tanto en el corto como en el largo plazo, ya que al ser consciente del potencial productivo real, se pueden generar inversiones que permitan una maximización de las utilidades y a su vez una minimización en los costos relacionaos con el sistema de producción.

Cuando una empresa tiene exceso de capacidad esto implica un alto costo inicial de operación, sin contar el costo de oportunidad debido a no aprovechamiento de todos los recursos, por el otro lado cuando una empresa tiene un déficit de capacidad, se incurren en costos debido a las percepciones negativas de los clientes como mal servicio por la demanda insatisfecha y ventas perdidas.

La empresa en la cual se desarrolla este trabajo lleva 18 años en el mercado de alimentos de la ciudad de Cali, y nunca se ha realizado un estudio de capacidad productiva de la misma, razón por la cual observamos esta inmensa oportunidad de mejora para la misma. Para empezar este análisis de capacidad se empezó por indagar e identificar las variables críticas del proceso de producción, seguido de una identificación de las actividades manuales que se realizan en el proceso que podrían ser objeto de estandarización en cuanto al tiempo que toma realizar dichas actividades, finalmente debido a las interacciones entre las variables incidentes en el proceso de producción se opto por emplear la técnica de simulación de eventos discretos para representar la interacción de dichas variables y estimar la capacidad de producción de la empresa dados determinados tamaños de lotes.

1. DISEÑO Y GESTIÓN DE SISTEMAS DE MANUFACTURA

1.1 TITULO DEL PROYECTO

Cuantificación de la capacidad productiva para una PyME del sector de alimentos en la ciudad de Cali.

1.2 DELIMITACIÓN Y ALCANCE

Este es un proyecto que se desarrolla al interior de una empresa, procesadora y distribuidora de alimentos hechos a base de frutas, que busca que los resultados obtenidos sean de utilidad a corto y mediano plazo para el mejoramiento y control del proceso productivo.

Se pretende con este trabajo realizar un estudio de variables incidentes en el desempeño de una línea de producción de pulpa, que conduzca a la medición de la capacidad productiva de una PyME del sector alimentos, y simultáneamente establecer una serie de indicadores de gestión del sistema productivo. En la actualidad, la empresa ha realizado una inversión para su mejoramiento tecnológico y productivo al adquirir una pasteurizadora y una caldera, con las cuales además se espera cumplir con normativas legales para que sus productos puedan ser exportados, sin embargo la pasteurizadora se esta utilizando solo en la producción de jugos y en una maquila que maneja actualmente, mas no en la producción de pulpa de fruta.

Es menester mencionar, que aunque se podría pensar que es un proceso de flujo continuo, la realidad es otra, ya que los tamaños de producción pueden ser cambiantes, hay distintos tiempos de procesamiento y técnicas diferentes en cada una de las estaciones, ya que éste es una ambiente de muchos productos, precisamente por la variedad de frutas (16 aproximadamente) que se manejan dentro de la empresa. Debido a esto, dependiendo de la secuenciación que se le debe dar a la orden, la cantidad de producto movilizado entre estaciones es variable, hay que anotar que en ocasiones, la transferencia de producto en proceso es realizado de forma manual, los contenedores que se utilizan para la transferencia también varía, ya que hay recipientes para cada tipo de fruta; los tamaños de lotes de producción son cambiantes de acuerdo a la demanda de

cada producto, los tiempos y métodos de alistamiento cambian de acuerdo a la secuenciación, esto es ocasionado por la naturaleza y características propias de cada fruta procesada, algunas de las cuales generan más contaminación de las maquinas que otras; además de que pueden existir paradas imprevistas por fallas.

Para el desarrollo del proyecto no se tendrá en cuenta la totalidad del proceso productivo (pulpas y jugos), y solo se centrará en lo que concierne a la transformación de materia prima (fruta) hasta el envasado de la pulpa o su disposición para jugos, dejando de lado la recepción de insumos, la preparación de jugos y las actividades de almacenamiento de producto terminado. Aunque la venta de jugos representa aproximadamente el 60% de las ventas, su proceso de producción es solo la mezcla de agua y azúcar con la pulpa elaborada. Por lo tanto, la producción de la pulpa será el proceso central de estudio.

La capacidad del proceso productivo de la pulpa de fruta se evaluará para los productos más representativos de la empresa, según el criterio de mayor volumen, frecuencia de producción y tipo de proceso, esto debido a que la empresa trabaja con más de 16 tipos de frutas distintas, presentándose diferencias en los procesos que deben seguir cada una para convertirse en producto terminado.

Las variables más importantes relacionadas con los resultados del proyecto son: tiempos y movimientos, herramientas y maquinaria, mantenimiento y fallas de las mismas, materia prima (características de los insumos y calidad), tiempos de producción, tiempos de alistamientos, entre otros.

La contribución de este proyecto para nosotros como estudiantes de ingeniería industrial, es el hecho de poder implementar en un campo práctico y real, todos los conocimientos adquiridos durante el transcurso del estudio de la carrera, adicional a la posibilidad de adquirir experiencia práctica, y conocer los pro y contra de una PYME.

Por otro lado, la contribución para la empresa será el conocimiento detallado de su proceso de producción de pulpa y la estimación de la capacidad con dependencia en un grupo de variables; lo anterior podría ser un punto de partida para que en un futuro, dentro de la empresa se realicen estimaciones de la capacidad total del portafolio de productos, y se establezcan planes y programas de producción confiables.

Se estima que la realización del proyecto tenga una duración de aproximadamente nueve (9) meses.

1.3 PROBLEMA A TRATAR

1.3.1 Planteamiento del problema

En una PyME, procesadora y distribuidora de alimentos hechos a base de frutas, existe una oportunidad de mejora mediante el conocimiento de la capacidad y eficiencia del proceso productivo, lo que permitiría un mayor control en la producción y cuantificación del aprovechamiento de sus recursos.

1.3.2 Análisis del problema

Teniendo en cuenta que el conocimiento de la capacidad productiva es de vital importancia tanto para el control de la producción como la planeación de la misma, hay aspectos muy importantes que se deben considerar:

- Desconocimiento de los tiempos de procesamiento.

No se tiene un conocimiento de los tiempos que tardan realizando las distintas actividades del proceso productivo, así como el tiempo total del proceso, ya que este depende de la cantidad a producir y de la capacidad productiva de las maquinas requeridas para cada proceso. Esto no se ha hecho por la desorganización y falta de planeación de la empresa. Actualmente, se toman decisiones de producción, sin tener en cuenta la capacidad disponible ni la carga asignada, lo que podría generar un incumplimiento al cliente, y por ende, falta de competitividad, además de un impedimento en la formulación de objetivos que puedan ser alcanzables y factibles para desarrollar las actividades operativas dentro de la empresa.

- No tienen estandarizados los movimientos

La empresa no tiene ningún tipo de estandarización sobre los movimientos realizados durante los procesos productivos, por lo que los operarios pueden estar

realizando movimientos que no agreguen valor, y en cambio, retrasen la duración total de procesamiento de los productos. Esto puede darse por la misma falta de organización de la empresa, y el desconocimiento de los beneficios que se tienen al momento de estandarizar los movimientos, tales como la documentación de los procesos, reducción de la variación de los mismos, facilidad de capacitar a nuevos empleados, entre otros.

- Carecen de una planeación y control de la producción bien estructuradas.

Debido al desconocimiento los tiempos de procesamiento para cada uno de los productos, y de su capacidad productiva, no se puede tener un control sobre los procesos, ni establecer un plan de producción que tenga mayor exactitud. Lo anterior podría generar además de incumplimiento a los clientes y excesos de inventario, la falta de evaluación en cuanto a la efectividad de los operarios y las maquinas, detección de fallas, entre otros.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Se considera que este proyecto es de gran importancia, ya que permite evidenciar de manera práctica y aplicada las herramientas teóricas que se obtuvieron con el transcurso de la carrera; además de adquirir más experiencia en el campo real, donde los conocimientos teóricos deben ser implementados y adaptados a la realidad.

Se piensa además que este proyecto puede brindar conocimiento para poder afrontar el campo laboral de una mejor manera, debido a que es del tipo industrial aplicativo, y se trabaja con una empresa local (ubicada en Yumbo, Valle del Cauca). Se podrá evidenciar cómo es el posicionamiento de una PyME, cuales son los pros y contras, y qué es lo que requiere una empresa de este sector para poder ser competitiva.

Otro punto importante, es el hecho de que la empresa tiene entre sus planes a corto plazo la exportación de sus productos a países vecinos, esto aportaría al desarrollo de la zona, dándola a conocer en el mercado nacional e internacional, lo que podría ser foco de inversionistas, y considerarla como un objetivo dentro de otros mercados; por lo que, se podrían conocer las características de los mercados latinoamericanos, los requisitos y las normas que se tengan que cumplir, las adecuaciones de la empresa a estos nuevos mercados, entre muchas otras cosas, lo que enriquecería en gran medida el conocimiento y la experiencia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el nivel de gestión productiva de las Pymes del sector de alimentos en la ciudad de Cali.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Evaluar la capacidad y eficiencia del sistema de producción de una Pyme del sector de alimentos en la ciudad de Cali, dedicada a la producción de pulpas y jugos de fruta.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso productivo de pulpas de frutas e identificar las variables incidentes.
- Estandarizar los tiempos del proceso de producción de las pulpas de frutas utilizando herramientas de Ingeniería Industrial.
- Implementar técnicas de simulación para estimar la capacidad del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos del modelo de simulación para cuantificar la capacidad del proceso.

3. METODOLOGÍA

3.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Tabla 1. Estrategia metodológica

No.	Etapas del proyecto	Actividades críticas	Metodologías específicas
1	Revisión bibliográfica y creación del marco de referencia	Antecedentes, estudio de recolección de datos, estandarización de tiempos y movimientos, análisis de capacidad productiva, simulación.	Consulta y análisis bibliográfico con los temas del proyecto: estandarización de tiempos y movimientos, análisis de capacidad productiva, simulación. Clasificar la información más relevante. Establecer qué información mostrar en el marco de referencia.
2	Conocer la situación actual de la de la empresa	Visitar la empresa. Conocer el proceso productivo y decidir en cuales se va a enfocar. Caracterización de los procesos productivos de las frutas seleccionadas. Toma de tiempos. Documentación del proceso.	Realización de diagramas de flujo. Entrevistas con operarios y directivas. Entender los procesos asociados a la producción de cada fruta seleccionada. Establecer que procesos se van analizar y a qué operarios evaluar. Cronometraje.
3	Estandarización	Evaluación del proceso. Ver posibilidades de mejora en cuanto a tiempos y movimientos, establecer estándares.	Análisis de tiempos y movimiento. Diagrama de flujo. Diagrama hombre-maquina.
4	Simulación	Simulación del proceso de acuerdo a la estandarización de tiempos, características de las maquinas, mantenimiento, jornada laboral, fatiga, etc.	Estudio estadístico con StatFit. Uso de software para simulación como ProModel.
5	Análisis de capacidad productiva	Validación y verificación de los resultados arrojados por el software.	Análisis estadístico de los resultados. Comparación con el desempeño real del sistema.

Fuente: Los autores.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Definición y estado actual de la Pyme colombiana Según la ley 590 de 2000 también denominada Ley Mipyme establece su definición como “...*micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana,...*”, que cumplan con los rangos determinados de acuerdo a número de empleados y cantidad de activos que se muestran en la tabla 1, recordando que en caso de presentarse una contradicción, prevalece el factor activos.

Tabla 2. Definición de la Pyme en Colombia

Tipo de Empresa	Monto de Activos	Número de Empleados
Micro	Menos de 501 SMLV	Menos de 10 Trabajadores
Pequeña	Entre 501 y 5000 SMLV	Entre 11 y 50 Trabajadores
Mediana	Entre 5001 y 15000 SMLV	Entre 51 y 200 Trabajadores
Grande	Más de 15000 SMLV	Más de 200

Fuente: Ley 590 de 2000 – Mipyme

La distribución del parque empresarial colombiano al año 2001 era¹:

- Microempresas (81,2%)
- Empresas con activos no reportados (8,7%)
- Pequeña empresa (7,5%)
- Mediana empresa (1,5%)
- Gran empresa (1,1%)

Al observar estas cifras nos damos cuenta que cerca del 90% de las empresas dentro del territorio colombiano pueden ser catalogadas como Pymes, aunque no se dispone de información específica sobre ellas.

¹ RODRÍGUEZ, Astrid Genoveva. La realidad de la Pyme colombiana. Desafío para el desarrollo. Fundes Internacional, 2003. p. 10.

La importancia de la Pyme en Colombia radica en que es una gran fuente de empleo en el país. Según estimados de la ANIF estas generan el 73% del empleo y participan con el 53% de la producción bruta de la industria, el comercio y los servicios, estos datos contrastan con los del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, los cuales afirman que las Pymes generan el 63% del empleo y el 37% de la producción².

Cualquiera que fuera la realidad, se observa que para el desarrollo económico del país es importante incentivar, ayudar y mejorar estas empresas en cuanto a su gestión y administración de todas sus operaciones. Es aquí donde este proyecto de ingeniería industrial busca ayudar a mejorar la gestión productiva de un Pyme del sector alimentos, aplicando herramientas propias de la carrera para la estimación de los tiempos estándar de actividades y operaciones, y que con ellos, además de otras variables, se puedan estimar las capacidades productivas de la empresa.

4.1.2 Capacidad productiva La capacidad productiva o capacidad de las operaciones se refiere o se expresa generalmente como un volumen de producción en un periodo de tiempo determinado. Su análisis, planeación y control, constituyen actividades claves que se desarrollan paralelamente con las actividades de programación y planeación de materiales, y de requerimientos de manufactura, para que de esta manera se garantice la disponibilidad de recursos para la fabricación o producción de un determinado lote de un producto.

Autores como Everett & Ebert definen capacidad como la razón máxima de capacidad productiva o de conversión para la combinación de productos existentes en las operaciones de una organización. De lo anterior se concluye que la capacidad es dependiente de la mezcla de productos de la empresa a producir.

Otros autores como Lokyer & Keith, la definen como un volumen de producción que se puede alcanzar en un tiempo determinado, y Narasimhan, la refiere como la velocidad máxima a la cual un sistema puede realizar un trabajo.

Como se puede observar el concepto de capacidad puede variar entre autores dependiendo del enfoque o interpretación que ellos le quieran asignar, sin embargo hay algo común entre todos ellos y es la noción dinámica del concepto; o

² RODRÍGUEZ, Astrid Genoveva. La realidad de la Pyme colombiana. Desafío para el desarrollo. Fundes Internacional, 2003. p. 14.

sea, siempre es dependiente y referido a su comportamiento en un horizonte temporal definido.

La importancia del conocimiento de la capacidad productiva radica en lo siguiente. Primero porque se desea tener capacidad suficiente para proveer el tiempo y la cantidad de producción necesaria para satisfacer la demanda del cliente. Segundo porque la capacidad disponible afecta la eficiencia de las operaciones, en el sentido que puede aparecer inventario en proceso y cuellos de botella muy marcados por la falta de la misma, (entre otras causas), se incluye además la facilidad o dificultad para programar la producción y los costos de mantenimiento de las instalaciones. Tercero porque para la consecución de una capacidad se necesita inversión por parte de la organización, y en vista que toda inversión es realizada con fines de retorno y utilidades de la misma, los costos y los ingresos derivados de una decisión sobre capacidad deben ser evaluados con sumo cuidado.

Para Dusko Kalenatic, la capacidad de los medios de trabajo, en general, puede diferenciarse en función de su disponibilidad, necesidad y utilización temporal en:

4.1.2.1 Capacidad instalada Es aquella que está totalmente disponible para alcanzar los resultados productivos máximos especificados por su fabricante. La magnitud de esta capacidad se ve disminuida sólo por razones de mantenimiento de los medios de trabajo para garantizar su propia disponibilidad y utilización normal (racional).

La capacidad instalada es la cantidad de maquinas y equipos que la empresa posee y el potencial de producción que estos permiten alcanzar, representa la producción posible, si todas las maquinas y equipos estuvieran trabajando al 100% y en funcionamiento ininterrumpido. Generalmente la capacidad instalada es analizada para muy cortos periodos de tiempo, así como pocas horas al día o pocos días al mes, permitiendo de esta manera tener un referente sobre el cual comprar y generar indicadores de productividad que muestren que tanto se está aprovechando los recursos disponibles y la inversión realizada por la organización.

4.1.2.2 Capacidad disponible: Es menor que la capacidad instalada y depende de las condiciones de producción, administración y organización en que esta se desempeña. Esta capacidad se ve disminuida porque tiene en cuenta los días

hábiles del año, el número de turnos y su duración, las horas perdidas por ausentismo de los trabajadores, las pérdidas originadas por factores organizacionales, tiempos de alistamiento, descansos, vacaciones, y en general también por otros factores externos a la organización como legislaciones o normativas respecto del proceso de producción.

4.1.2.3 Capacidad necesaria: Es aquella que se debe utilizar, para aprovechar las posibilidades y las exigencias del mercado; o sea, indica, cuánto se debe utilizar la capacidad en un determinado periodo de tiempo para realizar un determinado plan de producción. La capacidad necesaria puede ser mayor que la instalada, lo que indicaría una falta de capacidad de producción para fabricar la cantidad de productos requerida por los clientes, igual a la instalada en el mejor de los casos, o menor, lo que indicaría una subutilización de la misma, representando así un exceso de capacidad expresado en máquinas y equipos que se encuentran detenidos y sin ninguna función.

4.1.2.4 Capacidad utilizada: Esta es la utilización real de la capacidad en un periodo de tiempo determinado, sin importar el cumplimiento o no de la demanda; es decir, la producción realizada, expresada en las mismas unidades de medida en que se han calculado las otras capacidades (instalada, disponible y necesaria), para poder realizar comparaciones.

4.1.3 Medición de la capacidad Debido a su naturaleza dinámica la capacidad de los medios de trabajo puede ser expresada en distintas unidades según convenga y dependiendo del objeto al que se refiere. En general se puede expresar en las siguientes unidades³:

- Unidades de tiempo (h-máquina, h-unidad.)
- Unidades energéticas (hp, kWh, kcal.)
- Unidades monetarias (US\$, DM, S.)
- Unidades naturales (unidades, longitudes, superficies, masa, peso.)

³ KALENATIC, Dusko. Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2001. p. 17

En todos los tipos de producción es posible realizar la medición de la capacidad que se tiene en un determinado momento, para producciones con volúmenes pequeños se acostumbra a expresarla en unidades de tiempo, energéticas y monetarias; para producciones en mediana y gran masa, a parte de las unidades anteriormente mencionadas, es usual que se exprese en unidades naturales ya que permite tener una visión y una mejor comprensión del sistema.

Las condiciones que debe cumplir una correcta medición de la capacidad son⁴:

- Estabilidad: Que no se requiera continuas revisiones que puedan afectar la disponibilidad y los planes de capacidad en cualquier horizonte temporal.
- Representatividad: El factor productivo cuya capacidad se pretende medir debe ser representativo, así como los productos que incorpora.
- Adecuación, al objeto a que se refiere, lo que permite el cálculo de la capacidad disponible con la necesaria.

En cualquier caso la capacidad de producción se debe evaluar en función del tiempo, esta es la mejor medida del potencial de una empresa fuese cual fuese su sistema productivo o que se dedique a la prestación de servicios. En relación con la cantidad de productos y servicios, la capacidad de producción medida en volúmenes de productos o servicios que la empresa puede producir en un periodo de tiempo determinado, mide los resultados finales de la producción, mas no sus medios de producción disponibles.

4.1.4 Estudio de Tiempos De acuerdo al libro *Motion and time study: design and measurement of work* de Ralph Barnes, el estudio de tiempos fue creado por Frederick W. Taylor alrededor de 1881, y fue usado principalmente para la determinación de tiempos estándar. Alrededor del año 1930, se puso en marcha un movimiento para el estudio del trabajo con el objetivo de encontrar mejores y más sencillos métodos de trabajo. Luego, siguió un periodo en el que el estudio de los movimientos y los tiempos se usaron juntos, debido a que se consideraba eran estudios complementarios; finalmente, el término “estudio de tiempos y movimientos” entró en uso. Es importante mencionar, que el estudio de movimientos fue desarrollado Frank B. Gilbreth y su esposa Lillian M Gilbreth

⁴ KALENATIC, Dusko. Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2001. p. 17

alrededor del año 1885, y fue empleado ampliamente en la mejora de métodos. Con el tiempo, se han evidenciado cambios en este campo. Actualmente, la cuestión es diseñar sistemas y métodos. El objetivo es encontrar un método ideal, o el que más se le acerque y pueda ser utilizado en la práctica, mientras que en el pasado, se enfocó en la mejora de métodos existentes, en lugar de definir cuidadosamente el problema, formular los objetivos y encontrar la mejor solución.

De acuerdo a Barnes, el estudio de tiempos, es usado para determinar el tiempo requerido por personal capacitado y bien entrenado para hacer una tarea específica a un ritmo normal. El resultado del estudio de tiempo es denominado tiempo estándar de operación. Por lo general el estándar incluye: tiempo real que in empleado dedica al trabajo, tolerancias para demoras personales, demoras inevitables, y en ocasiones, por fatiga.

Aunque el estudio de tiempos inicialmente tuvo su mayor aplicación en relación con el incentivo salarial, actualmente se utiliza para otros propósitos, como por ejemplo: primero, determinación de horarios y planificación de trabajo; segundo, determinación de costos estándar y ayuda para preparación de presupuestos; tercero, estimar el costo de un producto antes de fabricarlo, tanto información para la realización de ofertas como la determinación del precio de venta; cuarto, determinar la efectividad de la maquinaria, el número de maquinas que una persona puede operar, y ayuda a balancear las líneas de ensamble y el trabajo realizado en una cinta transportadora; y por último, determinación de tiempos estándar, tanto para incentivos salariales como para el control de costos laborales.

4.1.5 Metodologías del estudio de tiempos Según el libro *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo* de Adris Freivalds y Benjamin Niebel, hay tres elementos para determinar los tiempos estándar: las estimaciones, los registros históricos y los procedimientos de medición de trabajo.

En el pasado, los analistas se apoyaban más en las estimaciones como medio para establecer los estándares. Con el elevado nivel de competitividad de los últimos tiempos, se ha incrementado el esfuerzo para establecer estándares basados en los hechos y no en el juicio. Se considera muy poco probable que un individuo pueda establecer estándares consistentes y justos con solo ver un trabajo y juzgar el tiempo requerido para terminarlo. Cuando se usan estimaciones los estándares salen de contexto. La compensación de errores en ocasiones

disminuye su desviación, pero la experiencia muestra que a lo largo de un periodo de tiempo, los valores estimados tienen una desviación sustancial de los estándares medidos. Tanto los registros históricos como las técnicas de medición del trabajo proporcionan valores más precisos.

Con el método de registros históricos, los estándares de producción se basan en los registros de trabajos similares, realizados con antelación. Esta práctica informa cuánto tiempo llevó en realidad hacer un trabajo, pero no cuánto debió haber tardado. Como los operarios desean justificar su día completo, algunos trabajos incluyen retrasos personales, inevitables y evitables en un grado mucho mayor de lo debido, y otros no incluyen las cargas apropiadas de tiempos de retraso. Estos registros proporcionan resultados más confiables que las estimaciones basadas en el juicio, pero no proveen suficiente validez para asegurar costos de mano de obra equitativos y competitivos.

Cualquiera de las técnicas de medición de trabajo, representa mejores caminos para establecer estándares de producción justos. Estas técnicas se basan en hechos. Todas establecen estándares de tiempo permitido para realizar una tarea dada, con los suplementos por fatiga, retrasos personales inevitables y evitables.

Por otra parte, el libro *Control de métodos y tiempos* de Francesc Castanyer, divide la medida de tiempos en dos grandes procedimientos: la determinación de los tiempos de ejecución a partir de la observación directa de las operaciones, y la utilización de sistemas de tiempos predeterminados.

1. Los métodos de observación directa: la toma de tiempos tiene lugar en el mismo momento en que se efectúan las operaciones cuyos tiempos de ejecución se tratan de determinar. Dentro de esta categoría se distinguen dos modalidades:
 - I. Observación discontinua de trabajo, según un programa de observaciones aleatorias previamente establecida con anotación del estado de la operación en el instante de la observación. Es el método conocido como “Muestreo de trabajo”, “Work Sampling” o “Observaciones instantáneas”. Consiste en una técnica para determinar, mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias, el porcentaje de aparición de una determinada actividad.

- II. Observación Continua, durante un cierto número de ciclos, de la operación a medir. Comprende las distintas clases de cronometraje.

Dentro de los métodos de medida de tiempos de trabajo por observación continua medir, se distinguen también dos modalidades:

- a) Métodos de medida por registro de tiempos de ejecución, sin aplicación de un factor de corrección. En esta modalidad, por su sencillez la medida de tiempos de operaciones en los que la intervención del operador no influye en la duración de la operación, por ejemplo, las operaciones ligadas estrechamente al ritmo de trabajo de una maquina.
- b) Métodos de medida por registro de los tiempos de ejecución, con la aplicación simultanea de un factor de corrección que depende de la actuación del operador.

Los instrumentos de medida utilizados son los tradicionales en las medidas de tiempos: cronómetros, cronógrafos, entre otros, según la precisión que se desea en la medida, pero actualmente se dispone de medios más sofisticados que facilitan muchas las operaciones de medida. Una de estas herramientas es la calculadora para toma de tiempos DATAMYTE 800 que tiene capacidad para 20 elementos, con precisión de 1/100 de minuto, proporciona tiempo medio para cada elemento, frecuencia, tiempo máximo y mínimo, tiempo total, etc.

2. La utilización del sistema de tiempos predeterminados, para la obtención de tiempos de ejecución de las operaciones limita la observación de las mismas al registro de gestos necesarios para realizarlos sin proceder a medida alguna. A partir de tablas en las que se dan los tiempos de ejecución para cada gesto, según el tipo del mismo de ciertas características, se obtienen los tiempos totales para cada operación compleja.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, es importante anotar que para nuestro caso, debemos guiar el análisis en la modalidad de observación continua, en donde encontramos las distintas clases de cronometraje, por lo que se hace importante definir el concepto y procedimiento del mismo.

4.1.6 Cronometraje El cronometraje, de acuerdo a Frances Castanyer, es el sistema más utilizado para la determinación del contenido de trabajo de una operación, basado en la operación continua de esta operación durante un cierto periodo de tiempo, es denominado de esa forma, debido a que el cronómetro es el instrumento básico para la medida de tiempos para este sistema.

En el cronometraje, cada lectura de tiempo de ejecución va acompañada de la anotación de un factor corrector del tiempo observado, que está íntimamente relacionado con la actuación del operador.

La unidad de tiempo, puede ser más comúnmente.

- El segundo (cronometro sexagesimal).
- La centésima de segundo (cronometro centesimal).
- La diezmilésima de hora.

Aunque para la lectura de tiempos de una operación compleja, desde el punto de vista de los tiempos observados, sería suficiente la lectura de los tiempos globales de toda la operación, la necesidad de anotar el factor de corrección dependiente de la actuación del operador hace imprescindible la subdivisión de la operación global en elementos más sencillos, pues aquella actuación puede variar mucho de un elemento a otro dentro de la misma operación. Estas operaciones Castanyer las denomina como elementales.

Las operaciones elementales no pueden ser muy cortas, porque la anotación se hace muy difícil, por lo que se deben medir con la operación elemental precedente o siguiente. El tiempo de operación no puede ser muy largo, porque puede ser improbable que el factor de corrección sea el mismo a lo largo de la misma, por lo que es necesario que sea subdivida cada vez que se aprecie un cambio sustancial en el ritmo de actuación del operador.

Una vez que sean delimitadas y descritas las operaciones elementales, se procede al registro de tiempo:

- Anotación de tiempos acumulados.
- Anotación de tiempos correspondientes a cada operación elemental.

Para el primer procedimiento se pone en marca el cronómetro al iniciar la primera operación elemental y se anota la lectura del mismo al final de cada una de las

operaciones elementales, sin detener el cronómetro en ningún momento. Por diferencia entre lecturas consecutivas se obtendrá el tiempo para cada elemento.

En el segundo de los casos es indispensable utilizar un cronometro de vuelta a cero, con eso, el cronometro se pone en ceros pero empieza a registrar inmediatamente el tiempo de la operación elemental, aunque es un poco complicado, ya que el cronometrador debe registrar mentalmente el nivel de actuación del operador y el tiempo señalado por el cronómetro al tiempo que oprime para volver a ceros.

A continuación se muestran algunas de las ventajas y desventajas de utilizar cada uno de los tipos de cronómetros, de vuelta a cero y acumulativo, mostradas en el libro de Castanyer.

Tabla 3 Comparación: métodos de cronometraje

Tipo de Cronometro	Ventajas	Desventajas
Vuelta a cero	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere hacer sustracciones para obtención de tiempos. - Facilita el escrutinio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor tiempo de aprendizaje. - La omisión de una lectura que impide el control del tiempo total.
Acumulativo	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor facilidad de aprendizaje. - La omisión de una lectura no impide el control del tiempo total. 	<ul style="list-style-type: none"> - Escrutinio muy laborioso por la necesidad de efectuar sustracciones sucesivas para obtener los tiempos de cada operación.

Fuente: CASTANYER FIGUERAS, Francesc. Control de métodos y tiempos. 1988. Pág. 93.

Es importante tener en cuenta que, en el estudio de tiempos, se define un método para determinar un “día de trabajo justo”, el cual se define como la cantidad de trabajo que puede producir un empleado calificado cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo, si el trabajo no está restringido por limitaciones del proceso.

En la definición no queda completamente claro la definición de empleado calificado, paso normal y utilización efectiva. Aunque son términos definidos por las industrias, prevalece cierta flexibilidad, porque no es posible establecer una definición puntual a una terminología tan amplia. Por ejemplo, el término “empleado calificado” se define como “un promedio representativo de aquellos

empleados que están completamente capacitados y pueden resolver de manera satisfactoria cualquiera o todas las etapas del trabajo involucradas, de acuerdo con los requerimientos de trabajo bajo consideración”. Así también, trabajo normal se define como “la tasa efectiva de desempeño de un empleado calificado, consciente, a su paso, cuando trabaja ni aprisa, ni despacio y tiene el debido cuidado con los requerimientos físicos, mentales o visuales del trabajo específico. Existe también la incertidumbre en cuanto a la definición de utilización efectiva, que se explica como “el mantenimiento de un paso normal al realizar los elementos esenciales de a tarea durante la todas las porciones del día excepto las que se requieran para descansos razonables y necesidades personales, en circunstancias en las que el trabajo no está sujeto a un proceso, equipo otras limitaciones operativas”.

En general, es trabajo justo es equitativo tanto para el empleador como para el empleado.

4.1.7 Requisitos para el estudio de tiempos De acuerdo con lo planteado por Castanyer, hay una serie de requisitos que deben tenerse en cuenta al momento de realizar el estudio de tiempos, por ejemplo, si se quiere el estándar de una nueva tarea, o de una tarea en la que el método o parte de él se ha alterado, el operario debe estar familiarizado por completo con la nueva técnica antes de estudiar la operación. Además, el método debe estandarizarse antes de iniciar el estudio.

Antes de realizar el estudio deben ser informados el supervisor del departamento y el operario al que se le va a realizar el estudio. Cada parte puede hacer planes específicos y tomar las medidas necesarias para realizar un estudio coordinado. El operario debe verificar que aplica el método correcto y debe estar familiarizado con todos los detalles de la operación. El supervisor debe verificar el método para asegurar que la alimentación, la velocidad, las herramientas de corte, los lubricantes, entre otros, cumplen con las prácticas estándar, como lo indican los métodos establecidos. También se debe asegurar que la cantidad de materia disponible sea suficiente, para que no ocurran faltantes durante el estudio.

Teniendo en cuenta que la medida de tiempos de trabajo es un caso particular de los procesos generales de medida de fenómenos físicos, serán de aplicación los conceptos fundamentales en que se basa toda medida.

El primer concepto a considerar es el de precisión de los instrumentos de medida utilizados. Por precisión de un instrumento se entiende el grado en que concuerdan las mismas medidas de un mismo fenómeno al aplicar repetidas veces el referido instrumento a aquella medida.

El segundo es la exactitud de un instrumento de medida, que se entiende como el grado en que el valor obtenido se acerca al valor real del fenómeno medido.

Tanto para la exactitud como para la precisión de los instrumento de medida debe tenerse en cuenta que en el caso de la medida de trabajo, además de los instrumentos materiales (relojes, cronómetros, etc.) interviene un elemento humano que tiene una importancia, muchas veces decisiva, en las características de las medidas.

Otro concepto fundamental en toda medida es la fiabilidad o validez, que es el grado en que los valores obtenidos de una muestra se acercan a l valor real de la población de la que ha sido extraída la muestra. Para esto es necesario tres condiciones: primero, estudiar operadores representativos del conjunto, en condiciones de trabajo también representativas de una condición normal; segundo, medir el número adecuado de operaciones; y tercero, proceder a un tratamiento adecuado de los datos obtenidos.

Cuando la operación que se trata de medir es afectada por un gran número de operadores, surge la cuestión de elegir el trabajador cuya actuación se va a medir. En general, los analistas prefieren medir los tiempos de los mejores operarios, pues es más difícil de juzgar la actuación de operarios que no son suficientemente hábiles. Aunque esto no afecta los tiempo normales resultantes, por la introducción de los factores de corrección que se introducirán.

Con respecto al número adecuado de operaciones medidas para determinar su tiempo de ejecución afecta tanto a la fiabilidad como a la precisión de los valores obtenidos. En general, cuanto mayor el número de lecturas, mayor será la validez. No obstante, el aumento innecesario en el número de observaciones, aparte del aumento en el costo del estudio, puede plantear problemas de carga de trabajo a los analistas.

Normalmente, la experiencia del personal afecta la medida del tiempo que se permite fijar, con un adecuado margen de seguridad, el número de operaciones a observar pero en ocasiones es necesario determinar este número por medios más precisos. Con respecto a esto, el libro de Barnes, *Motion and Time Study: Design*

and Measurement of Work, y el de Francesc Castanyer, *Control de métodos y tiempos*, establecen métodos de para determinar el número de observaciones de acuerdo a la cantidad de muestras y al comportamiento de las mismas, pero teniendo en cuenta que estos tiempos serán utilizados para realizar una simulación, se hace necesario establecer la cantidad de tomas de acuerdo con las condiciones requeridas para este proceso.

4.1.8 Limitaciones Dentro de las limitaciones que se encuentran al momento de realizar el estudio de tiempos, como lo explica Richard Hopeman en su libro *producción: conceptos, análisis y control*, encontramos ciertas operaciones industriales, como por ejemplo, una clase de trabajo que implica pensamiento, planeación y otras actividades mentales, ya que un analista no puede tomarle el tiempo a lo que no ve; aunque es cierto que los requisitos de tiempo para las operaciones mentales pueden calcularse con aproximación, es difícil encontrar estándares para estos procesos.

Otra limitación se refiere a los trabajos que no se ejecutan con frecuencia, ya que si un trabajo solo se va a realizar una o dos veces, hay pocas razones por las cuales tomarse la molestia y hacer el gasto de realizar un estándar de tiempo, a menos que sea realmente importante realizarlo. Solo cuando un trabajo se hace de forma repetida y cuando el método permanece por un periodo de tiempo razonablemente largo, vale la pena gastar tiempo y dinero en hacer los estudios de tiempos.

A algunos trabajos no se les hace el estudio de tiempos debido a que el empleado ejecuta tantos trabajos tan disímolos que no pueden fijarse entandares para la mayoría de ellos. Por ejemplo, la labor que realiza el personal encargado de mantenimiento, donde diariamente se hacen gran cantidad de cosas, las actividades pueden ser completamente distintas y los tiempos varían de acuerdo a muchos factores externos a él.

4.1.9 Simulación. La simulación es una de las herramientas más poderosas que existen para la toma de decisiones en las operaciones de sistemas y procesos complejos, haciendo posible el estudio, análisis y evaluación de situaciones que no se podrían llevar a cabo de ninguna otra manera. En un mundo cada vez más competitivo, la simulación se ha convertido en una indispensable metodología para

resolver problemas no solo para ingenieros, sino también para diseñadores y administradores.

La simulación se puede definir como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y la realización de experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema y la evaluación de varias estrategias para la operación del mismo.⁵

Los términos modelo y sistema son los componentes claves de la definición de simulación. Por modelo se refiere a la representación de un grupo de objetos o ideas en alguna otra forma que la de la entidad en si misma. Por sistema se refiere a un grupo o colección de elementos interrelacionados que cooperan entre si para alcanzar un objetivo. Una de las grandes ventajas de la simulación es el hecho de que se pueda simular sistemas que ya existen, así como aquellos que apenas planean convertirse en realidad.

4.1.9.1 Ventajas

La simulación tiene un número de ventajas sobre los modelos matemáticos y analíticos para el análisis y resolución de problemas. Primero que todo, el concepto básico de simulación es fácil de comprender e incluso a menudo más fácil de justificar a los gerentes o consumidores que los resultados de un modelo analítico. A parte de esto, un modelo de simulación puede ser más creíble porque su comportamiento ha sido comparado con el del sistema real, o porque este ha requerido menos suposiciones para simplificar las variables e incluso ha capturado mas de las verdaderas características del sistema bajo estudio. Otras ventajas son:

- Se pueden probar nuevos diseños, layouts, configuraciones, cambios en los procesos, sin tener que comprometer recursos en su implementación.
- Se puede utilizar para probar nuevas políticas de personal, procedimientos de operación, reglas de decisión, estructuras organizacionales, flujo de información, sin interrumpir las operaciones actualmente realizadas.

⁵ SHANNON, Robert. Introduction to the art and science of simulation. Texas: Texas A&M University, 1998. p. 1

- Permite identificar cuellos de botella en información, materiales y flujo de productos, además de probar opciones para incrementar la velocidad del flujo.
- Permite llevar a cabo pruebas de hipótesis acerca de cómo y por qué cierto fenómeno ocurre y afecta el sistema.
- La simulación permite controlar el tiempo. Considerando el hecho que se puede operar el sistema a través de meses y años en tan solo segundos, esto permite dar una mirada rápida a un horizonte a largo plazo o por el contrario analizar un fenómenos más detalladamente.
- Una gran fortaleza de la simulación es la habilidad para permitir experimentar con situaciones poco familiares y poder responder preguntas del tipo: “¿Qué pasaría si?”.

4.1.9.2 Desventajas

A pesar de que la simulación tiene muchas fortalezas y ventajas, no carece de inconvenientes, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Un modelo de simulación es un arte que requiere entrenamiento especializado y por lo tanto habilidades profesionales muy variadas. La utilidad del estudio dependerá tanto de la calidad del modelo como de la habilidad del modelador.
- Recolectar datos confiables puede conllevar un gran consumo de tiempo para obtener unos resultados altamente cuestionables. La simulación no puede compensar información incorrecta o malas decisiones de administración.

Los modelos de simulación son modelos de entradas y salidas, en otras palabras, muestran la salida más probable dada una entrada determinada, por lo tanto no arroja una solución óptima, aunque sirve como herramienta para el análisis del comportamiento del sistema bajo las condiciones especificadas por el modelador.

4.2 APOORTE INTELECTUAL

Para el desarrollo de este proyecto, es importante tener en cuenta las definiciones de capacidad según autores que han investigado sobre este tema de una manera teórica, esto nos da una guía de cómo enfrentar este tema, hacia donde nos debemos enfocar y cuáles son los aspectos que realmente hay que tener en cuenta para la selección de los medios con el fin de realizar la medición.

Diferenciar entre los tipos de capacidades productivas permite discriminar la capacidad en ciertos niveles o categorías ya definidas. Para la empresa es necesario conocer que tanto están aprovechando los recursos disponibles en la planta de producción, y evaluar si las inversiones en equipos realmente están dando los resultados esperados; para ello un primer paso es la evaluación de las distintas capacidades: instalada, disponible, necesaria y utilizada. Es así como se puede contrastar el desempeño prometido por el fabricante de las maquinas y equipos, con el desempeño real bajo condiciones normales de trabajo en la planta sujeto a factores externos.

En este proyecto se evaluara principalmente la capacidad disponible y la capacidad utilizada. Con estas dos capacidades se puede evaluar el desempeño y la eficiencia de las operaciones que se están llevando en la empresa, y puede dar una primera idea de la utilización real de los recursos de la empresa. La capacidad instalada y la necesaria no serán los temas principales de estudio ya que su naturaleza se escapa del alcance del proyecto, en el primer caso la capacidad instalada es referida por los fabricantes de las maquinas bajo condiciones que ellos consideren normales, y no es el objetivo de este proyecto evaluar o medir si el desempeño prometido por los fabricantes es cierto o falso. En el segundo caso la capacidad necesaria va acompañada de un estudio de la demanda de los productos, ya que al final de cuenta es ella la que determina esta capacidad, y dentro de los objetivos del proyecto no se encuentra realizar un análisis estadístico de demandas que sería necesario para calcular este tipo de capacidad.

El proceso a analizar es de tipo continuo, con variantes según el tipo y familias de frutas, por lo que la producción se considera en mediana masa; según esta breve descripción del proceso y teniendo en cuenta la teoría expuesta en el marco de referencia, las unidades de medición de capacidad serán naturales, es decir, volumen de producción en un periodo de tiempo determinado. Este tipo de medición brinda una mejor idea del potencial del sistema productivo de la

empresa, además de permitir la comparación entre la capacidad disponible y utilizada.

Por otro lado, es importante aclarar que aunque para poder realizar un estudio de tiempos, es necesario haber realizado una mejora en las actividades, la PYME con el tiempo (18 años de existencia) ha ido realizando esta labor de mejora, por lo que estos temas no fueron considerados para este proyecto.

Un tema que es de vital importancia, es el relacionado con el estudio de tiempos, ya que por medio de éste, determinamos los tiempos estándar de cada una de las operaciones que serán tenidas en cuenta. Dentro del proyecto, la metodología que consideramos más se ajusta al análisis que buscamos realizar, es la mostrada por Francesc Castanyer, en su libro *Control de métodos y tiempos*, ya que especifica y explica detalladamente los procedimientos que se deben realizar durante el proceso, y consideramos es el más completo, ya que incluye procedimientos encontradas en otras fuentes.

Es importante tener en cuenta que para este proyecto, no podemos apoyarnos en estimaciones como medio para establecer los estándares, debido a que son menos precisos que los registros de datos históricos y las demás técnicas de medición. Tampoco tendremos en cuenta los registros de medición, ya que, además de ser menos precisos que las técnicas medición, la empresa actualmente no tiene ningún tipo de registro de tiempos para sus procesos.

De acuerdo en lo anterior, enfocaremos nuestra atención específicamente a los métodos de observación directa, que tiene como objetivo la toma de tiempos en el mismo momento que se efectúan las operaciones en el instante de la observación, que para este caso, será una observación continua, es decir, teniendo en cuenta cierto número de ciclos; para esto, debemos utilizar el cronometraje, que es el sistema mediante el cual vamos a realizar las medidas de las operaciones.

Es importante mencionar, que debemos analizar los dos tipos de modalidades, tanto los métodos de medida por registro de tiempos de ejecución, con aplicación de un factor de corrección y sin la aplicación del mismo, teniendo en cuenta que se analizara tanto el factor humano como el tecnológico (maquinaria), que no interviene personal que pueda afectar el ritmo de trabajo.

5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

5.1 RECURSOS

Para el proyecto “CUANTIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA PARA UNA PYME DEL SECTOR DE ALIMENTOS EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI”, se consideraron los siguientes recursos:

- **Financieros:** No habrá recursos financieros externos, todos serán aportados por los investigadores, dentro de los gastos se incluyen:
 - Transporte
 - Materiales requeridos
 - Alimentación

- **Equipos:** Se consideran necesarios los siguientes equipos para la ejecución del proyecto:
 - Computadores: Se necesitan dos computadores para llevar a cabo la documentación y registrar los avances del proyecto, además de una conexión a internet para la búsqueda de información requerida y comunicación entre los investigadores y el tutor temático. Es igualmente necesario software como Microsoft Word, Excel, PowerPoint, Visio, Project y un software de simulación como Promodel o Arena.
 - Videograbadora: Se necesitara una videograbadora para filmar los movimientos que se estandarizaran.
 - Cronometro: Se necesitan dos cronómetros para el estudio de tiempos y movimientos y su posterior estandarización.

- **Humanos:** Este proyecto será realizado por los estudiantes de ingeniería industrial: Andrés Felipe Jaramillo Ríos y David Esteban Ochoa Ramírez, los cuales cursan actualmente octavo semestre en la Universidad ICESI.

Se contara con el apoyo del tutor temático, Fernando Quintero Moreno, y del tutor metodológico, Jairo Guerrero Bueno. De la misma manera se contara también con personal de la empresa donde se está desarrollando este proyecto, recibiendo el apoyo de la Jefe de Producción durante todo el desarrollo del proyecto, así como también la ayuda de dos operarios para la toma de tiempos.

Investigador: Andrés Felipe Jaramillo Ríos

Estudiante de octavo semestre de ingeniería industrial de la Universidad ICESI, el cual presenta preferencias por las aéreas de control y planeación de la producción, logística y calidad. Su motivación para la elección de este proyecto fue la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera en el mundo industrial real en donde se puedan percibir los resultados de la aplicación los mismos.

Investigador: David Esteban Ochoa Ramírez

Estudiante de octavo semestre de ingeniería industrial de la Universidad ICESI, el cual presenta preferencias por las aéreas de control y planeación de la producción, logística y calidad. Su motivación para la elección de este proyecto fue la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera en el mundo industrial real en donde se puedan percibir los resultados de la aplicación los mismos.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

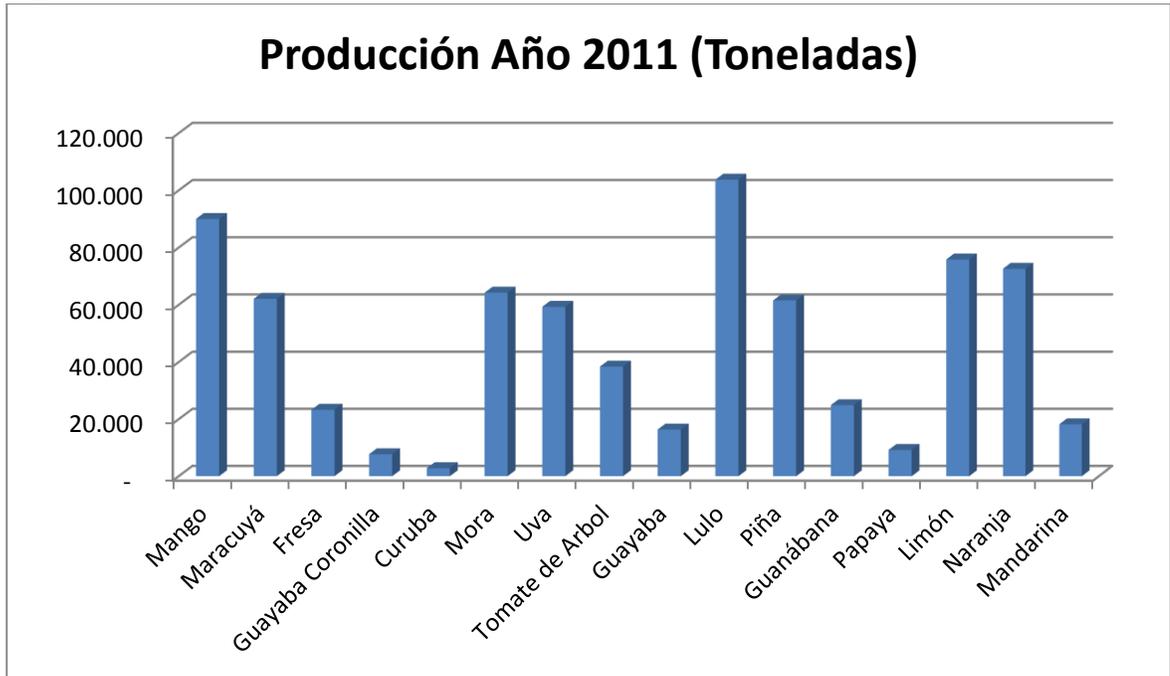
6.1.1 Selección de las frutas a analizar. La empresa actualmente trabaja con 16 frutas distintas entre las cuales se reparten la totalidad de la producción de pulpa de fruta en el año, tomando los registros de producción del año 2011 podemos observar cuales frutas ocuparon mas la línea de producción durante ese periodo, los datos son presentados en la Tabla 4.

Tabla 4. Volumen de producción del año 2011

Grupo	Fruta	Producción Año 2011 (en Toneladas)	Porcentaje
1	Mango	90,023	12,33%
1	Maracuyá	62,092	8,50%
1	Fresa	23,298	3,19%
1	Guayaba Coronilla	7,720	1,06%
1	Curuba	2,814	0,39%
2	Mora	64,254	8,80%
2	Uva	59,331	8,12%
2	Tomate de Árbol	38,403	5,26%
2	Guayaba	16,355	2,24%
3	Lulo	103,773	14,21%
3	Piña	61,546	8,43%
3	Guanábana	24,891	3,41%
3	Papaya	9,219	1,26%
4	Limón	75,849	10,38%
4	Naranja	72,622	9,94%
4	Mandarina	18,206	2,49%
	Total	730,396	100,00%

Fuente: La empresa

Figura 1. Producción del año 2011



Fuente: Los autores

Las frutas a su vez han sido clasificadas de acuerdo al tipo de características propias de cada una, lo que conlleva a que las actividades del proceso de producción cambien de una a otra clasificación.

El criterio para la selección de las frutas a trabajar en este proyecto fue en su orden:

- Por grupo
- Por volumen de producción

Este criterio para la selección trae un beneficio importante para la empresa, el cual es que al conocer en detalle la capacidad de proceso de producción de la fruta con mayor volumen de producción de cada grupo, se puede extender el estudio a las frutas restantes, ya que dentro de cada grupo las actividades del proceso de producción son las mismas.

Finalmente las frutas seleccionadas son:

Tabla 5. Frutas seleccionadas para el proyecto

Fruta	Grupo	Volumen de producción (Ton)
Mango	1	90,023
Mora	2	64,254
Lulo	3	103,773
Piña	3	61,546
Limón	4	75,849

Fuente: Los autores

En total las frutas seleccionadas representan el 54,14% de la producción total de la empresa en el año 2011, para esta selección se tuvo también en cuenta que durante el periodo de tiempo que se dedicaría a la toma de datos se procesaran las cinco frutas seleccionadas, ya que por la intermitencia de los periodos de cosecha algunas frutas podrían escasear durante dicho periodo de tiempo.

6.1.2 Estudio detallado de los procesos de producción de las frutas seleccionadas. Para empezar, es importante mencionar todos los días dentro de la empresa, el proceso productivo inicia con el lavado y desinfección de manos de los operarios que intervienen en la producción antes de ingresar a la planta. Luego se realiza la aspersion de ambiente en la planta, y se realiza el limpieza y desinfección de la maquinarias y equipos, se inicia con el lavado, enjabonado y enjuagado de la seleccionadora de rodillos, el tanque de inmersión, el elevador pequeño, tanque pequeño, elevador grande, despulpadora o pulper, marmitas, el tanque de pasteurización, recipientes (canecas, canastillas, baldes), paletas para revolver, cuchillos, mesas, paredes, delantales, guantes, etc.

El proceso productivo para la realización de pulpas de frutas depende la fruta que se esté procesando. Es importante recordar que este proyecto va a tener en cuenta el proceso productivo desde que llega la materia prima hasta que es envasada o empacada, por lo que se omitirán procesos como: pedidos de los clientes, pedido de materia prima a proveedores, lead time y abastecimiento del mismo a la empresa, almacenamiento de producto terminado, despacho a clientes, etc.

A continuación se mostrará el proceso general que siguen la mayoría de las frutas, como por ejemplo el lulo, la piña, el mango, el limón, por supuesto que tienen algunas variaciones que más adelante serán mostradas.

Figura 2. Diagrama de flujo general

Descripción				
Almacenamiento de materia prima				X
Adecuación de la línea de producción			X	
Transporte a rodillos		X		
Selección de Materia Prima	X			
Transporte a lavado		X		
Lavado y desinfección	X			
Transporte a Despulpadora		X		
Extracción de pulpa	X			
Transporte a balanza digital		X		
Pesaje en balanza digital	X			
Extracción de pulpa en baldes		X		
Adición de Conservantes y Colorantes	X			
Inspeccion de calidad (grados britz, pH, etc.)			X	
Adecuación de Envasado			X	
Transporte a Envasado		X		
Envasado	X			
Transporte a Almacenamiento de Congelación		X		
Almacenamiento de Congelación de Producto Terminado				X
Transporte a cuarto frio		X		
Almacenamiento en Cuarto Frío				X

Fuente: Los autores

El proceso inicia con el abastecimiento de la fruta a la seleccionadora de rodillo, en este punto un operario se encarga de descargar los bultos o canastas (dependiendo de la fruta, p.e. el limón llega en bultos y la piña en canastas) de materia prima sobre la seleccionadora de rodillos, luego retira de la línea aquellas frutas que no cumplen con las especificaciones físicas y organolépticas, es decir, fruta que se encuentra demasiado magullada o podrida. La fruta que no cumple con las especificaciones es sacada de la línea e introducida en canastillas que luego son desechadas o devueltas a los proveedores, en cualquiera de los casos es el proveedor quien responde por la fruta en mal estado, es decir, se le descuenta a la empresa a la hora del pago. La seleccionadora de rodillos transporta la fruta hacia el tanque de inmersión, el cual mediante agua y el aire agregado, genera burbujas que facilitan la remoción de impurezas como hojas, polvo, tierra, y demás suciedad de fácil remoción; en este punto la fruta se queda unos segundos antes de continuar con el proceso productivo.

A continuación, la fruta es llevada mediante un pequeño elevador de paletas a la lavadora de cepillos, donde tres tuberías de chorro le aplican desinfectante a las frutas, y otras tres tuberías enjuagan con agua; mientras se suministra el desinfectante y el agua, unos cepillos rotatorios se encargan de quitar las demás impurezas que se filtraron del tanque a las frutas, las cuales mediante empuje pasan a un pequeño tanque, es decir, la fruta que va llegando de la pequeña banda transportadora empuja la fruta que se encuentra en los cepillos, hasta que cae al tanque del que sale un elevador de paletas que la transporta hasta la despulpadora o pulper, que se encarga de separar las semillas, cascara y fibras de la pulpa como tal, por lo que por medio de un tubo la pulpa llega a unos recipientes. En el momento en que pasa la última fruta al pulper, el operario lo destapa y enjuaga con agua, para retirar la pulpa que queda dentro del mismo, por otro lado del pulper salen los desechos, es decir, las semillas, cascara y fibras que son almacenadas en canastillas para luego ser desechadas o utilizadas en procesos que así lo requieran, como es el caso de la piña, en el que los desechos este proceso es el insumo para la realización de masato (bebida típica Colombiana, hecha a base de piña, panela, clavos y canela).

A los recipientes que contienen la pulpa de fruta se les hacen las respectivas revisiones de calidad de las características químicas, físicas, organolépticas y microbiológicas, y se le adicionan los conservantes y colorantes, después son transportados por los operarios de forma manual hacia las marmitas o la pasteurizadora, que por medio de procesos térmicos reducen los agentes patógenos o microbiológicos de la pulpa. La empresa actualmente lleva a la

pasteurizadora aquella cantidad de pulpa que supere los mil kilogramos (una tonelada), debido a que en este proceso se desperdician aproximadamente unos cien kilogramos de pulpa por lo que consideran no es rentable pasar menos de esta cantidad, es importante anotar que este criterio fue realizado sin tener en cuenta ningún tipo de criterio de costos, rentabilidad o rendimiento de la maquina, solo consideraron conveniente que no se desperdiciara más del 10% de la pulpa, y consideraron razonable la cantidad anteriormente mencionada.

En caso de que la pulpa pase a la pasteurizadora, es vaciada en el tanque de la misma que se encarga de transportar mediante tubería la pulpa, en la cual sucede el tratamiento térmico denominado esterilización parcial, que eleva la temperatura disminuyendo los agentes patógenos, alterando lo menos posible los componentes físicos, químicos y organolépticos de la pulpa de fruta, luego de esto, su temperatura baja rápidamente y sale mediante tubería un recipiente en el que es almacenada antes de ser llevada a envasado. Cuando el proceso productivo de la pulpa se realiza en la marmita, el recipiente es vaciado por medio de baldes en la marmita que funciona a vapor, que se encarga de elevar la temperatura de la pulpa con el fin de reducir los agentes patógenos presentes en la fruta, esta temperatura varía dependiendo de la fruta. Luego de que alcanzan la temperatura necesaria, la marmita se apaga y es vaciada de nuevo a los recipientes donde es almacenada antes de ser llevada a envasado.

La etapa siguiente al pasteurizado es el envasado, por lo que la pulpa que sale de la pasteurizadora o la marmita a los recipientes es transportada hacia el área de envasado, donde un operario se encarga de ubicar las bolsas de polietileno de baja densidad en unas jarras que varían dependiendo de la presentación en la que se vaya a empacar, pueden ser de 100, 200, 500, 1000, 5000 y 25000gramos, estas bolsas ya cumplen con la normatividad sanitaria (numero de lote, fecha de vencimiento, ingredientes, etc.); luego el operario vacía cierta cantidad de pulpa en la bolsa, luego pasa la jarra, con la bolsa y la pulpa a una balanza digital, en donde el operario retira o agrega pulpa, dependiendo de los requerimientos, finalmente pasa las bolsas a la selladora y finalmente ubica las pulpas en canastillas donde finalmente es almacenado el producto terminado.

Es importante mencionar aquellas variaciones en los procesos que siguen las demás frutas de este proyecto: piña, limón, mora.

En el caso de la piña, el proceso adicional que se debe realzar es la remoción de la corona, por lo que se inicia directamente en el tanque de inmersión, ya que un

operario lleva la materia prima hacia el área donde se encuentra este tanque, y ayudándose con el borde del mismo golpea la piña, tomándola de la corona, por lo que la piña cae en el tanque sin corona, lo que facilita el trabajo del despulpador al momento de realizar su labor; después de este punto, el proceso es el mismo al anteriormente mencionado.

El lulo, por otra parte, requiere un proceso inicial, que consiste en remover los tricomas o la pelusa que se encuentra en la superficie, ya que ni el tanque de inmersión, ni la lavadora de cepillos, ni el pulper tienen la capacidad de realizarlo, por lo que se utilizan canastillas forradas con bultos, y el operario se encarga de frotar los lulos en las canastillas para que la pelusa quede dentro de las canastillas, durante este proceso se realiza también la selección de los lulos que van a entrar a la línea. Este proceso toma mucho tiempo, ya que es necesario hacérselo a cada lulo. Luego del proceso, la fruta es llevada a la seleccionadora y continúa el proceso general, anteriormente mencionado.

La mora sigue un proceso muy distinto al mencionado, ya que se inicia la eliminación de los organismos patógenos. Por lo que la mora es transportada hacia la marmita (no se pasteuriza), luego es vaciada en esta, se lleva hasta la temperatura requerida, se retira en recipientes, y luego es transportada hacia el pulper, en donde se procesa, la pulpa es almacenada en los recipientes y luego llevada a envasado.

El limón sigue el proceso general, pero justo después de que los limones salen de la lavadora de cepillos, un operario ubica canastillas en el tanque pequeño, que luego de llenadas son llevadas por el mismo operario a la mesa de corte, en donde se desocupa las canastillas y se apilan los limones, otro operario se encarga de realizar el corte de los limones por la mitad, y los que va cortando los va ubicando en otras canastillas, luego de que se llenan las canastillas son llevadas al área de exprimido, en donde un operario se sienta en frente del exprimido, ubica a cada lado una canastilla con limones cortados, y empieza a tomar de un lado y de otro limones, que luego exprime, y los desechos son puestos en otras canastillas, luego de que la pulpa llene el pequeño balde donde se almacena temporalmente, es retirado y colado en los recipientes normales donde se ubican todas las pulpas. Después de esto, la pulpa pasa a envasado y termina el proceso.

6.1.3 Lista de variables incidentes en el proceso de producción de pulpa de fruta. Las variables identificadas en el proceso de producción son las siguientes:

6.1.3.1 Tipo de proceso de cada grupo de frutas: Al cambiar el proceso de producción de acuerdo a la clasificación de las frutas en los cuatro grupos diferentes, significa que para cada proceso existen actividades y pasos distintos a seguir, lo que conlleva a cambios en el tiempo de procesamiento, labores manuales, rendimientos, transporte, movimientos, temperaturas y características fisicoquímicas y organolépticas que se pretenden alcanzar con cada fruta.

6.1.3.2 Temperatura que debe alcanzar la fruta en el escaldado o pasteurizado: Dependiendo de la fruta que se esté procesando y de que su proceso requiera el escaldado o pasteurizado, se obtienen diferentes temperaturas las cuales cada fruta debe alcanzar. Este requerimiento de temperatura ideal para el proceso de escaldado ha sido determinado mediante la experiencia de trabajar con cada fruta a lo largo de los años y teniendo en cuenta el cumplimiento de normatividad sanitaria con respecto a las características microbiológicas que debe tener cada fruta, ya que no hay un parámetro estándar proporcionado por el gobierno o por la industria. De acuerdo a esto es natural que las frutas que deban alcanzar una temperatura mayor de escaldado demoren más tiempo en este proceso que otras.

Tabla 6. Temperatura de Escaldado

Fruta	Temperatura (°C)
Lulo	50
Piña	60
Mango	50
Mora	70

Fuente: Los autores

6.1.3.3 Temperatura actual de la fruta antes de empezar el proceso: Debido a los problemas con el abastecimiento algunas frutas se pueden almacenar unos días antes de empezar con su procesamiento para convertirla en pulpa, este almacenamiento es en un cuarto frío el cual desciende la temperatura de la fruta a -8°C. Por esta razón cuando la fruta empieza el proceso productivo se encuentra a una baja temperatura y en el momento del escaldado se demorara aun más en llegar a la temperatura ideal, en general esta variable aplica especialmente a la mora.

6.1.3.4 Tipo de operario: En la empresa hay 6 operarios encargados del área de producción de pulpa de fruta, dentro de ellos hay tres con mucha experiencia a los que generalmente se les asigna las frutas mas importantes o de mayor producción en la empresa, sin embargo a cualquier operario se le puede asignar cualquier fruta. En algunos casos específicos hay operarios que realizan la labor de corte mucho más rápido que otros, así mismo la labor de transporte la ejecutan más rápido los hombres que las mujeres, ya que se mueven pesos considerables de más de 100 Kg sin ayuda de herramientas especiales para este tipo de actividades.

Así mismo en la actividad de empaque hay dos operarios muy habilidosos que son los que la mayoría del tiempo está realizando esta actividad, pero de acuerdo a la programación del jefe de producción, pueden variar las personas que realizan esta parte del proceso.

6.1.3.5 Labores ajenas al proceso: Uno de los principales problemas que tiene el sistema productivo de la empresa es la falta de supervisión de las labores o actividades del su proceso productivo. Es así como este proceso se ve interrumpido constantemente por factores externos ajenos a él.

La mala planificación de las actividades y los requerimientos de las mismas da como resultado interrupciones en el proceso productivo porque los operarios encargados de los mismos dejan de hacer su labor por suplir ciertas necesidades ocasionales que se presentan en la empresa.

Como resultado de estas labores ajenas el tiempo de procesamiento se ve afectado al incrementarse considerablemente en un factor difícil de cuantificar debido a la naturaleza esporádica y estocástica de estas interrupciones.

Las actividades del proceso productivo que más se ven afectadas por estos paros inesperados son la selección de las frutas en los rodillos y el lavado y desinfección de las frutas, ya que al operario no estar presente alimentando la línea de producción, las frutas se quedan estáticas en las maquinas ya que no tiene otras detrás que las impulse a avanzar por la línea.

6.1.3.6 Mantenimiento y reparación de las maquinas: Debido a que el proceso productivo requiere de maquinaria para llevarse a cabo, estas maquinas requieren

un seguimiento y un correcto mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento a lo largo del tiempo. Debido al desgaste también se pueden presentar fallas en las mismas, las cuales paralizan el proceso de producción, sin embargo estas paradas por daños en las maquinas son muy poco comunes y se pueden obviar para el análisis de capacidad del proceso.

6.1.3.7 Tiempo de alistamiento: Los tiempos de alistamiento consumen una parte considerable de la jornada laboral de trabajo, tomándose aproximadamente las dos primeras horas de la jornada diaria en actividades de limpieza y adecuación de las maquinas y del área de trabajo.

Esto se realiza sin importar la producción del día inmediatamente anterior como una rutina de trabajo adoptada por la empresa a lo largo de los años, durante esta etapa de alistamiento previa la producción diaria se limpia a profundidad todas las maquinas y las áreas que serán utilizadas posteriormente para la manipulación, transporte y proceso de producción de la pulpa de fruta.

6.1.3.8 Características de las maquinas: El funcionamiento y modo de operación de las maquinas juega una labor vital en la capacidad del proceso productivo. Dos de las maquinas, más precisamente el tanque de lavado por inmersión y la lavadora de cepillo tienen un modo de operación que perjudica la capacidad de la línea de producción al convertirse en estaciones de acumulación de inventario en proceso debido a las características propias de la maquina.

El inventario en proceso (frutas) se mueven a través de estas maquinas gracias al empuje que generan las unidades que vienen posterior a ellas, esto implica que entre mayor sea la tasa de abastecimiento de la línea de producción mayor será la velocidad con que se muevan las unidades de fruta a través de la misma. Sin embargo esto también implica que en los momentos que no hay alimentación a la línea, las frutas en estas estaciones permanecen casi estáticas por lo que en general la línea se ve paralizada hasta que lleguen nuevas unidades del fruta al mismo, o que los operarios ayuden a la movilización de estas manualmente, como suele suceder al final del lote de producción, lo que a su vez aumenta aun mas la velocidad del inventario a través de estas estaciones hasta niveles atípicos.

Así mismo debido al diseño que tienen las bandas transportadoras entre las estaciones, se presentan algunos problemas debido a que algunas frutas grandes

como la piña, o pequeñas como el lulo y el limón, se resbalan de la banda impidiendo así que pasen a la siguiente estación creando demoras en los tiempos de procesamiento.

6.1.3.9 Capacidad de recipientes de almacenamiento de inventario en proceso: Luego de la sale la pulpa de fruta lista del despulpador, esta se almacena temporalmente en unos recipientes los cuales varían en capacidad, y cuya disponibilidad depende exclusivamente de las necesidades o labores diarias que estén realizando las otras secciones de la planta (Preparación de jugos, envasado de jugos y almacenamiento de materia prima o producto terminado), siendo así imposible determinar cuáles recipientes estarán libre en determinado momento del día. Sin embargo los más comúnmente utilizados son los de 200 litros de capacidad y por lo tanto se asumirá que siempre se trabajará con ellos; en la practica debido a la espuma que se presenta y a la posibilidad de que el producto se riegue en el transporte, los operarios no llenan cada recipiente hasta el tope, razón por la cual se tomara la cantidad de pulpa en cada recipiente como de 180 kilogramos.

También se utiliza una gran cantidad de canastillas necesarias para almacenar y movilizar la fruta antes y durante el proceso de producción, el tamaño de las canastillas se asume constante ya que no hay una gran variación entre los dos tamaños disponibles en la empresa, la cantidad promedio de fruta dentro de cada canastilla para el limón, lulo, piña y mango es de 25 Kg, con una desviación estándar muy baja (menor al 1%).

6.1.3.10 Limpieza entre tipos de fruta: Además del tiempo de alistamiento anteriormente mencionado existe también otro alistamiento intermedio cuando durante un mismo día de trabajo se va a procesar más de una fruta distinta, sin embargo este es un alistamiento poco profundo ya que tan solo se limpia superficialmente las maquinas con agua y cepillos, mas no se aplica desinfectante, la única maquina que se desarma es el despulpador para sacar los residuos de la fruta que han quedado dentro de él.

6.1.3.11 Tamaño de fruta: Las frutas con las que trabaja la empresa no son las frutas ideales que se encuentran típicamente en un supermercado, debido a que la empresa no puede pagar los altos costos de las mismas, razón por la cual las

frutas que arriban son aquellas con desperfectos, alto grado de maduración, con impurezas, o tamaños y presentaciones que el cliente común no está dispuesto a costear en una tienda o cadena de almacenes. Esto implica que el precio al cual los proveedores venden la fruta es menor que lo que les podrían dar en otro lugar, llevando necesariamente así a que la empresa sea uno de los últimos clientes al cual venderle producto desde el punto de vista de un proveedor.

Por lo motivos anteriormente mencionados, la fruta que se procesa en la empresa presenta una variabilidad de características las cuales afectan el rendimiento en la obtención de la pulpa y aumentan en tiempo dedicado a la selección y limpieza de las mismas. Sin embargo determinar que proporción del lote tiene características ideales y cuales no se hace muy difícil ya que esto además depende del proveedor, la cosecha y la época del año en que se encuentre.

6.1.3.12 Capacidad de la marmita, despulpador y pasteurizadora: Actualmente la empresa posee dos marmitas, con capacidades de 500 y 250 litros respectivamente, con las cuales se le hace el proceso de escaldado a todas las frutas que lo requieran, el tiempo de operación depende del tipo de fruta y de la temperatura de la misma al iniciar el proceso, siempre se prefiere utilizar la de mayor capacidad a no ser de que este ocupada o no disponible.

La marmita de 250 litros, se usa generalmente para el proceso de escaldados de jugos antes de entregar al cliente, por lo que la mayoría del tiempo esta marmita no se encuentra disponible para el proceso de escaldado de pulpa de fruta, de esta manera su disponibilidad depende de la programación de producción diaria que realiza la empresa.

En la empresa se tienen dos despulpadores de dos tamaños diferentes, uno para frutas de contextura grande como el lulo, mango y piña y otro más pequeño para frutas como la mora, uva, la fresa entre otras. Siempre se utiliza el mismo despulpador para los mismos tipos de fruta, siendo imposible utilizarlo para las otras.

En la actualidad hubo un cambio en el proceso de producción de pulpa de lulo, el cual consta de que ya no se realiza limpieza de la pelusa del mismo, sino que se carga a la línea sin limpieza previa y una vez salga del pulper grande, se pasa por el pulper pequeño para que la mayor parte de la pelusa y impurezas queden atrapadas en el mismo.

En cuanto a la pasteurizadora la empresa tiene una política de uso bastante estricta, solo se utiliza para un volumen resultante de pulpa mayor a 1000 litros, esto debido que en el arranque y parada de la maquina se pierden aproximadamente 100 litros de pulpa (dato estimado por la empresa), razón por la cual al obtener un volumen inferior a los mil litros de pulpa se opta por utilizar las marmitas para el proceso de pasteurizado.

Teniendo en cuenta esto y los tamaños de lote en que los proveedores abastecen la empresa, se observo que la pasteurizadora no era utilizada comúnmente para la elaboración de pulpa de fruta. Esto debido a que para que se obtengan los 1000 litros de pulpa, y observando los rendimientos que tiene cada fruta da como resultado que los lotes de abastecimiento deben ser superiores a los 1500 Kg, lo cual en la empresa es muy raro que se presente, por esta razón durante el tiempo dedicado a la recolección de datos no se logró obtener los tiempos de procesamiento de la pulpa en la pasteurizadora y solo se analizará la operación de tratamiento térmico en la marmita.

6.1.3.13 Tamaño del empaque de la pulpa: La empresa maneja cinco tamaños de empaque diferentes: 100g, 200g, 1000g, 5000g y 25000g, actualmente el empaque de pulpa de fruta se esta realizando de forma manual, por lo que el tiempo de empaque aumenta conforme se incrementa la cantidad en la presentación. Sin embargo las presentaciones más representativas para la empresa por su alta frecuencia son las de 1000, 5000 y 25000 gramos, razón por la cual estas serán las que se analizaran en nuestro estudio, además de que se garantizaba que durante el periodo de recolección de datos efectivamente se realizara el empaque de dichas presentaciones.

6.1.3.14 Abastecimiento de las frutas: El abastecimiento de frutas es una de las actividades críticas en la empresa y una de las más complicadas a su vez. Como se mencionó anteriormente la empresa no puede pagar la misma suma de dinero por kilogramo de fruta que un almacén de cadena, razón por la cual la fruta que llega es aquella que no tiene las características exigidas por los grandes almacenes, además de que en realidad la empresa no necesita una fruta de calidad optima para su producción ya que la forma física de la fruta no es de tanto interés siempre y cuando sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas estén dentro de los rangos deseados.

Por esta razón los proveedores le venden a la empresa aquella fruta que no le pudieron vender a los grandes almacenes y el aprovisionamiento de esta es realmente estocástico, además de esto la mayoría de las frutas se recolectan en cosechas muy marcadas por épocas del año, generando así una gran dificultad en abastecerse de frutas cuya cosecha aún no ha llegado.

El abastecimiento de fruta presenta tal variabilidad e incertidumbre que la empresa se ve obligada a planificar la producción del día siguiente con respecto a la fruta que logró conseguir el día anterior. Tan solo durante unas cortas épocas del año de cosechas se puede garantizar un suministro confiable solo de ciertas frutas.

6.1.4 Caracterización del proceso productivo Se caracterizaron los procesos de producción para cada fruta, esto se realizó mediante la observación del funcionamiento de los procesos como tal y con información provista por la empresa. Dentro de la información incluida en la caracterización esta la siguiente:

- Nombre del proceso
- Responsable
- Entradas
- Actividades, con su responsable asignado
- Salidas
- Recursos
- Requisitos (Grado de madurez y condiciones generales de la materia prima)
- Características químicas
- Características físicas y organolépticas
- Seguimiento y control

Las cinco caracterizaciones de los procesos productivos se pueden observar en el CD anexo.

6.2 NORMALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE TIEMPOS

6.2.1 Análisis de actividades y operarios En este proyecto, con el fin de evaluar la capacidad productiva de la empresa, es necesario realizar la estandarización de tiempos del proceso productivo, es menester mencionar que los procesos a estandarizar son todos aquellos en los que encontramos la intervención de mano de obra, es decir, todas las actividades en las que los tiempos de producción dependen directamente de cómo sea la labor de los operarios de la empresa.

Para ese punto, se realizaron gran cantidad de visitas a la empresa dedicadas exclusivamente al conocimiento por parte de los autores de todas y cada una de las actividades manuales que realizaban los operarios durante el proceso productivo de las frutas seleccionadas para el análisis; de esta forma se pudo observar el desempeño de todos los operarios y ver la forma correcta en que se realizaban las actividades. Es importante mencionar que se conto con la entera disposición de los operarios que realizaban las actividades de interés, lo que facilitó en gran medida la labor realizadas por los autores.

Aunque la empresa realizó una gran inversión para poder automatizar el proceso productivo, aún encontramos actividades en las que hay una intervención total de los operarios, y estas representan un porcentaje importante del tiempo de fabricación tanto de pulpas como de jugos de frutas. Teniendo en cuenta que nuestra labor se centra netamente a la fabricación de pulpas de frutas, las actividades a estandarizar se enfocarán en este tipo de proceso productivo; las actividades que logramos evidenciar se muestran a continuación:

6.2.1.1 Cargue y selección de la línea de producción. Las frutas que cuentan con esta actividad productiva son el lulo, el mango, el limón y la piña. Teniendo en cuenta que dentro de la delimitación y alcance se mencionó que se iba a analizar el proceso productivo desde que entraban la materia prima a la línea de producción, se omitieron las actividades manuales de descarga de camiones, pesaje de materia prima para aceptación y ubicación en el área de recepción, por lo que suponemos que las canastillas con las frutas se encuentran ya ubicadas cerca al área en donde se realiza el cargue de la línea de producción.

Para el lulo, el mango y el limón, la actividad inicia cuando el operario toma una canastilla de 25 kilogramos de fruta en el área de recepción de materia prima, camina hasta el inicio de la línea y descarga toda la fruta en la seleccionadora de rodillos, mientras la fruta es transportada de forma automática hacia el área de lavado (tanque de inmersión), el mismo operario se encarga de sacar de la línea aquellas frutas que no cumplen con las condiciones organolépticas que la empresa requiere, debido a que la maquina se mueve a una velocidad fija, el operario solo observa el estado de la fruta con respecto a color y textura; esta actividad termina luego de que la fruta ha pasado por la seleccionadora, y el operario se retira nuevamente hacia el área de recepción de materia prima y toma otra canasta.

Para la piña el proceso es diferente, ya que el proceso de selección y carga de la línea no inicia en la seleccionadora de rodillos, sino que empieza en el área en donde se encuentra el tanque de inmersión, la explicación de por qué se realiza así, es porque la seleccionadora no esta en capacidad de transportar fruta tan grande y pesada. Para la piña, la actividad inicia en el área en donde se encuentra el tanque de inmersión, cuando los operarios toman la canastilla de 25 kilogramos, la transportan hasta el borde del tanque de inmersión, miran si se encuentran en buen estado, ya que debido al gran tamaño de las piñas el operario tienen buena visibilidad de cada una de estas dentro de la canastilla, y retiran todas aquellas que no cumplan con las características organolépticas que de color y textura, en general, la cantidad de piña retirada es muy pequeña, debido a que la empresa ha encargado a los proveedores de piña de esta labor, ellos solo se encargan de verificar que la fruta se encuentre en buen estado; luego, los operarios vacían toda la canastilla en el tanque de inmersión, dejan la canastilla a un lado, y actividad termina cuando van a tomar otra.

6.2.1.2 Transporte de área de recepción a área de tanque de inmersión. Esta es una actividad que solo se realiza para las piñas, luego de que el proveedor descarga, pesa y ubica las canastillas en el área de recepción, inicia la labor de los operarios de la empresa; la actividad inicia cuando los operarios transportan las canastillas de piña desde el área de recepción hasta el área del tanque de inmersión. Las canastillas son ubicadas por los proveedores generalmente una sobre otra en grupos de cinco (5), por lo que los operarios por medio de un gancho toman la primer canastilla de la parte inferior y transporta el conjunto de canastillas hasta el área en donde se encuentra el tanque de inmersión, la actividad termina

cuando el operario retira el gancho y va al área de recepción por otro grupo de canastillas.

6.2.1.3 Transporte de pulpa desde pulper hasta la balanza digital. Una vez sale la pulpa del pulper, esta es almacenada en recipiente de capacidad 180 Kg, y se tienen tantos recipientes sean necesarios para almacenar toda la pulpa saliente. Cada uno de estos recipientes debe ser pesado para corroborar la cantidad de pulpa que llevan dentro, esto es necesario ya que dependiendo de la cantidad de pulpa se le añade los conservantes, este transporte se realiza manualmente arrastrando el recipiente desde el lugar de inicio hasta su llegada.

6.2.1.4 Transporte de pulpa desde balanza digital hasta marmita. Una vez cada recipiente ha sido pesado, se llevan de vuelta al área de la marmita para su posterior tratamiento térmico, este transporte se realiza manualmente arrastrando el recipiente desde el lugar de inicio hasta su llegada.

6.2.1.5 Cargue marmita. Esta actividad es realizada en cuatro de las cinco frutas a analizar: lulo, mango, mora y piña; en limón no se escaldado debido a que sus propiedades físicas, químicas y organolépticas cambiarían. Esta actividad consiste en que por medio de baldes la pulpa de fruta es llevada de los grandes barriles a la marmita para empezar el proceso escaldado.

Se consideraron dos actividades diferentes, una para la mora y otra que incluye las demás frutas que se escaldan (lulo, mora y piña). La diferenciación de las frutas se da debido a que la mora empieza el proceso de producción en este punto, es decir, la mora en el momento en que llega a la empresa es descargada, pesada y llevada al cuarto frío, generalmente no empieza el proceso en el momento que el proveedor trae la fruta, por lo que en el cuarto frío se guarda por un tiempo y es procesada en el momento que se encuentra congelada, generalmente la fruta se procesa cuando su temperatura es alrededor de 8°C, por lo que lo que ingresa a la marmita es fruta y no pulpa, y debido a que la fruta se encuentra congelada, la cantidad de fruta que cabe en el balde con el que el operario transporta la mora del barril a la marmita es de aproximadamente 6 kilogramos. En cambio, para el resto de las frutas que se escaldan, la actividad se realiza después de que la fruta es despulpada, por lo que lo que el operario

transporta con el balde del barril a la marmita es pulpa de fruta, y el peso que generalmente transporta es de aproximadamente 9 kilogramos.

6.2.1.6 Vaciado marmita. El vaciado de la marmita luego que se completó la operación en la misma es realizado por un operario el cual con la ayuda de un recipiente de capacidad 9 Kg de pulpa va sacando pulpa de la misma y la deposita en otro recipiente de capacidad 180 Kg hasta que este lleno. Una vez se complete los 180 Kg el operario acerca otro balde para continuar su labor.

En esta actividad cada tiempo corresponde a un movimiento de sacar pulpa de la marmita y depositarla en el recipiente grande, con ayuda del pequeño.

Se toma este tiempo como igual para todas las frutas, ya que luego del tratamiento térmico en la marmita todas las frutas están en forma de pulpa líquida, por lo que en cada movimiento se sacará la misma cantidad de pulpa sin importar que fruta sea.

6.2.1.7 Transporte de pulpa desde marmita hasta área de envasado. Una vez el tratamiento térmico ha finalizado y se ha descargado la marmita nuevamente en los recipientes de 180 Kg, estos se disponen a ser transportados uno por uno hasta el área de empaque, este transporte se realiza manualmente arrastrando el recipiente desde el lugar de inicio hasta su llegada.

6.2.1.8 Transporte de limón desde lavadora de rodillos hasta mesa de corte. Una vez salen los limones de la lavadora de rodillos estos caen en canastillas de 25 Kg cada una, las cuales el operario a medida que se van llenando las va apilando de a grupos de 5, una vez han salidos todos los limones el operario transporta un grupo de 5 canastillas de la lavadora de rodillos hasta el mesa de cítricos, luego se devuelve por otras 5 canastillas, y así sucesivamente hasta traerlas todas.

6.2.1.9 Corte de limón. Los limones previamente han sido depositados en una mesa destinada para cítricos, la cual tiene una capacidad de 3 canastillas o 75 Kg de limones. El operario coge limón por limón y lo parte individualmente y las dos mitades son depositadas en otra canastilla hasta que esté llena, (la canastilla se llena con 25Kg de limón aproximadamente). Cuando la canastilla está llena de

limones cortados, el operario la ubica contiguo a su estación, ya que adyacente a ella está la estación de exprimido de limón.

Los tiempos han sido tomados para el corte de la canastilla completa y de su ubicación en la zona de exprimido.

6.2.1.10 Exprimido de limón. Una vez los limones han sido cortados un operario coge dos canastillas de limones y las trae a la estación de exprimido. El exprimido se hace con la ayuda de una exprimidora semiautomática. El operario saca una mitad de un limón con una mano y la pone en la exprimidora hasta que suelte todo el jugo y deposita la cascara del limón en un recipiente adecuado para ello, luego repite la misma operación con la mano opuesta, de esta manera con la mano derecha saca limones de una canastilla y con la mano izquierda saca limones de otra canastilla.

Los tiempos han sido tomados para ubicar las dos canastillas de aproximadamente 25 Kg en la estación, completar el exprimido de ambas y remover las canastillas para darle paso a las nuevas.

6.2.1.11 Empaque de un kilogramo de pulpa de fruta. Para la estandarización de tiempos del empaque en la presentación de 1 kg, se identifican tres actividades, a las cuales se procedió estandarizar:

- I. **Primer llenado:** En esta actividad el operario coge una unidad de empaque y con la ayuda de una jarra pequeña ya establecida para esta presentación, saca del recipiente que contiene la pulpa una cantidad aproximada a un kilogramo y lo deposita dentro del empaque, luego ubica el empaque en un recipiente adecuado con una rejilla, en la cual en cada espacio cabe una unidad de empaque.
- II. **Segundo llenado:** En esta actividad el operario coge una unidad de la rejilla y la pone sobre una balanza digital y con la ayuda de un cucharón añade o retira cantidad hasta que la balanza marque un kilogramo, posteriormente ubica cada una de estas unidades con el peso correcto en otra rejilla.

- III. Sellado:** En esta actividad el operario coge una unidad de la última rejilla y con ayuda de una maquina selladora de pie, sella el extremo del empaque plástico y posteriormente lo ubica en una canastilla.

6.2.1.12 Empaque de 5 kilogramos de pulpa de fruta. El empaque se realiza en el área de envasado, esta presentación se utiliza para los cinco tipos de frutas a analizar; en esta presentación la consideramos dividir en cuatro actividades específicas a estandarizar.

1. Preparación: La actividad inicia cuando el operario toma un balde y le introduce una bolsa, luego la parte superior de la bolsa que se asoma, le hace un dobléz hacia afuera, de manera que el balde queda “forrado”; la actividad termina cuando pone el balde con la bolsa a un lado de la mesa.
2. Llenado 1: Esta actividad consiste en que el operario toma un jarra pequeña que se encuentra en el barril con pulpa, retira cierta cantidad de pulpa de fruta y la introduce a la bolsa con el balde, esta cantidad es echada de forma aproximada de acuerdo a la experiencia a lo que el operario considere es una cantidad que se acerca a los 5 kilogramos.
3. Llenado 2: En esta actividad el operario ubica el balde en una balanza digital que se encuentra previamente calibrada de acuerdo al peso de los baldes, de tal forma que cuando se ubique, muestre la cantidad real de pulpa dentro del balde, por lo que el operario mediante un vaso pequeño debe retirar o agregar pulpa según sea el caso, hasta que la balanza marque los 5 kilogramos.
4. Sellado: Esta actividad inicia cuando el operario retira la bolsa del balde, y la lleva al área en donde por medio de calor se sella la bolsa en la parte superior, mediante una maquina que se conoce como selladora, luego ubica la bolsa en una canastilla y la actividad termina cuando se dirige de nuevo a tomar otro balde.

6.2.1.13 Empaque de 25 kilogramos de pulpa de fruta. El empaque se realiza en el área de envasado, esta presentación se utiliza para los cinco tipos de frutas a analizar; en esta presentación la consideramos dividir en tres actividades específicas a estandarizar.

- I. Preparación: La actividad inicia cuando el operario toma una bolsa, una cuerda y una canastilla, y termina cuando la canastilla sobre la balanza digital, y pone encima la bolsa, y la abre preparándola para el llenado.
- II. Llenado: En esta actividad el operario por medio de una jarra, llena la bolsa de pulpa de fruta, que es tomada de un barril que se encuentra ubicado al lado de la balanza digital con pulpa de fruta procesada, el operario llena o retira según requiera hasta que la balanza marque 25 kilogramos.
- III. Amarre: En esta actividad el operario se encarga de amarrar la parte superior de la bolsa utilizando la cuerda, de tal forma que quede bien sellada, luego la bolsa es ubicada en una canastilla donde se disponen todas las bolsas con producto terminado; el proceso termina cuando el operario toma otra bolsa.

Luego de conocer muy bien cada una de las actividades mencionadas anteriormente por parte de los autores, fue necesario establecer qué operario era el más calificado para poderle realizar el estudio de tiempos, esto por supuesto, para cada una de estas actividades. Para la determinación del operario, se eligió de acuerdo a la experiencia adquirida a través del tiempo por la realización de esta actividad, que el ritmo de trabajo fuera bueno, ni muy despacio ni muy rápido, y que realizara las actividades de la forma que se considero más apropiada.

6.2.2 TIEMPOS A ESTANDARIZAR

6.2.2.1 Toma de tiempos. Para la toma de tiempos de las actividades manuales a estandarizar, se destinaron alrededor de tres (3) meses, fue una labor bastante ardua debido a falta de disponibilidad de la fruta a estudiar dentro del proceso productivo en el horizonte de tiempo destinado para la recolección de datos, debido a la gran incertidumbre que tiene la empresa tanto al día de llegada como la cantidad de fruta que entregan los proveedores, esto motiva a que la planeación de la producción dentro de la empresa se realice justo el día anterior al momento en que se realiza la fabricación de pulpas.

La razón por la cual la cantidad de fruta que la empresa pide a los proveedores no es la que realmente llega, tiene que ver con los precios que la empresa paga por

la materia prima a los proveedores, ya que estos son reducidos debido a que para la realización de jugos y pulpas, la fruta a procesar debe estar en una etapa de madurez avanzada, es decir, es fruta que esta a pocos días de descomponerse o sobre madurarse, por lo que los proveedores tratan de vender la mayor cantidad de fruta a otros clientes, supermercados por ejemplo, y la fruta que llega a la empresa generalmente es la fruta que no pudieron vender en otro lado por el alto grado de madurez de la misma mas no por las condiciones organolépticas de la fruta (calidad). Se podría pensar que una solución para tener programada la producción con anticipación, es que la empresa compre fruta con un nivel de maduración mas bajo, pero esto además de generar un aumento en los costos de la materia prima, generaría una utilización de almacenamiento mayor, y la empresa actualmente cuenta con espacios reducidos para este fin, es mas, en ocasiones se ven cortos de espacio, ya que la mayor parte del espacio esta destinado para los cuartos fríos, en donde se almacena el producto terminado (pulpas y jugos).

que la planeación de la producción dentro de la empresa se realiza justo el día anterior a la producción. Una de las principales razones por la que la planeación se realiza de esta forma, es debido a la gran incertidumbre que tiene la empresa al momento de recibir la materia prima, por una parte, en la mayoría de las veces las cantidades de fruta que la empresa pide a sus proveedores no corresponde a lo que finalmente reciben, además, el lead time es muy variable, ya que generalmente los proveedores no cumplen con las fechas de entrega con la que se comprometen.

Para el proceso de recolección de datos, es decir, la toma de tiempos se tuvo en cuenta el libro "Estadística aplicada a los negocios y a la economía" de Lind, Marchal y Wathen, con el fin de determinar el tamaño adecuado de la muestra, de tal forma que la estimación del parámetro de la población sea bueno. La decisión se basa en tres variables: Margen de error que tolerará el investigador, el nivel de confianza deseado, y la variabilidad o la dispersión de la población que se estudia.

El máximo error admisible tolerado por el investigador, se refiere a la magnitud que se suma y resta a la media muestral, para determinar los puntos extremos del intervalo de confianza. Existe una compensación entre el margen de error y el tamaño muestral. Un margen de error pequeño requiere de una muestra mas grande y de más tiempo y dinero para la recolección, en cambio un margen de error mas grande, permite tener una muestra mas pequeña y un intervalo de confianza mas amplio.

Al trabajar con un intervalo de confianza, se utilizan generalmente los más altos, es decir, del 95 y 99%. Para calcular el tamaño de la muestra, se necesita de un estadístico z que corresponde al nivel de confianza elegido para una distribución normal. Para un nivel de confianza del 95%, el valor z corresponde a 1,96, mientras que para el 99% el valor z es de 2,58. Las muestras mas grandes corresponden a un nivel de confianza mas alto.

Por otro lado, en cuanto a la desviación estándar de la población, en caso de que la población se encuentre muy dispersa, se requiere una muestra más grande; por el contrario, si la población se encuentra más concentrada (homogénea), el tamaño de la muestra requerida será menor.

El método utilizado para la elección del tamaño adecuado para la muestra, fue el del estudio piloto, que consiste en realizar una pequeña muestra inicial, y a partir de esta, se calcula la desviación estándar, y con base en esta, se calcula la cantidad de muestras que se deben tomar, de tal manera que sea representativa de la población.

La ecuación tomada del libro de Marchal, con la cual se determinó el tamaño de la muestra para estimar la media de la población se muestra a continuación.

$$n = \left(\frac{z\sigma}{E} \right)^2$$

En donde n es el tamaño de la muestra, z es el valor normal estándar correspondiente al nivel de confianza deseado, σ es la desviación estándar de la población, y E es el error máximo admisible.

Es importante tener en cuenta que para la recolección de datos, se realizó el supuesto de que los tiempos tomados seguían una distribución normal.

6.2.2.2 Forma de recolección. Primero, se realizaron observaciones iniciales del proceso productivo, con el fin de conocerlo y poder determinar cuales eran las actividades manuales a estandarizar, después, se realizó la toma y recolección de tiempos, que se realizó mediante la utilización de una videocámara, por medio de la cual se filmó el proceso productivo de cada una de las frutas a estudiar (lulo, mora, piña, limón y mango). Después, por medio de estas filmaciones, se prestó especial atención en aquellas actividades manuales susceptibles de estandarización, y por medio de un cronometro digital se establecieron en

promedio diez tiempo por cada una de las actividades, el método de cronometraje utilizado fue el de vuelta a cero, debido a que se tenía la posibilidad de pausar el video, lo que facilita muchísimo mas la determinación de los tiempos. Se realizó la documentación de la información y se estableció mediante la formula anteriormente mencionada el tamaño de la muestra.

Teniendo el tamaño de muestra adecuado para cada actividad, se realizaron nuevas visitas a la empresa, en donde se filmaron nuevamente las actividades requeridas. Finalmente, se realizó a documentación de la información.

6.2.3 Calificación del desempeño, suplementos y holguras

6.2.3.1 Calificación del desempeño. Para la calificación del desempeño de los operarios se consideró el sistema de nivelación, también conocido como sistema de Westinghouse, evidenciados en el libro de Niebel, *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, que considera cuatro factores para evaluar el desempeño de los operarios: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

6.2.3.1.1 Descripción de valores de desempeño.

Habilidad: Se considera habilidad como “la destreza para seguir un método dado”, relacionándolo además con la experiencia y aptitudes que demuestre el operario, coordinando mente y manos, y un buen ritmo de trabajo. Usualmente es un factor que aumenta con el tiempo, ya que se va adquiriendo experiencia a medida que transcurre el tiempo, generando un mayor grado de familiaridad con el trabajo, y aumentando el ritmo, ya que van desapareciendo tanto los titubeos como los movimientos falsos. En caso de presentarse una disminución, esta puede ser causada por factores físicos o psicológicos, como fallas en la visión, en los reflejos o la pérdida de fuerza muscular y/o coordinación.

Tabla 7. Sistema Westinghouse para calificar habilidades.

%	Valor	Grados de habilidad
0,15	A1	Superior
0,13	A2	Superior
0,11	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,06	C1	Buena
0,03	C2	Buena
0,00	D	Promedio
-0,05	E1	Aceptable
-0,10	E2	Aceptable
-0,16	F1	Mala
-0,22	F2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Esfuerzo: El esfuerzo se define como una “demostración de la voluntad para trabajar de manera eficaz”. En general representa la velocidad con que se aplica la habilidad que, en gran medida puede ser controlada por el operario.

Tabla 8. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo.

%	Valor	Grados de esfuerzo
0,13	A1	Excesivo
0,12	A2	Excesivo
0,10	B1	Excelente
0,08	B2	Excelente
0,05	C1	Bueno
0,02	C2	Bueno
0,00	D	Promedio
-0,04	E1	Aceptable
-0,08	E2	Aceptable
-0,12	F1	Malo
-0,17	F2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Condiciones: Las condiciones consideradas incluyen: temperatura, ventilación, luz y ruido. Son consideraciones no afectan a la operación sino al operario.

Tabla 9. Sistema Westinghouse para calificar las condiciones

%	Valor	Condición
0,06	A	Ideal
0,04	B	Excelente
0,02	C	Bueno
0	D	Promedio
-0,03	E	Aceptable
-0,06	F	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Consistencia: Este último factor se refiere a la consistencia del operario, puede evidenciarse fácilmente en los momentos en que los analistas usen el método de regresos a cero. Una consistencia perfecta se refiere a que los valores de los tiempos evidencien de forma constante.

Tabla 10. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia.

%	Valor	Consistencia
0,04	A1	Perfecta
0,03	A2	Excelente
0,01	B1	Buena
0	B2	Promedio
-0,02	C1	Aceptable
-0,04	C2	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Una vez se han determinado las calificaciones de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, se puede determinar el factor de desempeño global, mediante la combinación de estos valores y la adición de una unidad.

Para poder entender de forma detallada el cálculo del factor de desempeño para cada una de las actividades a estandarizar, se mostrara a continuación un ejemplo:

Para la calificación del desempeño de la actividad de cargue y selección de pulpa de fruta (lulo, limón, piña y mango) para la línea de producción se realizó la siguiente calificación: C2 en habilidad, C1 en esfuerzo, E1 en condiciones y B1 en consistencia; de acuerdo con esto, el factor de desempeño fue el siguiente:

Tabla 11. Ejemplo de aplicación de desempeño estándar.

	Valor	%
Habilidad	C2	0,03
Esfuerzo	C1	0,05
Condiciones	E1	-0,04
Consistencia	D	0
Total		0,04 1
Factor de Desempeño		1,04

Fuente: Los autores

6.2.3.1.2 Aplicación del factor de desempeño: Después de completar la etapa de documentación de toma de tiempos, se debe se procede a aplicar el factor de desempeño encontrado, de la siguiente forma:

$$TN = TO * (Factor de desempeño)$$

Donde TO es el tiempo observado y TN es el tiempo normal.

6.2.3.2 Calificación de Holguras y Suplementos. Teniendo en cuenta que el tiempo normal no incluye demoras inevitables, ni tiempos perdidos legítimos, es necesaria la aplicación de algunos ajustes u holguras.

Con respecto a las holguras encontramos varios tipos: holguras constantes, holguras por fatiga variable y holguras especiales. En el libro de Niebel, podemos

evidenciar una muestra de holguras recomendadas por la Oficina Internacional de Trabajo (ILO, International Labour Office), que se mostraran a continuación:

Tabla 12. Holguras recomendadas por ILO (International Labour Office)

Holguras Constantes	
Holgura personal	5
Holgura por fatiga básica	4
Holguras Variables	
Holgura por estar parado	2
Holgura por posición anormal:	
Un poco incomoda	0
Incomoda (flexionado)	2
Muy incomoda (estirado, acostado)	7
Uso de fuerza o energía (levantar, empujar, arrastrar)	
Peso en lb	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
Mala Iluminación:	
Poco debajo de lo recomendado	0
Bastante debajo de lo recomendado	2
Muy inadecuada	5
Atención:	
Trabajo bastante fino	0
Trabajo fino o exacto	2
Trabajo muy fino o muy exacto	5
Ruido:	
Continuo	0
Intermitente: fuerte	2
Intermitente: muy fuerte	5
De tono alto: fuerte	5

Esfuerzo mental:	
Bastante complejo	1
Espacio de atención compleja o amplia	4
Muy complejo	8
Monotonía:	
Baja	0
Media	1
Alta	4
Tedio:	
Algo tedioso	0
Tedioso	2
Muy tedioso	5

Fuente: NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo

Por otra parte, para entender más detalladamente como se realizó la calificación holguras o suplementos para las actividades del proceso productivo, se mostrará a continuación un ejemplo, que evidencia la actividad de cargue y selección de pulpa de fruta (lulo, limón, piña y mango) para la línea de producción. Se realizó la siguiente calificación:

Tabla 13. Ejemplo de aplicación de holguras o suplementos.

Holguras Constantes:	
Holgura personal	5
Holgura por fatiga básica	4
Holguras Variables:	
Holgura por estar parado	2
Holgura por posición anormal	2
Uso de fuerza o energía	4
Mala Iluminación	0
Atención	2
Ruido	0
Esfuerzo mental	0
Monotonía	1
Tedio	2
TOTAL	22

Fuente: Los autores

La explicación de las holguras mostradas en el ejemplo anterior se mostraran a continuación: las holguras constantes, son las sugeridas por la ILO, por otro lado, para esta actividad evidenciamos holguras por estar de pie, que generalmente es de 2; la holgura por una posición anormal de 2, ya que debe estar recogiendo canastillas, cargando y estar flexionado revisando cual cumple con las características organolépticas; por uso de fuerza o energía muscular de 4, ya que carga canastillas con fruta con un promedio de 25 kilogramos cada una; atención de 2, debido a que debe revisar que no se pase fruta en mal estado, por lo que debe estar muy pendiente; el ruido y el esfuerzo mental son mínimos, la monotonía es media (1), ya que se realizan varias actividades en una; finalmente se considero como un trabajo tedioso, por lo que se considero la calificación de 2.

6.2.3.2.1 Aplicación de holguras. Para la aplicación de los suplementos u holguras, se debe agregar un porcentaje al tiempo normal (TN), de modo que la holgura se base solo en un porcentaje de tiempo productivo, dando como resultado el tiempo estándar (TE), de la siguiente forma:

$$TE = TN \left(1 + \frac{\text{holguras}}{100} \right)$$

6.2.4 Tiempos estandarizados. Los resultados de la recolección de datos, la normalización y la estandarización de los tiempos se muestran a continuación.

Tabla 14. Resumen de estandarización de tiempos.

Actividades	TP (Seg)	TP (Min)	TN (Min)	TE (Min)
Cargue y selección de la línea de producción	N/A	N/A	N/A	N/A
• Limón	45,00	0,75	0,78	0,95
• Piña	13,53	0,23	0,23	0,29
• Mango	58,47	0,97	1,01	1,24
• Lulo	52,80	0,88	0,92	1,12
Transporte de piña: área de recepción - área de tanque de inmersión	18,06	0,30	0,33	0,40
Empaque de 1 kilogramos de pulpa de fruta	N/A	N/A	N/A	N/A
• Llenado 1	10,56	0,18	0,19	0,22
• Llenado 2	8,52	0,14	0,16	0,17
• Sellado	9,80	0,16	0,18	0,20

Empaque de 5 kilogramos de pulpa de fruta.	N/A	N/A	N/A	N/A
• Preparación	9,90	0,17	0,17	0,19
• Llenado 1	8,40	0,14	0,15	0,17
• Llenado 2	5,85	0,10	0,10	0,11
• Sellado	17,95	0,30	0,31	0,37
Empaque de 25 kilogramos de pulpa de fruta	N/A	N/A	N/A	N/A
• Preparación	32,65	0,54	0,57	0,64
• Llenado	58,45	0,97	0,99	1,14
• Amarre	50,50	0,84	0,95	1,11
Cargue de marmita	N/A	N/A	N/A	N/A
• Mora	10,19	0,17	0,18	0,21
• Otras	7,07	0,12	0,12	0,15
Descargue de marmita	5,20	0,09	0,09	0,11
Cargue de mora al pulper	12,60	12,60	12,60	12,60
Transporte de limón: lavadora de cepillos - mesa de corte.	12,20	0,20	0,22	0,27
Transporte de pulpa: pulper - balanza digital.	17,90	0,30	0,32	0,44
Transporte de pulpa: balanza digital - marmita.	12,65	0,21	0,23	0,31
Transporte de pulpa: marmita - área de envasado.	18,95	0,32	0,34	0,47
Transporte de limón: balanza digital - área de envasado.	10,00	0,17	0,18	0,25
Transporte de mora: cuarto frío - marmita.	19,35	0,32	0,35	0,48

Fuente: los autores.

En donde TP representa el tiempo promedio de cada actividad, tanto en segundos como en minutos; TN es el tiempo normalizado y TE el tiempo estandarizado, ambos en minutos.

6.3 DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Para calcular la capacidad de producción de la empresa se utilizó la herramienta de simulación de eventos discretos, el programa en el cual se desarrollaron los diferentes modelos es Promodel 2010, ya que es el simulador de eventos discretos con el que cuenta la Universidad Icesi actualmente y cuyas características permitían el correcto desarrollo del trabajo.

6.3.1 Definición del sistema El sistema a simular se ha definido desde el alcance de este proyecto, el cual contempla el proceso de fabricación de pulpa de 5 frutas distintas (Limón, Lulo, Mango, Mora y Piña) desde que se encuentra la materia prima en su zona de almacenamiento hasta que sale del envasado como producto terminado, no es interés del sistema simular el recibo de la materia prima, la distribución de producto a los clientes finales, ni el manejo de desperdicio resultantes del proceso.

El funcionamiento del sistema y su secuencia lógica fue definida durante la etapa de reconocimiento y análisis de las variables incidentes en el proceso de producción, en donde se generaron los diagramas de flujo de los cinco procesos a simular (CD anexo).

6.3.2 Diseño preliminar Con el modelo de simulación se pretende cuantificar la capacidad de producción que tiene actualmente la empresa, por lo que la unidad de medida será el tiempo de procesamiento que se tarde en completar un tamaño de lote que entre en la línea de producción.

Los arribos del modelo serán los diferentes tamaños de lote a procesar, lo cuales varían dependiendo la fruta por sus características de procesamiento, o por la presentación en la que llega la materia prima a la empresa, es así como para el limón, lulo y mango se manejarán tamaños de lote desde 500 hasta 2000 kilogramos, con aumentos de cien en cien. Para la mora se manejará tamaños de lote empezando en 540 y terminando en 1980 con aumentos de 180 entre cada uno, y finalmente para la piña se manejarán tamaños de lotes desde 500 a 2000 con aumentos de 125 entre cada uno.

La razón por la cual se escogieron estos límites en los tamaños de lotes es porque según los criterios de la empresa basándose en los rendimientos de las frutas, no

es viable dedicar toda la línea de producción para cantidades menores a 500 kilogramos de fruta, debido a que la cantidad de pulpa resultante no justifica dicha operación. Por el otro lado el tamaño máximo de lote fue definido como 2000 kilogramos ya que en consecuencia de todos los problemas de abastecimiento anteriormente mencionados es muy improbable que se consiga más de dos toneladas de una misma fruta para procesar en solo una operación.

Se desarrollaron 5 modelos de simulación distintos, uno para cada una de las cinco frutas a analizar, además debido a que existen tres posibles presentaciones de envasado (1, 5 y 25 kg) se crearon 3 modelos para cada fruta, uno por cada presentación, esto debido a que nos interesa saber el tiempo de procesamiento si todas las unidades se envasaran en una misma presentación, lo que dejó un total de 15 modelos de simulación.

A continuación se presentan las características principales de los modelos realizados para cada fruta:

Tabla 15. Características de los modelos de simulación

Locaciones	Zona de Materia Prima
	Seleccionadora de rodillos
	Tanque de inmersión
	Lavadora de Cepillos
	Pulper
	Marmita
	Envasado
Entidades	Unidad Física
	Canasta
	Bolsa
	Barril
	Desperdicio
Recursos	Alimentador
	Controlador
	Envasador
	Cortador
	Exprimidor

Fuente: Los autores

Hay que mencionar que debido a que el proceso de producción de cada frutas tiene variaciones respecto a de las demás, no en todos los modelos se utiliza la totalidad de locaciones y recursos, pero todas las entidades si están presentes en todos los modelos.

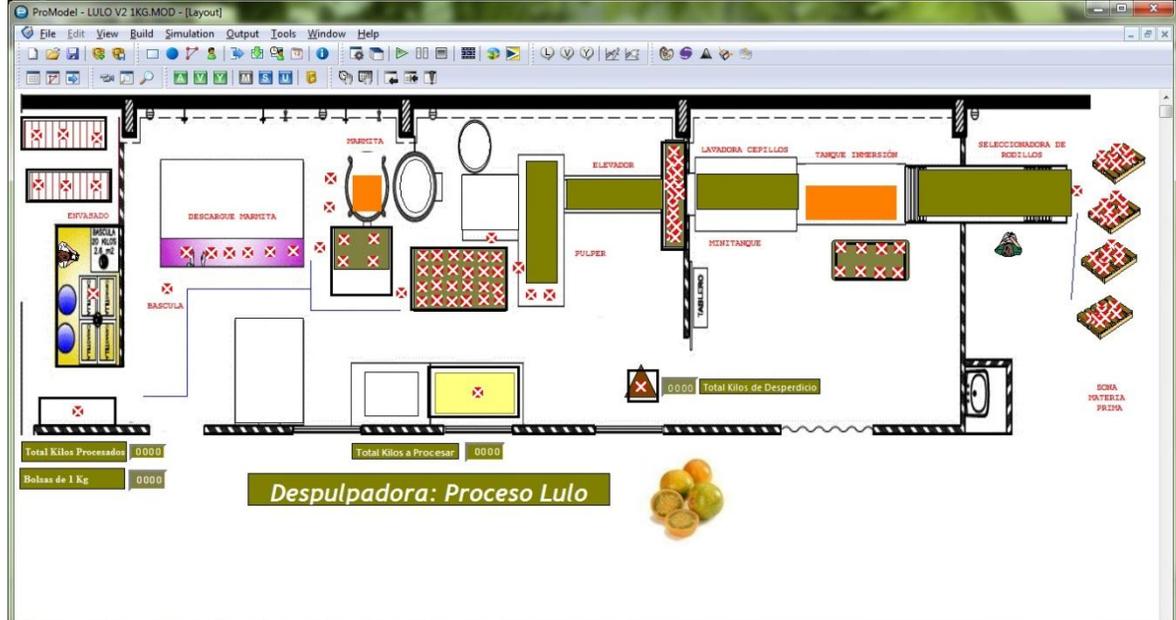
La principal entidad sin importar el modelo es la Unidad Física que iba a ir desplazándose a lo largo del mismo, se tomó la decisión de que cada entidad en el modelo representa un (1) kilogramo de fruta para efectos de la programación del mismo y para el establecimiento de los parámetros de operación de las locaciones presentes.

Las canastas representan a su vez 25 unidades físicas o kilogramos de frutas según los datos obtenidos en la empresa, y los barriles pueden contener hasta 180 unidades físicas o kilogramos, la entidad desperdicio a su vez representa un (1) kilogramos de fruta la cual sale del proceso como residuo o desperdicio del mismo para cumplir con el rendimiento de cada fruta al convertirse en pulpa, y las bolsas son las presentaciones completas del producto terminado envasado listo para ser comercializado.

En cuanto a los recursos tenemos que el alimentador que quien carga la línea de producción con las canastas de frutas, el controlador es quien transporta el producto una vez que sale del pulper hacia las demás estaciones y realiza las operaciones en cada una, el cortador y exprimidor solo están presentes en el modelo del limón y son los encargados de extraer su jugo, finalmente el envasador es quien está encargado de realizar la actividad de envase de la pulpa en sus diferentes presentaciones.

6.3.3 Formulación del modelo Los parámetros de operación de cada locación y el proceso de cada modelo se muestran en el CD anexo.

Figura 3. Modelo de Simulación en Promodel 2010



Fuente: Los autores

6.3.4 Validación del modelo Debido a la manera en la que fueron recolectados los datos se obtuvieron los datos reales de unos tamaños de lote determinados, con los cuales se calculo una tiempo determinado por unidad física, lo que permitió extender el estudio a los demás posibles tamaños de lote que puede manejar la empresa. Los problemas anteriormente mencionados de abastecimiento de la materia prima hicieron que cierta cantidad de fruta a procesar fuera puesta en la línea de producción en sublotes para que de esta manera de pudieran sacar varias observaciones del proceso de un lote grande de producción.

Los datos reales registrados se muestran en el CD anexo en el cual también se encuentra su respectiva comparación con los datos arrojados por los distintos modelos de producción, presentando una desviación mínima de los mismos por lo que dicha diferencia no es significativa y no afectan los resultados del modelo de simulación.

La validación se realizo en las principales estaciones del proceso de producción, es decir, la línea de limpieza que incluye seleccionadora de rodillos, tanque de inmersión, lavadora de cepillos, el pulper, la marmita, el corte y exprimido.

Los tiempos de envasado se tomaron de la estandarización de tiempos realizada anteriormente, así mismo como todos los tiempos de transporte, razón por la cual

no se validaron los datos, ya que el simulador obtendrá los mismos resultados al multiplicar el tiempo que toma cada envasado por la cantidad de unidades a envasar, ya que como se menciona se trabajó con el valor estándar y no se tomo en cuenta la variación de los datos tomados originalmente los cuales no estaban estandarizados.

6.4 CUANTIFICACION DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA

6.4.1 Resultados obtenidos de los modelos de simulación Una vez diseñados y validados los 15 modelos de simulación se procedió a realizar las distintas pruebas para la estimación de la capacidad del proceso, para esto se corrió el modelo para diferentes tamaños de lote y se realizaron 15 replicas por cada nuevo tamaño de lote.

Para cada corrida se registraron los datos de tiempo de procesamiento promedio de las 15 replicas, así mismo como la tasa de utilización de las locaciones para los tamaños de lote de 500, 1000, 1500 y 2000 kilogramos, se registro también para estos mismos tamaños de lotes, la cantidad de kilogramos de pulpa obtenida y la cantidad de kilogramos que salen del sistema como desperdicio.

La totalidad de los datos resultante de los modelos de simulación fueron registrados en el CD anexo.

Del anexo anteriormente mencionado se extrajeron las principales tablas que muestran los resultados obtenidos de modelo, las cuales constan del tamaño de lote con el que se inicializó el modelo, su tiempo de procesamiento para cada una de las presentaciones del envasado (1, 5 y 25 Kg); con dichas tablas se procedio a generar unas graficas que permitieran observar mejor el comportamiento del tiempo de procesamiento conforma aumenta el tamaño de lote a procesar, las tablas y graficas se muestran a continuación:

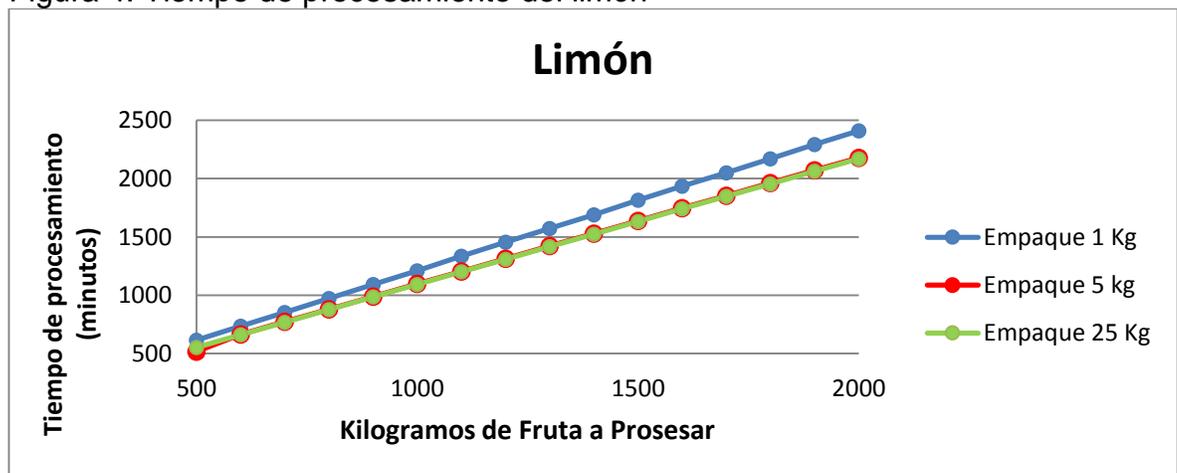
6.4.1.1 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de limón

Tabla 16. Tiempo de procesamiento del lulo

LIMÓN	Tiempo de Procesamiento [s] con Envasado de:		
	Kg de Fruta	1 Kg	5 Kg
500	614,57	516,85	553,95
600	736,29	665,33	662,51
700	853,03	772,80	769,31
800	973,09	881,02	876,91
900	1092,76	989,20	985,07
1000	1211,06	1096,95	1092,68
1100	1334,39	1205,91	1201,04
1200	1456,07	1314,43	1309,41
1300	1574,00	1422,18	1416,42
1400	1691,08	1529,66	1524,20
1500	1815,34	1638,78	1632,17
1600	1936,73	1747,21	1740,72
1700	2050,86	1854,13	1846,97
1800	2171,33	1962,45	1955,54
1900	2292,71	2070,97	2063,50
2000	2410,61	2178,58	2171,09

Fuente: Los autores

Figura 4. Tiempo de procesamiento del limón



Fuente: Los autores

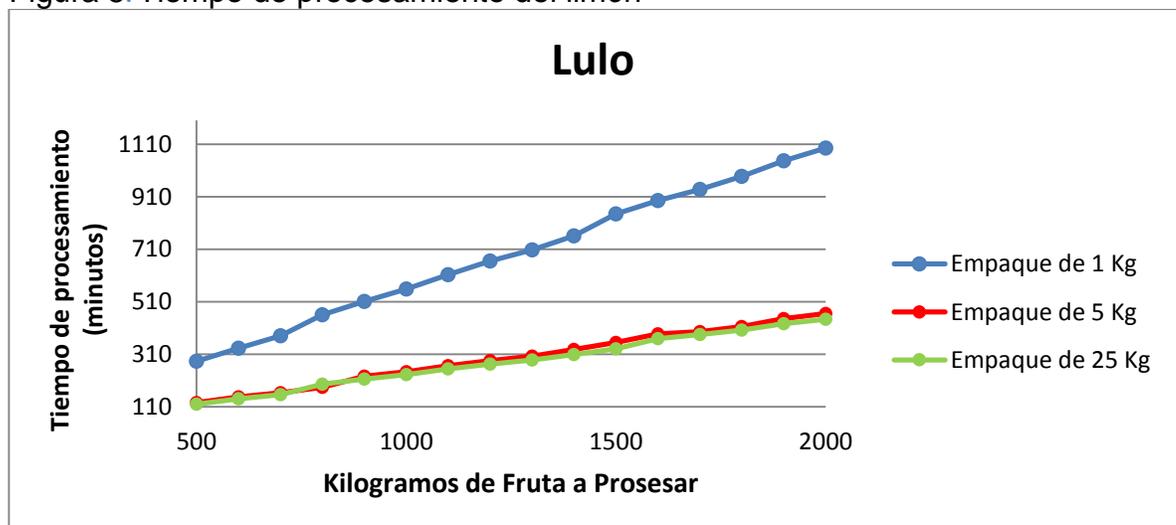
6.4.1.2 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de lulo

Tabla 17. Tiempo de procesamiento del lulo

Lulo Kg de Fruta	Tiempo de Procesamiento (minutos) con Envasado de:		
	1 Kg	5 Kg	25 Kg
500	283,34	125,89	119,78
600	332,83	148,10	141,12
700	380,52	134,34	156,04
800	460,58	184,56	196,19
900	511,44	226,67	216,44
1000	558,78	244,23	233,21
1100	613,18	266,38	254,45
1200	665,14	286,25	272,97
1300	707,80	302,98	289,14
1400	760,42	329,08	309,43
1500	844,67	355,41	330,50
1600	894,81	387,68	370,09
1700	938,08	396,54	385,92
1800	986,99	415,66	402,97
1900	1046,53	445,55	426,33
2000	1095,36	464,89	444,08

Fuente: Los autores

Figura 5. Tiempo de procesamiento del limón



Fuente: Los autores

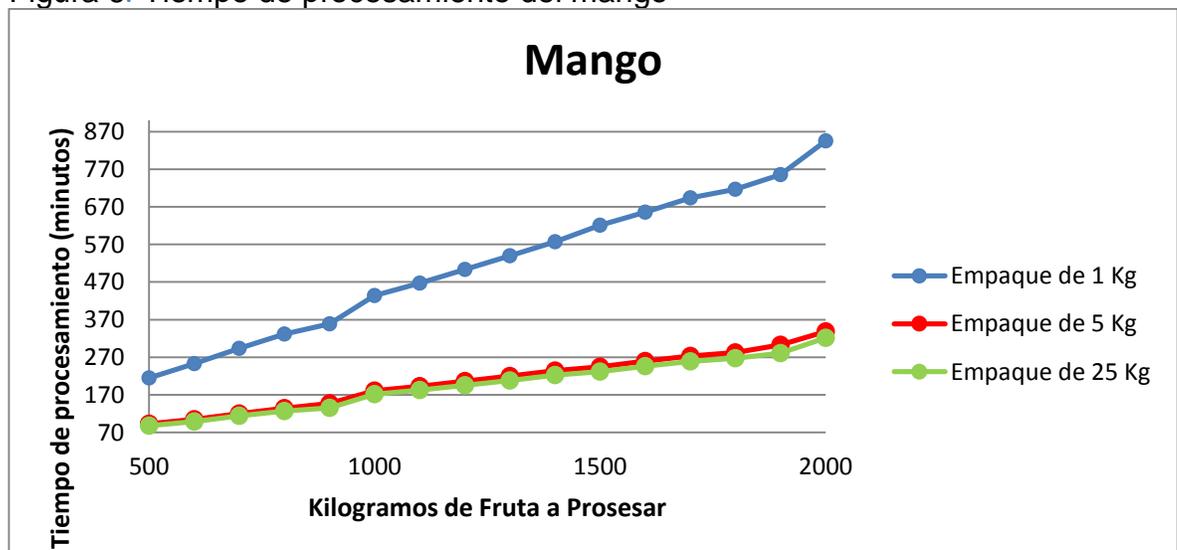
6.4.1.3 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de mango

Tabla 18. Tiempo de procesamiento del mango

MANGO	Tiempo de Procesamiento con Envasado de:		
	1 Kg	5 Kg	25 Kg
500	214,62	93,00	87,57
600	253,00	105,19	99,17
700	293,45	120,38	113,73
800	331,86	164,64	127,11
900	358,92	147,05	135,33
1000	433,82	181,17	172,10
1100	467,36	192,54	182,63
1200	503,10	206,31	195,68
1300	540,07	220,16	208,47
1400	577,04	234,04	222,40
1500	621,14	244,44	231,82
1600	655,61	259,83	246,44
1700	693,52	273,65	259,27
1800	716,70	282,76	267,38
1900	755,88	302,96	281,22
2000	845,05	338,19	321,10

Fuente: Los autores

Figura 6. Tiempo de procesamiento del mango



Fuente: Los autores

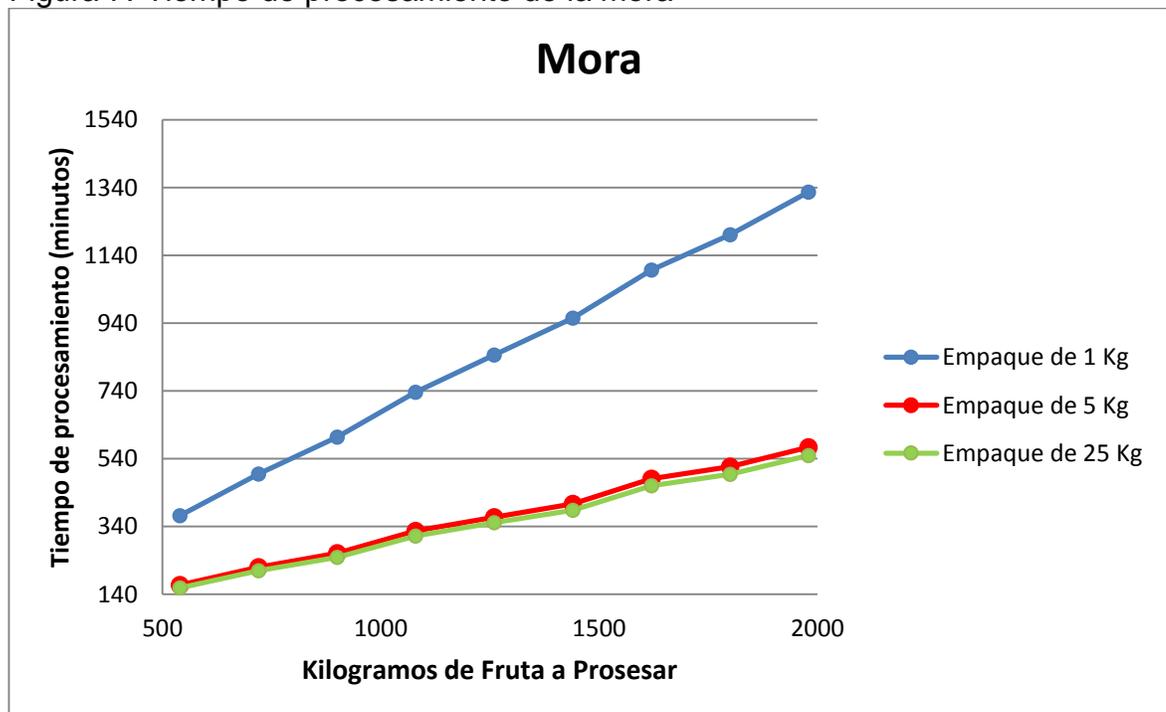
6.4.1.4 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de mora

Tabla 19. Tiempo de procesamiento de la mora

MORA	Tiempo de Procesamiento (minutos) con Envasado de:		
	1 Kg	5 Kg	25 Kg
540	372,49	167,14	159,17
720	495,02	220,26	210,06
900	603,91	261,69	249,38
1080	736,45	326,75	312,22
1260	846,58	367,61	351,23
1440	954,91	406,65	387,93
1620	1097,19	481,11	460,58
1800	1200,99	516,63	494,09
1980	1326,71	574,15	549,67

Fuente: Los autores

Figura 7. Tiempo de procesamiento de la mora



Fuente: Los autores

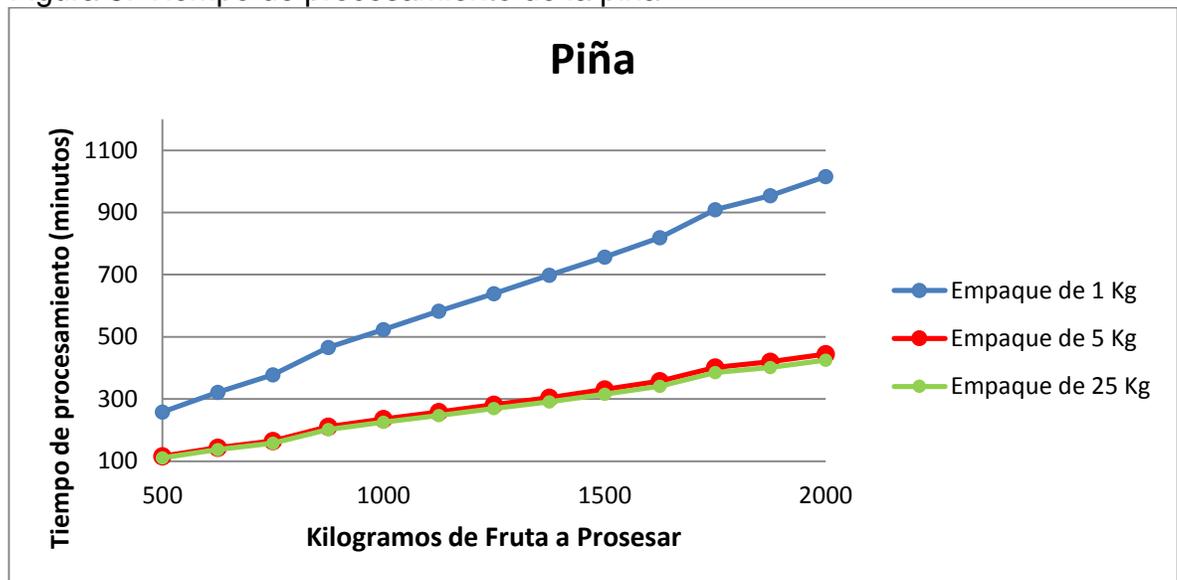
6.4.1.5 Tiempo de procesamiento para el proceso de producción de pulpa de piña

Tabla 20. Tiempo de procesamiento de la piña

PIÑA Kg de Fruta	Tiempo de Procesamiento (minutos) con Envasado de:		
	1 Kg	5 Kg	25 Kg
500	257,69	116,38	110,74
625	321,84	143,82	136,87
750	377,68	165,48	157,85
875	466,15	211,10	201,83
1000	523,35	235,33	225,49
1125	582,48	258,53	247,30
1250	638,65	281,77	269,56
1375	698,31	304,75	291,35
1500	756,80	330,53	315,86
1625	819,18	357,30	341,50
1750	909,19	401,67	384,83
1875	953,86	420,11	401,98
2000	1015,96	444,03	424,82

Fuente: Los autores

Figura 8. Tiempo de procesamiento de la piña



Fuente: Los autores

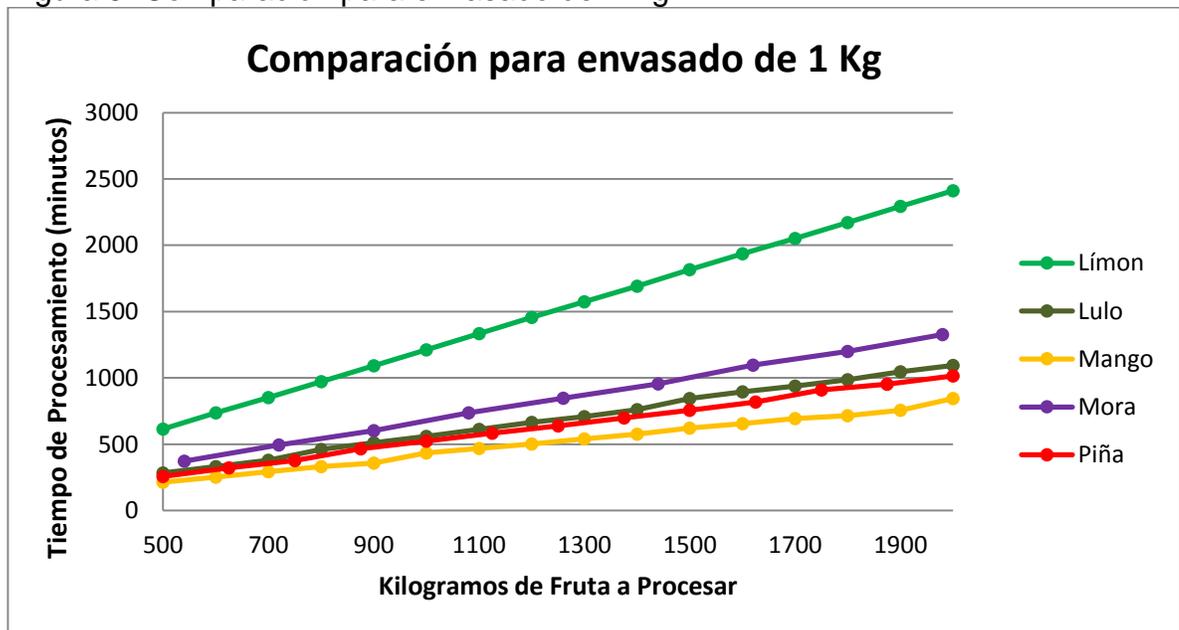
Se observa que sin importar la fruta a procesar que el tiempo de procesamiento cuando el envasado se realiza en la presentación de un (1) kilogramo es mucho mayor que las otras dos presentaciones, en las cuales el tiempo es muy similar aunque siendo ligeramente superior el tiempo de procesamiento para el envasado en la presentación de 5 kg.

Otra evidencia que deja los resultados del modelo de simulación es que cuando se envasa en la cantidad de un (1) kilogramo la pendiente de la grafica es mayor que en las otras dos presentaciones, esto implica que para un aumento en el tamaño de lote a procesar el tiempo de procesamiento aumentará en mayor proporción si se envasa en presentación de un (1) kilogramo que en las otras dos presentaciones.

6.4.2 Comparación de los tiempos de procesamiento entre frutas Finalmente se presentan tres graficas comparativas de los tiempos de procesamiento para cada presentación de envasado y para cada fruta:

6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 1 Kg

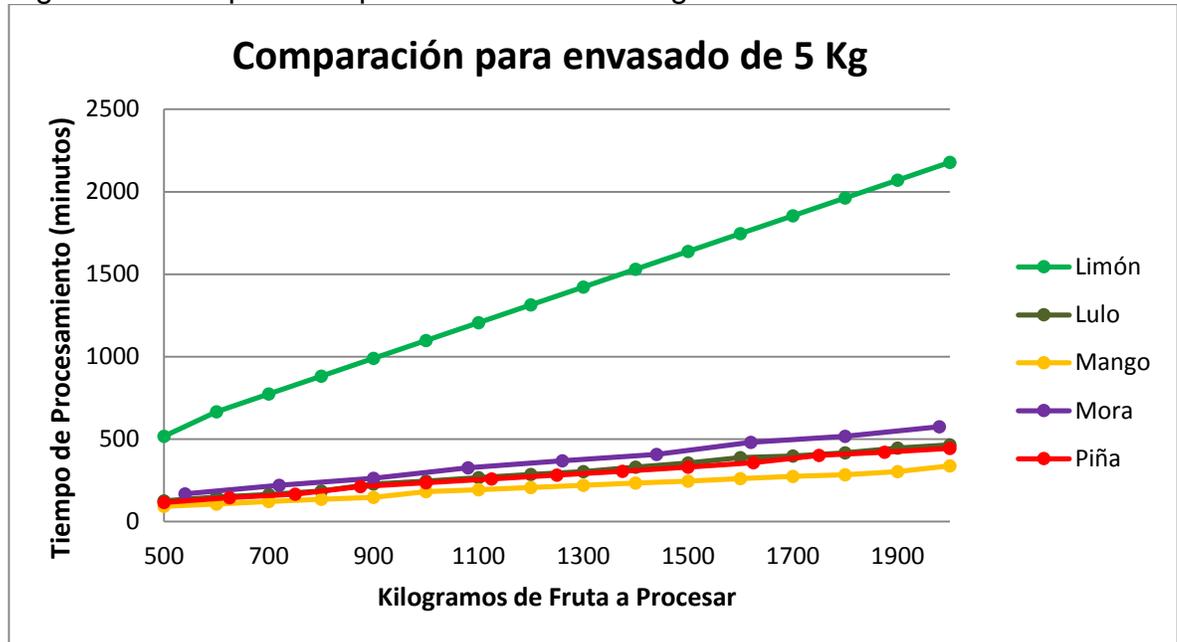
Figura 9. Comparación para envasado de 1 Kg



Fuente: Los autores

6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 5 Kg

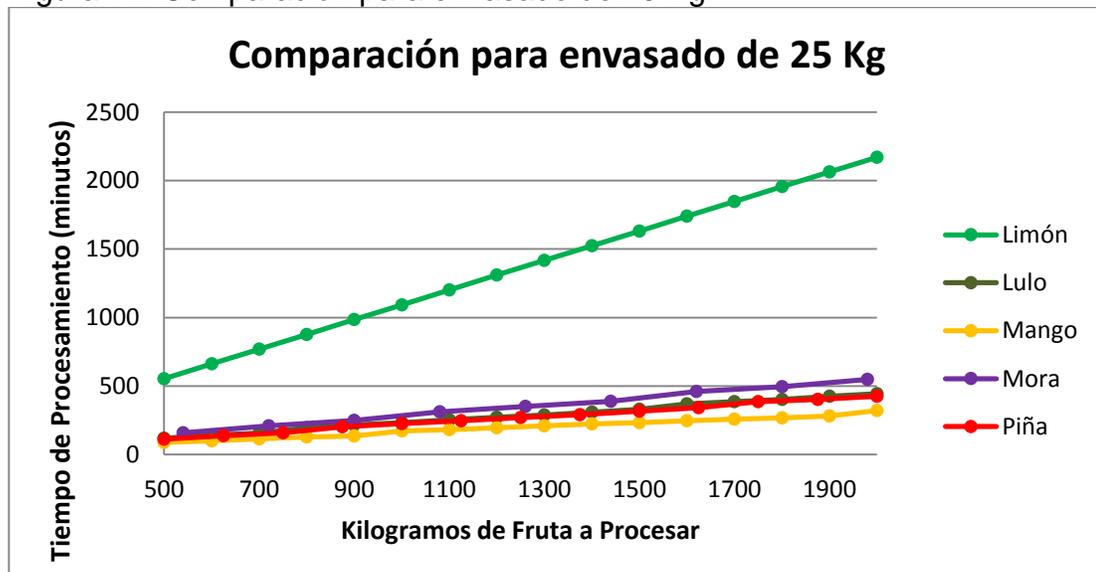
Figura 10. Comparación para envasado de 5 Kg



Fuente: Los autores

6.4.2.1 Comparación para la presentación de envase de 25 Kg

Figura 11. Comparación para envasado de 25 Kg



Fuente: Los autores

Las graficas evidencian la gran diferencia que existe entre el tiempo de procesamiento del limón con el resto de las frutas, esto se puede explicar debido a que para la extracción de jugo o zumo de limón se requieren dos actividades completamente manuales, mientras que para obtener la pulpa de las demás frutas solo se necesita pasarlas por el pulper el cual hace el trabajo automáticamente, por ejemplo: Para procesar 166 kilogramos de mora en el pulper, este toma en promedio 5,7 minutos (ver CD anexo), mientras que para el limón en la estación de exprimido toma 16 minutos para procesar 50 Kg. El tiempo de procesamiento de las demás frutas no presenta fuertes diferencias, y mantiene un comportamiento ascendente conforme aumenta el tamaño de lote a procesar como es de esperar, sin embargo, sin importar la presentación de envasado y el tamaño de lote a procesar, la fruta con menor tiempo de procesamiento es el mango, seguido de la piña, lulo y la mora respectivamente.

6.4.3 Tasas de rendimiento y calculo de desperdicio Es también es importante estimar de acuerdo al tamaño de lote y los rendimientos de cada fruta cuántos kilogramos de fruta serian convertidos efectivamente en pulpa y que cantidad seria convertida a desperdicios, a continuación se muestran los resultados por cada tipo de fruta del total de pulpa obtenida, cantidad de desperdicio, su variación y el porcentaje de rendimiento que se obtuvo para cuatro tamaños de lote.

Tabla 21. Rendimiento de pulpa de limón

Limón					
Tamaño lote (Kg)	Kg pulpa	σ_p	Kg desperdicio	σ_d	% Rendimiento
500	125	9	375	9	25,08%
1000	248	16	752	16	24,79%
1500	384	15	1116	15	25,58%
2000	504	20	1496	20	25,21%

Fuente: Los autores

Tabla 22. Rendimiento de pulpa de lulo

Lulo					
Tamaño lote (Kg)	Kg pulpa	σ_p	Kg desperdicio	σ_d	% Rendimiento
500	342	10	158	10	68,37%
1000	684	11	316	11	68,37%
1500	1025	18	475	18	68,35%
2000	1370	19	630	19	68,52%

Fuente: Los autores

Tabla 23. Rendimiento de pulpa del mango

Mango					
Tamaño lote (Kg)	Kg pulpa	σ_p	Kg desperdicio	σ_d	% Rendimiento
500	264	9	236	9	52,87%
1000	534	17	466	17	53,39%
1500	812	19	688	19	54,11%
2000	1073	15	927	15	53,67%

Fuente: Los autores

Tabla 24. Rendimiento de pulpa de la mora

Mora					
Tamaño lote (Kg)	Kg pulpa	σ_p	Kg desperdicio	σ_d	% Rendimiento
500	446	8	94	8	89,23%
1000	890	12	190	12	89,05%
1500	1192	15	248	15	79,46%
2000	1636	15	344	15	81,79%

Fuente: Los autores

Tabla 25. Rendimiento de pulpa de la piña

Piña					
Tamaño lote (Kg)	Kg pulpa	σ_p	Kg desperdicio	σ_d	% Rendimiento
500	307	11	193	11	61,37%
1000	626	23	374	23	62,57%
1500	930	21	570	21	62,01%
2000	1243	36	757	36	62,13%

Fuente: Los autores

Los rendimientos efectivamente se encuentran cerca de los que se programaron en los modelos de simulación, los cuales se encuentran en los datos presentes en el CD anexo.

6.4.4 Porcentaje de utilización de las locaciones o estaciones Para evidenciar los cuellos de botella del proceso productivo para la fabricación de pulpa de fruta que realiza la empresa es imprescindible identificar la estación con mayor utilización dentro del mismo proceso, o en otras palabras la que mayor tiempo haya ocupado del total del tiempo en el sistema, haciendo uso del modelo de simulación y las herramientas estadísticas que brinda Promodel 2010 se calcularon las siguientes tasas de utilización para los cinco procesos productivos y sus tres posibles tipos de envasado para las estaciones más representativas.

Tabla 26. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del lulo

LULO	Porcentaje de utilización con envasado de:		
Locación	1 kg	5 kg	25 kg
Pulper	9,18%	28,25%	29,91%
Marmita	4,41%	13,97%	14,86%
Envasado	72,46%	36,61%	33,83%

Fuente: Los autores

Tabla 27. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del limón

LIMÓN	Porcentaje de utilización con envasado de:		
Locación	1 kg	5 kg	25 kg
Corte	32,16%	35,63%	35,70%
Exprimido	82,40%	91,08%	91,46%
Envasado	12,23%	2,96%	2,47%

Fuente: Los autores

Tabla 28. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso del mango

MANGO	Porcentaje de utilización con envasado de:		
Locación	1 kg	5 kg	25 kg
Pulper	7,05%	17,08%	18,03%
Marmita	5,99%	14,51%	15,30%
Envasado	75,42%	40,14%	36,92%

Fuente: Los autores

Tabla 29. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso de la mora

MORA	Porcentaje de utilización con envasado de:		
Locación	1 kg	5 kg	25 kg
Pulper	5,13%	11,71%	12,27%
Marmita	13,32%	30,58%	29,67%
Envasado	72,10%	36,22%	33,27%

Fuente: Los autores

Tabla 30. Porcentaje de utilización de las estaciones en el proceso de la piña

PIÑA	Porcentaje de utilización con envasado de:		
Locación	1 kg	5 kg	25 kg
Pulper	12,45%	27,45%	28,67%
Marmita	5,90%	12,66%	13,16%
Envasado	71,18%	34,88%	32,23%

Fuente: Los autores

Se observa un común denominador para las 4 de las frutas (excluyendo al limón), el cual es el gran cuello de botella que presenta la estación de envasado en la presentación de empaque de un (1) kilogramo, alcanzando valores por encima del 70% del tiempo total de procesamiento, esto es debido a que es una actividad completamente manual la cual la realiza un solo operario, además que la actividad se realiza unidad por unidad, lo que en este caso representa que a cada unidad física se le aplique todo el tiempo de esta locación.

Una vez se cambia el tamaño de empaque en el envase se ven grandes y notorios cambios en el porcentaje de utilización en todas las estaciones del proceso, el cual baja cerca de un 35%; esto se puede explicar debido a que ahora el envasado nos hace kilo por kilo sino que se agrupan (de 5 o 25 kilogramos) y a estas

cantidades se le carga el tiempo de la estación. Claramente el agrupar estos kilogramos es mucho más rápido que realizar todo el proceso de envasado a cada kilogramo de pulpa.

El proceso de producción de pulpa de limón tiene la particularidad de que consta de dos estaciones puramente manuales a parte del envasado, corte y exprimido. Como se evidencia en los resultados del modelo, la estación de exprimido es la más crítica de todas, alcanzando porcentajes de utilización por encima del 90% del total del tiempo de procesamiento. Estos datos se originan debido a la manera en que se ejecuta la actividad actualmente, en la cual el operario exprime limón por limón, obteniendo un rendimiento total de 50 kilogramos de limón cada 16 minutos aproximadamente.

La estación de la marmita se encuentra en un porcentaje de utilización estable para el lulo, mango y piña en las diferentes presentaciones de empaque. Para la mora el porcentaje de utilización sube ya que para este proceso la mora entra a una temperatura de -8°C , muy por debajo a la temperatura a la que entran las demás frutas a la marmita y por ende subir su temperatura requiere de más tiempo de procesamiento.

El porcentaje de utilización del pulper es muy similar para el lulo y la piña, manteniéndose estable en las diferentes presentaciones de envasado. Para la mora y el mango se observan porcentajes de utilización un poco desviados a los anteriores mencionados; la mora por un lado entra al pulper en un estado casi líquido, por lo que su paso por el mismo es notoriamente más breve que en los demás, además de que su proceso de producción es ampliamente distinto; y en el caso del mango se observó que el pulper procesaba notoriamente más rápido este tipo de fruta que las demás.

6.4.5 Cálculo de la capacidad de la línea de producción de pulpa de fruta Una vez se tienen los resultados del efecto que tiene diferentes tamaños de lote a procesar en el tiempo de procesamiento de la línea de producción de pulpa de fruta, se procede a calcular la tasa máxima de producción o capacidad del proceso. Debido al fuerte impacto que presentar la presentación de envasado, se calculo la capacidad de producción por fruta y para cada una de las tres presentaciones.

Por motivos de presentación de resultados la unidad escogida para la capacidad es de kilogramos por hora (Kg/h).

Tabla 31. Capacidad de producción (Kg/h)

Capacidad de Producción (Kg/h)			
Fruta	Tipo de envasado		
	1Kg	5Kg	25Kg
Limón	49,47	54,97	54,93
Lulo	108,04	251,55	262,01
Mango	144,68	356,06	377,22
Mora	88,83	203,42	213,00
Piña	116,95	264,36	276,63

Fuente: Los autores

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Para poder analizar el proceso productivo de pulpas y jugos de frutas, fue necesario adquirir experiencia por medio de la observación detallada de cada una de las etapas del proceso. Fue necesario analizar la totalidad de frutas que trabaja la empresa y clasificarlas en grupos en donde hubiera actividades en común, es decir, siguieran procesos similares. Finalmente se determinaron cuatro grandes grupos, dentro de los cuales se seleccionaron las frutas más representativas en cuanto al volumen de producción basándose en datos históricos.

Luego de realizar la observación detallada del proceso productivo de pulpas de frutas se pudieron evidenciar algunas variables incidentes como: tipo de proceso de cada grupo de frutas, temperatura que debe alcanzar la fruta en el escaldado o pasteurizado, temperatura actual de la fruta antes de empezar el proceso, tipo de operario encargado de la producción, labores ajenas al proceso, mantenimiento y reparación de las máquinas, tiempo de alistamiento, características de las máquinas, capacidad de recipientes de almacenamiento de inventario en proceso, limpieza entre tipos de fruta, tamaño de fruta, capacidad de la marmita, despulpador y pasteurizadora, tamaño del empaque de la pulpa, y abastecimiento de las frutas.

El proceso de estandarización de tiempos debe hacerse con atención y cuidado, ya que además de que deben analizarse operarios calificados que hagan un buen trabajo a un buen ritmo, los analistas deben conocer muy bien el proceso productivo antes de evaluarlo, ya que la estandarización es subjetiva, y depende de su experiencia, capacitación y juicio. Este proceso cuenta con dos etapas: análisis de desempeño y adición de holguras o suplementos. La primera etapa es la más crítica, porque depende enteramente de las consideraciones del analista; con la determinación del desempeño, se determina el tiempo normal. Por otro lado, en la segunda etapa se determinan holguras o suplementos teniendo en cuenta las múltiples interrupciones, demoras y retardos, puede ser un poco más objetiva debido a la existencia de plantillas que ayudan a su desarrollo; con el tiempo normal y la adición de holguras y suplementos se determina finalmente el tiempo estándar.

La simulación es una técnica que permite modelar sistemas; Promodel fue la herramienta utilizada para este proyecto, ya que permite la simulación de eventos

discretos; se utilizó para el diseño y análisis del sistema productivo de pulpas de frutas, con el fin de determinar la capacidad productiva de la empresa, ya que permite la interacción de locaciones, entidades, llegadas, procesamiento.

La simulación permite controlar el tiempo, es decir se puede observar que pasaría con el sistema operando durante horas o días en tal vez unos cuantos minutos, además de permitir identificar los cuellos de botella del proceso, la utilización de las maquinas y del personal, así como cuantificar la capacidad productiva de una empresa.

En su orden la empresa tiene una mayor capacidad para producir pulpa de fruta de Mango, Piña, Lulo, Mora y Limón, en su respectivo orden, sin importar la presentación en la que se va a envasar el producto.

La estación con mayor porcentaje de utilización o cuello de botella es el envasado sin importar su presentación, esto aplica para todas las frutas menos para el limón. Sin embargo cuando se cambia la presentación de un kilogramo a 5 o 25, este porcentaje de utilización baja casi a la mitad, quedando ligeramente superior al del pulper que es el segundo gran cuello de botella. Para el limón la situación es distinta ya que esta comprende otras dos actividades completamente manuales como el corte y exprimido, en donde esta ultima es su mayor cuello de botella sin importar el tipo de envasado.

El rendimiento de la frutas en orden descendente es el siguiente: Mora, Lulo, Piña, Mango y Limón, es rendimiento influye en el tiempo de procesamiento en la medida que entre mayor sea, mayor será el tiempo de procesamiento, esto debido a que entre menor desperdicio haya, mayor será la cantidad de pulpa que tendrá que seguir en el proceso, sin embargo entre mayor rendimiento de pulpa mayor será la rentabilidad para la empresa

Este proyecto permitió también evidenciar de manera práctica y aplicada las herramientas teóricas que se obtuvieron con el transcurso de la carrera, además de adquirir una mayor experiencia en el campo real. Se pudo reconocer de primera mano la labor de una PyME en Colombia, los pros y contras, y las principales oportunidades de mejora.

7.2 RECOMENDACIONES

Dentro de la empresa objeto de estudio, se pudieron evidenciar grandes oportunidades de mejora en distintos aspectos como lo son:

- Mejorar la supervisión del personal en planta. Esta es una labor que corresponde al jefe de producción, que generalmente se encuentra dentro de la oficina de producción durante toda la jornada; es un lugar en donde no se tiene ningún tipo de contacto visual con los operarios encargados de la producción. Para empezar se considera que debería haber una supervisión durante todo el tiempo de alistamiento, ya que los operarios deben realizar el mismo alistamiento todos los días al inicio de la jornada, que consiste en enjabonado, lavado y desinfectado las áreas, maquinas y herramientas de trabajo; esta labor puede demorarse entre dos y tres horas, debido a que muchas veces los operarios pierden tiempo hablando entre ellos o realizando la misma actividad hasta tres veces, perdiendo tiempo de forma indiscriminada.

Por otro lado, se deberían realizar supervisiones periódicas durante el resto de la jornada, ya que los operarios pierden gran cantidad de tiempo hablando entre ellos, y realizando muchas actividades al mismo tiempo, por lo que en ocasiones dejan la línea parada por hacer otras actividades que no les corresponden, ya que no están estipuladas en el tablero donde se muestra el plan de producción del día, el cual muestra que operarios deben realizar que actividad

Es importante que se supervise a los operarios, debido a que en ocasiones estos no utilizan los implementos de trabajo por simple pereza de ir a buscarlos, por ejemplo, los guantes metálicos que evitan cortes de los operarios, cuando están haciendo el corte del limón, o el uso de guantes largos, en el momento que están revolviendo la marmita en el escaldado de la pulpa; en caso de que ocurra un accidente la empresa es la directa responsable, porque era quien debía controlar el uso de los implementos.

- Capacitar a otros operarios en las actividades de mantenimiento, ya que actualmente solo hay una persona es quien tiene el conocimiento y se encarga de esta actividad, y en caso de que este falte y se genere algún inconveniente en las herramientas, maquinas o áreas de trabajo, la labor de la empresa se podría ver afectada, ya que podría generar un paro total del proceso productivo.
- Generar una buena capacitación a nuevos operarios. Consiste en explicar el proceso productivo detalladamente, y generar un buen acompañamiento los primeros días de trabajo, de tal forma que el operario vea la manera correcta en que se realizan cada una de las actividades, y a medida que transcurre el tiempo darle mayor independencia, hasta permitirle que haga el proceso solo; esto debido a que se pudo evidenciar en algunas visitas, que se le decía de forma muy general a los nuevos operarios lo que debían hacer, pero al momento de hacerlo no sabían cómo, esto puede generar perdida de tiempo, de materiales (materia prima, producto en proceso y producto terminado) y hasta se podrían dañar herramientas o máquinas, debido a que se desconoce el correcto funcionamiento.
- Hacer la planeación de la producción con al menos un día de anticipación. De esta forma los operarios saben su labor del día siguiente, y pueden empezar la producción justo después de terminar con el alistamiento, debido a que en una ocasión los operarios terminaron el alistamiento y se quedaron esperando a que el jefe de producción saliera de un reunión con la gerente de la empresa, y mientras tanto, el proceso productivo se encontraba detenido.
- Tratar de mejorar la relación con los proveedores, con el fin de que cumplan con la cantidad y la fecha estipulada para la entrega de materia prima (fruta). Se podría hacer un análisis costo-beneficio, en donde se determine el máximo precio que se puede pagar por la materia prima a los proveedores de la fruta mas escasa, de esta forma se mejoran las condiciones de los proveedores y van a cumplir mas fácilmente, ya que no solamente la temporada del año afecta la provisión de algunas frutas, sino también el bajo precio que paga la empresa por sus materias primas. Lo que en ocasiones podría disminuir el portafolio de productos en ciertas ocasiones.

- Proveer a los empleados de los implementos de trabajo necesarios tanto para que su labor sea más productiva como para evitar accidentes. Como guantes metálicos para la actividad de corte, guantes de caucho para realizar en general las labores de limpieza, desinfección y producción, guantes largos para la actividad de escaldado, etc. Esto debido a que evidenciamos que en una ocasión un operario estaba realizando una actividad de desinfección con unos guantes en mal estado, realizo la solicitud de unos nuevos pero el jefe de producción no los facilito.

8. BIBLIOGRAFÍA

ADAM, Everett y EBERT, Ronald. Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento. 4 ed. México, D.F.: Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1991. 739p. ISBN 0-13-725029-0.

BARNES, Ralph M. Motion and time study desing and measurement of work. 7 ed. Los Angeles: John Wiley & Sons, 1980. 689 p. ISBN 0-471-05905-6.

CASTANYER FIGUERAS, Francesc. Control de métodos y tiempos. Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores, 1988. 166 p. ISBN 84-267-0683-5.

GROOVER, Mikell P. Work systems and the methods, measurements, and management of work. Upper Saddle River, NJ.: Pearson Prentice Hall, 2007. 778 p. ISBN 0-13-140650-7.

HOPEMAN, Richard. Producción: conceptos, análisis y control. Traducido por Alfonso Vasseur Walls, C.P. 2 ed. México. D.F.: Compañía editorial Continental, 1971. 699 p.

KALENATIC, Dusko. Modelo integral y dinámico para el análisis, planeación, programación y control de las capacidades productivas en empresas manufactureras. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2001. 166p.

LIND, Douglas y MARCHAL, William. Estadística aplicada a los negocios y a la economía. 15 ed. México, D:F: McGraw-Hill, 2012. 317p. ISBN 978-607-15-0752-6.

NIEBEL, Benjamin y FREIVALDS, Andris. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. 11 ed. México D.F.: Alfaomega, 2004. 745 p. ISBN 0-07-246824-6.

RODRÍGUEZ, Astrid Genoveva. La realidad de la Pyme colombiana. Desafío para el desarrollo. Colombia: Fundes Internacional, 2003. 186 p. ISBN 958-33-5278-0.
SHANNON, Robert. Introduction to the art and science of simulation. Texas: Texas A&M University, 1998.