

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y
MEJORAMIENTO DE LA RALLANDERÍA “LAS VERANERAS” UBICADA EN
MONDOMO, CAUCA**



**NATALIA LINCE CIFUENTES
ANDRÉS FELIPE TRUJILLO HERRERA**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTANDER DE QUILICHAO**

2021

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA Y
MEJORAMIENTO DE LA RALLANDERÍA “LAS VERANERAS” UBICADA EN
MONDOMO, CAUCA**

**NATALIA LINCE CIFUENTES
ANDRÉS FELIPE TRUJILLO HERRERA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:

Mag. Andrés Felipe Mamián Jiménez

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTANDER DE QUILCHAO**

2021

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo general	15
3.2. Objetivos específicos.....	15
4. ESTADO DEL ARTE	16
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	18
5.1. ETAPA I: Diagnóstico inicial	18
5.2. ETAPA II: Propuesta de distribución de la planta	18
5.3. ETAPA III: Simulación	19
CAPITULO II	21
6. MARCO REFERENCIAL.....	21
6.1. Localización	21
6.2. Marco teórico	22
CAPITULO III	38
7. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA EMPRESA	38
7.1. Matriz de priorización	38
7.2. Trabajadores.....	39
7.3. Horarios de trabajo	39
7.4. Maquinaria	39
7.5. Materias primas	39
7.6. Proceso productivo	40
7.7. Herramientas	43
7.8. Distribución de planta actual.....	44
7.9. Estudio de tiempos	45
7.10. Gastos adicionales.....	46

7.11. Costos de fabricación	47
CAPITULO IV	49
8. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN APLICANDO EL MÉTODO SLP	49
8.1. Fase 1: Localización	49
8.2. Fase 2: Distribución global	49
8.3. Fase 3: Planeamiento detallado	61
9. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA.....	65
9.1. Método de análisis de factores ponderados	66
9.2. Método multicriterio.....	67
CAPITULO V	70
10. SIMULACIÓN	70
10.1. Resultados de la simulación.....	73
10.1.1. Simulación proceso actual	73
10.1.2. Simulación proceso mejorada	75
11. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD	78
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
LISTA DE REFERENCIAS	84
ANEXOS	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Valores y códigos para tabla relacional	31
Tabla 2 Tabla de motivos	32
Tabla 3 Matriz de priorización	38
Tabla 4 Maquinaria	39
Tabla 5 Tabla de tiempos promedio	45
Tabla 6 Tiempos adicionales	46
Tabla 7 Gastos adicionales	47
Tabla 8 Costos de fabricación.....	47
Tabla 9 Análisis Producto-Cantidad	49
Tabla 10 Tabla de símbolos.....	51
Tabla 11 Tabla de resumen.....	53
Tabla 12 Tabla matricial mancha.....	55
Tabla 13 Tabla códigos y valores	56
Tabla 14 Tabla de motivos	56
Tabla 15 Tabla de relaciones	57
Tabla 16 Tabla de Guerchet.....	65
Tabla 17 Análisis de factores ponderados.....	67
Tabla 18 Análisis método multicriterio.....	69
Tabla 19 Presupuesto de inversión	78
Tabla 20 Rentabilidad producción de almidón.....	78
Tabla 21 Análisis de rentabilidad	79
Tabla 22 Cálculo del indicador financiero VPN.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localización de la Rallandería "Las Veraneras"	21
Figura 2 Proceso racional para preparar el planteamiento de la distribución de planta.....	26
Figura 3 Distribución esquemática de las operaciones de producción de almidón de yuca	41
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso productivo	42
Figura 5 Distribución de planta actual	44
Figura 6 Gráfico Producto-Cantidad.....	50
Figura 7 Gráfico ABC.....	51
Figura 8 Diagrama de proceso almidón de yuca.....	53
Figura 9 Diagrama multi-producto afrecho	54
Figura 10 Alternativa 1	58
Figura 11 Alternativa 2	59
Figura 12 Alternativa 3	60
Figura 13 Máquina lavadora.....	61
Figura 14 Máquina ralladora	62
Figura 15 Máquina coladora.....	63
Figura 16 Molino	64
Figura 17 Simulación del proceso actual	72
Figura 18 Simulación del proceso mejorado	72
Figura 19 Producción en el tiempo, simulación actual	73
Figura 20 Utilización de los operarios actual	74
Figura 21 Utilización de las máquinas actual.....	74
Figura 22 Utilización de sedimentación actual.....	75
Figura 23 Producción en el tiempo, simulación mejorada	75
Figura 24 Utilización operarios mejorado.....	76
Figura 25 Utilización de las máquinas mejorado.....	76
Figura 26 Capacidad sedimentación mejorada	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Tiempos tomados del proceso	87
Anexo B Tiempos adicionales	87
Anexo C Cálculo de K	87
Anexo D Cotización	88

RESUMEN

La rallandería Las Veraneras, es una microempresa familiar fundada por su actual propietario, el señor Agustín Ararat hace aproximadamente 20 años en el corregimiento de Mondomo, zona rural del municipio de Santander de Quilichao en el norte del departamento del Cauca.

A pesar de que la rallandería ofrece una buena calidad en sus productos, siendo el principal el almidón de yuca agrio, presenta algunas falencias en la distribución de planta que no le permiten alcanzar su máximo nivel de producción; estas falencias son provocadas por diferentes variables que son objeto de estudio en esta investigación. Se describe el proceso productivo empleado en la fabricación del almidón obtenido de la yuca, se definen la maquinaria y las herramientas necesarias para llevar a cabo el proceso productivo, las especificaciones de la materia prima y el producto final y la toma de tiempos de producción, como parte del diagnóstico inicial. La realización del proyecto se ejecutó a través de la metodología SLP, la cual permitió desarrollar tres alternativas de distribución de planta para posteriormente, seleccionar la más adecuada con la ayuda del análisis de métodos con factores ponderados y el análisis multicriterio. Luego, se evaluó la alternativa seleccionada mediante el software FlexSim (este está diseñado para evaluar procesos). Finalmente, se realizó un análisis de rentabilidad calculando el VPN a lo largo de 5 años y, con base en los resultados de todos obtenidos se determina que, al ser implementada la redistribución de planta propuesta, la rallandería logra aumentar la producción y conseguir un aprovechamiento de los espacios.

ABSTRACT

The “Rallandería Las Veraneras” is a family business founded by its current owner, Mr. Agustín Ararat approximately 20 years ago in the village of Mondomo, a rural area of the municipality of Santander de Quilichao in the north of the department of Cauca.

Even though the “rallandería” offers good quality in its products, the main one being sour cassava starch, it has some shortcomings in the layout that do not allow it to reach its maximum production level; these shortcomings are caused by different variables that are the study object in this research. The production process used in the manufacture of the starch obtained from cassava, the machines and tools needed are described, the raw material and final product specifications, and the taking of production times are defined, as part of the initial diagnosis. The project was carried out through SLP methodology, which allowed the development of three plant distribution alternatives to subsequently select the most appropriate one with the help of the analysis methods with weighted factors and the multi-criteria analysis. Then, the selected alternative was evaluated using the FlexSim software, (this one is designed to evaluate processes). Finally, a profitability analysis was carried out calculating the NPV (net present value) over 5 years and based on the results obtained from all of them, it is determined that, when the proposed plant redistribution is implemented, the rallandería achieves an increase in production and a profit of spaces.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las actividades industriales se rigen por condiciones de un mercado cada vez más exigente y selectivo, esta es la razón por la que la eficiencia en el desempeño de cada una de las actividades del proceso productivo son principios necesarios para la subsistencia de la empresa. Esto no solo dependerá de la optimización de los costos de producción sino también de la flexibilización de los procesos; por ello, la distribución de las actividades en la planta productiva cobra más importancia.

La planta de yuca se cultiva por sus raíces comestibles, sirviendo como alimento en muchos lugares del mundo, y es una fuente muy valiosa de almidón; actualmente se cultiva como planta con fines alimenticios e industriales. En el departamento del Cauca, cerca del 90% de la producción de yuca es destinada a la fabricación de almidón agrario de yuca, siendo una de las fuentes industriales más importantes. Este proceso agroindustrial al pasar del tiempo ha tomado más importancia dentro del sector rural, esto a causa de la simplicidad del proceso, pero es esta misma razón, su operación artesanal, por la cual se presenta desaprovechamiento de los recursos, deficiencia en los procesos, en el sistema de producción y el aprovechamiento de los espacios.

Este estudio busca mejorar la distribución de la planta de la rallandería Las Veraneras ubicada en el corregimiento de Mondomo, Cauca. Para lograr este objetivo, es necesario implementar estrategias de mejora continua, que permitan cumplir los requerimientos establecidos. Entre ellas, se encuentra la metodología SLP por sus siglas en inglés System Layout Planning, teniendo como objetivo crear o rediseñar una adecuada distribución de planta siguiendo el lineamiento de los procesos. Para la ejecución de este proyecto, se lleva a cabo tres etapas; en la primera, se realiza un diagnóstico de la situación actual de la rallandería con el objetivo de identificar la problemática principal de la rallandería.

Una vez identificados los problemas que repercuten en el proceso de producción, se procede a plantear tres alternativas de distribución en planta, siguiendo cada una de las fases del método SLP, posteriormente, se selecciona la redistribución de la planta que sea la más adecuada para dar cumplimiento a los objetivos planteados.

Para evaluar el impacto de las mejoras propuestas en la distribución de planta de la rallandería, se procede a realizar una simulación de los procesos mediante el software de modelado FlexSim. Esto, con el fin de observar si existe una disminución en los tiempos del proceso de fabricación. Teniendo en cuenta la simulación de los procesos, no se lleva a cabo la última fase del método que es la implementación, dado que el alcance del proyecto no permite desarrollar esa etapa.

El resultado que se espera del proyecto es obtener un incremento en la capacidad de producción, aprovechando por completo los espacios de las instalaciones; pretendiendo contribuir a la satisfacción de la administración de la empresa.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La rallandería al estar ubicada en el norte del departamento del Cauca, es una de las muchas que abastecen principalmente a panaderías de la zona para la fabricación de sus productos. Sin embargo, se evidencia la carencia de una buena distribución de planta y un sistema de trabajo estandarizado para la transformación de los procesos, lo cual repercute en ineficiencia reflejada en desaprovechamiento de los espacios. Las condiciones “precarias” en las que laboran incentivan el incremento de desperdicios de materia prima, acumulación de residuos y desordenes en el área de producción de almidón de yuca en la rallandería.

La rallandería se encuentra limitada en cuanto a la utilización de sus espacios, ya que, el proceso de secado no se realiza dentro de la planta, pudiéndose realizar sin ningún inconveniente, sino que el almidón listo para secar es trasladado a otras instalaciones incurriendo en gastos como tiempo, haciendo referencia a que es más demorado el proceso de recoger el almidón, cargarlo en un camión, descargarlo en el sitio y este después de estar seco realizar el mismo proceso hasta llegar de nuevo a la rallandería para ser empacado; y dinero en cuanto a que se generan gastos de gasolina para movilizar el camión y mano de obra. Por otro lado, la actual distribución no contribuye de manera óptima al proceso de producción en línea que lleva la fabricación del almidón de yuca y no existen áreas que deben ser tomadas en cuenta, tales como un almacén de producto terminado y un baño para los trabajadores, tratándose de salubridad e higiene.

La adecuada distribución de una planta puede contribuir beneficiosamente a la consecución de los objetivos fijados por la empresa, ya que ésta afecta directamente a los procesos que se realizan, determinando la mejor ubicación posible a todos los equipos, maquinarias y factores disponibles para establecer un sistema productivo capaz de cumplir con los requerimientos.

Según lo mencionado anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo una adecuada distribución de planta puede aumentar la capacidad de producción de la rallandería Las Veraneras?

2. JUSTIFICACIÓN

“Los encargados de la distribución y asignación de espacios deben darle al trabajador condiciones de trabajo favorables, seguras y cómodas. Estudios anteriores han demostrado que las plantas con una adecuada distribución generan mayor productividad y mejor ambiente laboral en la empresa. Cuando se decide invertir en un mejor ambiente laboral los resultados son significativos y beneficiosos a nivel económico. Esto genera mayor motivación a los trabajadores.” (Niebel, 2009).

Se estima que gran parte de los problemas relacionados con ineficiencias y bajas en la productividad en las plantas, se relacionan con problemas en la distribución y las metodologías de trabajo estandarizadas. Al minimizar los problemas que se mencionan anteriormente se logra un impacto positivo en la empresa, disminuyendo los costos y gastos (baja calidad, reprocesos, tiempo perdido, etc.) que se pueden evitar al tener una distribución de planta adecuada.

La mayoría de las empresas pequeñas, realizan cambios en su estructura metodológica o rediseñan sus plantas de producción sin tener en cuenta las normas, métodos y/o procesos existentes para realizar de forma adecuada y beneficiosa la distribución, es por ello por lo que los beneficios no son muy notorios y pueda que no se alcancen los objetivos propuestos al implementar las “acciones de mejora”.

Se evidencia que no se aprovecha la totalidad del espacio en la planta y esto conlleva a gastos que se pudieran evitar si se mejora la distribución de la planta; a partir de esto se sugiere realizar una nueva distribución de la planta para reducir recursos como lo son el tiempo que toma el proceso y los gastos incurridos en movimientos adicionales que se realizan.

Una de las posibles causas de estas ineficiencias tanto en los procesos de fabricación como en los de distribución, es porque se realizan de forma empírica, es decir, no son contemplados fundamentos, estándares ni teorías existentes que posibiliten el desarrollo de un proceso óptimo y que sea eficiente, esto conlleva a un incremento del tiempo en el proceso de fabricación.

Para la rallandería es muy importante realizar el estudio, ya que este le permite conocer las falencias que está presentando, cuáles son las causas de las demoras en los procesos y en qué repercuten estas causas, puesto que de esa manera se puede abordar la situación desde la raíz, contribuyendo a la consecución de los objetivos propuestos por la administración de la empresa.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mejora de la distribución de planta de la rallandería “Las Veraneras” ubicada en Mondomo, Cauca; mediante la aplicación de herramientas para distribución en planta.

3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar los procesos productivos de la rallandería “Las Veraneras”.
- Rediseñar la distribución en planta de los procesos productivos de la rallandería “Las Veraneras”.
- Realizar una simulación que permita verificar la viabilidad de implementar el modelo de distribución propuesto.

4. ESTADO DEL ARTE

Para la recolección de la información se emplearon las siguientes bases de datos: Ebsco, Academic Search, ScienceDirect, Oxford Academic, Scielo. Se realizó una búsqueda inteligente con palabras claves como: Layout, Distribución de planta, Método SLP, productividad.

En un artículo publicado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se realizó la distribución en planta de una empresa de guadua laminada encolada llamada “Guadua Viga” a través de la metodología SLP obteniendo los siguientes resultados: 89% de eficiencia respecto al flujo de materiales, 62% de eficiencia respecto al flujo de materiales y adyacencia. (Torres, Flórez, Sánchez, & Castañeda, 2020)

Así mismo, se presenta una propuesta de optimización de la distribución de la planta de la empresa Tosthachul mediante la metodología SLP, en Ecuador. En diagnóstico realizado se obtuvo los siguientes resultados: Planeación 1.41, Aprovechamiento 0.75, Producción 1.63, Distribución 1.15, Devoluciones 0.75; al final del proyecto estos parámetros aumentaron significativamente en un 29.8%, 65%, 59.5%, 17.4%, 0%, respectivamente. (Campos, 2020)

En un artículo de investigación realizado por (Drada, Chud, & Orejuela, 2019) se presenta una propuesta para la distribución semicontinua de plantas utilizando diferentes métodos, entre ellos SLP. La validación de la metodología se realizó en una empresa del sector metalmecánico; para esto generaron diferentes alternativas de distribución, seleccionando al final la más conveniente según los criterios establecidos permitiendo a la empresa aumentar el flujo por distancia, una mejor utilización del área y resultados intermedios en costo por asignación.

En la empresa Laboratorio Jaba S.A. de C.V., (Gálvez, Trejo, & Estrada, 2019) realizaron una propuesta de redistribución en la planta, haciendo uso de la metodología SLP para incrementar su productividad en el número de servicio. Los resultados obtenidos en comparación con la distribución actual son los siguientes: un aumento del 33% de 18 a 24 servicios por semana, contribuyendo a mejorar los tiempos de respuesta en los servicios de la empresa.

Se realizó un rediseño de la distribución de la planta de una empresa llamada “Spazio Design” a través de la metodología SLP, con el fin de aprovechar el espacio, mitigar la pérdida de tiempo e incrementar la productividad en cuanto a la utilización de recursos para la elaboración de muebles. Se obtuvo que, si se implementa la propuesta se lograría un ahorro de aproximadamente 2 millones de pesos mensuales, un ahorro de 10 horas en la elaboración de un mueble; es decir, una mejora del 6,24%. (Galvan, Manotas, & Villeras, 2018)

Por otro lado, en una empresa metalmecánica ubicada en Perú se diseñó una propuesta de distribución de planta para incrementar la productividad utilizando la metodología correlacional para establecer la relación entre las variables independientes y dependientes; otras técnicas usadas fueron 5s, balance de línea Afirmando que al implementar esta nueva distribución se reducen tiempos muertos por recorridos innecesarios entre áreas, se aumenta la capacidad de producción, se mejora la seguridad de los trabajadores y principalmente se mejora el cumplimiento en las fechas estipuladas para entregar el producto al cliente. (Ospina, 2016)

Se realizó una propuesta de distribución de planta nueva y mejora de procesos aplicando la metodología System Layout Planning y 5s y mantenimiento autónomo en la planta metalmecánica que produce hornos estacionarios y rotativos; en esta se logró aumentar la capacidad de producción, ya que las ventas para el año 2019, según las proyecciones aumentarían en un 52% para el horno estacionario mientras que para el rotativo en un 49%. (Huillca & Monzón, 2015).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología que se desarrolló se divide en tres etapas, descritas a continuación:

5.1. ETAPA I: Diagnóstico inicial

En esta primera parte, se definió el alcance y objetivos del proyecto para lo cual se realizó visitas a la planta de producción con el fin de recolectar información acerca de los trabajadores, la maquinaria, horarios de trabajo, materias primas, herramientas utilizadas en el proceso, entre otros aspectos. Así mismo, se llevó a cabo una entrevista con el propietario y algunos trabajadores sobre el proceso productivo, se tomaron fotografías y medidas de la infraestructura física de la empresa para su posterior ejecución del método seleccionado.

Posteriormente, se realizó un mapa de procesos teniendo en cuenta que el inicio del proceso es la recepción de la materia prima (yuca) y el final es el producto terminado (almidón agrio de yuca), esto con el fin de definir los procesos necesarios para la transformación de la yuca en almidón.

Luego, se levantó un plano de la planta actual para obtener una vista más global de la distribución de los espacios y entender el recorrido que lleva el proceso de producción.

Por último, se realizó una recolección de tiempos del proceso de producción, desde que se recibe la materia prima hasta que se empaca el producto terminado. Teniendo en cuenta el tiempo que toma cada proceso, para obtener el tiempo total de la producción.

Con la ayuda de la recolección de datos se pudo identificar el estado actual del proceso productivo de la empresa y las posibles alternativas de mejora.

5.2. ETAPA II: Propuesta de distribución de la planta

Para esta etapa, se llevó a cabo la realización de un análisis P-Q (producto-cantidad) en el que se pudo identificar cuál es el producto de mayor demanda, siendo este el almidón de yuca. Esto teniendo en cuenta datos como la demanda anual y el precio de venta.

Posteriormente, se realizó un diagrama de Pareto para el análisis P-Q y otro diagrama ABC para corroborar los datos obtenidos anteriormente.

Luego, se realizó un diagrama de recorrido, con el fin de establecer el trayecto que lleva la fabricación del almidón de yuca dentro de la planta de producción. Dado que se determinó que el almidón de yuca pertenece a la zona A, el afrecho a la zona B y la mancha a la zona C, se desarrolló un diagrama de procesos, un diagrama multi-producto y una tabla matricial, respectivamente, con el fin de plasmar los procesos productivos de cada uno de los productos.

Así mismo, se llevó a cabo el análisis relacional para el cual se realizó una tabla relacional, donde se establecen las relaciones y si es necesario que un área esté cerca de otra o no teniendo en cuenta los códigos, los fundamentos y la relación de colores.

El paso siguiente fue establecer las tres alternativas de mejora, teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados y se realizó el croquis de cada una de las alternativas, esto a partir de la obtención de las relaciones.

Para el inventario de los equipos, se desarrollaron las fichas técnicas de la maquinaria empleada en la rallandería, en las cuales se establecen características técnicas, las funciones y las medidas de cada una de ellas.

En el cálculo de los espacios físicos que requiere la planta se empleó el método Guerchet en el cual es necesario identificar los elementos que se desplazan y los que no se desplazan, con este se obtiene el espacio total requerido para la planta en m^2 .

Finalmente, para la evaluación y selección de la alternativa se tuvo en cuenta dos métodos: el análisis de factores ponderados y el multicriterio, esto con el fin de lograr evaluar diferentes aspectos que afectan a la realización de una u otra propuesta permitiendo elegir la más adecuada para la situación.

5.3.ETAPA III: Simulación

Para evidenciar la viabilidad de las mejoras en la distribución planteada se realizó una simulación del proceso en la distribución actual y del proceso en la distribución propuesta. Esta simulación se

desarrolló mediante el software FlexSim, en el que se obtuvo una disminución del tiempo promedio de la producción; se optó por simular el proceso considerando la inversión que requiere la alternativa de distribución propuesta y el alcance del proyecto.

CAPITULO II

En este capítulo se abordan las explicaciones generales que hacen parte de la ejecución del proyecto, tales como el método seleccionado para realizar la distribución de la planta, los métodos para seleccionar la propuesta y el software para simular el funcionamiento de la nueva distribución en planta.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Localización

La rallería “Las Veraneras” se encuentra ubicada en la calle 3ª #137 en el corregimiento de Mondomo, en jurisdicción del municipio de Santander de Quilichao, Cauca en la Republica de Colombia, está situado a 65 kilometros al sur de Popayán y a 14 de la cabecera municipal. (Arias, 1994) Con una latitud de 2.8804779053 y una longitud de -76.531867981 (Ruta Distancia Colombia, 2020)



Figura 1 Mapa de localización de la Rallería "Las Veraneras"

Fuente: (Google My Maps n.d.)

6.2.Marco teórico

6.2.1. Distribución de planta

“La distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información.” (Núñez, 2014).

6.2.2. Factores que intervienen en la distribución

Existen tantos factores a considerar, con alguna influencia directa sobre la distribución en planta, que pueden hacer que esta aparezca como un problema irresoluble. En realidad, la distribución de planta ni es extremadamente simple ni extremadamente complejo; tan solo precisa.

Para Domínguez, (1995) estos factores se agrupan en ocho grupos:

6.2.2.1.Los materiales: Los elementos fundamentales a considerar que influyen decisivamente en los métodos de producción son, el almacenamiento y manipulación son tamaño, la forma, el volumen, el peso y características físicas y químicas.

6.2.2.2.La maquinaria: Para una distribución de planta es necesario conocer la maquinaria, las herramientas y equipos indispensables para la producción del producto, como también los requerimientos y su utilización. Habrá que tener en cuenta para la maquinaria su tipología y el número de máquinas correspondiente a cada tipo, el espacio requerido, la forma, la altura y peso, la cantidad y clase de operarios requeridos, el riesgo para el personal, la necesidad de servicios auxiliares, entre otros. Además, se debe considerar el tipo y clase de los equipos y herramientas utilizados en la producción del producto.

6.2.2.3.La mano de obra: También ha de ser ordenada en una distribución de planta, tanto la directa como la de supervisión y auxiliar. Se debe considerar la seguridad de los

trabajadores, como además la luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos entre otros factores. Además, hay que estudiar la cualificación y flexibilidad del personal requerido. El autor expone que la mano de obra es fundamental para que la distribución tenga el efecto esperado, ya que estos son los responsables de que las operaciones se lleven a cabo, por lo que la parte psicológica juega un papel relevante en este factor.

6.2.2.4.El movimiento de materiales: El movimiento de materiales no es una actividad productiva, ya que no brinda valor al producto, por lo que hay que intentar que sean mínimas y que su relación se combine con otras operaciones. Para el proceso de distribución se debe considerar la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de estos o lugares de desembarque, así como también el movimiento de materiales auxiliares, maquinaria, equipos y personal.

6.2.2.5.Las esperas: La distribución de planta busca minimizar los costos ligados a las esperas del material que ocurren dentro de un proceso productivo, pero hay veces que una espera puede acrecentar la economía, (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entrega programa, etc.), por lo cual se hace necesario designar espacios para los materiales en espera.

6.2.2.6.Los servicios auxiliares: Permiten y facilitan las actividades principales dentro de una organización. Entre ellos, están los relacionados al personal (por ejemplo, vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), relativos al material (como por ejemplo inspección y control de calidad), y los relacionados a la maquinaria (ejemplo mantención y distribución de líneas de servicios auxiliares).

6.2.2.7.El edificio: La influencia del edificio será determinante si éste ya existe al momento de proyectar la distribución, su disposición espacial y demás características (número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia del suelo, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagüe, tomas de corriente, entre otros) limitan el proceso de distribución, no así cuando el edificio es nuevo.

6.2.2.8.Los cambios: La distribución debe ser flexible, por lo que se debe tener en cuenta posibles variaciones futuras, identificando posibles cambios y su magnitud, por lo cual se debe buscar una distribución capaz de adaptarse dentro de límites razonables y realistas. Para alcanzar la flexibilidad se debe mantener la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación ante cualquier emergencia y variaciones inesperadas de las actividades productivas normales sin tener que realizar un reordenamiento de los departamentos o zonas de trabajo.

6.2.3. Tipos de distribución de planta

Según Chase, (2005) se argumenta que fundamentalmente existen seis factores de distribución de planta, estos se dan a conocer a continuación:

- ***Movimiento de material:*** En ésta el material se mueve de un lugar de trabajo a otro, de una operación a la siguiente.
- ***Movimiento del hombre:*** Los operarios se mueven de un lugar de trabajo al siguiente, llevando a cabo las operaciones necesarias sobre cada pieza de material.
- ***Movimiento de maquinaria:*** El trabajador mueve diversas herramientas o máquinas dentro de un área de trabajo para actuar sobre una pieza grande.
- ***Movimiento de material y hombres:*** Los materiales y la maquinaria van hacia los hombres que llevan a cabo la operación.
- ***Movimiento de hombres y maquinaria:*** Los trabajadores se mueven con las herramientas y equipo generalmente alrededor de una gran pieza fija.
- ***Movimiento de materiales, hombres y maquinaria:*** Generalmente es demasiado caro e innecesario el moverlos a los tres.

6.2.4. Método SLP (Systematic Layout Planning)

El método S.L.P. fue desarrollado por Muther (1968) que, basándose en las distintas técnicas empleadas por los ingenieros industriales, consiguió sistematizar los proyectos de distribución.

Este método consigue enfocar de forma organizada los proyectos de planteamiento, fijando un cuadro operacional de fases, una serie de procedimientos, un conjunto de normas que permitan identificar, valorar y visualizar todos los elementos que intervienen en la preparación de un planteamiento.

Esta técnica se desarrolló como un procedimiento multicriterio que puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, operaciones manufactureras o almacenes, siendo aplicable en caso de readaptaciones en edificios existentes, en nuevos edificios o en el nuevo emplazamiento en planta a proyectar.

A continuación, en la figura 2 se presenta el diagrama de flujo en el que se explica el paso a paso para realizar la distribución de una planta utilizando la metodología SLP (Systematic Layout Planning).

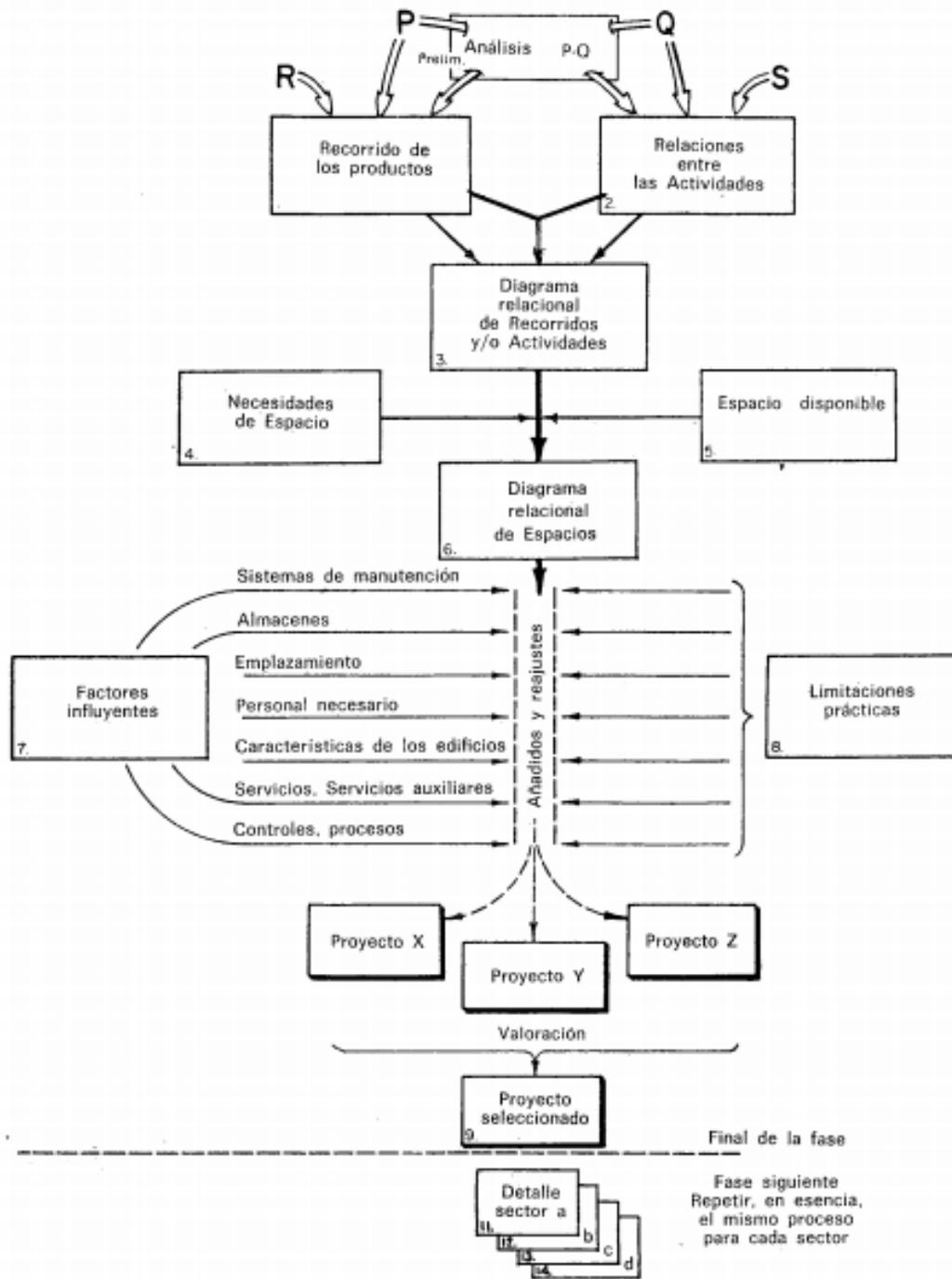


Figura 2 Proceso racional para preparar el planteamiento de la distribución de planta

Fuente: Planificación y proyección de la empresa industrial (Muther, R. 1968). Barcelona España. Editores técnicos asociados, s.a. pp 28.

6.2.4.1.Fases de Desarrollo del modelo SLP

Según Fernandez, (2017), las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son:

Fase I. Localización o emplazamiento

Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio nuevo o bien hacia un área de similares características y potencialmente disponible.

Fase II. Plan de distribución general

Aquí se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando también (y para cada una de ellas) la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Análisis P-Q

Este análisis es importante para la toma de decisiones. Toma en cuenta todos los productos que se oferten, el valor de la demanda y sus precios de venta, para así determinar una escala de importancia entre los productos.

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponerse para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información debemos prever que pueden presentarse situaciones variadas, ya que el número de productos puede variar de uno a varios cientos o millares. Si la gama de productos fuera muy amplia convendrá formar grupos de productos similares con el fin de facilitar el tratamiento de la información. La formulación de previsiones (FP) para estos casos debe

compensar lo que la referida FP daría para un solo producto ya que ello bien puede llegar a ser de poca significancia.

Posteriormente, se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas. R. Muther recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función de la gráfica resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución.

En un extremo de la curva figuran cantidades importantes de unos pocos productos o variedades. Las fabricaciones correspondientes requieren, esencialmente, condiciones y métodos de producción de grandes masas: producción en cadena o Planteamiento por producto. En el otro extremo de la curva aparecen un gran número de productos fabricados en cantidades pequeñas. Exigen unas condiciones de trabajo «a medida (Muther, 1968).

- **Diagrama ABC**

Dado el resultado de las frecuencias de los productos ya mencionados, se pasa a realizar un gráfico de frecuencias acumuladas de mayor a menor, seguida de la identificación de las zonas: Zona A de 55% a 65%, zona B de 65% a 85% y zona C de 85% a 100%.

Análisis de recorrido

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de los materiales.

- **Diagrama de operaciones de proceso**

Diagrama mayor que se debe realizar para detallar el proceso productivo de la zona A.

Un Diagrama de Operaciones del Proceso es una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones (García R. , 1998).

- **Diagrama de análisis de proceso**

Diagrama mayor que se debe realizar para detallar el proceso productivo del bien correspondiente a la zona A.

Contiene muchos más detalles que el de operaciones. Por lo que no se adapta al caso de considerar en conjunto ensambles complicados, se aplica principalmente a un componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía de fabricación, este es particularmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como pueden ser distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales (García R. , 1998).

- **Diagrama de recorrido**

Diagrama mayor que se debe realizar para detallar el proceso productivo del bien correspondiente a la zona A.

Este diagrama representa la distribución de zonas y edificios, en el que se indica la localización de todas las actividades registradas en el Diagrama de Análisis del Proceso. El elaborar este diagrama permite identificar cada actividad por símbolos y números que correspondan a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. El sentido del flujo debe de indicarse empleando pequeñas flechas a lo largo de las líneas de recorrido. En el caso en el que se requiera mostrar el recorrido de más de una pieza es posible emplear líneas de colores diferentes. Algunas de las ventajas que este diagrama, en combinación con el diagrama de análisis del proceso presentan es la factibilidad de encontrar áreas congestionadas o en vías de estarlo y en base a esta información alcanzar una mejor distribución de planta. (García R. , 1998)

- **Diagrama multi-producto**

Si bien la validez de los diagramas vistos hasta ahora corresponde a un solo producto, puede ocurrir que la empresa no le compense la elaboración de un diagrama para todos y cada uno de sus productos, si se da el caso de que produce una gran variedad de ellos, o su proceso varía con frecuencia, o su peso relativo respecto a la producción global no es relevante. En esos casos, existe otra herramienta llamada “Diagrama multi-producto” que puede resultar útil ya que permite obtener, de forma conjunta para varios productos, una visión de sus productos. (García D. &., 2005)

Diagrama que se debe realizar para detallar el proceso productivo del bien correspondiente a la zona B.

- **Tabla matricial**

Esta tabla de doble entrada nombra todas las operaciones tanto en el eje horizontal como vertical y hace posible describir la secuencia del proceso productivo de los diferentes productos.

Diagrama que se debe realizar para detallar el proceso productivo del bien correspondiente a la zona C.

Análisis relacional

- **Tabla relacional**

El cuadro o tabla de relaciones entre actividades se diseñó para completar esa información cuantitativa con otra de tipo cualitativa que es también importante para el diseño de la distribución. Esta tabla se completa siguiendo los siguientes criterios de evaluación:

Tabla 1 Valores y códigos para tabla relacional

A	4	Absolutamente necesario que esté cerca	4 líneas rojas
E	3	Especialmente necesario que esté cerca	3 líneas amarillas
I	2	Importante que esté cerca	2 líneas verdes
O	1	Proximidad ordinaria o normal	1 línea azul
U	0	Sin importancia	No se representa
X	-1	No deseable que esté cerca	1 zigzag pardo

Fuente: Libro Distribución de planta

Se observa que la tabla 1 está compuesta de letras, números y colores. Todos estos tienen un significado explicado a continuación:

A: necesidad Absoluta, quiere decir, que las dos áreas que se estén evaluando deben ir cerca

E: Especialmente importante, se recomienda la cercanía entre las áreas

I: Importante, estaría bien que exista proximidad entre las áreas

O: proximidad Ordinaria, se presenta una leve conexión entre las áreas

U: (Unimportant, en inglés), Sin importancia, las áreas no requieren proximidad

X: Símbolo negativo que significa <no aconsejable>

A, E, I, O, U son utilizadas ya que son vocales que se recuerdan fácilmente. Se cita palabras de (Muther, 1968) en su libro Planificación y proyección de la empresa industrial “Se ha procurado evitar el use de cifras porque en nuestro estudio no necesitamos grandes precisiones matemáticas. Además: ya se han utilizado números para referirnos a los motivos y para identificar las actividades. La utilización de cifras nos complicaría excesivamente la Tabla.

Los colores se utilizan para lograr identificar cada una de las proximidades entre las áreas, teniendo en cuenta que al momento de realizar el croquis serían muchas líneas cruzadas pudiendo causar alguna confusión.

Tabla 2 Tabla de motivos

1	Contacto directo con personal
2	Por flujo de información
3	Porque utiliza los mismos equipos
4	Porque el proceso utiliza el mismo personal
5	Por conveniencia de la dirección
6	Por inspección y control
7	Por ruidos y salubridad
8	Por el recorrido de los productos
9	Distracciones e interrupciones
10	Por el volumen del producto

Fuente: Libro Distribución de planta

En la tabla 2, se observa los motivos por los que las áreas deben tener proximidad o no, identificadas con números del 1 al 10. La evaluación de las proximidades se hace más significativa si se acompaña de una justificación.

▪ **Diagrama relacional de recorrido**

Luego de haber completado la tabla relacional (tabla 1), se deben seguir los siguientes pasos para la realización del diagrama:

Paso 1. Identificar las relaciones A, y dibujarlas una a lado de otra ya que son las relaciones que indican mayor proximidad. Estas se representan con 4 líneas de color rojo.

Paso 2. Identificar las relaciones E, y dibujarlas. Estas se representan con 3 líneas de color amarillo.

Paso 3. Identificar las relaciones I, y dibujarlas. Estas se representan con 2 líneas de color verde.

Paso 4. Identificar las relaciones O, y dibujarlas. Estas se representan con 1 línea de color azul.

Paso 5. Identificar las relaciones X, y dibujarlas. Estas se representan con 1 línea zigzag de color pardo.

Paso 6. Identificar las relaciones XX, y dibujarlas. Estas se representan con 2 líneas de color negro.

- **Planos o croquis**

Los planos son dibujos delineados, se realizan con ayuda de escuadra, regla, compás para conseguir una representación lo más parecida posible al objeto tomado como base. El croquis es también un dibujo realizado a mano alzada, que contiene información completa y está trazado sin las medidas exactas del objeto.

Fase III. Plan de distribución detallada

Aquí se debe estudiar y preparar en detalle el plan de distribución alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad.

Cálculo de número de máquinas

Se toma como base los tiempos de operación y tiempos disponibles y se aplica la ecuación 1.

$$N^{\circ}\text{máquinas} = \frac{(\text{Tiempos de operación. por pieza. por máquina}) \times (\text{Demanda anual})}{N^{\circ}\text{ total de horas disponibles}} \text{ ecuación 1.}$$

Cálculo de espacios

- **Método Guerchet**

-Superficie estática: S_s

-Superficie dinámica gravitacional: $S_g = S_s \times \#\text{ lados}$

-Superficie de evaluación: $S_e = (S_s + S_g) \times K$

-Superficie total

-K: Coeficiente de evolución

$$K = \frac{\sum H \text{ desplazan}}{2 \times (\sum H \text{ no desplazan})} \text{ ecuación 2.}$$

Fase IV. Ejecución e instalación

Aquí, última fase, se deberán realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada.

6.2.5. Método de análisis de factores ponderados

El método de análisis de factores reúne y da valoración a aspectos como la flexibilidad, inversión, economía del movimiento, seguridad, facilidad de mantenimiento, apariencia y posibilidad de ampliación; de acuerdo con cada alternativa propuesta.

Según Diéguez Matellan, (2017) los pasos a seguir para aplicar el método de ponderación de factores son los siguientes:

1. Desarrollar una lista de factores relevantes (factores que afectan la selección de la localización).
2. Asignar un peso a cada factor para reflejar su importancia relativa en los objetivos de la compañía.
3. Desarrollar una escala para cada factor (por ejemplo, 1-10 o 1-100).
4. Hacer que los evaluadores califiquen cada localidad para cada factor, utilizando la escala del paso 3.
5. Multiplicar cada calificación por los pesos de cada factor, y totalizar la calificación para cada localidad.
6. Hacer una recomendación basada en la máxima calificación en puntaje, considerando los resultados de sistemas cuantitativos también.

6.2.6. Método multicriterio

La metodología descompone un problema complejo en partes más simples permitiendo que el agente ‘decisor’ pueda estructurar un problema con múltiples criterios en forma visual, mediante la construcción de un modelo jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo,

criterios y alternativas, jugando un papel vital como herramienta de planeación. (Grajales, Serrano, Hahn, & Christine, 2013).

Inicialmente este método fue desarrollado en el ámbito de las ciencias económicas y en el de la ingeniería industrial. Fue desarrollado en la década de los 60 y a partir de la segunda mitad de la década de 1970 comenzó a experimentar un importante desarrollo, hasta convertirse en una herramienta científica. (De la Fuente, 2018)

6.2.7. Extracción del almidón de yuca en Colombia

En Colombia, la extracción del almidón de yuca como actividad agroindustrial empezó en los años 50. La demanda de almidón aumentó en los años siguientes y la extracción del producto se convirtió en una agroindustria netamente artesanal. Se introdujeron entonces innovaciones mecánicas en algunas etapas del proceso y se logró aumentar la capacidad productiva de estas pequeñas fábricas que empezaron a llamarse “rallanderías” o “ralladeros”. Esta actividad permitió el desarrollo socioeconómico de las familias de escasos recursos que pueblan el norte del Cauca, Colombia. (CECORA, 1988).

6.2.7.1. Usos del almidón agrio de yuca

Con el almidón de yuca fermentado se elaboran productos alimenticios tradicionales en Colombia, tales como pandebono y el pan de yuca; ya que se expande de una forma similar al efecto de la levadura y permite conseguir masas más ligeras.

6.2.8. Terminología

Proceso productivo: Alude a una serie de trabajos y operaciones que permiten llevar a cabo la producción de un bien o servicio. Estas operaciones son planeadas, dinámicas y consecutivas, y su objetivo es transformar la materia prima hasta volverla ideal para la producción. (Enciclopedia económica, 2018)

Almidón de yuca: Polvo fino que se obtiene a través de la molienda de la yuca, tubérculo originario de Brasil y muy presente en otras zonas tropicales y subtropicales. Existen dos tipos: el almidón de yuca dulce y el agrio. Este último ha sido fermentado y secado antes de su comercialización. (Mercado flotante, s.f.)

6.2.9. Simulación

Un modelo puede ser una representación conceptual, numérica o gráfica de un objeto, sistema, proceso, actividad o pensamiento; destaca las características que el modelador considera más importantes del fenómeno en cuestión, por lo que se emplea para analizar exhaustivamente cada una de sus relaciones e interacciones, y con base en su análisis, predecir posibles escenarios futuros para dicho fenómeno. Así, un modelo puede describirse como una representación simplificada de un sistema real, y es en esencia, una descripción de entidades y la relación entre ellas (García, 2008)). Por lo anterior, el modelado o modelaje puede considerarse como un método eficiente para reducir y entender la complejidad de los sistemas. Un modelo de simulación es un conjunto de ecuaciones que representa procesos, variables y relaciones entre variables de un fenómeno del mundo real y que proporciona indicios aproximados de su comportamiento bajo diferentes manejos de sus variables (Pérez, 2006); los cuales, permiten abordar una cuestión puramente teórica, en cuyo caso su finalidad es puramente teórica, o una situación real, orientado a dar una respuesta concreta (García J. M., 2004), formalizar en un modelo de simulación nuestra percepción del fenómeno real y simular el efecto de diferentes alternativas.

Con el uso del modelaje se puede exagerar en la simplificación o en la adición de relaciones o cualidades que en realidad no existen, dependiendo del grado de conocimiento del modelador sobre el fenómeno en cuestión. En este sentido, Medin, (2016) define un modelo como una representación esquemática de un sistema dinámico, que no llega a ser un duplicado de la realidad, sino que la simplifica exagerando y omitiendo rasgos. El modelaje no es algo nuevo, pues toda persona en su vida privada y en sus relaciones comunitarias usa modelos para tomar decisiones. Los modelos, al igual que cualquier herramienta empleada para procesar información, tienen como objetivos el mejorar el entendimiento sobre los sistemas en estudio para probar teorías científicas,

predecir el resultado de una combinación de situaciones en el sistema, o controlar el sistema estudiado y producir resultados anticipados (Ortega, 1999).

6.2.10. Software de simulación FlexSim

Fue desarrollado por Bill Nordgren, Cliff King, Roger Hullinger, Eamonn LAvery y Anthony Johnson. Este software permite modelar y entender con precisión los problemas básicos de un sistema sin la necesidad de programaciones complicadas, esto debido a que ofrece una forma sencilla al desarrollar el modelo de simulación. (Diaz M., 2018)

CAPITULO III

A partir de la explicación teórica de cada uno de los métodos seleccionados para la realización de este proyecto, a continuación, se presenta el diagnóstico de la situación actual de la empresa

7. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA EMPRESA

RALLANDERÍA LAS VERANERAS es una empresa dedicada a la fabricación de almidón de yuca, se encuentra dentro de las MYPES y desarrolla una actividad productiva en el mercado.

La rallandería carece de organización respecto a máquinas y áreas de trabajo, a esto se le suma la necesidad de reordenar la planta de acuerdo con el proceso que sigue la materia prima hasta convertirse en almidón de yuca.

7.1. Matriz de priorización

Los criterios de evaluación establecidos son la demanda del producto y el tiempo que toma la fabricación del mismo. Estos criterios se evaluaron junto con el equipo de trabajo, donde se acordó que las puntuaciones son entre 1 y 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Tabla 3 Matriz de priorización

Producto	Criterios						Total
	Demanda			Tiempo del proceso			
	Promedio	Peso	Total	Promedio	Peso	Total	
Afrecho	3	50%	1,5	3	50%	1,5	3
Almidón	4,5	50%	2,25	4,9	50%	2,45	4,7
Mancha	1,5	50%	0,75	4	50%	2	2,75

Fuente: Elaboración propia

Nota: La información suministrada en la tabla 3 fue proporcionada por el propietario de la rallandería y las personas que laboran ahí. Se muestra el promedio de las respuestas obtenidas por 4 personas.

En la tabla 3, se observa que el producto con mayor calificación es el almidón de yuca, con un puntaje de 4.7, seguido del afrecho y, por último, la mancha. Según el criterio de las personas evaluadas, el almidón es el producto con la demanda más alta y también aquel que lleva más tiempo en el proceso de producción. Con base en la información anterior, se determinó que el almidón es la variable por medir.

7.2.Trabajadores

La rallandería actualmente cuenta con 3 trabajadores.

7.3.Horarios de trabajo

Por producción o a destajo: no tienen horario preestablecido, pero por lo general son turnos de 8 horas diarias.

7.4.Maquinaria

A continuación, en la tabla 4 se mencionan las máquinas empleadas en la rallandería objeto de estudio para la fabricación del almidón de yuca y sus subproductos.

Tabla 4 Maquinaria

Maquinaria	
Nombre	Cantidad
Lavadora	1
Ralladora	1
Coladora	2
Molino	1

Fuente propia

7.5.Materias primas

- Yuca (principalmente): La yuca, del género *Manihot* y la especie esculenta, es el tubérculo del arbusto perenne de la familia de las Eufobiaceas. También se le conoce como mandioca, guacamota o casava y de una de las variedades de yuca dulce se obtiene la tapioca.

Es originaria de América Latina y actualmente se cultiva en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. (El poder del consumidor, 2017)

- Lonas de empaque: Saco grande de tela rústica usado para acarrear granos y otras cosas. (Kernerman English Multilingual Dictionary, 2013)
- Piola: Es una cuerda uniforme, bastante resistente, formada mediante torsión, por de tres o más hilos dependiendo del grosor que se le quiera dar. (Etimología de Chile , 2021)
- Agua: Es una sustancia que se compone por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (H₂O) y se puede encontrar en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua). (Valdivieso, s.f.)

7.6. Proceso productivo

- **Lavado:** Se remueve la cascarilla de la raíz, el lavado se realiza a través de un cilindro con nervaduras internas que recibe el nombre de lavadora. El tiempo del proceso depende de la calidad de la yuca y qué tan sucia se encuentre en el momento.
- **Selección:** Se realiza inspección, dejando de lado la yuca que no se encuentra apta para la producción.
- **Rallado:** Se desintegra las raíces, cortando la yuca en trozos aproximados a 30mm de espesor. Esto se realiza con ayuda de una máquina cortadora de raíces la cual recibe el nombre de ralladora.
- **Colado-Tamizado:** El proceso se realiza para separar el almidón de la fibra, lo cual se conoce como lechada. Consiste en recibir chorros de agua a medida que giran en el cilindro el cual está forrado con un lienzo de tela para que no se filtre el afrecho a las máquinas; estas son conocidas como coladoras.
- **Sedimentación:** La lechada se deposita en unos canales de 56cm de alto, en los cuales se separa el almidón de la fase acuosa. Se retira el sobrenadante (mancha) y el almidón pasa al siguiente proceso.
- **Fermentación:** El almidón se deja de cuatro a cinco meses en tanques, su objetivo es agriarse. También se utilizan tanques plásticos con capacidad de 2000 litros para el proceso.
- **Molido:** Se retira el almidón de los tanques de fermentación, el almidón es triturado por una máquina moledora.

- **Secado:** El almidón es regado a los patios de secado, este se realiza por medio de luz natural proveniente del sol, esto se hace sobre un plástico de color negro tendido en el suelo. El proceso dura alrededor de 8 horas, dependiendo del clima.
- **Empaque y almacenamiento:** Se reúne el almidón que fue secado en una jornada dentro de la bodega, se retiran las partículas de contaminación (mugre) que se puedan encontrar; por último, el almidón se empaqueta en lonas o costales y es almacenado.

En la figura 3 se explica el proceso productivo de las operaciones en función de la gravedad.

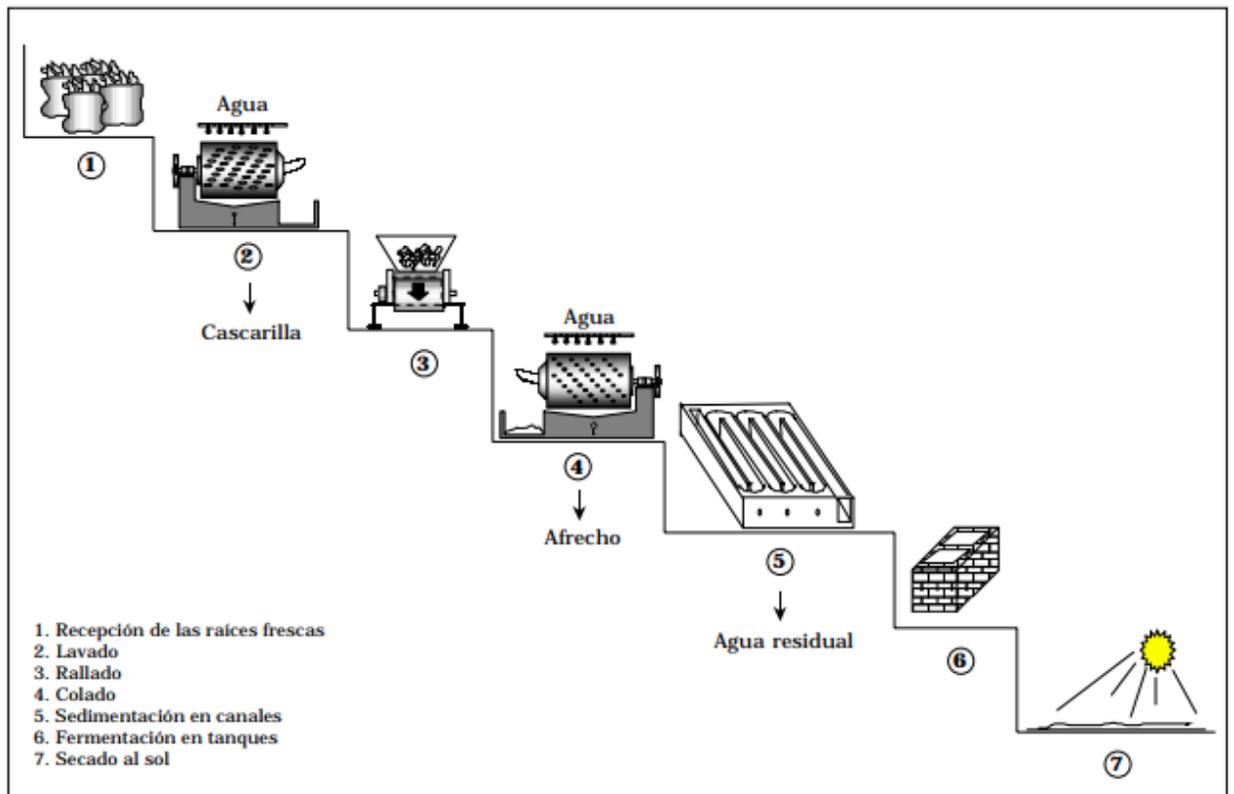


Figura 3 Distribución esquemática de las operaciones de producción de almidón de yuca

Fuente: Almidón agro de yuca en Colombia, Tomo I: Producción y recomendaciones

7.6.1. Diagrama de flujo del proceso productivo

La figura 4 explica el flujo del proceso desde que se recepciona la materia prima hasta que se obtiene el producto final.



Figura 4 Diagrama de flujo del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

7.7.Herramientas

Las herramientas usadas para llevar a cabo el proceso son:

- Palas, rastrillos, carretas, recogedores. Estas son usadas al momento de recoger el almidón secado previamente.
- Llaves de mecánica. Estas se usan en la eventualidad de que alguna máquina falle y sea necesario ajustar alguna pieza.
- Martillo, alicate, etc. Estos de igual manera se usan en caso de que ocurra algún daño o actividad extraordinaria.

7.8. Distribución de planta actual

En la figura 5, se detalla el plano de la distribución de planta que tiene la rallandería en la actualidad

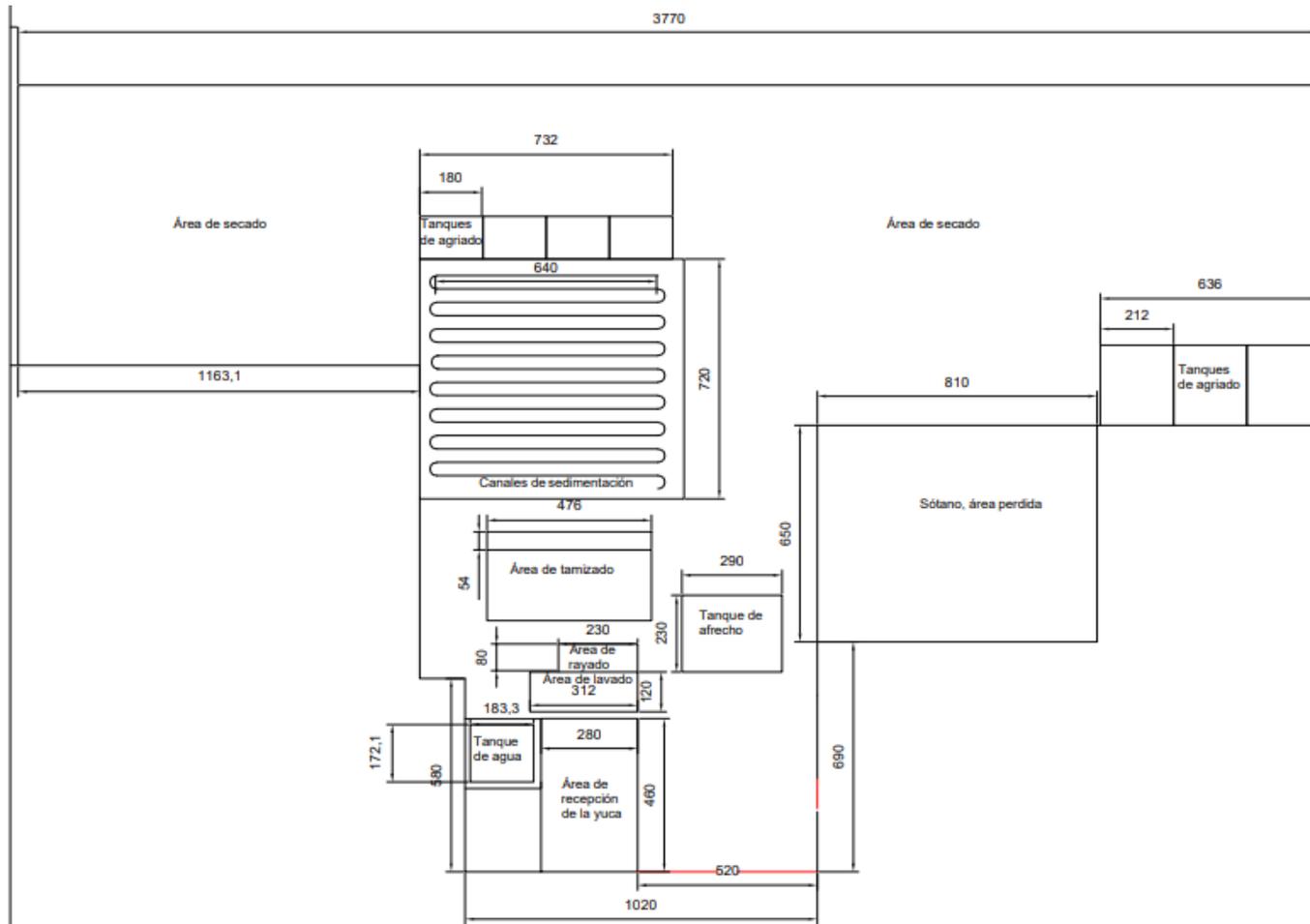


Figura 5 Distribución de planta actual

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las medidas del plano están dadas en centímetros.

7.9. Estudio de tiempos

A continuación, la tabla 5 relaciona los tiempos promedios tomados en el proceso de producción

Tabla 5 Tabla de tiempos promedio

Promedio de tiempos	
Alistamiento	15 min
Lavado	20 min
Rallado	10 min
Colado	40 min
Sedimentación	5 días
Fermentación	90 días
Secado	360 min
Molido	60 min

Fuente: Elaboración propia

Cada lavada se realiza por 5 bultos de aproximadamente 50 kg de yuca. En la primera porción, se tiene en cuenta el proceso hasta la etapa del colado toma 70 minutos más 15 minutos adicionales de alistamiento para un total de 85 minutos, en las lavadas siguientes toma solo 70 minutos.

Se realizan 5 lavadas al día para un total de 1290 kg de yuca aproximadamente; esto atendido en un turno de 8 horas al día, tiempo calculado en la ecuación 3 el tiempo restante corresponden al tiempo del almuerzo, paradas al baño y cualquier otro evento que se pueda presentar en el momento.

$$\text{Tiempo} = \frac{(70\text{min} * 5) + 15\text{min}}{60\text{min}} = 6,08 \text{ horas/día} \quad \text{ecuación 3}$$

En el proceso se omite los tiempos de sedimentación y colado, teniendo en cuenta que son procesos que toman más de un turno de trabajo.

Tabla 6 Tiempos adicionales

Tiempos adicionales (minutos)	
Recorrido	20
Empacar el almidón	30
Cargar el camión	60
Descargar el camión	60
Desempacar el almidón	20
Empacar el almidón	60
Recorrido	20
Total	270

Fuente: Elaboración propia

Los datos proporcionados en las tablas 5 y 6 son promedios tomados directamente en la ejecución de los procesos.

Entiéndase por recorrido, el tiempo que toma transportar el almidón ya fermentado a otras instalaciones para su respectivo secado. Empacar el almidón, este es empacado en lonas para ser transportado más fácilmente; cargar el camión, el tiempo que toma cargar el almidón en el camión para ser transportado; descargar el camión se refiere a descargar el almidón en bloques transportado previamente; posteriormente, se desempaca de las lonas para ser esparcido; pasadas aproximadamente 6 horas, el almidón seco es recogido, se empaca nuevamente en las lonas y se lleva de vuelta al ralladero.

Los tiempos adicionales son realizados una vez cada tres meses cuando el almidón ha sido fermentado, teniendo en cuenta que este es el tiempo que toma el proceso.

7.10. Gastos adicionales

Los gastos tenidos en cuenta son los explicados en la tabla 5 “tiempos adicionales” ya que, estos son movimientos que se realizan por el desaprovechamiento de los espacios en la rallandería; es decir, el proceso de secado no se realiza en las instalaciones sino en otras diferentes pudiéndose realizar ahí; a continuación, se calculan los gastos incurridos en estos movimientos extras.

El precio de la gasolina fue tomado a partir del precio del galón en Colombia y los gastos de mano de obra fueron tomados a partir del SMMLV en el mismo país.

Tabla 7 Gastos adicionales

Gastos incurridos			
Ítem	Cantidad	Precio	Total
Gasolina	1,5	\$ 8.671	\$ 13.007
Mano de obra	4,5	\$ 3.786	\$ 17.037
Total			\$ 30.044

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 7 se considera un total de \$30.044 por concepto de gastos adicionales, dichas actividades se realizan 15 de los 20 días de trabajo al mes.

7.11. Costos de fabricación

En esta sección se especifican los costos para fabricar el almidón de yuca, presentados en la tabla

8

Tabla 8 Costos de fabricación

Costos fijos			
	Valor unitario	Cantidad	Valor
Mano de obra	\$ 1.014.980	3	\$ 3.044.940
Alquiler	\$ -	0	\$ -
Valor total			\$ 3.044.940

Costos variables				
	Valor unitario	Cantidad	Valor	
Materia prima	Yuca (kg)	\$ 250	25750	\$ 6.437.500
	Agua (l)			\$ -
	Costales (und)	\$ 400	103	\$ 41.200
	Fibra (m)	50	206	\$ 10.300
	Energía	\$ 365	766,12	\$ 280.002
	Gastos adicionales	\$ 30.044	15	\$ 450.660
	Flete	\$ 80.000	3	\$ 240.000
Valor total			\$ 7.459.662	
Valor total cf + cv			\$ 10.504.602	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, no se consideró los gastos de alquiler ya que el espacio donde la rallandería está ubicada es de su pertenencia, tampoco el agua, se sabe que esta es la segunda materia prima más importante y que se consume en abundancia, pero el ralladero cuenta con una quebrada muy cerca de donde se obtiene sin generar costo alguno; el concepto de gastos adicionales fue tomados de la tabla 8. Los costos de fabricación también fueron tomados mensualmente, teniendo en cuenta que al mes se producen 5150 kg de almidón, convertidos a 103 bultos de almidón por 50kg, se genera la ecuación 4

$$\text{Costo x bulto} = \frac{10.504.602}{103} = 101.986 \text{ ecuación 4}$$

El costo de fabricación de cada bulto seco de almidón x50kg es de 101.986 pesos colombianos, lo que indica el precio del kilogramo a 2.039 pesos.

CAPITULO IV

Como se mencionó anteriormente, el desaprovechamiento de los espacios incurridos en una no adecuada distribución de la planta de producción lleva consigo tiempos adicionales y gastos en los que se incurren; por ello, a continuación, se presentan tres alternativas de distribución que pueden ayudar a mejorar el proceso productivo.

8. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN APLICANDO EL MÉTODO SLP

8.1.Fase 1: Localización

En este proyecto no se considera la fase de localización puesto que la rallandería ya se encuentra establecida, y no está dentro de los planes del propietario cambiar su lugar de ejecución.

8.2.Fase 2: Distribución global

8.2.1. Análisis P-Q

Para realizar el análisis de la demanda anual se tomaron los registros de ventas del año 2020 proporcionados por el propietario de la rallandería, teniendo en cuenta que las ventas por lo regular siempre son las mismas.

Tabla 9 Análisis Producto-Cantidad

Producto	Demanda anual (bultos x 50kg)	Precio de venta	Ingresos	%	% acumulado
Almidón	1232	\$ 140.000	\$ 172.480.000	93%	93%
Afrecho	558	\$ 20.000	\$ 11.160.000	6%	99%
Mancha	28	\$ 48.000	\$ 1.344.000	1%	100%
Total			\$ 184.984.000	100%	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se detalla que el producto con mayor demanda es el almidón de yuca, permitiendo interpretar que los productos con menor demanda son el afrecho y la mancha.

8.2.1.1. Gráfico P-Q

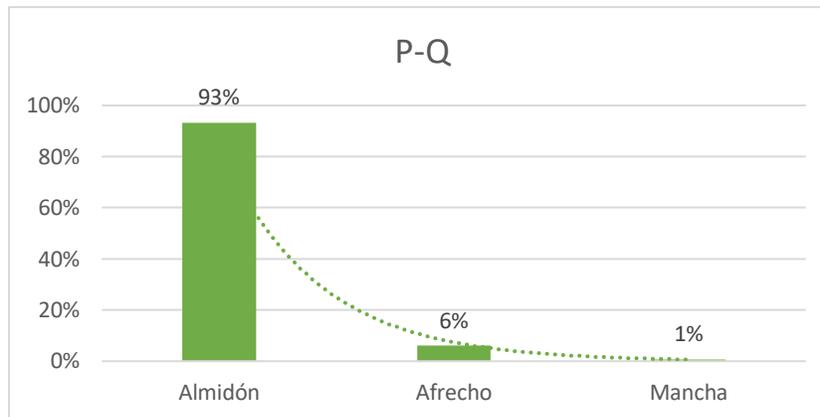


Figura 6 Gráfico Producto-Cantidad

Fuente: Elaboración propia

La figura 6 permite corroborar que el producto que genera mayores ingresos es el almidón de yuca, y los productos que generan menores ingresos son el afrecho y la mancha.

8.2.1.2. Gráfico ABC

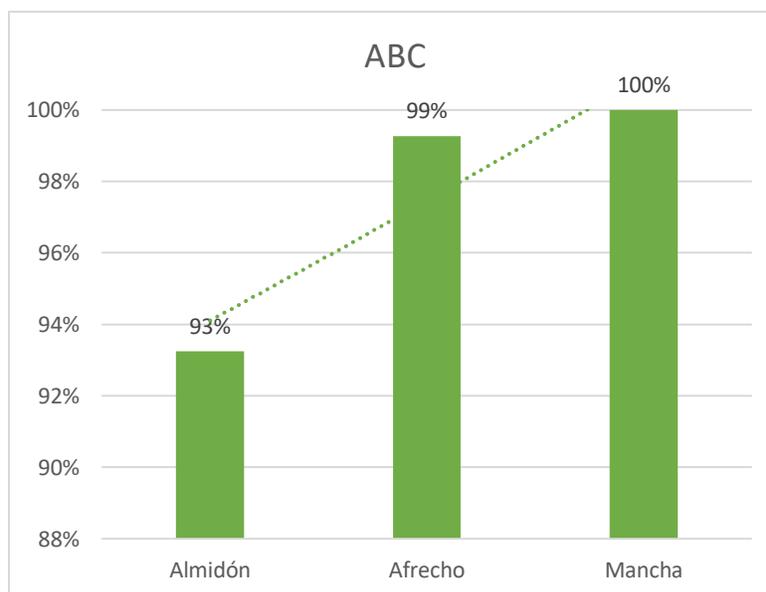


Figura 7 Gráfico ABC

Fuente: Elaboración propia

La figura 7 permite identificar qué producto pertenece a la zona más demandada y cuáles a la de menos demanda.

Zona A: Almidón de yuca. Para esta zona se realizan diagramas mayores como lo son un DOP (Diagrama de operaciones del proceso) o un DAP (Diagrama de análisis de proceso)

Zona B: Afrecho. Se realiza un diagrama multi-producto

Zona C: Mancha. Se realiza una tabla matricial

8.2.2. Análisis de recorrido

El análisis del recorrido de los productos implica la determinación de la secuencia de los movimientos de los materiales a lo largo de diversas etapas del proceso. Estos desplazamientos de materiales deben evitar retornos o contracorrientes.

Este análisis es la base en que se fundamenta la preparación de Método S.L.P. cuando los movimientos de los materiales representan una parte importante de proceso, o cuando los volúmenes, los materiales o los pesos en juego son considerables. (PFC)

8.2.2.1. Diagrama de operaciones de proceso (Almidón de yuca)

La tabla 10 explica los símbolos utilizados en el diagrama de operaciones presentado

Tabla 10 Tabla de símbolos

Tabla de símbolos	
Símbolo	Descripción
	Transporte
	Operación
	Inspección
	Demora
	Recepción
	Almacenamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se expone el diagrama de operaciones del almidón de yuca, es decir, cada una de las actividades y movimientos que se realizan desde la obtención de la materia prima hasta transformarla en producto terminado.

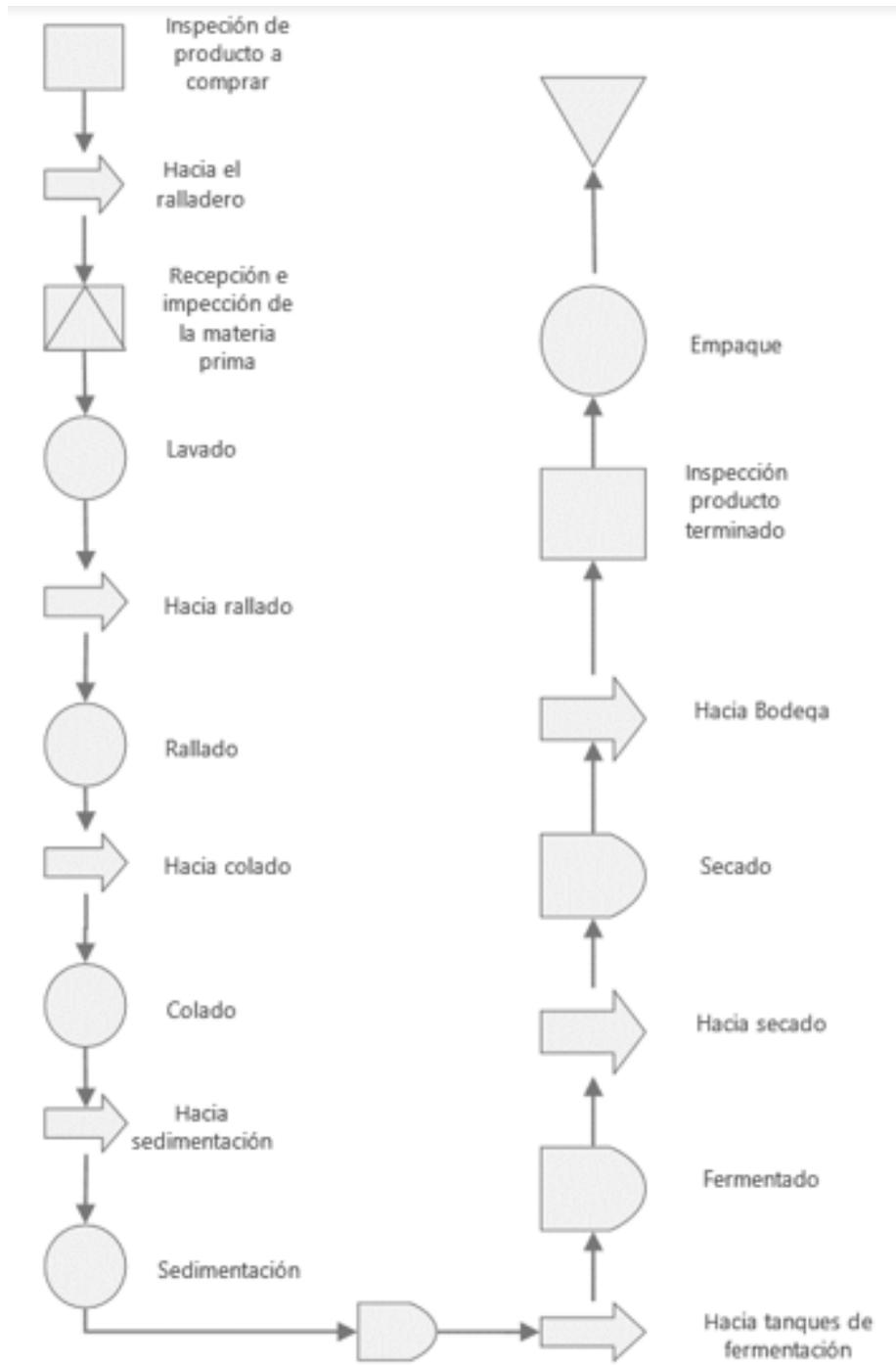


Figura 8 Diagrama de proceso almidón de yuca

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Tabla de resumen

Tabla de resumen		
Símbolo	Descripción	Cantidad
	Transporte	7
	Operación	6
	Inspección	3
	Demora	3
	Recepción	1
	Almacenamiento	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se observa que la operación más realizada en la fabricación del producto es el transporte y la que menos se realizan son la recepción y el almacenamiento.

8.2.2.2. Diagrama multi-producto (afrecho)

A continuación, se presenta el diagrama multi-producto del afrecho donde se muestra en la figura 9 la secuencia del proceso de fabricación



Figura 9 Diagrama multi-producto afrecho

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.3. Tabla matricial (mancha)

En la tabla 12 se indica las operaciones realizadas para la fabricación de la mancha:

Tabla 12 Tabla matricial mancha

De: \ A:	Lavado	Rallado	Colado	Sedimentación	Fermentación	Molido	Secado	Empaque
Recepción	X							
Lavado		X						
Rallado			X					
Colado				X				
Sedimentación					X			
Fermentación							X	
Molido								
Secado								X

Fuente: Elaboración propia

8.2.3. Análisis relacional

Una vez que se conoce el recorrido de los productos que ofrece la rallandería, se establece la intensidad de relación entre cada una de las áreas de la empresa. Para establecer estas relaciones se tienen en cuenta distintos factores como la circulación de materiales o el confort de los trabajadores. Entre otros aspectos, en esta etapa se consideran las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad y salud en el trabajo, de higiene, sistemas de manipulación, abastecimiento de energía, agua, desperdicios, la organización de la mano de obra, sistemas de control de procesos y sistemas de información. Esta información resulta muy importante para integrar las estaciones de producción en la distribución de la planta de una manera racional y óptima.

Para representar las relaciones encontradas de una manera lógica que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se emplea un código de letras, siguiendo una escala que decrece en el orden de las vocales como se aprecia en la tabla 13

Tabla 13 Tabla códigos y valores

A	4	Absolutamente necesario que esté cerca	4 líneas rojas
E	3	Especialmente necesario que esté cerca	3 líneas amarillas
I	2	Importante que esté cerca	2 líneas verdes
O	1	Proximidad ordinaria o normal	1 línea azul
U	0	Sin importancia	No se representa
X	-1	No deseable que esté cerca	1 zigzag pardo
XX	-2	Indeseable que esté cerca	2 zigzag negro

Fuente: Libro distribución de planta

Posteriormente, se establece la tabla 14 en función a identificar las razones o los fundamentos que expliquen la relación de intensidad entre cada una de las áreas de la empresa como se ve en la tabla siguiente:

Tabla 14 Tabla de motivos

- 1** **Contacto directo con personal**
- 2** Por flujo de información
- 3** Porque utiliza los mismos equipos
- 4** Porque el proceso utiliza el mismo personal
- 5** Por conveniencia de la dirección
- 6** Por inspección y control
- 7** Por ruidos y salubridad
- 8** Por el recorrido de los productos
- 9** Distracciones e interrupciones
- 10** Por el volumen del producto

Fuente: Libro distribución de planta

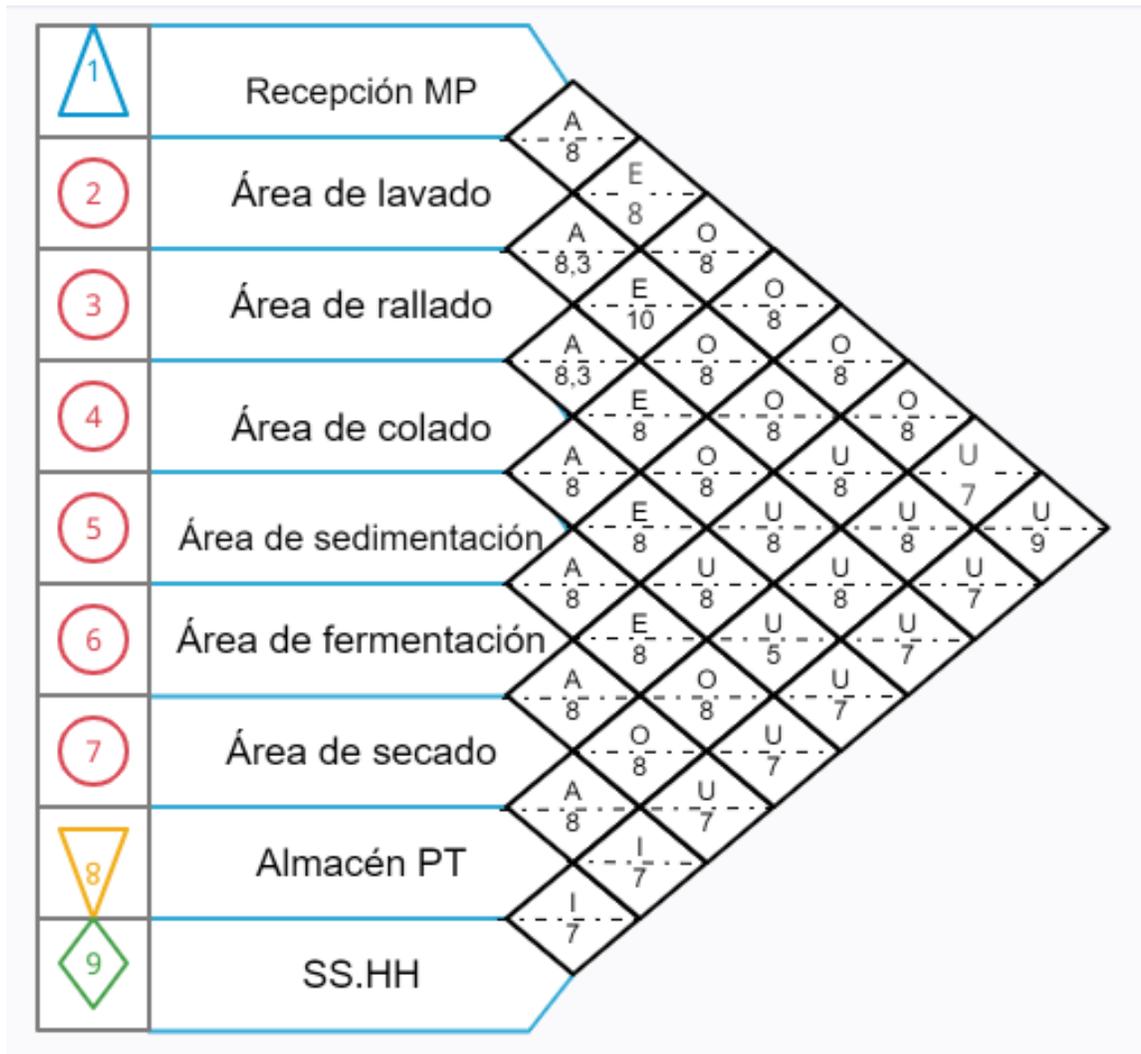
8.2.3.1. Tabla relacional

A través de la información anterior se desarrolla la tabla 15, la cual se presenta de la siguiente manera:

- En la columna de la izquierda se indican las actividades
- Las columnas que le suceden van reduciendo su tamaño hasta que desaparecen, formando una estructura triangular; cada una de las celdas se divide en dos partes, la superior para indicar la proximidad entre las actividades relacionadas y la inferior para establecer el motivo de la proximidad.

La tabla 15 propuesta para el presente proyecto es la siguiente:

Tabla 15 Tabla de relaciones



Fuente: Elaboración propia

Nota: En todas las distribuciones planteadas se tiene en cuenta la construcción de un baño y un almacén de producto terminado, los cuales no existen actualmente, pero se

considera son necesarios. En las alternativas también está considerada la idea de que se seque el almidón en las mismas instalaciones, ya que como se explicó anteriormente, este proceso se realiza en otras instalaciones incurriendo en gastos innecesarios.

8.2.3.2. Diagrama relacional de recorridos y planos

A continuación, en las figuras 10, 11 y 12 se presentan los diagramas relacionales de las alternativas planteadas.

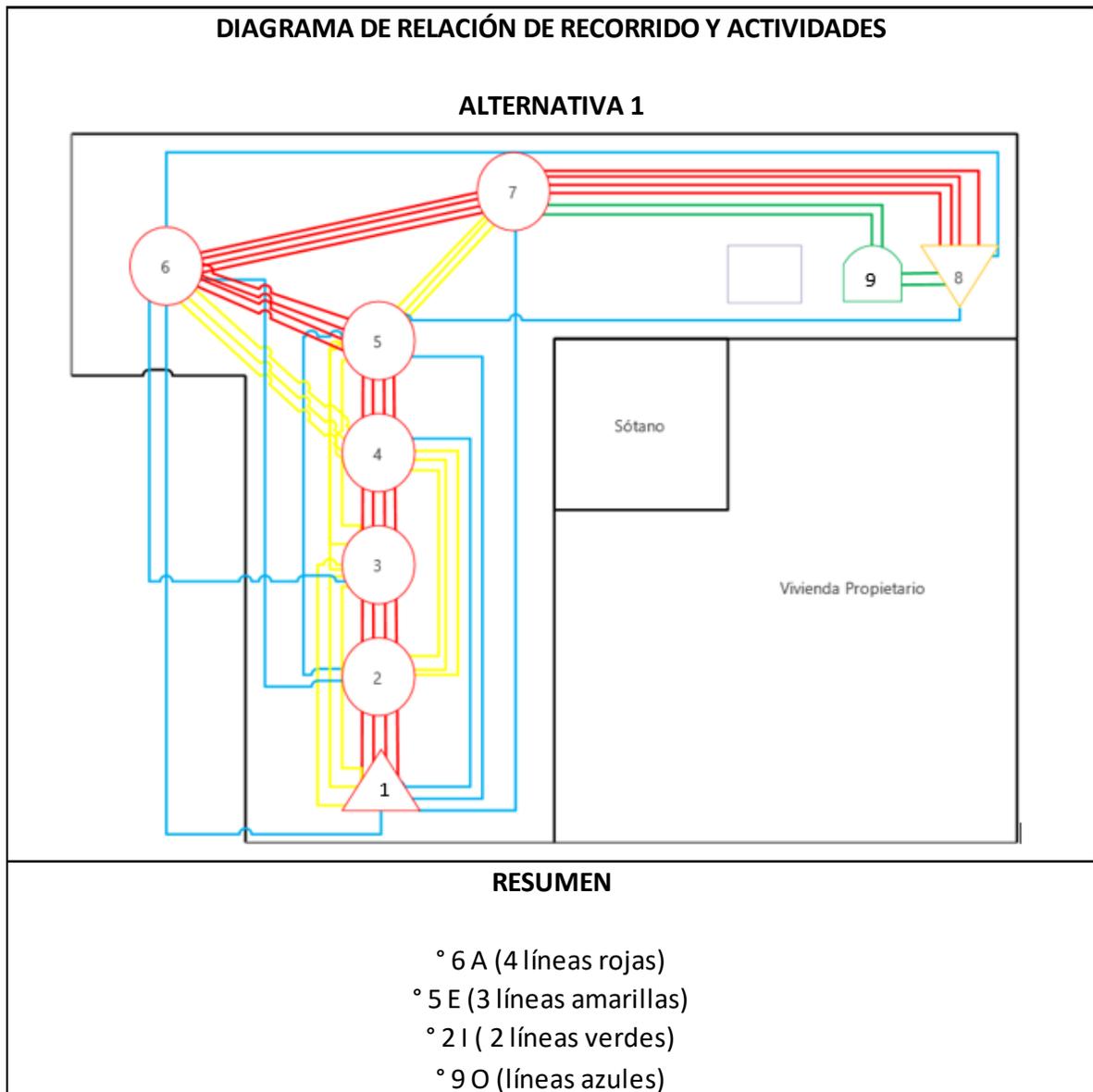
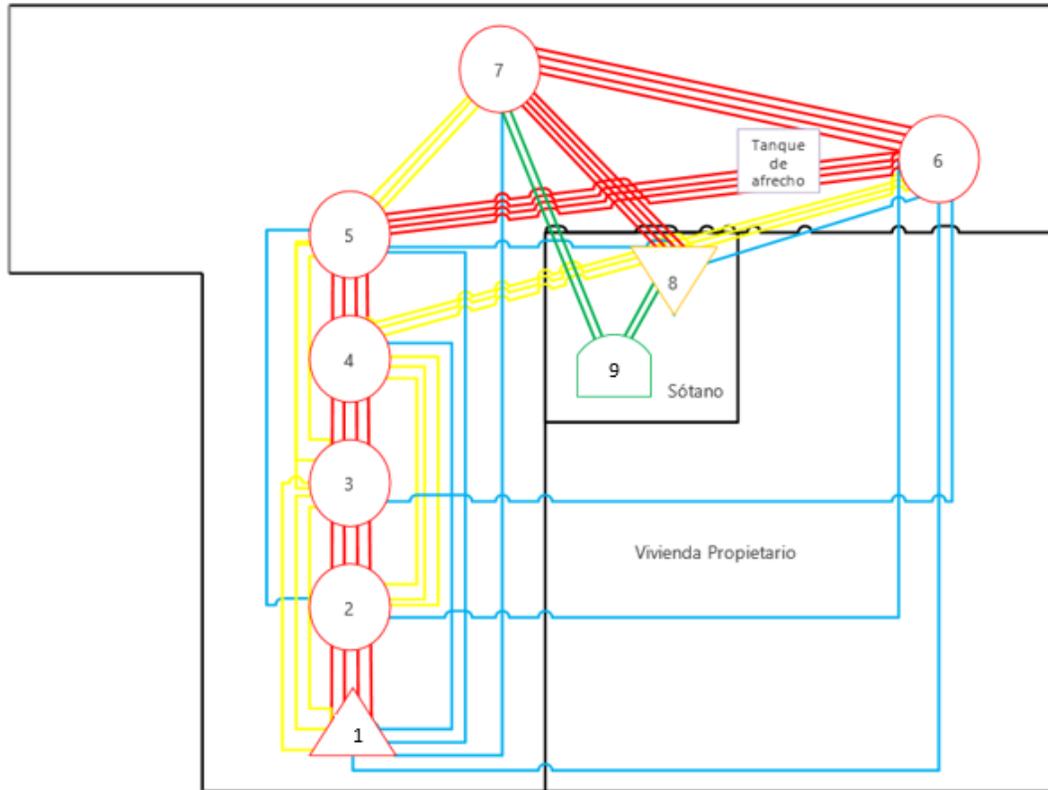


Figura 10 Alternativa 1

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE RELACIÓN DE RECORRIDO Y ACTIVIDADES

ALTERNATIVA 2



RESUMEN

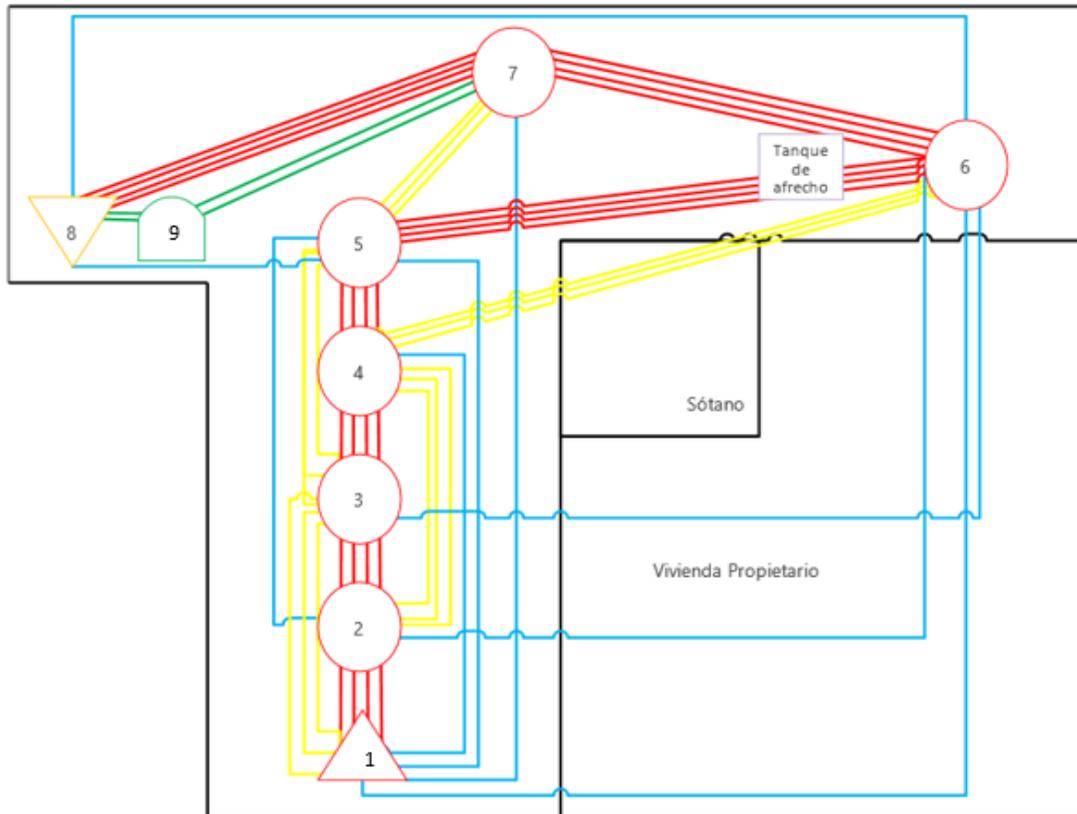
- ° 7 A (4 líneas rojas)
- ° E (3 líneas amarillas)
- ° 2 I (2 líneas verdes)
- ° 9 O (líneas azules)

Figura 11 Alternativa 2

Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE RELACIÓN DE RECORRIDO Y ACTIVIDADES

ALTERNATIVA 3



RESUMEN

- ° 7 A (4 líneas rojas)
- ° E (3 líneas amarillas)
- ° 2 I (2 líneas verdes)
- ° 9 O (líneas azules)

Figura 12 Alternativa 3

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 10, 11 y 12 se muestra los trazos de las alternativas planteadas, esto quiere decir que se representa gráficamente la unión y relación que existe entre cada una de las áreas. Primero, se enumeran las actividades y se representan con la figura que corresponda, luego se conecta la relación entre las actividades que se identifiquen con la letra A, lo que traduce 4 líneas de color

rojo, seguidas de la letra E, identificadas con 3 líneas de color amarillo y así con cada una de las letras; esto con el fin de hacer más entendible la gráfica al ser analizada.

8.3.Fase 3: Planeamiento detallado

8.3.1. Inventario de equipos

En las figuras 13, 14, 15 y 16 se presenta la descripción y características de la maquinaria utilizada en La Rallandería “Las Veraneras”.

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA						RALLANDERIA LAS VERANERAS	
REALIZADO POR:	ANDRÉS F. TRUJILLO			FECHA:	15/06/2021		
MÁQUINA-EQUIPO	Lavadora		UBICACIÓN	Planta procesadora			
FABRICANTE	Fabricación local		SECCIÓN	Área de lavado			
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO	N/A	ALTO	1,45 m	LARGO	1 m	ANCHO	3,20 m
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
<p>Fabricada en lamina inoxidable, calibre 3mm</p> <ul style="list-style-type: none"> - Voltaje del motor 220vt - Eje central de acero solido - Motor de 7hp monofásico - Tubería de agua para lavado de 1/2" - Sistema de rodamiento de balineras 							
FUNCIÓN							
<p>Remover las cascarilla de la raíz, esta representa entre un 8 y un 16 % del peso inicial de la yuca, el lavado es llevado a cabo en una máquina la cual consta de un cilindro con nervaduras internas y un flujo de agua en contra flujo el cual hace mas efectivo su lavado.</p>							

Figura 13 Máquina lavadora

Fuente: Elaboración propia

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA						RALLANDERIA LAS VERANERAS	
REALIZADO POR:	ANDRÉS F. TRUJILLO			FECHA:	15/06/2021		
MÁQUINA-EQUIPO	Ralladora		UBICACIÓN	Planta procesadora			
FABRICANTE	Fabricación local		SECCIÓN	Área de rallado			
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO	N/A	ALTO	90 cm	LARGO	85 cm	ANCHO	80 cm
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
<p>Fabricada en lamina inoxidable, calibre 3mm</p> <ul style="list-style-type: none"> -Voltaje del motor 220vt -Eje central de acero sólido -Motor de 7hp monofásico -Tubería de agua para lavado de 2" -Sistema de rodamiento de balineras 				<p>Características: Capacidad: 1500 kg de raíces por hora Agua: 80 l/100 kg de raíces Velocidad de rotación: 1200 a 1300 r.p.m.</p>			
FUNCIÓN							
<p>La función principal de la máquina ralladora consiste en cortar trozos de aproximadamente ± 25mm de espesor. El proceso es rápido, las raíces caen a la tova con ayuda de la gravedad y con la ayuda de una pala de madera, con la cual empujan las raíces hasta la tolva del rallo.</p>							

Figura 14 Máquina ralladora

Fuente: Elaboración propia

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA						RALLANDERIA LAS VERANERAS	
REALIZADO POR:	ANDRÉS F. TRUJILLO			FECHA:	15/06/2021		
MÁQUINA-EQUIPO	Coladora x 2	UBICACIÓN	Planta procesadora				
FABRICANTE	Fabricación local	SECCIÓN	Área de Colado o Tamizado				
CARACTERISTICAS GENERALES DE CADA UNA							
PESO	N/A	ALTO	1,10 m	LARGO	4,60 m	ANCHO	2 m
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
<p>Fabricada en lamina inoxidable, calibre 5mm</p> <ul style="list-style-type: none"> -Voltaje del motor 220vt -Eje central de acero solido -Motor de 7hp monofásico -Tubería de agua para lavado de 2" -Sistema de rodamiento de balineras 							
<p>FUNCIÓN</p> <p>En este paso se separa el almidón de la fibra, para la realización del proceso se utiliza una gran cantidad de agua la cual sale por tubería interna de 2", a esto se le conoce como lechada, esta sale por la parte inferior mediante tubería de 3" y es enviada al área de los canales de sedimentación.</p>							

Figura 15 Máquina coladora

Fuente: Elaboración propia

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA						RALLANDERIA LAS VERANERAS	
REALIZADO POR:	ANDRÉS F. TRUJILLO			FECHA:	15/06/2021		
MÁQUINA-EQUIPO	Molino		UBICACIÓN	Planta procesadora			
FABRICANTE	Fabricación local		SECCIÓN	Área de Fermentación			
CARACTERISTICAS GENERALES							
PESO	N/A	ALTO	1.5m	LARGO	0.9m	ANCHO	0.9m
CARACTERISTICAS TÉCNICAS				FOTO DE LA MÁQUINA-EQUIPO			
<p>Fabricada en lamina inoxidable calibre 3mm</p> <ul style="list-style-type: none"> -voltaje del motor 220vt -Eje central de acero solido -Motor con potencia de 2,2kw -Sistema de rodamiento de balineras 							
FUNCIÓN							
<p>La función principal del molino es: moler los grandes trozos de almidon que salen de los tanques de fermentación, esto con el fin de acelerar el proceso de secado del almidon cuando se encuentre en el área de secado.</p>							

Figura 16 Molino

Fuente: Elaboración propia

8.3.1.1.Método de Guerchet

Para calcular los espacios que requiere el área de producción se consideran los datos, dimensiones de las maquinarias o el puesto de trabajo. También es necesario identificar el número total de las máquinas y/o equipos, llamados elementos estáticos o fijos (EF) y el número de operarios y el equipo de acarreo, llamados elementos móviles (EM). Adicional a esto, se tiene en cuenta el espacio necesario para el operario, espera del producto, pasillos y otros que se consideren necesarios.

Nota: Esta data se tomó por medición directa.

Tabla 16 Tabla de Guerchet

Áreas	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	Ss	n	Sg	Se	St
Recepción		4,6	2,8						12,88
Máquina lavadora	1	1	3,2	1,45	3,2	2	6,4	7,186933	16,79
Banda transportadora	1	2	2,1	0,96	4,2	1	4,2	6,288566	14,69
Máquina ralladora	1	0,85	0,8	0,9	0,68	1	0,68	1,018149	2,38
Tanque de rallado	1	0,85	1,3	0,58	1,105	2	2,21	2,481738	5,80
Coladoras	2	2,3	2	1,1	9,2	2	18,4	20,66243	48,26
Tanque de agriado grandes	4	2,4	2,12	2,2	20,352	2	40,704	45,70889	106,76
Tanque de agriado pequeños	4	1,28	1,83	2,2	9,3696	2	18,7392	21,04334	49,15
Tanques de cascarilla	1	1	0,55	0,5	0,55	4	2,2	2,058757	4,81
Tanque de afrecho	1	2,3	2,9	0,85	6,67	4	26,68	24,96711	58,32
Molino	1	0,9	0,9	1,5	0,81				0,81
Sedimentación		7,2	9,29						66,89
Servicios higienicos		2	1,5						3,00
Secado		8,4	37,7						316,68
APT		5	3						15,00
Seguridad (10%)									72,22
								Área total	794,44

Fuente: Elaboración propia

La tabla 16 nos indica que la superficie total es igual a la suma de las superficies parciales de cada una de las máquinas, muebles o áreas. La superficie resultante es 758m².

9. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA PROPUESTA

El objetivo de esta etapa es elegir la alternativa que mejor se adapte a solucionar el problema de distribución dentro de la rallandería Las Veraneras. De las propuestas de distribución realizadas en la etapa anterior se elige la más conveniente en función al análisis de unos criterios concretos.

9.1.Método de análisis de factores ponderados

- **Inversión**

Dentro de la inversión se considera los gastos en mano de obra por el movimiento de equipos, muebles o materiales de un ambiente a otro; también se incluye los costos en los que se incurrirá en el caso de tener la necesidad de hacer las compras para poder generar una mejor distribución. Se considera los costos generados por los movimientos entre las diferentes áreas, ya sea para el manejo de materiales o para transportar el producto en proceso. También se considera los movimientos dentro de la misma área de trabajo para cada operación.

- **Flexibilidad**

Para analizar la flexibilidad se considera la dificultad con la que la distribución se adaptaría a nuevas demandas por parte del mercado.

- **Seguridad**

En el aspecto de seguridad se consideran los riesgos laborales a los que los trabajadores están expuestos.

- **Administración de inventarios**

Se considera la facilidad con la que los colaboradores encargados de la administración pueden realizar su labor de control de la materia prima, producto en proceso y producto terminado; como también la administración de ventas.

- **Apariencia**

En este aspecto se considera únicamente cuán bien se ve la apariencia de la distribución de la empresa.

- **Manejo de materiales**

Se considera la facilidad del manejo de materiales en las diferentes áreas y la forma en cómo se realiza la operación.

Para la aplicación del método se tiene en cuenta una escala de 1 a 10 para la asignación del valor relativo; siendo 10 el puntaje de mayor importancia y 1 el de menor.

Tabla 17 Análisis de factores ponderados

FACTOR	VALOR RELATIVO	I		II		III	
Inversión	5	6	30	8	40	5	25
Flexibilidad	3	3	9	3	9	3	9
Manejo de materiales	9	5	45	5	45	5	45
Seguridad	6	5	30	4	24	5	30
Administración de inventarios	6	6	36	7	42	5	30
Apariencia	3	4	12	5	15	4	12
Total		162		175		151	

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de factores aplicado a las tres alternativas planteadas se logra observar en la tabla 17 que la alternativa II es la más aceptada en comparación con las otras dos.

La solución aceptada necesitará ser desarrollada a profundidad, para esto se analiza cada área independientemente, entrando en detalle de cómo irán distribuidas las máquinas y los espacios. Es decir, todo aquello necesario en cada lugar de trabajo, para que el número de desplazamientos realizados por el producto, por los operarios y los materiales sean los mínimos posibles. Siguiendo el lineamiento de la idea, se realiza el siguiente plano de manera detallada de la alternativa seleccionada.

9.2.Método multicriterio

Para llevar a cabo este método, lo primero es analizar cada una de las alternativas planteadas en el capítulo anterior, con el fin de seleccionar la propuesta que más se adapte a los objetivos del proyecto.

- **Formular opciones:** Las tres alternativas de distribución de planta fueron propuestas en el capítulo anterior, a continuación, se explica cada una de ellas.

- ✓ **Alternativa 1:** Se contempla la construcción de tres tanques de agriado de 2m*2m, la construcción de una bodega de producto terminado, ya que no se cuenta con una, esta se considera en el espacio donde existen tanques de agriado, por lo que los tanques deben ser movidos. Se plantea cambiar el sitio del tanque del afrecho ubicándolo en un lugar más estratégico, considerando que el actual debe ser relleno con cemento; se debe construir también un baño de 2m*2m para los trabajadores, esto por temas de aseo y salubridad, teniendo en cuenta que este tampoco existe.

 - ✓ **Alternativa 2:** En la propuesta de esta alternativa está contemplada la construcción de una bodega para el almacenamiento de producto terminado de 6m*4m y un baño de 2m*2m en el área del sótano, que es un área pérdida, es decir, en este momento no tiene ningún uso; para esto se debe realizar las adecuaciones necesarias al espacio. En esta alternativa también se considera la construcción de 4 canales adicionales en el área de sedimentación, 2 tanques grandes y 1 pequeño para el agriado del almidón, también se debe trasladar el tanque del afrecho con el fin de ampliar la vía de acceso al planchón donde se debe secar el almidón.

 - ✓ **Alternativa 3:** Se plantea la construcción de una bodega de producto terminado en la parte trasera lateral izquierda. Al igual que en las otras dos propuestas se considera la construcción de un baño y el traslado del tanque de afrecho.
-
- **Seleccionar criterios:** En este método se consideran los mismos utilizados en el método anterior, los cuales son: inversión, flexibilidad, manejo de materiales, seguridad, administración de inventarios y apariencia.

 - **Selección de la alternativa:** Una vez establecidas las opciones a elegir, se realiza una matriz de priorización, la cual está conformada por todos los criterios que

inciden en la distribución de planta; en este caso será realizada para determinar la mejor opción de las tres planteadas. Se emplea la siguiente escala: 3 Alto, 2 Medio, 1 Bajo y 0 Nulo.

Tabla 18 Análisis método multicriterio

	Inversión	Flexibilidad	Manejo de materiales	Seguridad	Administración de inventarios	Apariencia	Suma	Prioridad
Alternativa 1	2	2	2	3	2	1	12	2
Alternativa 2	3	2	2	2	3	3	15	1
Alternativa 3	2	2	2	2	2	1	11	3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se evalúan los criterios en cada una de las alternativas, el método arroja que la mejor opción, la que más se adapta a las necesidades es la alternativa 2; siendo la misma seleccionada en el método de análisis de factores ponderados.

CAPITULO V

Una vez elegida la mejor alternativa para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto, se procede a simular el proceso de producción, con el fin de ver los beneficios que ofrece la nueva distribución de planta

10. SIMULACIÓN

A continuación, se desarrolla un modelo con el fin de evaluar las mejoras planteadas en la etapa anterior. Para llevar a cabo la simulación se recolectó información de la rallandería estableciendo como opera actualmente, las variables que afectan el sistema, las actividades del proceso productivo y los parámetros (cantidad de máquinas, número de personas, etc.)

Variables del sistema

1. Capacidad de la lavadora
2. Capacidad de la ralladora
3. Capacidad de las coladoras
4. Capacidad de los canales de sedimentación
5. Capacidad de los tanques de fermentación
6. Capacidad del área de secado

Parámetros

1. Cantidad de colaboradores
2. Cantidad de máquinas

Fuentes de información

Para la realización satisfactoria de esta simulación, se empleó como fuente primaria la observación de los procesos, la toma de tiempos y análisis de la capacidad del proceso.

Locaciones

En la simulación, estas representan espacios físicos donde ocurren los eventos. Por ejemplo, el lugar donde se recepciona la materia prima, donde se lava, donde se ralla la yuca y así con cada una de las áreas de trabajo.

Escenarios

Los escenarios contemplados para evaluar en esta simulación son dos; el primero es la simulación del proceso actual y el segundo es el escenario con la simulación del proceso mejorado. Las mejoras implementadas en el segundo escenario son las siguientes:

- Ampliación de los canales de sedimentación
- Construcción de nuevos tanques de fermentación
- Reparaciones en el suelo del área de secado, actualmente el secado se realiza en otras instalaciones porque esta área no se encuentra en óptimas condiciones

Otras mejoras contempladas:

- Construcción de un almacén de producto terminado, teniendo en cuenta que no se cuenta con uno
- Construcción de un baño, considerando que el almidón de yuca es un producto comestible, se debe tener en cuenta normas de salubridad y seguridad para los trabajadores y brindar calidad a los consumidores asegurándose que los trabajadores se mantengan limpios.

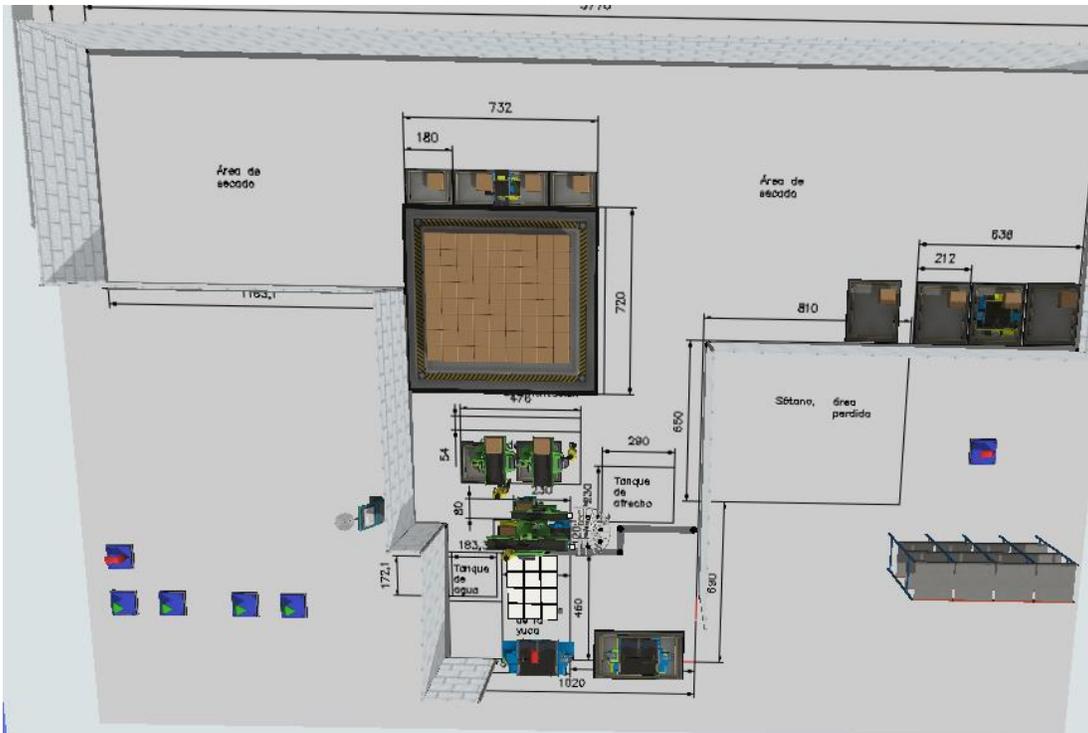


Figura 17 Simulación del proceso actual

Fuente: Elaboración propia en el software de simulación FlexSim.

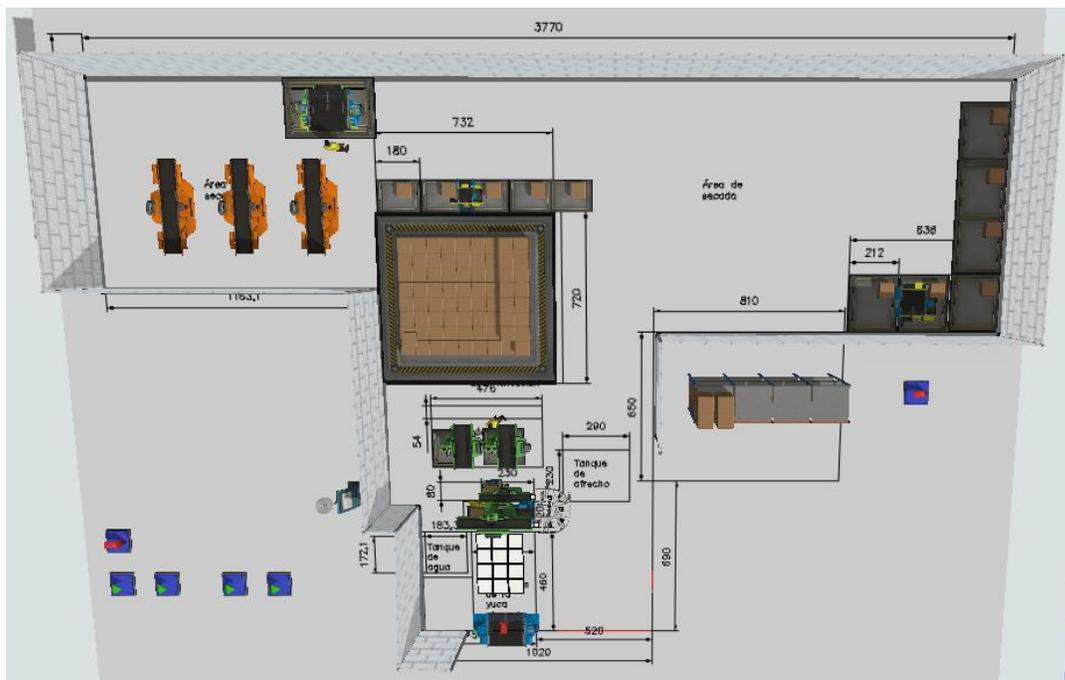


Figura 18 Simulación del proceso mejorado

Fuente: Elaboración propia en el software simulador FlexSim

10.1. Resultados de la simulación

El proceso de producción en ambos escenarios fue simulados a 15 meses, con el fin de obtener resultados de 12 meses reales, teniendo en cuenta que el proceso de fermentación toma 3 meses, entonces, partiendo de un tiempo cero, en los primeros 3 meses del año no se obtendría producción.

De los resultados de esta simulación se obtiene:

- Capacidad de producción en el tiempo
- Utilización de los operarios
- Utilización de las máquinas lavadora, ralladora y coladoras
- Utilización de los canales de sedimentación

10.1.1. Simulación proceso actual

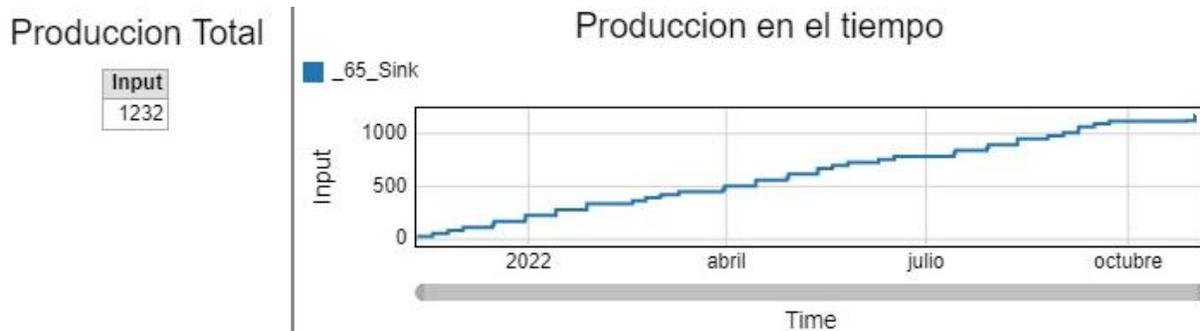


Figura 19 Producción en el tiempo, simulación actual

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

En la figura 19, se observa la producción en el tiempo de los 15 meses simulados partiendo de un tiempo cero, se observa también el no crecimiento durante algunas épocas del año obteniendo con esto un total de 1232 bultos de almidón de yuca al año.



Figura 20 Utilización de los operarios actual

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

La figura 20, permite realizar el análisis de que ninguno de los tres operarios ocupa más del 60% de su tiempo realizando sus labores, esto debido a que como se mencionó en capítulos anteriores, se deben realizar paradas programadas para atender la producción actual.

Nota: En este porcentaje de utilización del tiempo, no se consideran actividades extras como almorzar, ir al baño, realizar limpieza u otras actividades que no se consideren esenciales para el proceso.



Figura 21 Utilización de las máquinas actual

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

En la figura 21, se observa que la maquina con menos ocupación es la lavadora con un 5.07% y las más utilizadas son las dos coladoras con porcentajes de 13 y 15 aproximadamente.

El área de sedimentación se presenta paradas en el tiempo, ya que los canales de sedimentación del proceso actual no dan abasto con la producción requerida, esto teniendo en cuenta las ya mencionadas paradas programadas. (Ver figura 22).

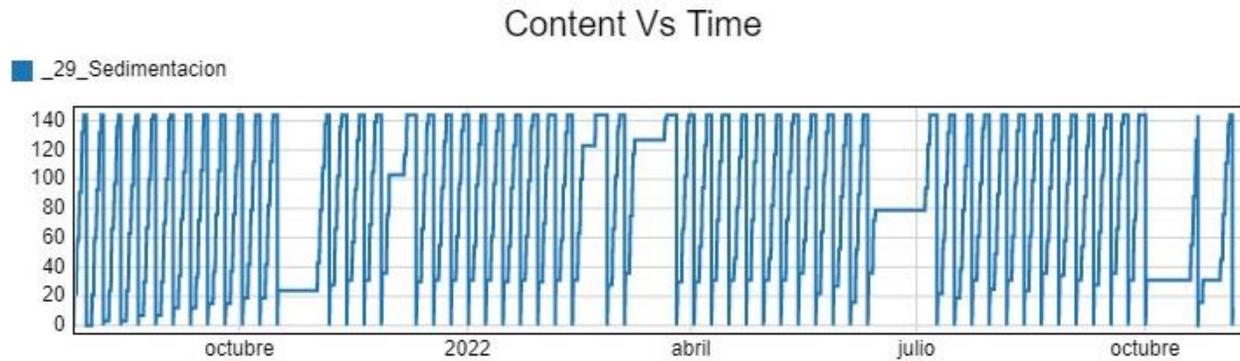


Figura 22 Utilización de sedimentación actual

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

10.1.2. Simulación proceso mejorada

Nota: las gráficas presentadas a continuación se obtienen utilizando los mismos parámetros que en la simulación actual, es decir, el mismo rango de tiempo (julio 2021 a octubre 2022), misma cantidad de máquinas (1 lavadora, 1 ralladora y 2 coladoras) y la misma cantidad de operarios (3); por ende, las diferencias radican en las mejoras planteadas.

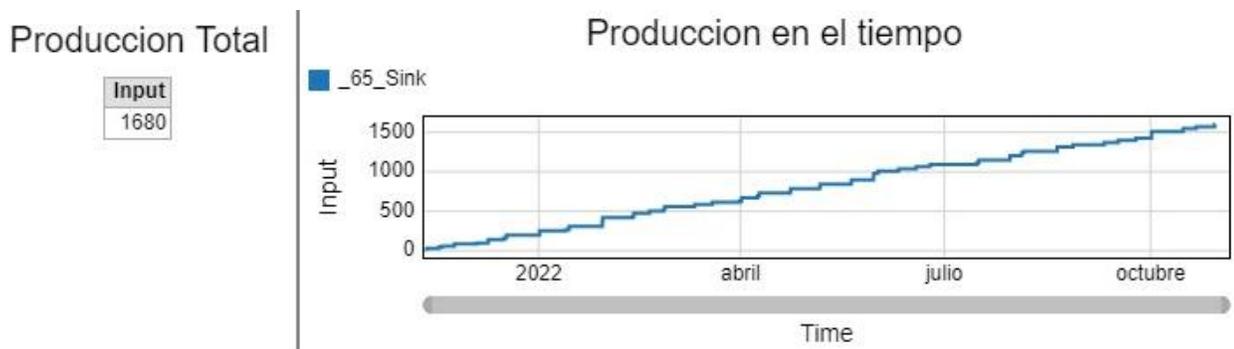


Figura 23 Producción en el tiempo, simulación mejorada

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

En la figura 23, se logra ver el crecimiento de la producción a través del tiempo, evaluando las mismas condiciones en la simulación del proceso actual, se obtiene un incremento de 448 bultos de almidón al año, teniendo así un total de 1680 bultos.



Figura 24 Utilización operarios mejorado

Fuente: Se elaboró en FlexSim. Elaboración propia

La figura 24 muestra el aumento de la ocupación de los operarios en un 24%, 25% y 15% aproximada y respectivamente de los operarios 1, 2 y 3 comparados con la ocupación actual (Ver figura 20).

En la utilización de las máquinas también se aprecia un incremento significativo, teniendo en cuenta que la lavadora sigue siendo la máquina menos ocupada y las coladoras las más usadas. (Ver figura 25)



Figura 25 Utilización de las máquinas mejorado

Fuente: Se elaboró en FlexSim. Elaboración propia

El área de sedimentación es una de las más afectadas por el proceso actual, pues es esta área la responsable de que el proceso tenga que parar en ocasiones. Una de las mejoras más significativas de este proyecto, es la ampliación de los canales de sedimentación, buscando proveer el suficiente recorrido al almidón en proceso de producción. El análisis de esta grafica presentada en la figura 26 es visual, pues se logra observar cómo se disminuyen los rangos de parada en el tiempo en comparación con la gráfica del proceso actual (ver figura 22), sin dejar de lado que aún con estas mejoras se presentan pequeños rangos de tiempos muertos, lo que significa que el proceso puede llegar a obtener más capacidad aún.

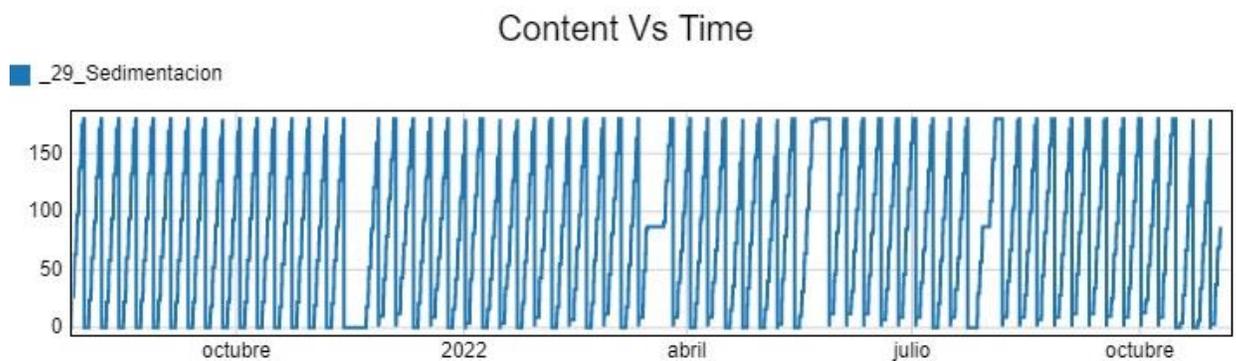


Figura 26 Capacidad sedimentación mejorada

Fuente: Elaboración propia en el software FlexSim

Por otro lado, las mejoras que se plantean adicionalmente tales como la fabricación de un baño y un almacén de producto terminado no traen consigo beneficios económicos, pero sí generan bienestar a los trabajadores, es de saberse que en toda empresa o lugar de trabajo debe haber un espacio para prestar servicios higiénicos por seguridad y comodidad de los colaboradores contando con un sitio donde puedan realizar sus necesidades fisiológicas y puedan lavar sus manos, más en estos tiempos que es de vital importancia mantener las manos limpias para evitar la propagación del virus que provoca el Covid-19 y por salubridad, ya que, el almidón de yuca es utilizado para preparación de alimentos. En cuanto a la reparación del suelo en el área de secado para poder realizar esta actividad ahí mismo en las instalaciones sí representa un beneficio económico, ya no debe pagar alquiler de los planchones para secado y se evita gastos de movilidad (Ver tabla 7).

También, al aumentar la capacidad de los canales para el sedimentado, se requiere aumentar el número de tanques de fermentación para cubrir con la nueva demanda de producción; en este caso, se planteó que se necesitan dos tanques grandes y uno pequeño.

11. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Con la finalidad de evaluar la viabilidad financiera del proyecto en el que se consideran las propuestas de mejora, se realizó un análisis de inversión en el primer año haciendo uso del indicador financiero VAN. Para esto, primero se estableció el presupuesto que se necesita para llevar a cabo cada una de las mejoras, se muestra a detalle en la tabla 19.

Tabla 19 Presupuesto de inversión

Ítem	Total
Materiales	\$ 9.607.000
Mano de obra	\$ 10.000.000
Total	\$ 19.607.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se muestra el presupuesto requerido para llevar a cabo las mejoras por un total de \$19.607.000 teniendo en cuenta los materiales y la mano de obra.

Nota: para observar a detalle el presupuesto para la implementación de las mejoras, ver el Anexo D.

Tabla 20 Rentabilidad producción de almidón

Rentabilidad del almidón	Sin mejoras	Con mejoras
Precio de venta	\$ 140.000	\$ 140.000
Rentabilidad	37%	43%
Rentabilidad por unidad	\$ 38.040	\$ 42.389
Producción mensual	103	140
Rentabilidad mensual	\$ 14.420.000	\$ 19.600.000
Rentabilidad anual	\$ 172.480.000	\$ 235.200.000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se observa que el precio del almidón de yuca por bultos de 50kg es \$140.000 pesos colombianos, para lo cual se tiene un margen de utilidad establecido del 43% lo que genera una ganancia de \$42.389 en cada bulto vendido. Basados en los resultados que arrojó la simulación, se determina que, con las mejores propuestas se aumenta la capacidad de producción del ralladero mensual en un 36.36% aproximadamente, es decir, en lugar de producir 103 bultos de almidón al mes se producirían 140, generando así un incremento en los ingresos anuales, de \$172.480.000 a \$235.200.000. Se aumenta también el porcentaje de rentabilidad debido a que en la fabricación actual se tiene en cuenta un concepto de gastos adicionales (ver anexo D) en los cuales se tiene en cuenta el costo de mover el almidón para ser secado en la otra locación; con las mejoras planteadas se elimina este gasto, ya que el almidón sería secado en el mismo ralladero.

Tabla 21 Análisis de rentabilidad

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Inversión	-\$ 19.607.000					
Ingresos		\$ 235.200.000	\$ 242.491.200	\$ 250.008.427	\$ 257.758.688	\$ 265.749.208
Costos y gastos		-\$ 134.064.000	-\$ 141.266.806	-\$ 145.551.625	-\$ 149.969.274	-\$ 154.523.870
Utilidad Operativa	-\$ 19.607.000	\$ 101.136.000	\$ 101.224.394	\$ 104.456.802	\$ 107.789.414	\$ 111.225.338
Impuestos Operativos	\$ -	\$ 33.374.880	\$ 33.404.050	\$ 34.470.745	\$ 35.570.507	\$ 36.704.361
Utilidad después de impuestos	-\$ 19.607.000	\$ 67.761.120	\$ 67.820.344	\$ 69.986.057	\$ 72.218.908	\$ 74.520.976
WACC	25%	80%	64%	51%	41%	33%
VP Flujo de caja libre	\$ 187.446.676	\$ 54.208.896	\$ 43.405.020	\$ 35.832.861	\$ 29.580.865	\$ 24.419.033

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se muestra la proyección del flujo de caja en la relación a la inversión, los costos y gastos incurridos para fabricar el almidón de yuca y también los ingresos que se generan. En los ingresos proyectados se tuvo en cuenta el promedio de la inflación de los últimos 5 años, que equivale al 3.1%; para calcular el incremento en los salarios de los trabajadores se tuvo en cuenta la misma ponderación, considerando un aumento del 6.18%. A la fecha de la inversión no hay ingresos ni gastos incurridos, ya que se asume que ésta se realiza a fin de año.

En cuanto a la utilidad del proyecto, se tuvo en cuenta un porcentaje de impuestos del 33%, el cual es establecido por el gobierno nacional de Colombia y se observan resultados positivos en el primero y en los años siguientes, por lo que a simple vista se asume que el proyecto es rentable. La utilidad operativa después de impuestos permite tener una idea inicial de cuan rentable es el proyecto, pero para corroborar dicha información se realiza el cálculo del indicador financiero VPN.

Se estableció un WACC del 25% partiendo de que el inversionista del proyecto es el mismo propietario, resaltando que tiene la autonomía de disminuir o incrementar dicho porcentaje en pro de sus beneficios, siempre y cuando el proyecto se mantenga rentable; para los siguientes años se obtuvo porcentajes con el fin de evaluar la desvalorización de la moneda a lo largo del tiempo.

Teniendo los resultados que se obtuvieron del WACC y de la utilidad después de impuestos, se realizó el cálculo del valor presente del flujo de caja libre, siendo este el equivalente a la ganancia total de la inversión del proyecto a lo largo de 5 años, el cual dio un valor de \$ 187.446.676. Con base en los anteriores resultados, se realizó el cálculo del indicador financiero VPN.

Tabla 22 Cálculo del indicador financiero VPN

VPN	\$ 167.839.676
------------	-----------------------

Fuente: Elaboración propia

El resultado del VPN (valor presente neto) mostrado en la tabla 22 indica que el proyecto es rentable a lo largo de 5 años, dado que el valor arrojado fue de \$ 167.839.676, cifra que es superior a \$ 0.

CONCLUSIONES

A través de la aplicación de la metodología SLP (System Layout Planning) se propuso una alternativa de mejora para aumentar la capacidad de producción de la rallandería, la cual fue estimada partiendo del diseño modelado del proceso actual y el proceso propuesto en el software FlexSim. Los resultados que se obtuvieron de la propuesta permiten obtener una mejora del 36.36% en la capacidad de la producción, lo que significa un incremento de 1232 bultos de almidón de yuca a 1680 bultos al año. Si se traduce esto a términos de ingresos, estos se aumentan de \$ 174.480.000 a \$ 235.200.000, lo cual determina una diferencia de \$ 60.720.000 al año, aumentando así sus ingresos en un 34.8%. El uso de herramientas de simulación es muy importante para la ejecución de un proyecto, teniendo en cuenta que este nos permite tener conocimiento de cómo funciona el proceso que se plantea, sin tener que realizar una inversión significativa.

De acuerdo con la información recopilada durante la planeación del proyecto, se estableció que el producto estrella es el almidón de yuca, el cual se dispuso como objeto de estudio en este proyecto al realizar la matriz de priorización; sin dejar de lado que los subproductos como lo son el afrecho y la mancha se obtienen del mismo proceso.

Se determina que con las mejoras planteadas se aumenta la ocupación de los operarios en promedio de 51.79% a 73.37%, mostrando una diferencia significativa del 21.58%; este tiempo es perdido en la actualidad debido a las paradas programadas que se deben realizar ya que los canales de sedimentación se quedan a veces cortos en la producción; esto de acuerdo con los resultados obtenidos de la simulación.

Los costos de fabricación se disminuyen del 63% al 57% aproximadamente, por ende, se aumenta la rentabilidad del producto; es decir, el porcentaje de rentabilidad se incrementa del 37% al 43% aproximadamente, al eliminarse los gastos por concepto de transporte y mano de obra cuando se realiza el secado del almidón en otra locación.

Finalmente, las mejoras que se plantean requieren la construcción de más canales de sedimentación, específicamente cuatro, la construcción de tres tanques de fermentación, dos grandes y uno pequeño, reparación del suelo en el área de secado, construcción de un baño y un almacén de producto terminado; todo esto cotizado en un valor de \$19.607.000. Para evaluar la rentabilidad de esta inversión se realizó el cálculo del indicador financiero VPN en un intervalo de

tiempo de 5 años posteriores a la inversión en las mejoras. El resultado que se obtuvo fue un VPN de \$ 167.839.676, indicando que el proyecto es viable a lo largo del tiempo.

RECOMENDACIONES

En el análisis de rentabilidad realizado al proyecto se determinó que es viable realizar la inversión, sin embargo, se debe evaluar ésta qué otros riesgos conllevan teniendo en cuenta la recesión económica por la que atraviesa el país a raíz de la pandemia causada por el COVID-19 y la crisis social que actualmente golpea a Colombia.

Durante la recolección de datos, toma de tiempos y visitas realizadas al lugar se pudo observar que la empresa carece de un sistema de seguridad y salud en el trabajo que brinde salubridad y seguridad a los trabajadores, que estén protegidos o capacitados a la hora que un accidente pudiese ocurrir. Dado que el almidón de yuca es un producto comestible debería ser tratado con la mayor higiene posible, contar con un área donde los trabajadores se puedan asear, realizar sus necesidades básicas o simplemente lavar sus manos, teniendo en cuenta que el último concepto mencionado es indispensable en estos tiempos de pandemia; por lo que se sugiere implementar el SSST y realizar campañas de autocuidado y capacitaciones periódicas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arias, J. (1994). Destruida la mitad de Mondomo. *El Tiempo*.
- Barón, D., & Zapata, L. (2012). *Propuesta de redistribución de planta en una empresa del sector textil*.
- Campos, J. (2020). Propuesta de optimización de la distribución en planta, mediante la aplicación de la metodología de planificación sistemática de diseño (SLP) en la empresa Tothachul.
- CECORA. (1988). Diagnostico socioeconómico del Cauca. 50.
- Chase, R. (2005). Administración y producción de operaciones para una ventaja competitiva. México.
- De la Fuente, J. (2018). *PMFarma*. Obtenido de <http://www.pmfarma.es/articulos/2341-el-analisis-multicriterio-mcda-en-la-toma-de-decisiones.html>
- Diaz M., Z. R. (2018). *Simulación FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458109002/html/index.html>
- Diéguez Matellan, E. L. (2017). *Localización y distribución espacial de instalaciones de manufactura y servicio*.
- Domínguez, J. A. (1995). Dirección de operaciones, Aspectos estratégicos en la producción y los. Madrid: McGraw-Hill.
- Dopacio, C. I. (s.f.). Distribución en planta celular. *Wolters kluwer*.
- Drada, E., Chud, V., & Orejuela, J. (2019). Propuesta metodológica multicriterio para la distribución semicontinua de plantas.
- EAE, B. S. (2021). *¿Qué es la productividad?*
- El poder del consumidor*. (2017). Obtenido de <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/02/el-poder-de-la-yuca/>

- Enciclopedia económica. (2018). *Proceso productivo - ¿Qué es?, características, etapas y tipos*.
Obtenido de <https://enciclopediaeconomica.com/proceso-productivo/>
- Etimología de Chile* . (2021).
- Fernandez, A. (2017). *SLP para la distribución en planta*. Obtenido de
<http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%20%202017.pdf>
- Galvan, H., Manotas, J., & Villeras, A. (2018). Rediseño de distribución en planta de la empresa Spazio Design.
- Gálvez, A., Trejo, J., & Estrada, J. (2019). Redistribución de la planta en la empresa Laboratorio Jaba S.A. de C.V. .
- García, D. &. (2005). *Distribución en planta*. .
- García, J. M. (2004). Sysware. Barcelona, España.
- García, J. M. (2008). Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas. Cataluña, España.
- García, R. (1998). *Estudio del trabajo I Ingeniería de Métodos*. México DF: Mc Graw Hill.
México DF: Mc Graw Hill.
- Grajales, A., Serrano, E., Hahn, V., & Christine. (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. *Luna Azul*.
- Huillca, M., & Monzón, A. (2015). Propuesta de distribución de planta nueva y mejora de procesos aplicando las 5S's y mantenimiento autónomo en la planta metalmecánica que produce hornos estacionarios y rotativos. *Pontificia Universidad Catolica del Perú*.
- Kernerman English Multilingual Dictionary*. (2013).
- Medin, M. J. (2016). Función de la sistemodinamica en la universidad.
- Mercado flotante. (s.f.). *Almidón de yuca*. Obtenido de
<https://www.mercadoflotante.com/blog/foodiepedia/almidon-de-yuca/>
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial*. Barcelona: editores técnicos asociados s.a.

- Niebel, B. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- Núñez, A. (2014). *Dirección de operaciones, Decisiones tácticas y estratégicas*. España: UOC.
- Ortega, J. F. (1999). Modelo de optimización económica del manejo del agua de riego en las explotaciones agrícolas: aplicación de la agricultura de regadío de la provincia de Toledo. *Invest. Agricultura y Producción Vegetal*, 325-354.
- Ospina, J. P. (2016). Propuesta de distribución de planta, para aumentar la productividad en una empresa metalmeccánica en Ate Lima, Perú. *Universidad San Ignacio de Loyola*.
- Pérez, M. O. (2006). Modelos de simulación para la elaboración y evaluación de los programas de servicios ambientales hídricos.
- PFC, M. (s.f.). Capitulo 3. Análisis del planteamiento sistémico de la distribución en planta. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20078/fichero/Volumen+I%252FCap%C3%ADtulo+3.+An%C3%A1lisis+del+Planteamiento.pdf>
- Ruta Distancia Colombia*. (2020).
- tecnología de grupo . (s.f.). En *Tecnología de grupo y manufactura celular* (pág. 5).
- Torres, K., Flórez, L., Sánchez, C., & Castañeda, N. (2020). Metodología SLP para la distribución en planta de empresas productoras de Guadua Laminada Encolada (G.L.G.).
- Valdivieso, A. (s.f.). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>

ANEXOS

Anexo A Tiempos tomados del proceso

Toma de tiempos (minutos)											
No. Muestras	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10	Promedio
Alistamiento	16	14	14	17	16	15	15	14	13	15	14,9
Lavado	20	19	18,5	20	20	21	19	21	20	22	20,05
Rallado	10	12	13	9	8	9	10	9	10	10	10
Colado	38	38	40	40	40	42	41	39	40	42	40
Sedimentación (días)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fermentación (meses)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Secado	350	363	369	365	350	355	357	361	365	370	360,5
Molido	60	55	65	52	63	60	59	58	63	65	60

Anexo B Tiempos adicionales

Toma de tiempos											
No. Muestras	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10	Promedio
Recorrido	20	25	22	20	23	18	19	20	19	17	20,3
Empacar el almidón	30	35	36	25	27	25	25	30	33	35	30,1
Cargar el camión	60	65	60	55	50	58	59	63	60	70	60
Descargar el camión	58	58	58	60	62	63	60	59	59	63	60
Desempacar el almidón	20	25	18	15	25	30	15	18	19	20	20,5
Esparcir el almidón	185	180	175	189	169	179	180	180	181	182	180

Anexo C Cálculo de K

$$k = \frac{(1 * 1.5 + 3 * 1.70)}{\left(\frac{1 * 1.45 + 1 * 0.96 + 1 * .9 + 2 * 1.1}{5} \right) * 2} = 0.74864$$

Anexo D Cotización

Ítem	Unidad	Cantidad	Total
Mixto (m)	\$ 62.000	8	\$ 496.000
Varillas 1/11 (und)	\$ 27.000	75	\$ 2.025.000
Alambre (kg)	\$ 7.000	30	\$ 210.000
Cemento (bulto)	\$ 27.500	70	\$ 1.925.000
Tablas (und)	\$ 11.000	50	\$ 550.000
Puntillas de 2" 1/2(kg)	\$ 6.000	10	\$ 60.000
Piedra (m)	\$ 30.000	10	\$ 300.000
Bastidores (und)	\$ 9.000	20	\$ 180.000
Ceramica (m)	\$ 3.000	150	\$ 450.000
Pegador (bulto)	\$ 24.000	15	\$ 360.000
Fragua (caja)	\$ 10.000	15	\$ 150.000
Espuma (und)	\$ 5.000	1	\$ 5.000
Alquitran (kg)	\$ 25.000	15	\$ 375.000
Arena (m)	\$ 5.000	15	\$ 75.000
Faroles (und)	\$ 1.500	120	\$ 180.000
Tubo de 6m 3"	\$ 64.000	2	\$ 128.000
Pegante PVC (und)	\$ 34.000	2	\$ 68.000
Codos de 3"	\$ 700	10	\$ 7.000
Juego de ducha	\$ 36.000	1	\$ 36.000
Ceramica (m)	\$ 24.000	15	\$ 360.000
Pegacor (und)	\$ 6.000	4	\$ 24.000
Fragua (caja)	\$ 10.000	5	\$ 50.000
Baño	\$ 390.000	1	\$ 390.000
Lavamanos	\$ 165.000	1	\$ 165.000
Ladrillos	\$ 800	1000	\$ 800.000
Puntillas de 2" 1/2(kg)	\$ 10.000	7	\$ 70.000
Chipa (kg)	\$ 6.000	28	\$ 168.000
Mano de obra	\$ 10.000.000	1	\$ 10.000.000
Total			\$ 19.607.000