

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE  
VERIFICACIÓN Y DESPACHOS EN UNA EMPRESA PANIFICADORA.**

**DIANA MARÍA ROMERO ESCOVAR**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2009**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE  
VERIFICACIÓN Y DESPACHOS EN UNA EMPRESA PANIFICADORA**

**DIANA MARIA ROMERO ESCOVAR**

**TRABAJO DE GRADO**

**Director  
JAIRO ENRIQUE ROA  
Ingeniero**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ  
2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a Dios y a la vida por las oportunidades que me brindó a lo largo de la carrera y por permitirme llegar al final de esta etapa. A mi mamá, Cecilia Escovar por todo el apoyo incondicional, por la fortaleza que me transmitió en los momentos difíciles y por creer 100% en mis capacidades y cualidades para lograr ser una ingeniera industrial. A toda mi familia: hermano, papá, tíos y primos por estar presentes en este proceso, por entender mis necesidades y por acompañarme y apoyarme constantemente.

Al ingeniero Jairo Roa por su tiempo, dedicación, paciencia y aporte al desarrollo del proyecto. Por brindarme su experiencia, conocimientos, por la confianza que depositó en mí y por su constante apoyo.

A la Empresa Panificadora y a todas las personas que hacen parte de esta, por permitirme realizar el proyecto suministrándome toda la información necesaria para el desarrollo del mismo y por todas aquellas experiencias vívidas que me hicieron aprender y crecer tanto en el aspecto personal como en el aspecto profesional.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.2.1 Técnica.....	12
1.2.2 Necesidades de la empresa.....	14
1.2.3 Académica.....	15
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
<b>3. RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>17</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>5. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>21</b>
5.1 RESEÑA HISTÓRICA.....	21
5.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA.....	21
5.2.1 Misión.....	21
5.2.2 Visión.....	21
5.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	22
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....</b>	<b>23</b>
6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	24
6.1.1 Proceso de embalaje.....	25
6.1.2 Proceso de despachos.....	27
6.1.3 Manejo de materiales31	

<b>7. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE EMBALAJE Y DESPACHOS.....</b>	<b>33</b>
7.1 ESTUDIO DE MÉTODOS .....	34
7.1.1 Análisis de los diagramas. ....	39
7.2 ESTUDIO DE TIEMPOS .....	40
7.3 ESTUDIO ERGONÓMICO .....	45
7.3.1 Análisis ergonómico de los puestos de trabajo en las Áreas de embalaje y despachos. ....	45
7.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	54
<b>8. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS AL PROBLEMA BASADAS EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>58</b>
8.1 PROPUESTA No. 1: SISTEMA NEUMÁTICO DE EMBALAJE .....	59
8.2 PROPUESTA No. 2 ISLA ROBOTIZADA .....	62
8.3 PROPUESTA No. 3: ROBOT IRB 360 .....	64
8.4 PROPUESTA 4: AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV) .....	67
8.5 PROPUESTA No 5: ALMACÉN AUTOMÁTICO .....	69
<b>9. PRUEBAS REALIZADAS .....</b>	<b>76</b>
<b>10. DEFINICIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO .....</b>	<b>85</b>
<b>11. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>89</b>
11.1 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	89
11.2 EVALUACIÓN FINANCIERA.....	91
<b>12. CONCLUSIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>13. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características del producto en estudio. ....	25
Tabla 2. Recursos actuales área de embalaje .....	27
Tabla 3. Recursos actuales área de despachos.....	28
Tabla 4 . Muestreo del tiempo de cargue por método directo.....	30
Tabla 5. Comparación métodos de cargue .....	31
Tabla 6. Ventajas y desventajas de equipos utilizados para el manejo de materiales. ....	32
Tabla 7. Pre-muestreo Operación Embalar.....	42
Tabla 8. Resultado pre-muestreo operaciones proceso de embalaje.....	43
Tabla 9. Resultado pre-muestreo proceso de despachos .....	43
Tabla 10. Resumen tiempo estándar proceso de embalaje.....	44
Tabla 11. Resumen tiempo estándar proceso de cargue de vehículos. ....	44
Tabla 12. Aplicación método RULA para ayudante de empaque .....	47
Tabla 13. Aplicación método RULA para ayudante verificador.....	48
Tabla 14. Aplicación método RULA para ayudante de banda .....	49
Tabla 15. Aplicación método RULA para ayudante vehículo.....	50
Tabla 16. Aplicación método RULA para ayudante de transporte.....	51
Tabla 17. Distancia recorrida por producto. ....	54
Tabla 18. Tiempo promedio de cargue por vehículo .....	55
Tabla 19. Promedio semanal tiempos compensatorios.....	56
Tabla 20. Elementos Propuesta 1.....	61
Tabla 21. Elementos propuesta 2 .....	62
Tabla 22. Especificaciones técnicas ROBOT IRB360 .....	65
Tabla 23. Especificaciones Plataforma de carga.....	70
Tabla 24. Descripción de componentes del almacén automático.....	72

Tabla 25. Características almacén automático.....	74
Tabla 26. Resultados simulación proceso de embalaje.....	78
Tabla 27. Resultados modelos Propuestos.....	80
Tabla 28. Ventosas utilizadas para el desarrollo de las pruebas.....	82
Tabla 29. Matriz de comparación de alternativas.....	89
Tabla 30. Comparación de alternativas a través de indicadores.....	90
Tabla 31. Proyección de la Inflación.....	91
Tabla 32. Costos de las propuestas.....	92
Tabla 33. Flujo de caja propuesta 1.....	93
Tabla 34. Flujo de caja propuesta 2.....	94
Tabla 35. Flujo de caja Propuesta 3.....	95
Tabla 36. Flujo de caja propuesta 4.....	96
Tabla 37. Flujo de caja Propuesta 5.....	97
Tabla 38. Resultados análisis financieros.....	98

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Modelo estructural de un sistema automatizado .....	18
Gráfica 2. Niveles de la automatización .....	19
Gráfica 3: Estructura Organizacional .....	22
Gráfica 4. Mapa de procesos .....	23
Gráfica 5. Diagrama general del proceso.....	24
Gráfica 6. Distribución de operarios área de embalaje.....	26
Gráfica 7. Almacenamiento temporal en planta.....	26
Gráfica 8. Distribución de operarios en la bodega de despachos.....	28
Gráfica 9. Distribución de operarios en la bodega de despachos por método directo de cargue.....	29
Gráfica 10. Diagrama espina de pescado .....	33
Gráfica 11. Diagrama de operaciones.....	34
Gráfica 12. Diagrama de flujo .....	36
Gráfica 13. Diagrama de recorrido.....	38
Gráfica 14. Esquema Ergonomía.....	45
Gráfica 15. Porcentaje de Accidentes por área.....	53
Gráfica 16. Diagrama de Pareto Novedades.....	56
Gráfica 17. Diagrama de Pareto. Novedades de producto por referencia .....	57
Gráfica 18. Matriz .....	59
Gráfica 19. Gráfico de situación Propuesta 1 .....	60
Gráfica 20. Detalle del sistema propuesta 1.....	60
Gráfica 21. Diagrama propuesta 2 .....	63
Gráfica 22. ROBOT IRB 360.....	64
Gráfica 23. Dimensiones del Robot IRB 360.....	66



Gráfica 24. AGV.....	68
Gráfica 25. Plataforma de carga .....	70
Gráfica 26. Almacén automático .....	72
Gráfica 27. Sistema de extracción de canastas .....	73
Gráfica 28. Resultados Pruebas Stat Fit .....	77
Gráfica 29. Proceso de embalaje en Promodel.....	77
Gráfica 30. Modelos de las propuestas.....	79
Gráfica 31. Pruebas de ventosas.....	82
Gráfica 32. Diagrama de operaciones propuesto .....	86
Gráfica 33. Diagrama de flujo propuesto.....	87

## GLOSARIO

**ACTUADOR:** Dispositivo o elemento utilizado para generar movimiento en un determinado proceso automatizado.

**AGV (Automated Guided Vehicle):** Vehículo autónomo y automático utilizado para el transporte de materia prima, producto en proceso o producto terminado.

**ARRUME:** Término utilizado en la producción para referirse a la acumulación de materia prima o producto terminado. En el contexto del proyecto se refiere a la acumulación de canastas.

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL:** Disminución o sustitución de la participación del hombre en los diferentes procesos productivos.

**DIAGRAMA DE PARETO:** Gráfica que permite identificar los principales problemas existentes en un determinado proceso o las causas de estos y priorizarlos con el fin de determinar el principal problema a resolver.

**EFICIENCIA:** Uso adecuado de los recursos para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

**MAPA DE PROCESOS:** Diagrama que describe, de manera general, los principales procesos que se llevan a cabo en una empresa u organización y la relación existente entre estos. Dichos procesos se dividen en estratégicos, operativos y de apoyo.

**NEUMÁTICA:** Tecnología utilizada para la automatización de procesos que emplea aire comprimido y lo transforma en energía para la ejecución de diversas tareas.

**PLC (Programador Lógico Programable):** Dispositivo que usa instrucciones almacenadas en una memoria programable para el control de máquinas y procesos.

**PRODUCTIVIDAD:** Relación entre la cantidad de bienes producidos y los recursos utilizados para la producción.

**RATING FACTOR:** Valor cuantitativo que se le da al trabajador teniendo en cuenta su ritmo de trabajo utilizado para determinar el tiempo estándar de operación.

**ROBOT:** Dispositivo electrónico utilizado para ejecutar operaciones automáticas que requieran un alto grado de precisión.

**SENSOR:** Dispositivo electrónico que tiene la capacidad de detectar la variación de una magnitud física tales como temperatura, iluminación, movimiento y presión.

**TIEMPO NORMAL:** Tiempo requerido para realizar una operación de acuerdo al ritmo de trabajo del operario.

**TIEMPO ESTÁNDAR:** Tiempo normal de operación con ajustes por suplementos relacionados con retrasos inevitables tales como fatiga, necesidades personales, paradas inevitables entre otros.

**VENTOSA:** Elemento conectado a un sistema de vacío cuyas características permiten manipular, transportar y posicionar diferentes tipos de productos.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las empresas deben enfrentarse a un mundo globalizado en el cual, el cliente es el elemento más importante, puesto que es el que determina la demanda de los productos y/o servicios ofrecidos por estas; razón por la cual se debe responder de manera oportuna y eficiente a sus expectativas y necesidades.

Actualmente, es importante mantener un alto nivel de calidad en los productos, lo cual puede ser el resultado de la calidad en los procesos productivos y administrativos que se realizan dentro de la organización. Uno de los factores más importantes para poder ser competitivas es la productividad que está relacionada con los métodos de trabajo, los procesos eficientes, la mejora continua y el uso o implementación de la tecnología.

El presente proyecto tiene como objetivo responder a las necesidades específicas de la Empresa Panificadora, proponiendo alternativas de solución basadas en la tecnología de automatización industrial con el fin de mejorar la eficiencia del proceso de distribución interna, el cual inicia con el embalaje de producto terminado y finaliza con el cargue de vehículos.

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto parte de la definición y justificación del problema, continúa con el análisis de la situación actual y culmina con el planteamiento y evaluación de las alternativas para el área en estudio.

## 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El problema planteado para el desarrollo del presente proyecto pretende responder a la siguiente pregunta:

¿Qué alternativas de solución simuladas por computador y basadas en herramientas de automatización industrial se pueden implementar en La Empresa Panificadora con el fin de mejorar la calidad y eficiencia de los procesos de procesos de embalaje y despacho?

### 1.2. JUSTIFICACIÓN.

#### 1.2.1 Técnica

La ingeniería industrial ofrece diferentes herramientas de análisis con el fin de proponer e implementar planes de mejora y dar solución a problemas específicos, tanto a nivel operativo, como a nivel administrativo.

Todo proceso es susceptible de ser mejorado. Sin embargo, es importante a dar prioridad a aquellos que presentan tiempos de ejecución muy largos, costos elevados o que pueden permitir una diferenciación competitiva mediante el uso de la Tecnología Avanzada. Una de las herramientas tecnológicas básicas para el mejoramiento de los procesos es la automatización.

Entre los principales beneficios de realizar proyectos que involucren la automatización se puede destacar que “la automatización constituye particularmente, uno de los factores de aumento de la productividad y de mejora de la calidad”.<sup>1</sup> Adicionalmente, con la incorporación de la tecnología de automatización se disminuyen los errores en los diferentes procesos, se presenta una mayor agilidad en la entrega de los pedidos y se reducen los inventarios en proceso.

Con la implementación de un sistema automatizado de manejo de inventario en bodega, Color Siete<sup>2</sup> obtuvo los siguientes beneficios:

---

<sup>1</sup> GARCÍA, Emilio. Automatización de procesos industriales. México, Alfaomega Grupo Editor, 2002.p. 10.

<sup>2</sup> <http://www.colorsiete.com> 17-10-08

- Mejora de la gestión de almacenamiento y distribución en el almacén. Por lo tanto mejora en la eficiencia de la actividad diaria del almacenista.
- Optimización del tiempo de despacho de un pedido.
- Optimización de los saldos de inventarios gracias al conocimiento que se tiene de las existencias reales de la bodega.
- Mejora del tiempo para conocer la ubicación de un pedido total o un producto específico<sup>3</sup>.

Otro beneficio es la reducción de costos por la mano de obra. Un ejemplo de esto se puede observar en la industria avícola donde “La automatización tiene otra ventaja, y es que un plantel de 70 mil aves puede ser manejado por un solo galponero, mientras que si se carece de ella esa tarea no puede hacerse con menos de cuatro operarios.”<sup>4</sup> Lo anterior representa una disminución tanto en el salario básico como en las prestaciones sociales que se deben pagar por trabajador.

En el aspecto de seguridad, “Muchos trabajadores han dejado de realizar trabajos manuales arduos y peligrosos gracias al incremento de la mecanización y de sistemas mecánicos innovadores de manipulación, con lo que se han reducido las lesiones por manipulación...” “La mecanización ha eliminado muchas tareas manuales repetitivas, lo que ha supuesto una reducción de los trastornos de los miembros superiores.”<sup>5</sup>

“Los beneficios de la automatización con frecuencia aparecen de forma intangible e inesperada, tales como la mejora de la calidad, el aumento de las ventas, la mejora de las relaciones laborales, y la mejora de la imagen de la empresa ”<sup>6</sup>

Es por estas razones que las empresas deben ver en esta herramienta una oportunidad para lograr la diferenciación en sus procesos y, de esta manera,

---

<sup>3</sup> <http://www.e-olia.com/descargas/colorsiete.pdf> 17-10-08

<sup>4</sup> <http://encolombia.com/veterinaria/FENAV-26b.HTM>. 17-10-08

<sup>5</sup> Informe para el debate de la Reunión tripartita sobre La evolución tecnológica y el empleo en las industrias de productos alimenticios y bebida. Organización Internacional del trabajo. OIT. 1999.

<sup>6</sup> GROOVER, Mikell P. Automation, Productions Systems and computer-integrated manufacturing. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2001.p.7

aumentar la competitividad, siendo capaces de responder de manera eficiente a las necesidades de un mercado cada vez más exigente y con una demanda variable.

### 1.2.2 Necesidades de la empresa

LA EMPRESA PANIFICADORA es una empresa que cuenta con un amplio portafolio de productos (Ver anexo A), los cuales hacen parte de cuatro líneas fundamentales. Su proceso productivo incluye la transformación de materia prima, el empaque y embalaje de producto terminado, el almacenamiento y el cargue de vehículos para el despacho a las diferentes agencias.

El presente proyecto se desarrolla en el área de embalaje y despachos de acuerdo con los requerimientos de la empresa, cuyos principales problemas son:

- El embalaje de producto empacado se realiza manualmente por dos operarios, lo cual no garantiza que las unidades embaladas correspondan en un 100% a las cantidades que debe contener cada canasta.
- El proceso de verificación de producto embalado es realizado por un operario quien ejecuta dicho proceso para dos líneas de empaque, ocasionando una acumulación de producto por línea y, por lo tanto, una verificación que en muchas ocasiones no logra identificar los faltantes, sobrantes o novedades que presentan las canastas.
- El transporte de producto al almacenamiento en planta y a bodega se realiza por medio de carros metálicos, los cuales únicamente permiten transportar hasta 20 canastas por recorrido.
- En el área de despachos se realiza otra verificación al momento de transportar las canastas a los vehículos a través de bandas transportadoras. Dicha verificación representa un reproceso y un retraso en el despacho de los vehículos.

En ese contexto, se ve una oportunidad de mejorar el proceso de despachos identificando un método de cargue que agilice el proceso, partiendo del embalaje y la verificación del producto. Esto hace que se mejore la trazabilidad de los pedidos, de manera que se garantice la calidad y cantidad de estos en cada una de las canastas.

Por otra parte, la empresa se encuentra en una etapa de crecimiento y estandarización de sus procesos con miras a lograr la certificación de calidad ISO 9001, razón por la cual se deben preparar las condiciones mínimas exigidas por los entes certificadores en los procesos específicos en los cuales se está desarrollando el proyecto.

### 1.2.3 Académica

Como futura ingeniería industrial es importante la aplicación de las diferentes herramientas y teorías estudiadas a lo largo de la carrera en casos particulares donde se puede contribuir al estudio y mejoramiento de procesos específicos; en este caso, en el área de verificación y distribución en planta teniendo como base fundamental el énfasis en tecnología y en los conocimientos que este involucra.

Adicionalmente, para el desarrollo profesional, el planteamiento y ejecución del presente proyecto es una forma de incursionar en el mundo laboral, en una empresa con amplia trayectoria en el mercado nacional, la cual ha permitido que se detecten necesidades en las áreas de embalaje y distribución y se efectúen proyectos que ayuden a mejorar dichos procesos.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Valorar y proponer el sistema de distribución en planta para la Empresa Panificadora basado en herramientas de automatización industrial, con el fin de mejorar la eficiencia en los procesos de verificación, transporte y despachos, en procura de la reducción de los tiempos de cargue de canastas para mejorar la eficiencia del proceso logístico de la empresa.

### 2.2 Objetivos específicos

- Elaborar el levantamiento de procesos para el área de embalaje, verificación, almacenamiento y despachos con el fin de realizar el diagnóstico de la situación actual y el planteamiento de la situación propuesta.
- Definir variables críticas del proceso susceptibles de mejorar desde el uso de tecnologías de automatización identificando y valorando alternativas viables.
- Elaborar una propuesta de automatización con el fin de garantizar que el proceso de verificación del embalaje disminuya las novedades de calidad en cuanto a productos faltantes, sobrantes o con no conformidades en el empaque, y eliminando el cuello de botella que se presenta en esta parte del proceso.
- Determinar alternativas de solución basadas en herramientas de automatización industrial que permitan conformar el sistema de distribución en planta desde el embalaje hasta el cargue de los camiones.
- Elaborar la simulación del sistema propuesto para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados para el proyecto.
- Realizar la evaluación del proyecto basado en el análisis financiero de la propuesta por medio de indicadores y análisis costo/beneficio.

### **3. RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto tiene como objetivo fundamental el planteamiento de una propuesta de automatización para el proceso de distribución interna el cual hace parte de la cadena de abastecimiento de La Empresa Panificadora.

Para llegar al cumplimiento del objetivo, se realizó el estudio del proceso teniendo en cuenta diferentes herramientas de la ingeniería industrial con el fin de identificar los problemas y oportunidades de mejora que permitan el aumento de la eficiencia y el incremento de la productividad.

El resultado del estudio es la descripción y evaluación de las alternativas de acuerdo a los problemas, necesidades y posibilidades de implementación teniendo en cuenta la infraestructura con que cuenta la Empresa y a la proyección de la misma.

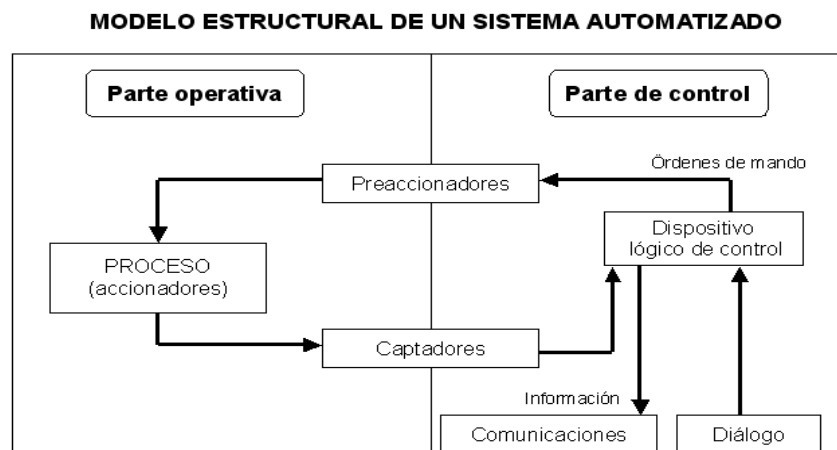
#### 4. MARCO TEÓRICO

El concepto de automatización se asocia con la eliminación o disminución de la participación humana en los diferentes procesos productivos teniendo en cuenta la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción con mayor eficiencia y eficacia.

Adicionalmente, dicho concepto “significa la integración, con fines estratégicos, de un amplio abanico de información avanzada y descubrimientos de ingeniería de punta en los procesos de producción”<sup>7</sup>. En ese sentido, la automatización está compuesta por una parte operativa encargada de la ejecución de las diferentes actividades que hacen parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo conforman; y una parte de control que se encarga de coordinar las actividades del proceso entre las cuales se encuentra el control de calidad, la gestión de herramientas y las operaciones de supervisión.

A continuación se presenta el esquema de un sistema automatizado teniendo en cuenta las partes que lo conforman:

Gráfica 1. Modelo estructural de un sistema automatizado



FUENTE: GARCÍA, Emilio. Automatización de procesos industriales. México, Alfaomega Grupo Editor, 2002.p. 11.

Los pre-accionadores son elementos que se usan para activar el accionador el cual permite ejecutar movimientos dentro de un sistema y puede ser de tipo

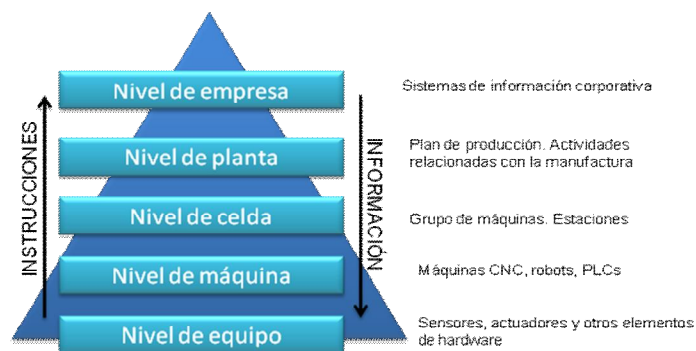
<sup>7</sup> GAITHER, Norman. Administración de producción y operaciones. México: Thomson Editores: 2000.p.161

neumático, hidráulico o eléctrico. Por su parte, los captadores son aquellos elementos que reciben la señal para enviarla al dispositivo de control.

El control automático es “el mantenimiento del valor de cierta condición a través de su medida, de la determinación de la desviación en relación con el valor deseado, y de la utilización de la desviación para así generar y aplicar una acción de control capaz de reducir o anular la desviación”<sup>8</sup>. De acuerdo al nivel o al sistema automatizado el control puede ser de tipo neumático o de tipo electrónico y según su aplicación este puede ser con valor fijo (constante) o con valor variable (que cambia en el tiempo).

Según las necesidades de la empresa y al aspecto económico relacionado con la inversión estimada para un proyecto determinado, existen diferentes niveles de la automatización que se muestran en la siguiente gráfica:

Gráfica 2. Niveles de la automatización



FUENTE: Introducción a la Automatización industrial. Ing. Gabriel Zambrano. Julio 2006.

Existen diferentes tipos de tecnologías utilizadas en los procesos de automatización entre los cuales se destacan la neumática, hidráulica, mecánica y electrónica.

El concepto de neumática se asocia con la producción de aire comprimido con el fin de transformarlo en energía para la ejecución de diferentes tareas de un proceso específico. Los sistemas neumáticos se componen principalmente de:

- Fuente de energía neumática: Es el medio por el cual se produce y distribuye el aire comprimido. “El elemento central en una instalación

<sup>8</sup> HORTA, José. Técnicas de automatización industrial. México: Editorial Limusa. 1982.p.41

productora de aire comprimido es el compresor”<sup>9</sup> cuya función es tomar el aire a presión atmosférica y aumentar su presión mediante la compresión de este fluido.

- Instrumentos de control: Son elementos de mando que regulan el proceso de un sistema neumático. Los principales instrumentos de control son manómetros y válvulas neumáticas.
- Actuadores neumáticos: Son los elementos que permiten la transformación de la energía neumática en trabajo mecánico. Los tipos de actuadores son los cilindros que convierten la energía en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, y los motores que genera un movimiento de rotación. Estos actuadores tienen diferentes clasificaciones de acuerdo al trabajo requerido o a la aplicación necesaria en el sistema.

Entre las principales características del aire comprimido se pueden destacar la abundancia, la facilidad de transporte y almacenamiento, que es un aire limpio, y que es un medio de trabajo que permite obtener altas velocidades en los procesos.

Entre los dispositivos electrónicos utilizados en los diferentes procesos de automatización están los sensores. Estos dispositivos tienen la capacidad de detectar la variación de una magnitud física tales como temperatura, iluminación, movimiento y presión; y de convertir el valor de ésta, en una señal eléctrica ya sea analógica o digital.

Existen diferentes tipos de sensores entre los cuales están los sensores capacitivos, inductivos, sensores ópticos, sensores ultrasónicos. Para la selección del sensor adecuado para cierta aplicación es importante tener en cuenta el material a ser detectado.

Para aplicaciones como la detección de objetos a través de una plataforma de transporte, el conteo de piezas y la detección de la posición de un material, el sensor óptico es el más utilizado.

---

<sup>9</sup> GUILLÉN, Antonio. Introducción a la neumática. México: Alfa Omega. 1999.p.17

## **5. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **5.1 RESEÑA HISTÓRICA**

LA EMPRESA PANIFICADORA, es una empresa fundada hace 58 años, una empresa de tipo familiar, cuya cultura organizacional está construida en una visión clásica de los procesos y en un nivel centralizado de autoridad y toma de decisiones.

La empresa empezó a operar en una casa produciendo ponqué casero y posteriormente se empezó a distribuir el producto a las tiendas. Debido a la aceptación del producto, su fundador decidió tecnificar la empresa y en los años 60 se abrió la primera planta en la ciudad de Bogotá.

Aunque hubo empresas multinacionales del sector con un interés especial en adquirir la empresa, la Empresa Panificadora considera que puede continuar su crecimiento con los recursos disponibles.

Actualmente, la empresa se encuentra en una etapa de transición y de cambio tecnológico con el fin de mejorar cada uno de sus procesos y responder de manera más eficiente a las necesidades del mercado y a las exigencias del entorno. Para esto, se encuentra realizando diferentes proyectos en cada una de las áreas, basados en la detección de necesidades básicas y en el planteamiento de soluciones a problemas específicos.

### **5.2 PLANEACIÓN ESTRATÉGICA**

#### **5.2.1 Misión**

Proveer a la población de productos y servicios alimenticios con la mejor relación Precio/Calidad. Se concentra la acción en ponqués, colaciones y galletería fina colombiana, productos cubiertos de chocolate, la línea de “snacks”, restaurantes y pastelería fina y pan; empresas filiales producen materias primas y fomentan la producción en empresas proveedoras asociadas.

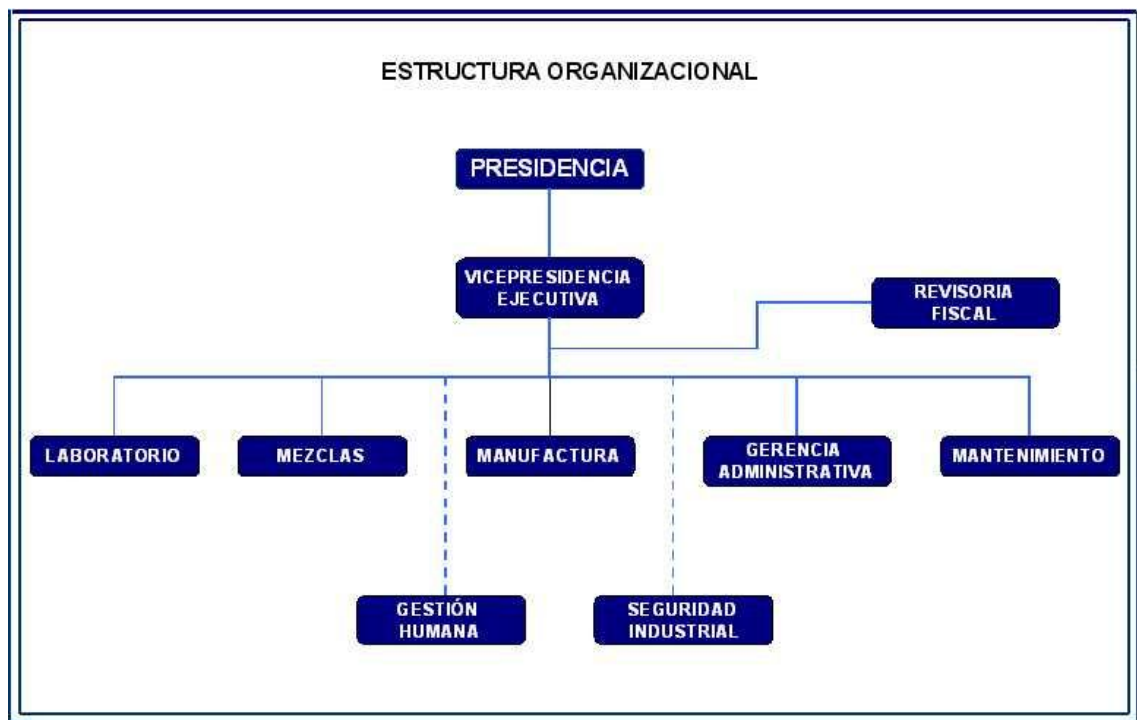
#### **5.2.2 Visión**

Continuar siendo la empresa modelo, rectora y punto de referencia y emulación en el campo de la producción y comercialización de alimentos. Tendrá una excelente imagen en el país y en el exterior.

Su marca será muy fuerte y sólida, reconocida por “calidad, sabor y frescura”. Seguirá siendo líder en calidad.

### 5.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Gráfica 3: Estructura Organizacional



FUENTE: La Empresa Panificadora

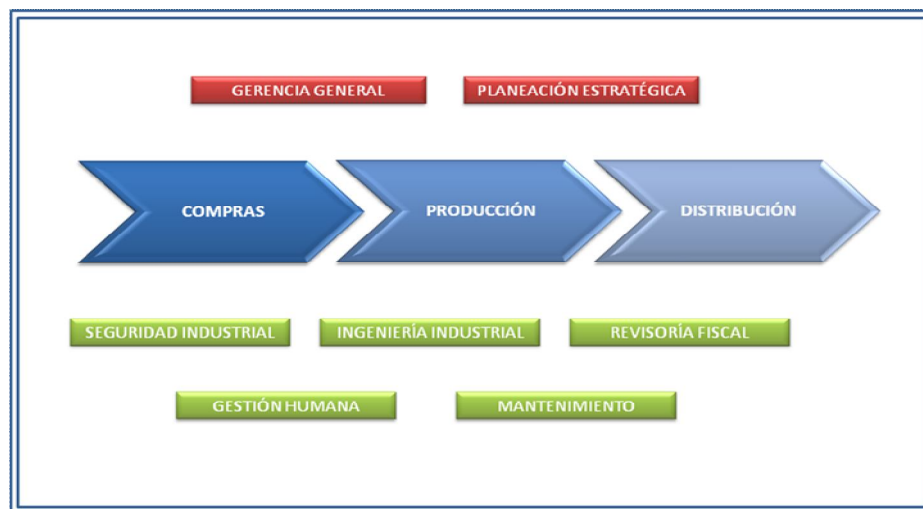
Como se observa en la gráfica 1, la Empresa Panificadora tiene una estructura organizacional con diferenciación vertical, lo cual implica que existen niveles jerárquicos definidos. Pese a que la gráfica muestra una estructura organizacional general, el comportamiento para niveles jerárquicos más bajos es el mismo.

Existen cinco áreas principales dentro de la organización: laboratorio, mezclas, manufactura, gerencia administrativa y mantenimiento. Estas áreas están se encuentran bajo la supervisión de la vicepresidencia ejecutiva y esta a su vez, depende de la presidencia.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Para conocer e identificar de manera general los procesos que hacen parte de la empresa en los niveles estratégico, operativo y de apoyo, se elaboró el mapa de procesos en el cual se puede identificar que la razón social de la empresa es la producción y distribución de productos alimenticios.

Gráfica 4. Mapa de procesos



Fuente: Elaboración propia

El proceso inicia con la adquisición de materia prima, la cual se verifica y se envía a cada una de las áreas que la procesan. De acuerdo al plan de producción establecido según los requerimientos del cliente, se elaboran cada uno de los productos de la empresa. Una vez finalizado el proceso de producción, inicia la etapa de distribución la cual inicia con el empaque y embalaje de producto, continúa con el almacenamiento y cargue de vehículos y finaliza con el transporte y entrega del pedido a cada uno de los clientes.

Dentro del marco general de operación en la empresa, existen unos procesos de apoyo que ayudan a que las condiciones de cada una de las etapas operativas sean las óptimas complementando las funciones que se ejecutan en estas. Estos procesos están relacionados con seguridad industrial, gestión humana, ingeniería industrial, mantenimiento y revisoría fiscal.

En ese contexto, el desarrollo del proyecto se lleva a cabo en las áreas de manufactura y distribución de la empresa contando con el apoyo del departamento de ingeniería industrial y mantenimiento para el análisis tanto del proceso actual como de las alternativas propuestas basadas en la automatización industrial de los procesos de embalaje y despachos.



## 6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

La logística es un proceso por medio del cual se agrega valor a un producto o servicio determinado mediante la planeación y el control de actividades, con el fin de mejorar la eficiencia de la cadena de abastecimiento que “abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima hasta el usuario final, así como los flujos de información”<sup>10</sup>.

Los procesos principales dentro de la cadena de abastecimiento son: compras, producción y distribución, los cuales tienen una serie de actividades inherentes que dependen de la empresa que los esté llevando a cabo.

Como se mencionó anteriormente, para efectos del desarrollo del presente proyecto es importante enfocarse en el proceso de distribución el cual tiene como actividades propias: el embalaje, almacenamiento y transporte de producto terminado. El siguiente esquema muestra de manera general, el proceso en estudio cuyas operaciones principales son: empaque y embalaje, transporte de producto en planta, almacenamiento y cargue de vehículos para el despacho de producto terminado.

Gráfica 5. Diagrama general del proceso



FUENTE: Elaboración propia

<sup>10</sup> BALLOU, Ronald. Logística Administración de la cadena de suministro. México, Pearson education, 2004.p.5

### 6.1.1 Proceso de embalaje

El embalaje es una actividad de apoyo al transporte y al almacenamiento de materiales ya que puede determinar la eficiencia de la entrega del pedido. Dentro de los objetivos del embalaje se encuentran la protección al producto, fácil manejo y transporte, y promover una mejor utilización del equipo de transporte.

Teniendo en cuenta que la Empresa cuenta con un amplio portafolio de productos, se limitó el estudio del proceso de embalaje a una de las líneas de empaque en donde se realiza el embalaje de dos de las referencias con la mayor participación en la producción y donde se evidencian el mayor número de inconformidades en el proceso de embalaje. Por otra parte, son productos que pueden adaptarse a los mecanismos propuestos debido a sus características en cuanto a forma, tamaño y peso.

La siguiente tabla muestra las características para la línea de producto respecto a su participación en las ventas y el número de unidades embaladas por canasta:

Tabla 1. Características del producto en estudio.

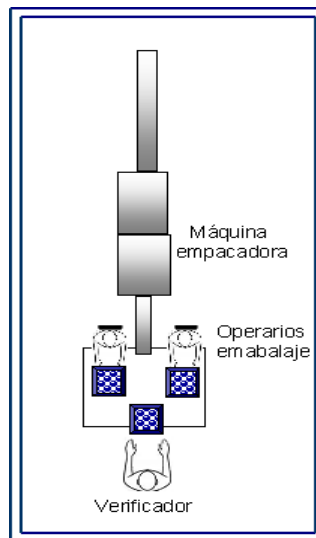
PRODUCTO	% PARTICIPACIÓN	UNID./CANASTA
Referencia 1.K	39,35%	69
Referencia 1.F	27.21%	60

FUENTE: La Empresa Panificadora

En ese contexto, el proceso en estudio inicia con el empaque de producto en cada una de las líneas, el cual se realiza por medio de máquinas empacadoras cuyo estándar es de 140 unidades por minuto para estas referencias.

Una vez empacado, el producto es embalado en canastas (cuyas características se pueden observar en el anexo B) por dos operarios ubicados en cada una de las líneas de empaque como se muestra en la gráfica 6. Posteriormente, un operario encargado de la verificación, realiza el conteo de cantidades por canasta e inspecciona la calidad y fecha del empaque del producto embalado.

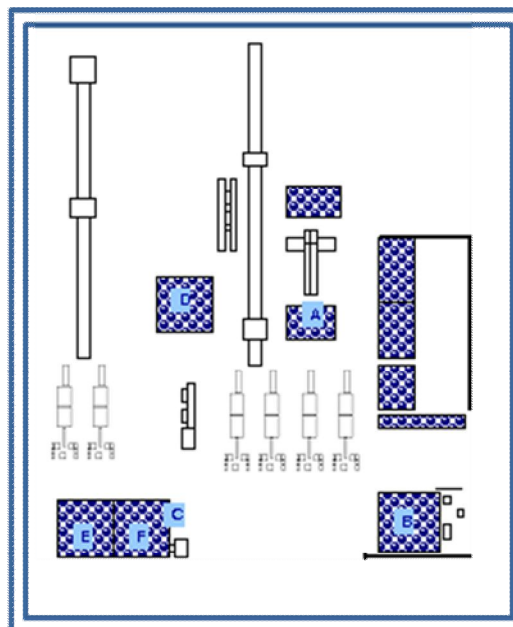
Gráfica 6. Distribución de operarios área de embalaje



FUENTE: La Empresa Panificadora

Al realizar la verificación, las canastas son apiladas y se forman arrumes de 18 canastas los cuales son almacenados temporalmente en la planta de acuerdo a la distribución preestablecida como se muestra en la gráfica 7.

Gráfica 7. Almacenamiento temporal en planta



FUENTE: La Empresa Panificadora

Una vez desocupada la bodega de producto en tránsito, dichos grupos de canastas, almacenados en planta, se transportan hasta la bodega de despachos a través de carros metálicos. En ese proceso participan tres operarios los cuales ubican el producto de acuerdo a la distribución predeterminada según la referencia. (Ver anexo C).

Los recursos con los que cuenta cada línea de empaque para el desarrollo de la operación son:

Tabla 2. Recursos actuales área de embalaje

<b>RECURSOS ACTUALES</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>RECURSO</b>	<b>No.</b>
<b>RECURSO HUMANO</b>	Ayudante recogedor	2
	Ayudante verificación	1
	Ayudante Transporte	1
	Supervisor	4
<b>MÁQUINAS</b>	SIG SB	2
	CAVANNA ZERO 5	1
	CAVANNA EASY RUN	3
<b>OTROS RECURSOS</b>	Carros metálicos	

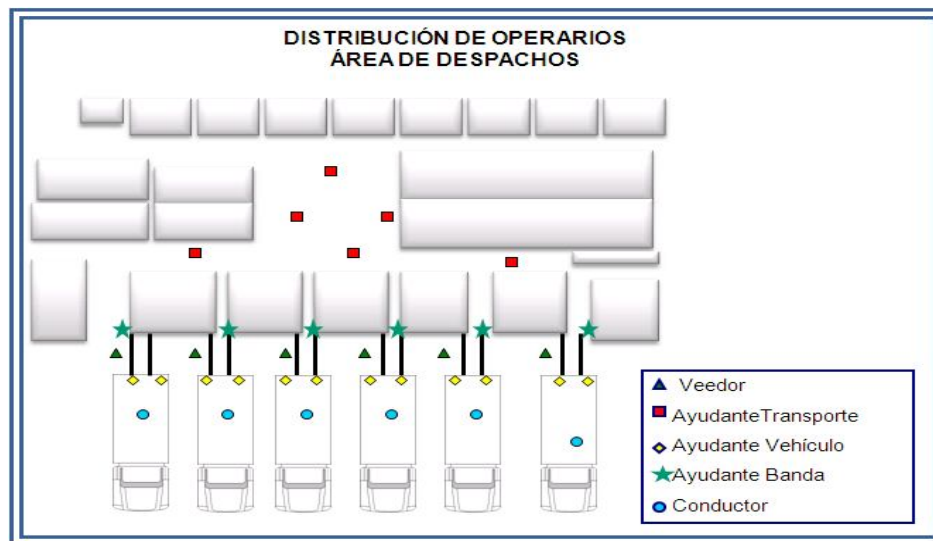
FUENTE: La Empresa Panificadora.

#### 6.1.2 Proceso de despachos

Durante el proceso de despachos se realiza el cargue de los vehículos que transportan el producto a las diferentes agencias. El cargue de vehículos se realiza por medio de bandas transportadoras con la participación de 6 operarios por vehículo, como se muestra en la gráfica 8.

Para llevar a cabo esta labor, se desempeñan las siguientes funciones: a) un operario realiza la función de alistar el pedido transportando los grupos de canastas a la banda transportadora. b) un segundo operario desempeña la tarea de alimentar la banda transportadora. c) un veedor está encargado de verificar las cantidades de producto que contiene cada canasta d) dos operarios adicionales organizan los grupos de canastas al final de la banda y, e) finalmente interviene el conductor encargado de acomodar el pedido dentro del vehículo.

Gráfica 8. Distribución de operarios en la bodega de despachos.



FUENTE: Elaboración propia

Cuando el vehículo es cargado totalmente, se hace una verificación de las cantidades de producto despachadas, se colocan los respectivos sellos y se procede a firmar la orden de salida.

Para el cumplimiento diario de la actividad de despachos la empresa cuenta con los siguientes recursos: (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Recursos actuales área de despachos

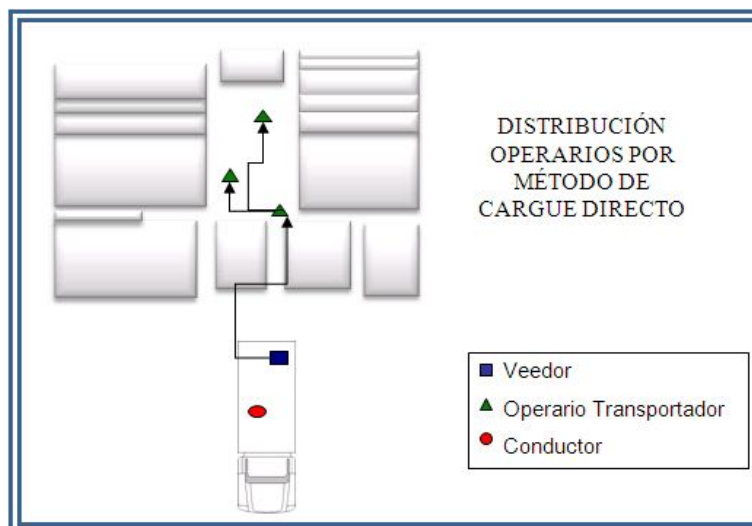
RECURSOS ACTUALES		
CONCEPTO	RECURSO	No.
<b>RECURSO HUMANO</b>	Jefe Despachos	1
	Digitador	1
	Veedor	7
	Ayudante Transportes	28
	Conductor supernumerario	1
	Conductor	14
<b>VEHÍCULO</b>	Kodiak	7
	C-70	5
	Tractomula	4
<b>OTROS RECURSOS</b>	Bandas transportadoras	6
	Carros metálicos	15

FUENTE: La Empresa Panificadora. Área de despachos.

Con el fin de mejorar la eficiencia del proceso actual de despachos y teniendo en cuenta los recursos disponibles, se realizó una prueba en el área en donde las canastas agrupadas eran cargadas directamente al vehículo como se describe a continuación.

El cargue de camiones se adelantó con la participación de 5 operarios como se muestra en la gráfica 9 los cuales desempeñaron las siguientes funciones: a) un veedor encargado de coordinar el transporte de los grupos de canastas al camión y de mantener un control sobre las cantidades despachadas; b) tres operarios cuya función fue recoger y transportar las canastas al camión por medio de los carros metálicos; y c) un conductor que desempeñó la tarea de acomodar y organizar los grupos de canastas dentro del vehículo.

Gráfica 9. Distribución de operarios en la bodega de despachos por método directo de cargue



FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo a un muestreo realizado durante el tiempo en el que se aprobó el cargue por método directo, se determinó el tiempo normal de cargue por vehículo. En el siguiente cuadro se muestran los registros de las observaciones realizadas y su tiempo normal.

Tabla 4 . Muestreo del tiempo de cargue por método directo.

<b>TIEMPO DE CARGUE</b>	
<b>No. OBS</b>	<b>TIEMPO</b>
1	31,4
2	33,81
3	44,77
4	49,74
5	46,7
6	43,04
7	43,49
8	48,06
9	47,49
10	52,17
11	52,53
12	32,01
13	47,51
14	49,32
15	37,72
<b>T PROMEDIO</b>	43,98
<b>RF</b>	97%
<b>T NORMAL</b>	<b>42,56</b>

FUENTE: Elaboración propia

El rating factor promedio es de 97%, debido a que se realizó una serie de observaciones anteriores al muestreo con el fin de “acostumbrar” al trabajador a la presencia del analista y, de esta manera, poder identificar el ritmo de trabajo normal del trabajador y evitar la incomodidad de este al momento de registrar los tiempos.

La siguiente tabla muestra de manera comparativa, cada uno de los métodos de cargue de acuerdo a los tiempos, costos (determinados teniendo en cuenta costo de mano de obra directa, tiempo de cargue y costos de rodamiento por vehículo), y otros factores que permiten hacer dicha comparación:

Tabla 5. Comparación métodos de cargue

<b>COMPARACIÓN MÉTODOS DE CARGUE</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>DIRECTO</b>	<b>BANDAS</b>	<b>DIFERENCIA</b>
Tiempo cargue (Minutos)	42,56	80,62	38,06
Costo de cargue / vehículo	\$ 22.596,60	\$ 49.779,94	\$ 27.183,34
Promedio costo diario	\$ 451.932,08	\$ 995.598,84	\$ 543.666,76
Días compensatorios generados	7	34	28
Costo Compensatorios diario	\$ 58.818	\$ 233.893	\$ 175.075
No. Operarios por línea de cargue	5	6	1
No. Total de operarios	30	36	6

FUENTE: Elaboración propia

Las ventajas de la implementación del método de cargue directo fueron:

- Reducción del tiempo de cargue en un 47,21%.
- Mayor eficiencia en el proceso de distribución.
- Reducción de los costos de operación.
- Disminución del tiempo de espera a los distribuidores.
- Mayor espacio de circulación en bodega.
- Reducción de tiempos compensatorios en el área de despachos.
- Disminución del número de recorridos por operario en un 64,28%. (En el cargue por bandas cada operario transportaba en promedio 70 grupos de canastas y en el cargue por método directo se reduce a 25 grupos por operario)

### 6.1.3 Manejo de materiales

Según el Instituto de manejo de materiales (MHI), “el manejo de materiales comprende todas las operaciones básicas relacionadas con el movimiento de los productos a granel, empacados y unitarios, en estado semisólido o sólido por medio de maquinaria dentro de los límites de un lugar de comercio”.

Estas operaciones enmarcadas en un “sistema de almacenamiento y manejo se representan por tres actividades principales: carga y descarga, traslado



hacia y desde el almacenamiento y surtido del pedido”<sup>11</sup>. Entre sus principales objetivos está aumentar la eficiencia del flujo de material, incrementar la productividad y mejorar las condiciones de seguridad del trabajador durante movimiento de material.

En la Empresa Panificadora, el movimiento de material, concretamente de producto terminado, se realiza a través de elementos con un grado de mecanización manual como los son los carros metálicos los cuales son impulsadas por el operario; y a través de elementos mecanizados, específicamente de bandas transportadoras.

En la tabla 6 se muestran las ventajas y desventajas de manejo de material usando cada uno de estos recursos con el fin de identificar posibles oportunidades de mejora y aumento de la eficiencia en el transporte de producto.

Es importante mencionar que en el movimiento de material que se realiza en cada uno de los procesos descritos, se utilizan estibas de madera de 50 x 50 cm. Sin embargo, en el vehículo de carga las canastas se cargan sin estiba.

Tabla 6. Ventajas y desventajas de equipos utilizados para el manejo de materiales.

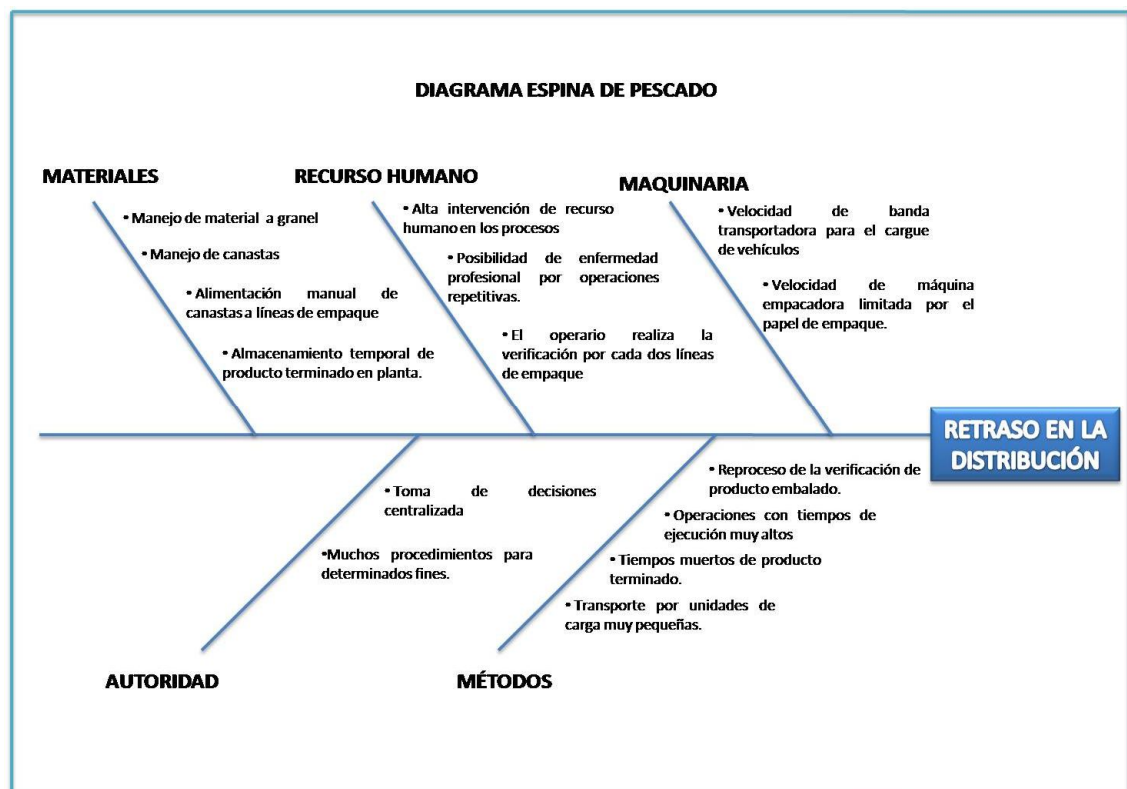
RECURSO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>CARROS DE CARGA</b>	<p>No se requiere que sigan una ruta fija.</p> <p>Son capaces de cargar, descargar, levantar y trasladar el material.</p>	<p>No pueden manejar cargas muy pesadas.</p> <p>Tienen capacidad limitada por recorrido.</p> <p>Se requiere un operario para transportarlos.</p> <p>Se requieren pasillos.</p>
<b>BANDA TRANSPORTADORA</b>	<p>La velocidad se puede ajustar.</p> <p>Se puede realizar la operación de inspección mientras se transporta el producto.</p> <p>El transporte no depende del desempeño del operario.</p>	<p>Siguen una línea fija.</p> <p>Se pueden generar cuellos de botella.</p>

<sup>11</sup> Íbid. p.477.

## 7. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE EMBALAJE Y DESPACHOS

En el diagrama de espina de pescado se pueden identificar los principales problemas relacionados con la maquinaria, el recurso humano, la dirección, la materia prima y los métodos.

Gráfica 10. Diagrama espina de pescado



FUENTE: Elaboración propia

De acuerdo con cada uno de los aspectos incluidos en el diagrama, se puede analizar lo siguiente:

- El proceso de distribución interna es un proceso en el que participan muchos operarios lo que implica que gran parte de las operaciones se realizan manualmente, haciendo que se presenten problemas en la ejecución de las mismas.
- Los métodos de trabajo hacen que se presente re-proceso en la verificación en cada área que maneja el producto embalado específicamente en las líneas de empaque y en las líneas de cargue.

- El almacenamiento de producto terminado hace que el ciclo de vida del producto sea más corto.
- Debido a la repetitividad de las operaciones y a la alta intervención del recurso humano en los procesos, existe un riesgo de sufrir algún tipo de enfermedad profesional relacionada particularmente con trastornos del sistema musculoesquelético.
- La capacidad de las máquinas empacadoras está subutilizada debido a factores como:
  - El embalaje manual de producto empacado hace necesario que la máquina opere a cierta velocidad para que el operario pueda ejecutar adecuadamente su trabajo sin exceder sus capacidades.

## 7.1 ESTUDIO DE MÉTODOS

Una de las herramientas más importantes de la ingeniería industrial es el estudio de métodos, cuyo objetivo es el aumento de la productividad de los diferentes procesos tomando como instrumentos principales la elaboración de diagramas de operaciones, de flujo, de recorrido y, a partir del análisis de la situación actual, plantear propuestas de mejoramiento de los procesos en estudio. La ingeniería de métodos “Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar toda operación necesaria”<sup>12</sup>

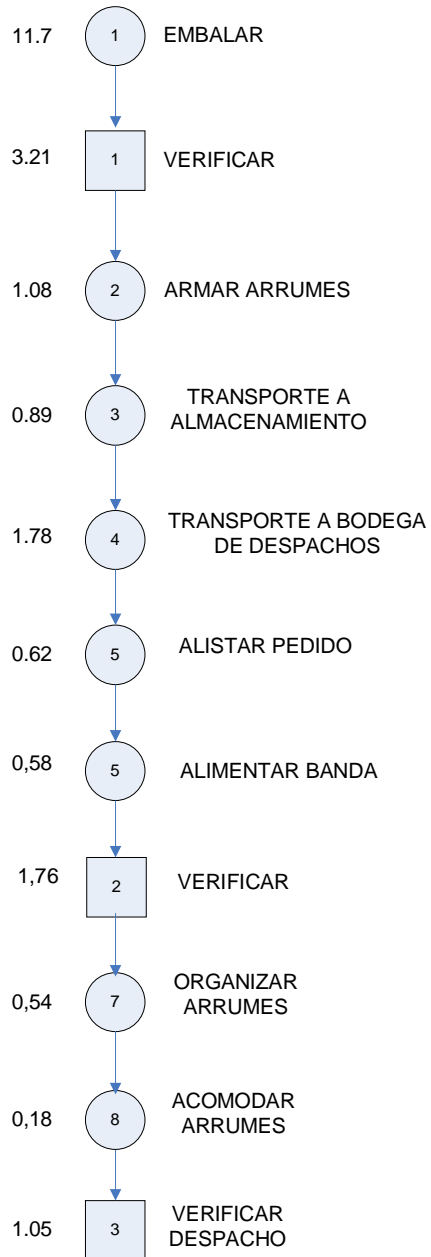
Con el fin de evidenciar los principales problemas que se presentan en las áreas de embalaje y despachos, se realizó el análisis de cada uno de los procesos en estudio se partió de la elaboración de los diagramas de operaciones, de flujo de procesos y el diagrama de recorrido, con el fin de analizar los puntos críticos e identificar las oportunidades de mejora en cada uno de los mencionados procesos.

Gráfica 11. Diagrama de operaciones

---

<sup>12</sup> Maynard, Harold. Manual del Ingeniero Industrial. Editorial McGraw Hill. México 1996.p.

**DIAGRAMA DE OPERACIONES  
PROCESO DE EMBALAJE Y DESPACHOS**



CUADRO RESUMEN	
Elaborado por:	Diana María Romero E.
Fecha:	Noviembre de 2008
No. Operaciones:	8
No. Inspecciones:	3
Tiempo total:	23,38 Minutos.

Gráfica 12. Diagrama de flujo

**GRÁFICA DE FLUJO**

RESUMEN					Página 1 de 2	
		Actual	Propuesto	Diferencia		
		Nº	Nº	Nº		
		Tiempo	Tiempo	Tiempo		
<input type="radio"/>	Operaciones	9	2,26			
<input type="radio"/>	Transportes	4	3,52			
<input type="radio"/>	Inspecciones	3	2,97			
<input type="radio"/>	Retrasos	3	1,01			
<input type="radio"/>	Almacenamiento	2	1200			
Distancia recorrida		81,79				

Proceso:	Distribución interna
<input type="checkbox"/> Hombre	<input checked="" type="checkbox"/> Material
Producto terminado	
La gráfica comienza en:	Embalaje
La gráfica termina en:	Verificación de cantidades de canastas
Elaborado por:	Diana Maria Romero Escovar
Fecha:	Enero de 2009
Gráfica Nº	1

DETALLES DEL MÉTODO	POSIBILIDADES											OBSERVACIONES			
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenamiento	Distancia (m.)	Cantidad	Tiempo (min.)	Eliminar	Combinar	Secuenciar		Lugar	Personas	Mejorar
<input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto															
1 Embalar producto terminado	●	→	□	⌋	▽			0,59							
2 Espera operario verificador	○	→	□	●	▽			0,32							Tiempo de verificación de la otra línea asignada
3 Verificar calidad y cantidad embalada	○	→	■	⌋	▽			0,16							
4 Agrupar canastas en arrumes	●	→	□	⌋	▽			0,05							
5 Recoger arrumes	●	→	□	⌋	▽			0,04							
6 Transporte de arrumes a ubicación en planta	○	→	□	⌋	▽	3,6		0,89							
7 Descargar arrumes	●	→	□	⌋	▽			0,04							
8 Almacenamiento temporal de producto terminado	○	→	□	⌋	▽			960							
9 Recoger arrumes	●	→	□	⌋	▽			0,05							
10 Transporte a bodega de despachos	○	→	□	⌋	▽	51,9		1,78							
11 Almacenamiento temporal de producto terminado	○	→	□	⌋	▽			240							
12 A banda transportadora	○	→	□	⌋	▽	14,0		0,62							
13 Acercar arrume	●	→	□	⌋	▽			0,19							
14 Alimentar banda transportadora	●	→	□	⌋	▽			0,58							El tiempo de esta operación corresponde a la alimentación de 20 canastas.
15 Esperar producto	○	→	□	●	▽			0,29							



## GRAFICA DE FLUJO

Página 2 de 2

RESUMEN			
	Actual	Propuesto	Diferencia
	Nº Tiempo	Nº Tiempo	Nº Tiempo
<input type="radio"/> Operaciones			
<input type="checkbox"/> Transportes			
<input type="checkbox"/> Inspecciones			
<input type="checkbox"/> Retrasos			
<input type="checkbox"/> Almacenamiento			
Distancia recorrida			

Proceso: Distribución interna

Hombre  Material : Producto terminado

La gráfica comienza en: Embalaje

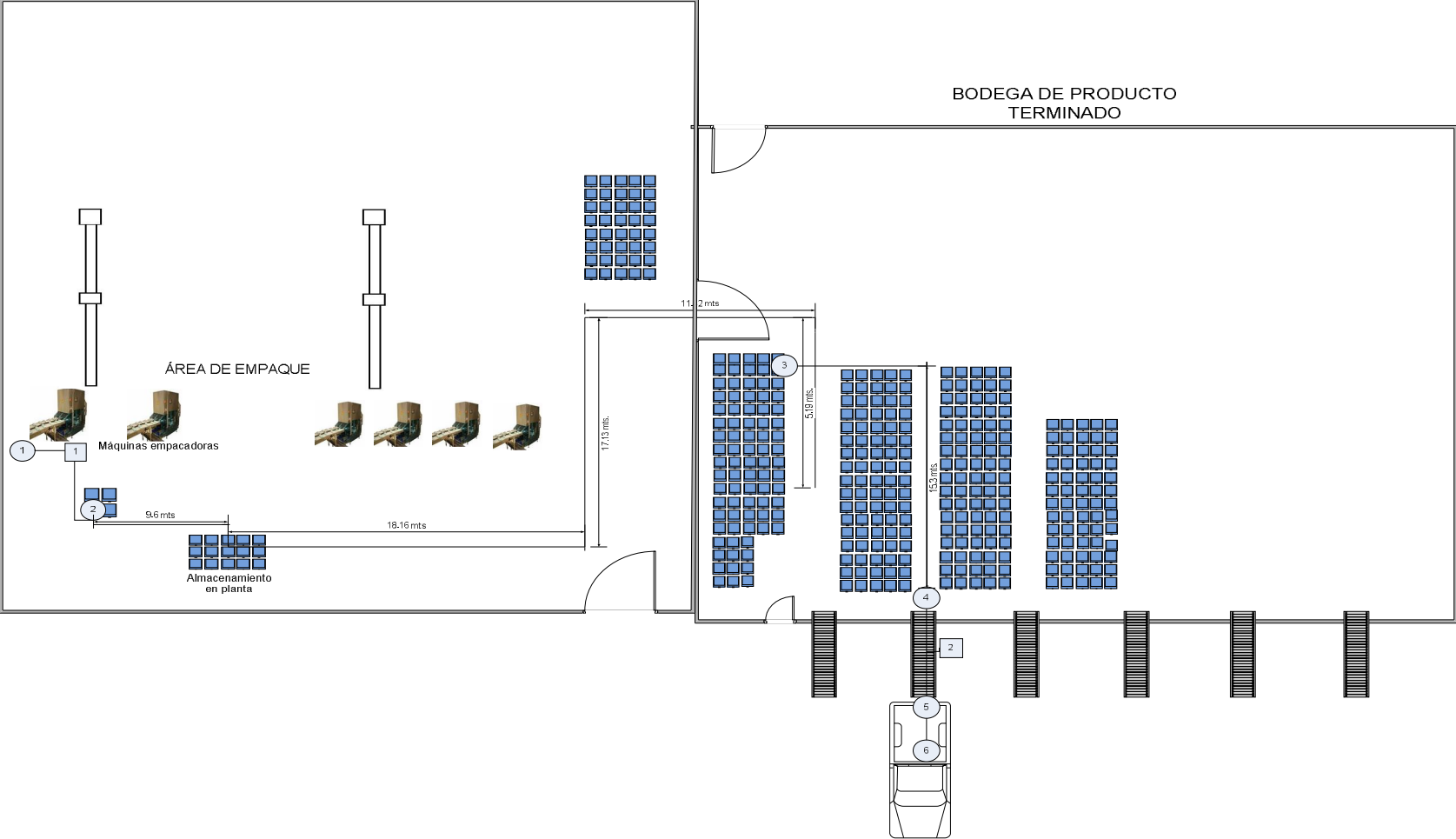
La gráfica termina en: Verificación de cantidades de canastas

Elaborado por: Diana Maria Romero Escovar

Fecha: Enero de 2009 Gráfica Nº 1

DETALLES DEL MÉTODO	POSIBILIDADES										OBSERVACIONES		
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenamiento	Distancia (m.)	Cantidad	Tiempo (min.)	Eliminar	Combinar		Secuenciar	Unificar
<input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto													
1 Verificar	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			1,76					
2 Al vehículo de carga	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6,33	0,23						Transporte a través de banda transportadora
3 Agrupar canastas en arrumes	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0,54						
4 Esperar arrume	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0,40						
5 Acomodar arrume en el vehículo	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0,18						
6 Verificar cantidades cargadas	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1,05						
7	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
8	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
9	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
10	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
11	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
12	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
13	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
14	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
15	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

Gráfica 13. Diagrama de recorrido



### 7.1.1 Análisis de los diagramas.

Según el diagrama de operaciones, el proceso de distribución interna, el cual inicia con el embalaje de producto terminado y finaliza con la verificación del despacho, está compuesto por ocho operaciones y tres inspecciones.

Así mismo, de acuerdo a este diagrama se pudo establecer que el tiempo total del proceso en análisis es de 23,38 minutos representados en las operaciones e inspecciones que se realizan en este. Adicionalmente, se puede identificar que el tiempo de operación es de 17,81 minutos correspondientes al 74,33% del tiempo total del proceso del cual el tiempo de embalaje por arrume es el tiempo más alto, mientras que el tiempo de inspección es de 6,02 minutos equivalentes al 25,26% restante. Dichas inspecciones implican un reproceso y, por lo tanto, un incremento en el tiempo total del proceso de distribución interna.

El diagrama de flujo muestra todos los elementos que hacen parte del proceso en estudio: operaciones, inspecciones, transportes, almacenamiento y retrasos.

De acuerdo a la información consignada en este, se puede afirmar que el flujo de proceso es discontinuo y que, aunque el diagrama está compuesto en su mayoría por operaciones, el almacenamiento de producto en planta de manufactura representa la mayor cantidad de tiempo del proceso.

Adicionalmente, se puede analizar que de ser eliminado dicho almacenamiento se reduciría el tiempo de transporte de producto en un 25,28% ya que se omitiría el transporte al almacenamiento temporal y se almacenaría directamente en la bodega de despachos.

Otra de las variables que incrementa el tiempo de proceso es el transporte de canastas a través de la banda transportadora el cual se realiza con el fin de realizar la verificación, es decir, si se modifica este método de cargue se podría reducir el tiempo de transporte y de verificación y, por lo tanto, el tiempo total del proceso.

Por otra parte, es posible observar el retraso generado debido a la verificación que realiza el operario en la otra línea de empaque lo cual genera un tiempo muerto de producto embalado y un cuello de botella en el proceso. Los demás retrasos que muestra este diagrama, son esperas que se dan al inicio de cada proceso mientras el producto llega a cada parte de este para realizar la respectiva operación.



En el diagrama de recorrido se puede identificar gráficamente el flujo de proceso del producto terminado, iniciando en las máquinas empacadoras en donde se realiza el embalaje del producto y terminando en el vehículo donde se almacena dicho producto para su despacho.

En este diagrama, se puede observar que el recorrido sigue una ruta fija, y que la trayectoria no presenta ningún tipo de obstáculo para el transporte del producto. También se identifican las distancias recorridas por el operario para el transporte de producto embalado a las diferentes estaciones del proceso. La distancia total recorrida desde donde se forman los grupos de canastas hasta la banda transportadora es igual a 76,8 metros cuyo trayecto más largo corresponde al transporte de producto desde almacenamiento temporal en planta de manufactura hasta su almacenamiento en bodega de despachos. En este trayecto se recorren 51,9 metros.

## 7.2 ESTUDIO DE TIEMPOS

El estudio del trabajo incluye la medición del trabajo, cuyo propósito fundamental “es establecer estándares de tiempo para efectuar una tarea”<sup>13</sup>. Esta medición incluye el estudio de tiempos que busca determinar los tiempos estándar de operación, teniendo en cuenta los diferentes suplementos que puede presentar un trabajador en su entorno laboral.

Para realizar el estudio de tiempos se definió el inicio y el fin de cada operación con el fin de llevar un registro adecuado de los tiempos que serán observados y registrados en el estudio.

Las operaciones incluidas son:

- Embalar: Esta operación consiste en colocar la totalidad de unidades de producto en la canasta. Inicia cuando el ayudante de empaque toma la primera unidad de producto de la máquina empacadora y finaliza cuando se embala la última unidad de producto.
- Verificar: La operación inicia cuando el operario de verificación toma la canasta y empieza el conteo de las unidades que esta contiene. Finaliza cuando toma la canasta para apilarla.
- Apilar: Es la operación en la cual el operario de verificación toma la canasta de la mesa de embalaje (inicio) y la lleva a la estiba. La operación finaliza cuando el operario suelta la canasta.

---

<sup>13</sup>CHASE, Richard B. Administración de producción y operaciones manufactura y servicios. Bogotá, McGraw-Hill, 2003.p.423

- Alistar pedido: El inicio de la operación es cuando el ayudante empieza el recorrido hacia el almacenamiento de producto en la bodega de despachos y termina cuando deja el producto en la banda transportadora.
- Alimentar Banda: La operación empieza en el momento en que el ayudante toma la primera canasta para colocarla sobre la banda transportadora y finaliza cuando ubica la última canasta del grupo en la banda.
- Verificar: Cuando el veedor empieza a contabilizar y verificar el producto, se da inicio al proceso. Una vez pasa la canasta, el proceso de verificación finaliza.
- Agrupar: En esta operación el operario toma la canasta de la banda y va formando una torre colocando una encima de otra. El inicio de la operación es al tomar la primera canasta y finaliza cuando se forma el grupo, es decir, cuando coloca la última canasta.
- Acomodar: Cuando el grupo de canastas está completo y el ayudante que se encuentra dentro del vehículo carga el arrume en el carro metálico la operación inicia. Al descargar y ordenar el arrume dentro del vehículo la operación termina.

Existen diferentes métodos para registrar los tiempos a estandarizar, a) El método de medición por cronómetro en el cual, los tiempos son registrados de acuerdo a las observaciones que realiza el analista; y b) El muestreo de trabajo que “implica hacer observaciones intermitentes a lo largo de un prolongado periodo de tiempo...”<sup>14</sup>

Para la estandarización de los tiempos de operación de cada uno de los procesos en estudio se utilizó el método de estudio de tiempos por cronómetro debido a:

- Es un método que permite registrar todos los elementos que hacen parte de la operación.
- Es un método recomendable para operaciones cortas.

Una vez definido el método del estudio de tiempos, se realizó un pre-muestreo, a partir del cual se calcularon el número total de observaciones teniendo en cuenta la media, la desviación estándar y el valor de probabilidad que se muestra en la tabla de la distribución T-student (Ver anexo D) para una confiabilidad de 95% con una probabilidad de error de 5%.

---

<sup>14</sup> KRICK, E.V., Ingeniería de métodos, México, Limusa, Décima impresión, 1991. p. 227

Tabla 7. Pre-muestreo Operación Embalar

EMBALAJE	
No. Obs.	Tiempo
1	0,470
2	0,483
3	0,526
4	0,611
5	0,550
6	0,538
7	0,443
8	0,549
9	0,592
10	0,493
11	0,482
12	0,561
13	0,609
14	0,607
15	0,595
16	0,463
17	0,479
18	0,481
19	0,478
20	0,486
<b>Media</b>	0,525
<b>Desviación</b>	0,0559
<b>t = n-1</b>	19
<b>T-student</b>	1,729
<b>Error</b>	5%
<b>No. Obs.</b>	<b>14</b>

FUENTE: Elaboración propia

Siguiendo la misma metodología se realizó el pre-muestreo para las demás operaciones el cual se puede observar en el anexo E para el área de embalaje y en el anexo F para las operaciones del área de despachos. Los resultados obtenidos fueron:

Tabla 8. Resultado pre-muestreo operaciones proceso de embalaje

<b>PROCESO DE EMBALAJE</b>			
	<b>EMBALAR</b>	<b>VERIFICAR</b>	<b>APILAR</b>
<b>n</b>	20	20	20
<b>Media</b>	0,525	0,155	0,039
<b>Desviación Estándar</b>	0,056	0,063	0,010
<b>Valor T-Student</b>	1,729	1,729	1,729
<b>No. Observaciones</b>	<b>14</b>	<b>194</b>	<b>83</b>

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9. Resultado pre-muestreo proceso de despachos

<b>PROCESO DE DESPACHOS</b>					
	<b>ALISTAR PEDIDO</b>	<b>ALIMENTAR BANDA</b>	<b>VERIFICAR</b>	<b>AGRUPAR</b>	<b>ACOMODAR</b>
<b>N</b>	20	20	20	20	20
<b>Media</b>	0,633	0,463	0,053	0,450	0,180
<b>Desviación Estándar</b>	0,1343	0,0264	0,0162	0,0543	0,0323
<b>Valor T-Student</b>	1,729	1,729	1,729	1,729	1,729
<b>No. Obs.</b>	<b>54</b>	<b>4</b>	<b>110</b>	<b>17</b>	<b>39</b>

FUENTE: Elaboración propia

Posteriormente, se realizaron las observaciones para cada una de las operaciones del proceso (Ver anexo G) registrando el rating factor<sup>15</sup> observado con el fin de determinar el tiempo normal de operación, el cual por definición es:

$$T_n = \text{Tiempo observado} \times \text{RF}^{16}$$

Una vez determinado el tiempo normal, se contemplaron los suplementos existentes en cada uno de los procesos (ver anexo H) para calcular el tiempo estándar de cada una de las operaciones. Dichos suplementos son ajustes que

<sup>15</sup> Se define el Rating factor como el valor cuantitativo que se le da al trabajador teniendo en cuenta su ritmo de trabajo. Este valor se aplica al tiempo observado para determinar el tiempo normal de operación.

<sup>16</sup> NIEBEL, Freivalds. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. p. 343

se realizan al tiempo normal relacionados con retrasos inevitables tales como fatiga, necesidades personales, paradas inevitables entre otros.

Tabla 10. Resumen tiempo estándar proceso de embalaje.

<b>RESUMEN ESTUDIO DE TIEMPOS</b>				
<b>ÁREA: Manufactura</b>				
<b>PROCESO: Embalaje de producto terminado</b>				
<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO NORMAL</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>SUPLEMENTOS</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>
<b>Embalar</b>	0,491	20	20%	11,78
<b>Verificar</b>	0,134	20	20%	3,22
<b>Apilar</b>	0,044	20	20%	1,08
<b>TIEMPO DE CICLO (Min)</b>				<b>16,08</b>

FUENTE: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el tiempo registrado para cada una de las operaciones del proceso de embalaje corresponde al tiempo de operación por canasta, se determinó una frecuencia de 20 canastas las cuales forman un grupo, lo cual genera como resultado el tiempo estándar de operación por cada arrume estibado.

Tabla 11. Resumen tiempo estándar proceso de cargue de vehículos.

<b>RESUMEN ESTUDIO DE TIEMPOS</b>				
<b>ÁREA: Despachos</b>				
<b>PROCESO: Cargue de vehículo</b>				
<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO NORMAL</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>SUPLEMENTOS</b>	<b>TIEMPO ESTÁNDAR</b>
<b>Alistar pedido</b>	0,512	1	22%	0,624
<b>Alimentar banda</b>	0,476	1	22%	0,58
<b>Verificar</b>	0,053	1	22%	0,065
<b>Agrupar</b>	0,441	1	22%	0,538
<b>Acomodar</b>	0,147	1	22%	0,18
<b>TIEMPO DE CICLO</b>				<b>1,99</b>

FUENTE: Elaboración propia

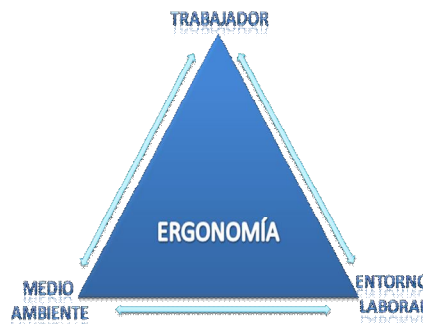
En cuanto al proceso de cargue, la frecuencia está relacionada con el grupo de canastas, es decir, los tiempos registrados para cada operación se tomaron para cada grupo que se cargaba al vehículo.

### 7.3 ESTUDIO ERGONÓMICO

Uno de los aspectos fundamentales que puede ser determinante para el buen desempeño de una tarea específica es la ergonomía, definida como “el estudio de los requerimientos físicos y cognoscitivos de trabajo para garantizar un lugar de trabajo seguro y productivo”<sup>17</sup>, y hace referencia a la relación entre el trabajador (capacidades y limitaciones), el medio ambiente (condiciones atmosféricas y ambientales) y su entorno laboral (máquinas, equipos y/o herramientas).

La gráfica 14 muestra el esquema general de la Ergonomía en donde se puede observar la relación e interacción de cada uno de los elementos que hace parte de esta.

Gráfica 14. Esquema Ergonomía



FUENTE: Análisis cualitativo de la actividad. Apuntes universitarios. U. Javeriana. 2007

#### 7.3.1 Análisis ergonómico de los puestos de trabajo en las Áreas de embalaje y despachos.

Para el análisis del puesto de trabajo de los operarios de las Áreas de embalaje y despachos en la Empresa Panificadora se utilizó el método RULA el cual es utilizado “para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos en los miembros superiores del cuerpo: posturas, repetitividad de movimientos, fuerzas aplicadas, actividad estática del sistema musculoesquelético”<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> LADOU, Joseph: Medicina laboral y ambiental. México. Manual Moderno: 1999. p.47

<sup>18</sup> <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

Este método se basa en la observación y utiliza diagramas de posturas del cuerpo a las que asigna una puntuación que refleja la exposición a los factores de riesgo que evalúa.<sup>19</sup>

Siguiendo la mencionada metodología de análisis (En el anexo I se explica el método RULA), se realizó la evaluación a cada puesto de trabajo que interviene en el proceso en estudio teniendo en cuenta las posturas más críticas de cada uno de estos. Las fotografías que se muestran en cada puesto de trabajo son una adaptación de las posturas que se presentan, esto debido a las restricciones que se tiene en cuanto al manejo y presentación de la información por parte de la Empresa Panificadora.

Los resultados obtenidos con la aplicación del método rula se pueden observar en las tablas 12, 13, 14, 15 y 16 las cuales se muestran a continuación:

---

<sup>19</sup> Práctica No. 6. Evaluación ergonómica de riesgos posturales: RULA. Laboratorio Análisis de Operaciones. Pontificia Universidad Javeriana.

Tabla 12. Aplicación método RULA para ayudante de empaque

AYUDANTE EMBALAJE			
			
GRUPO	PARTE	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
<b>GRUPO A: Miembros superiores</b>	Brazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión 45°</li> <li>Brazos abducidos</li> </ul>	3
	Antebrazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión °</li> </ul>	3
	Muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión 17°</li> </ul>	4
	Giro muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronación en rango medio</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO A</b>			<b>5</b>
<b>GRUPO B: Piernas, tronco y cuello</b>	Cuello	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión de 20°</li> </ul>	3
	Tronco	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sentado</li> </ul>	1
	Piernas	<ul style="list-style-type: none"> <li>De pie</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO B</b>			<b>3</b>
<b>PUNTUACIÓN C (Total Grupo A + cargas o fuerzas)</b>			<b>8*</b>
<b>PUNTUACIÓN D (Total Grupo A + cargas o fuerzas)</b>			<b>6*</b>
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>7</b>



Tabla 13. Aplicación método RULA para ayudante verificador


VERIFICADOR			
			
GRUPO	PARTE	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
<b>GRUPO A: Miembros superiores</b>	Brazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexión 135°</li> <li>• Brazos abducidos</li> </ul>	5
	Antebrazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexionado 31°</li> </ul>	1
	Muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensión 19°</li> <li>• Pronación en rango medio</li> </ul>	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>•</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO A</b>			<b>5</b>
<b>GRUPO B: Piernas, tronco y cuello</b>	Cuello	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extensión</li> </ul>	4
	Tronco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• °0</li> </ul>	2
	Piernas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De pie</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO B</b>			<b>5</b>
<b>PUNTUACIÓN C</b> (Total Grupo A + cargas o fuerzas)			<b>6*</b>
<b>PUNTUACIÓN D</b> (Total Grupo A + cargas o fuerzas)			<b>6*</b>
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>7</b>

Tabla 14. Aplicación método RULA para ayudante de banda

AYUDANTE DE BANDA			
			
GRUPO	PARTE	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
<b>GRUPO A: Miembros superiores</b>	Brazo	• Ángulo 87°	4
	Antebrazo	• Ángulo °	1
	Muñeca	• Extensión 31°	3
	Giro de muñeca	Pronación en rango medio	1
<b>TOTAL GRUPO A</b>			<b>4</b>
<b>GRUPO B: Piernas, tronco y cuello</b>	Cuello	• Extensión	4
	Tronco	• Flexionado 86°	4
	Piernas	• De pie	1
<b>TOTAL GRUPO B</b>			<b>7</b>
<b>PUNTUACIÓN C (Total Grupo A+cargas o fuerzas)</b>			<b>7*</b>
<b>PUNTUACIÓN D (Total Grupo A+cargas o fuerzas)</b>			<b>10*</b>
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>7</b>

Tabla 15. Aplicación método RULA para ayudante vehículo


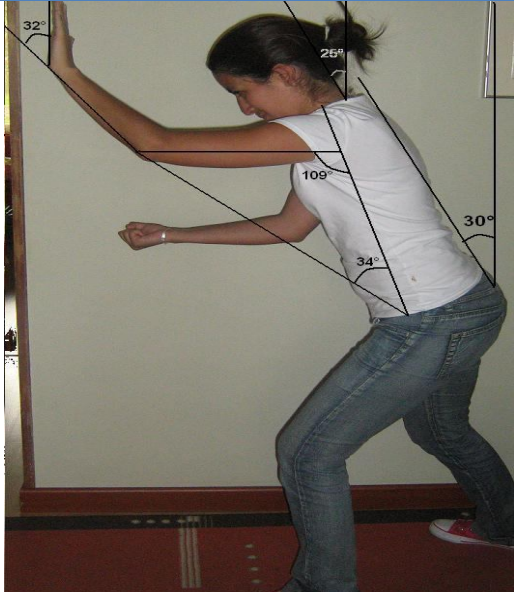
AYUDANTE VEHÍCULO			
			
GRUPO	PARTE	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
<b>GRUPO A: Miembros superiores</b>	Brazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión 74°</li> <li>Brazos abducidos</li> </ul>	4
	Antebrazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexionado 168°</li> </ul>	1
	Muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexionada 24°</li> </ul>	3
	Giro muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pronación en rango medio</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO A</b>			<b>4</b>
<b>GRUPO B: Piernas, tronco y cuello</b>	Cuello	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión de 9°</li> </ul>	2
	Tronco	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexionado 60°</li> </ul>	4
	Piernas	<ul style="list-style-type: none"> <li>De pie</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO B</b>			<b>5</b>
<b>PUNTUACIÓN C (Total Grupo A + cargas o fuerzas)</b>			<b>7*</b>
<b>PUNTUACIÓN D (Total Grupo A + cargas o fuerzas)</b>			<b>8*</b>
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>7</b>

Tabla 16. Aplicación método RULA para ayudante de transporte.

AYUDANTE DE TRANSPORTE			
			
GRUPO	PARTE	DESCRIPCIÓN	PUNTUACIÓN
<b>GRUPO A: Miembros superiores</b>	Brazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ángulo 109°</li> <li>• Brazos abducidos</li> </ul>	5
	Antebrazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ángulo 34°</li> </ul>	1
	Muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ángulo 32°</li> </ul>	3
	Giro de muñeca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pronación en rango medio</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO A</b>			<b>5</b>
<b>GRUPO B: Piernas, tronco y cuello</b>	Cuello	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexionado 25°</li> </ul>	3
	Tronco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexionado 30°</li> </ul>	3
	Piernas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De pie, simétricamente distribuido</li> </ul>	1
<b>TOTAL GRUPO B</b>			<b>4</b>
<b>PUNTUACIÓN C (Total Grupo A+cargas o fuerzas)</b>			<b>9</b>
<b>PUNTUACIÓN D (Total Grupo A+cargas o fuerzas)</b>			<b>8</b>
<b>PUNTAJE TOTAL</b>			<b>7</b>

#### Análisis de resultados.

- De acuerdo con la aplicación del método RULA, es posible afirmar que todos los puestos de trabajo tienen un alto riesgo de acuerdo a las posturas más críticas de cada uno de estos.
- Los factores relacionados con la repetitividad de la tarea y la flexión de la muñeca, fueron los más representativos en la puntuación del ayudante de empaque.
- Respecto a los cargos de ayudante de banda y ayudante vehículo, los factores más significativos fueron el tronco debido a la postura al recoger y recibir la canasta y la repetitividad de la tarea relacionada con el manejo de cargas. Existe una postura inadecuada al momento de levantar la carga, puesto que la fuerza la realiza la espalda.
- Teniendo en cuenta que, la operación de transporte por grupos de canastas de planta de manufactura a bodega es desempeñada por tres operarios, los cuales deben realizar en promedio 500 recorridos diarios, y que el ayudante de transporte en planta debe realizar la operación 53 veces por hora, el ítem más relevante al evaluar la postura del cargo es la repetitividad de la tarea y la carga que deben empujar, la cual es en promedio de 126 kg.

En los cargos donde se realizan movimientos repetitivos existe un alto riesgo de sufrir enfermedades relacionadas con el aparato locomotor<sup>20</sup> tales como: síndrome del túnel carpiano, epicondinitis, síndrome del túnel radial, tendinitis entre otras. (Ver anexo I).

Este tipo de enfermedades representan el 22% de los diagnósticos de enfermedades profesionales y generales en la Empresa Panificadora en el año 2008.

Por otra parte, en los puestos de trabajo en donde se manipulan cargas, los operarios tienden a padecer enfermedades profesionales entre las cuales están: tendinitis, ruptura o hernia del disco intervertebral y dolor lumbar por sobre carga entre otras (Ver anexo J)

Entre las personas que sufrieron algún tipo de enfermedad profesional en el periodo de tiempo de 2008, el 2.3% de estas son trabajadores que no pudieron continuar realizando las actividades que desempeñaban por restricción médica

---

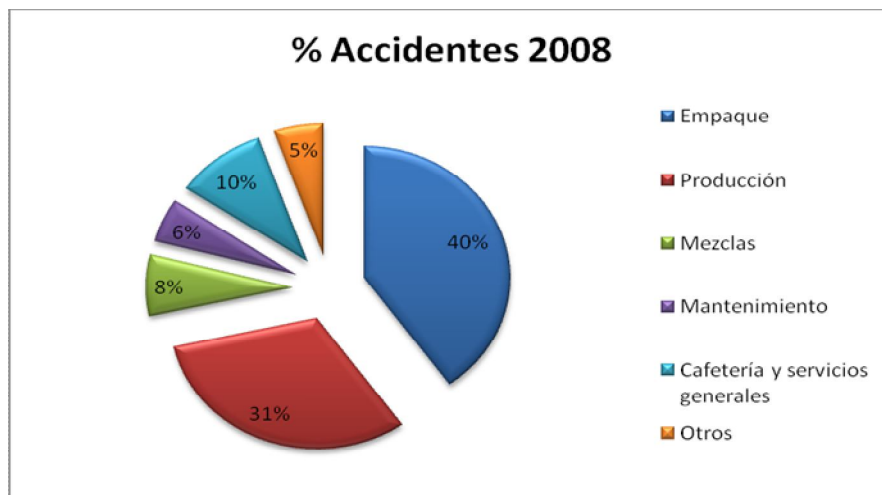
<sup>20</sup> Compuesto por el sistema osteoarticular (huesos, articulaciones y ligamentos) y el sistema muscular (músculos y tendones).

y, por lo tanto, debieron ser reubicadas. Algunas de estas personas se encuentran en el área de despachos realizando la función de verificación, la cual no agrega ningún tipo de valor al proceso debido a que en esta área existe un cargo cuya finalidad es la verificación del producto embalado mientras este pasa por la banda transportadora para el cargue del vehículo.

Uno de los conceptos que está relacionado con la ergonomía, es el concepto de seguridad industrial que tiene como objetivo principal la prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de acuerdo a unos procedimientos o técnicas que permitan la disminución del riesgo en cada área o puesto de trabajo.

De acuerdo con información suministrada por la Empresa Panificadora, y como se muestra en la gráfica 15, el área que presenta un mayor número de accidentes es el Área de empaque los cuales engloban el 39.50% de los accidentes que se presentaron en el año 2008.

Gráfica 15. Porcentaje de Accidentes por área



FUENTE: Informe de gestión. Departamento de Medicina Preventiva y Salud Ocupacional. 2008. La Empresa Panificadora.

#### 7.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el diagrama de operaciones se puede observar el reproceso que existe en la verificación. Además, es posible observar que el 25% del tiempo total del proceso representado en este diagrama corresponde a las inspecciones que se ejecutan.

Por otra parte, de acuerdo con diagrama de flujo, se puede identificar que uno de los puntos críticos es la verificación, debido a que se genera un tiempo muerto de producto embalado mientras el operario realiza la verificación en la otra línea que tiene asignada. Adicionalmente, al momento de realizar la operación, el tiempo de verificación tiene una variabilidad según el número de canastas acumuladas, lo cual, en muchas ocasiones, no garantiza que el mencionado proceso se realice correctamente.

Otro de los aspectos importantes a destacar es el retraso en el proceso general de despachos debido al almacenamiento temporal de producto terminado, mientras es desocupada la bodega de despachos con los pedidos del día anterior. El tiempo de almacenamiento es de 1200 minutos y representa un área promedio de 6242.184 m<sup>2</sup> en la planta de manufactura.

En el diagrama de recorrido se puede observar el proceso del producto referencias 1.F Y 1.K desde su embalaje hasta el cargue en el vehículo. En este diagrama se puede identificar el área de almacenamiento y la distancia que recorre el producto la cual es igual a 81,8 metros.

Las distancias recorridas por cada producto desde el embalaje hasta el cargue de los vehículos se pueden observar en la tabla 17. Estas distancias representan el transporte de las líneas de empaque al almacenamiento en planta, el transporte de almacenamiento en planta a bodega de despachos y el transporte de almacenamiento en bodega al vehículo de carga.

Tabla 17. Distancia recorrida por producto.

DISTANCIAS RECORRIDAS (Mts.)				
PRODUCTO	Almacenamiento en Planta	Almacenamiento en bodega	Vehículo de carga	TOTAL
Referencia 1.G,L,N,O	19,2	52,8	10,5	82,5
Referencia 1.M,Ñ.	12,8	40,8	12,8	66,4
Referencia 1.G,H,I,J	6,4	28	11,4	45,8
Referencia 1.A	5,6	64,8	8,2	78,6
Línea 3	2,4	62,4	16,8	81,6
Referencia 1.K, F	9,6	51,9	20,3	81,8

FUENTE: La Empresa Panificadora



Las distancias que se muestran en la tabla anterior corresponden a un recorrido por cada arrume, es decir, el transporte de 20 canastas. El número total de recorridos diarios es en promedio de 2500 y varía de acuerdo al plan de producción y al pedido realizado por el cliente.

Específicamente en el área de despachos se pueden destacar los siguientes problemas:

- El tiempo del reproceso de verificación de producto al momento de ser transportado por las bandas es igual al 29% del tiempo total de operación teniendo en cuenta factores como la velocidad de la banda, el flujo continuo de producto y la longitud de la banda transportadora.
- El proceso de verificación de productos con la mayor cantidad de unidades embaladas hace que en ocasiones se detenga la banda transportadora con el fin de detectar las posibles inconformidades y, por lo tanto, genera un retraso en el proceso de cargue de los vehículos.
- En el proceso se generan tiempos muertos de operación: un retraso generado mientras se alimenta la banda transportadora; una espera mientras la primera canasta llega al vehículo a través de la banda transportadora para ser apilada y un tiempo muerto mientras se agrupan las canastas dentro del vehículo para ser acomodado dentro de este. Este tiempo equivale al 11,73% del tiempo total de proceso.
- El tiempo total de cargue es:

Tabla 18. Tiempo promedio de cargue por vehículo

TIEMPO DE CARGUE		
VEHICULO	TIEMPO	CANASTAS
KODIAK	80.28 min.	1440
MULA	91.21 min.	1560
C-70	70.17 min.	1313

FUENTE: Elaboración propia

Por otra parte, el tiempo total de operación de despachos (que incluye el cargue de vehículos, transporte de producto a las agencias, descargue de producto en las agencias y regreso a la planta), hace que se generen tiempos compensatorios debido a que, con el método de cargue por bandas transportadoras, el turno de trabajo por trabajador es insuficiente para cumplir con los despachos programados. Estos tiempos representan la ausencia de cierto número de trabajadores por día y representan unos costos asociados a



dicho tiempo adicional. En la tabla 19 se puede identificar el tiempo promedio de compensatorio y los costos asociados.

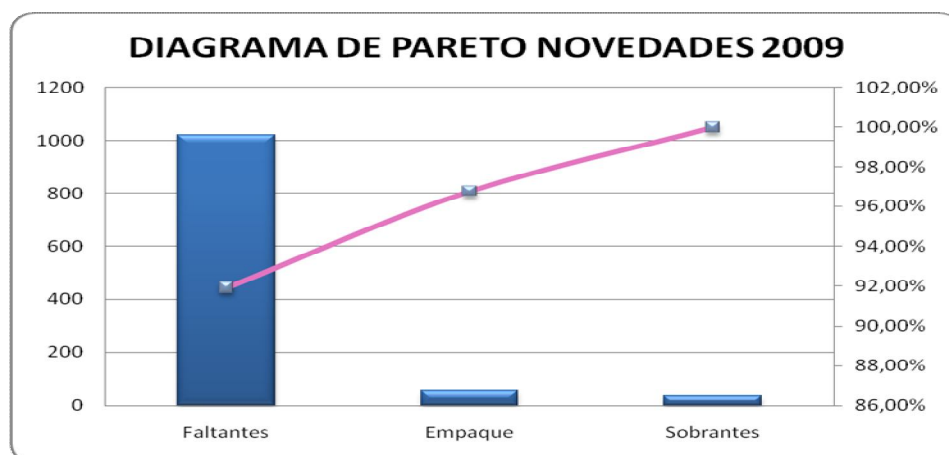
Tabla 19. Promedio semanal tiempos compensatorios.

TIEMPO COMPENSATORIO (SEMANAL)		
CARGO	No. HORAS	COSTOS
Veedor	43,5	\$ 323.862,17
Ayudante Transportes	116,5	\$ 623.085,80
Conductor supernumerario	10	\$ 101.036,74
Conductor tractomula	12,24	\$ 154.586,23
Conductor C70	24	\$ 200.786,76
<b>TOTAL</b>	<b>206,24</b>	<b>\$ 1.403.357,70</b>
<b>No. DÍAS A COMPENSAR</b>	<b>26</b>	

FUENTE: Área de despachos. La Empresa Panificadora.

Adicionalmente, en el proceso de verificación que se realiza en el área de despachos se lleva un control de las inconformidades encontradas en cuanto a faltantes, sobrantes y novedades de calidad. Teniendo en cuenta la información suministrada, se realizó un diagrama de Pareto con las principales novedades para identificar el principal inconveniente a atacar en el desarrollo del proyecto y en el planteamiento de las alternativas.

Gráfica 16. Diagrama de Pareto Novedades.

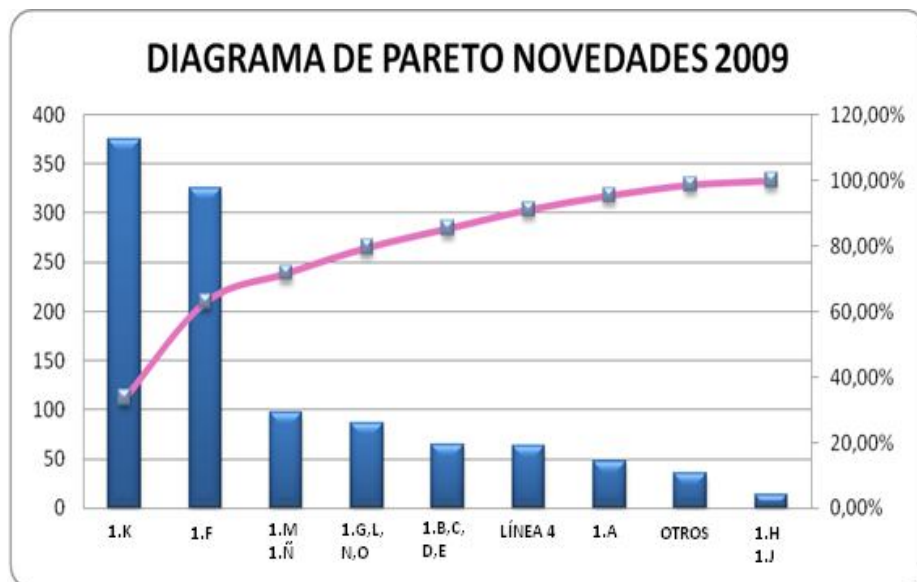


FUENTE: Informe Novedades Febrero 2009. Área de despachos. La Empresa Panificadora.

Según el diagrama, se puede concluir que la mayor parte de las inconformidades está representada por los faltantes de producto en las canastas; es decir, si se eliminan las causas que ocasionan esta novedad se puede garantizar un mejoramiento general del proceso.

A continuación se muestra el diagrama de Pareto en el cual se pueden identificar los productos que presentan un mayor número de novedades. El 80% de esas novedades está representado en los siguientes productos: 1.M, 1.Ñ, 1.F, 1.K. Este resultado se suma a los argumentos planteados en la descripción de la situación actual en cuanto a la delimitación del estudio del proceso de embalaje al estudio en la línea donde se empaacan las referencias 1.F y 1.K

Gráfica 17. Diagrama de Pareto. Novedades de producto por referencia



FUENTE: Informe Novedades Febrero 2009. Área de despachos. La Empresa Panificadora.

En cuanto a los resultados del análisis ergonómico y, de acuerdo a los resultados obtenidos en la aplicación del método RULA, se puede afirmar que uno de los problemas es la susceptibilidad a sufrir enfermedades profesionales en cada uno de los cargos por lo que es importante hacer modificaciones en los puestos de trabajo o en las tareas que ejecuta cada operario analizado.

## **8. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTAS ALTERNATIVAS AL PROBLEMA BASADAS EN PROCESOS DE AUTOMATIZACIÓN**

La Empresa Panificadora es una empresa que actualmente se encuentra en proceso de cambio y transición encaminados a la expansión y el aumento de la capacidad productiva. Una de sus metas proyectadas, es el crecimiento del 16% en la producción para lo cual requieren un incremento de la eficiencia y mejoramiento en cada uno de los procesos que hacen parte de la cadena de abastecimiento; razón por la cual se proponen alternativas de solución basadas en la automatización industrial.

Una de las justificaciones para la aplicación de la automatización industrial en la línea de producto seleccionada para el estudio, es la estrategia de mercadeo que se lleva a cabo actualmente, la cual está basada en el crecimiento intensivo a través de la penetración. Esta estrategia busca el incremento de las ventas ya que intenta convencer al cliente de aumentar el consumo del producto a través de asociaciones y convenios con otras empresas.

Entre los aspectos a resaltar, la implementación de sistemas basados en la automatización industrial, permiten la reducción de los tiempos de operación en el área de distribución y de esta manera, es posible responder oportunamente a los diferentes clientes. Adicionalmente, se espera una disminución de los costos asociados a las novedades de calidad en el área de embalaje respecto a faltantes o sobrantes por canasta embalada.

Todo esto se traduce en el incremento de la productividad y en la disminución del tiempo de ciclo del producto, además de constituirse en una ventaja competitiva para la empresa ya que una de las ventajas de la automatización está relacionada con el mejoramiento de los procesos y el aumento de la calidad en cada uno de estos.

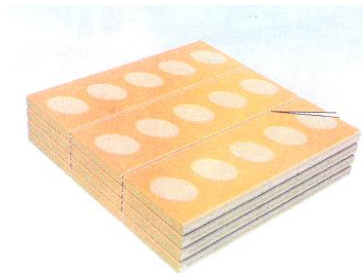
Finalmente con las propuestas planteadas se pretende eliminar el riesgo al cual se encuentra sometido el trabajador en cada uno de los puestos de trabajo analizados y poder eliminar una de las causas de enfermedad profesional dentro de la organización.

Las alternativas que se describen a continuación integran el uso de tecnología neumática, robótica y electrónica con el fin de mejorar la eficiencia y eliminar los problemas existentes en el proceso.

## 8.1 PROPUESTA No. 1: SISTEMA NEUMÁTICO DE EMBALAJE

Esta propuesta se basa en elementos neumáticos a través de los cuales se coloca el producto en cada una de las canastas. Al ser empacado, el producto sale de la máquina a la banda transportadora, y por medio de un sensor óptico que detecta la presencia de producto se forma un grupo de 3 unidades las cuales se transportan con la ayuda de un actuador a la siguiente parte del mecanismo para formar la matriz que se muestra en la gráfica 18.

Gráfica 18. Matriz



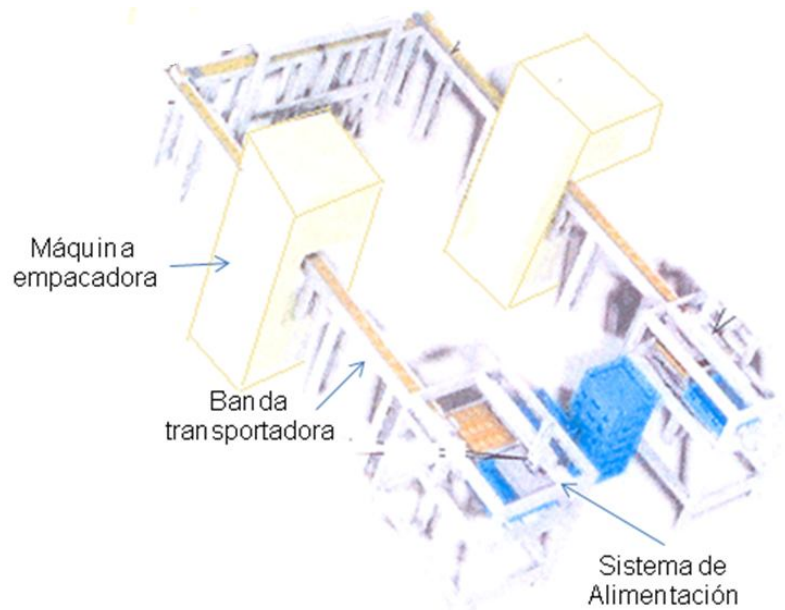
FUENTE: FESTO

Cuando se forma la matriz, compuesta por 15 unidades de producto, estas se embalan en la canasta a través de un sistema de vacío formado por un grupo de ventosas manejadas por un sistema compensador de altura que permite su manipulación. La cantidad de producto embalada en cada canasta es de 60 unidades. El sistema es controlado a través de un controlador lógico programable (PLC).

La alimentación y extracción de las canastas al sistema se realiza de forma manual por un operario encargado de esta actividad, el cual apila las canastas con producto terminado para su transporte a la bodega de despachos.

A continuación se muestra el plano de situación en el cual se plasma la relación entre los elementos que componen el sistema y los recursos actuales de la empresa, y la forma cómo el sistema se adapta a las condiciones e infraestructura existente en la Empresa Panificadora.

Gráfica 19. Gráfico de situación Propuesta 1



FUENTE: Cotización sistema de embalaje. FESTO

En la gráfica 20 se puede observar el detalle del sistema de alimentación a la canasta donde se muestran los elementos que hacen parte del sistema que se especifican en la tabla 20.

Gráfica 20. Detalle del sistema propuesta 1

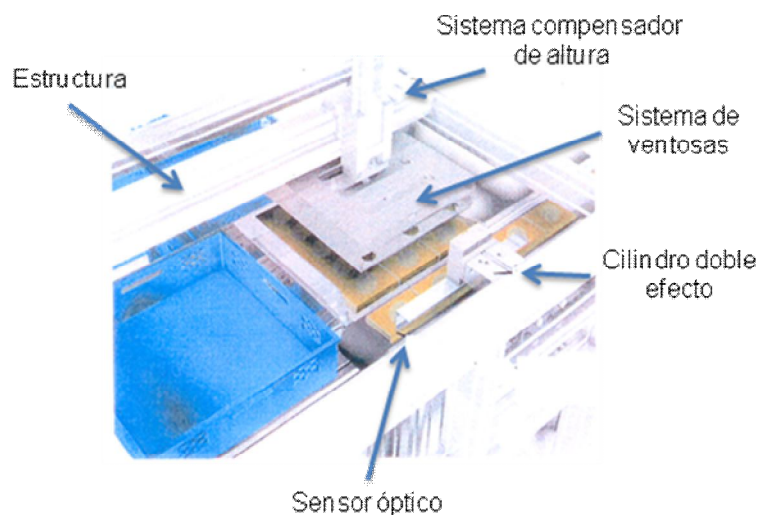


Tabla 20. Elementos Propuesta 1.

ELEMENTO	FUNCIÓN
<b>Banda Transportadora.</b>	Transporte de producto de máquina empacadora a
<b>Sensor óptico</b>	Detección de presencia del producto.
<b>PLC</b>	Manejo del sistema y control del proceso.
<b>Estructura en perfil de aluminio</b>	Soportar los componentes del sistema.
<b>Ventosas de vacío</b>	Manipulación de la matriz para el embalaje de producto en la canasta.
<b>Cilindro neumático doble efecto</b>	Alineación de producto para conformación de matriz

FUENTE: Elaboración propia

Con la implementación del mecanismo descrito, es posible incrementar la velocidad de empaque del producto en un 15%, es decir, que será posible incrementar de 140 unidades empacadas por minuto, a 160 unidades.

Otro de los beneficios del sistema es la eliminación de las novedades actualmente existentes en el embalaje ya que, al ser un sistema automatizado, este garantiza el embalaje de las 60 unidades de producto.

Uno de los inconvenientes que se pueden traducir en desventaja para el sistema descrito, es la reducción en el número de unidades embaladas por canasta para una de las referencias de la línea debido a la infraestructura y funcionamiento del mecanismo, el cual impide que se embalen 69 unidades de producto debido a la manera como las 9 unidades restantes se embalan dentro de la canasta, lo cual requiere un alto grado de precisión y un cambio de posición del producto que el mecanismo propuesto no puede realizar.

El personal requerido para el funcionamiento de la propuesta consta de:

- Un operario encargado de colocar las canastas vacías y retirar las canastas con producto embalado.

Es importante tener en cuenta que la empresa proveedora de la propuesta anterior realiza una capacitación de manejo del sistema, cuyos costos se encuentran incluidos en la cotización.

## 8.2 PROPUESTA No. 2 ISLA ROBOTIZADA

Este sistema propuesto funciona de la siguiente manera:

- El producto sale de la máquina empacadora a la banda transportadora que se encarga de su transporte hasta la isla robotizada.
- Cuando el producto termina su recorrido por la banda, llega a otra banda que facilita el distanciamiento de los productos para que un sistema de recolección vertical agrupe los productos cada 6 unidades con la ayuda de un sensor de proximidad.
- Al formarse el grupo de productos, el robot de dos ejes se encarga de su manipulación a través de un sistema de ventosas.
- La alimentación y extracción de canastas al sistema se debe realizar manualmente.

A continuación se describen los elementos que hacen parte de esta propuesta con su respectiva función dentro del mismo.

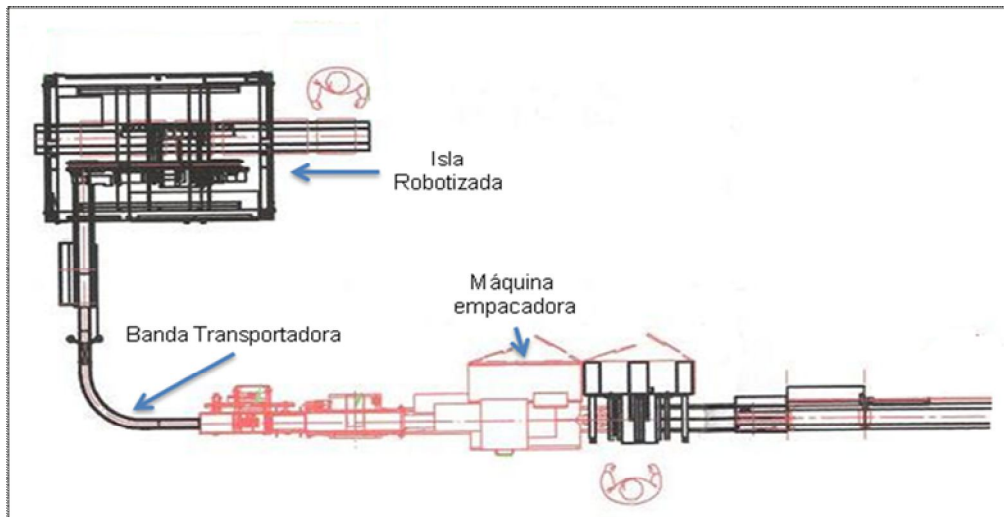
Tabla 21. Elementos propuesta 2

ELEMENTO	FUNCIÓN
<b>Banda Transportadora.</b>	Transportar el producto empacado de la máquina empacadora a la isla robotizada.
<b>Isla robotizada</b>	Tomar el producto, apilarlo y embalarlo en la canasta.
<b>Sistema de recolección vertical</b>	Es el sistema que apila el producto cuando este llega de la banda transportadora
<b>Sensor de proximidad</b>	Detecta la presencia del producto para apilarlo y llevarlo a la canasta.
<b>Sistema de mandriles y ventosas</b>	Toma el producto del sistema recolector y lo ubica en la canasta.

FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica 21, se muestra el diagrama de la propuesta donde se puede observar el área requerida para la implementación de la misma. Esta propuesta requiere un área mayor que la propuesta 1 debido a las dimensiones de la isla robotizada.

Gráfica 21. Diagrama propuesta 2



FUENTE: Cavanna.

En este mecanismo la velocidad estimada de embalaje es equivalente a 3.7 canastas por minuto lo que se traduce en un incremento del 85% respecto a la situación actual. Una de las razones que justifican este incremento es el aumento de la velocidad de empaque de 140 a 200 unidades por minuto. Así mismo, el sistema garantiza que el número de unidades embaladas siempre será el mismo.

La capacitación del funcionamiento y manipulación del mecanismo es realizada por la empresa proveedora la cual cubre los costos en la primera capacitación, en caso de requerir otra capacitación, la Empresa Panificadora asumiría el costo de esta.

Entre las desventajas del sistema se encuentra el área requerida para el montaje de la isla robotizada (igual a  $2,8 \text{ m}^2$ ), la cual aunque está disponible, quita movilidad dentro de la planta de manufactura.

Otra de las desventajas es que el sistema permite el embalaje de 54 unidades de producto lo cual implica una reducción del 22% y del 10% en las unidades embaladas para la referencia 1.k y 1.F respectivamente.



### 8.3 PROPUESTA No. 3: ROBOT IRB 360

“El Robot Institute of America define robot como” un dispositivo programable, multifuncional, y manipulante para mover material, piezas, herramientas o aparatos especializados con movimientos programados variables para el desempeño de una tarea”<sup>21</sup>.

Estos dispositivos, tienen diferentes aplicaciones, muchas de las cuales hacen relación a la ejecución de operaciones repetitivas, especialmente de aquellas que requieran un alto grado de precisión. En el presente caso, en labores tales como las que se desarrollan en la Empresa panificadora para adelantar algunos procesos llevados a cabo directamente por operarios, que son susceptibles de una posible automatización tendiente a la superación de las dificultades detectadas.

Como propuesta alternativa para dar solución a ese conjunto de problemas identificados en el estudio diagnóstico y en el estudio ergonómico de este trabajo, que afectan el proceso de embalaje que se lleva a cabo la Empresa, se propone el análisis, la evaluación e implementación del robot IRB 360, el cual se muestra en la gráfica 22 y cuyas características se describen a continuación.

Gráfica 22. ROBOT IRB 360



FUENTE: ABB

De acuerdo con la información suministrada y documentada por dicha empresa tecnológica, las características sobresalientes de esta solución son su velocidad, su alta capacidad de transporte de carga, su fiabilidad, exactitud y facilidad de uso. Adicionalmente, el robot ha sido configurado para propiciar una fácil tarea de limpieza y un ágil mantenimiento.

---

<sup>21</sup> SULE, Dilepp. Instalaciones de manufactura. Ubicación, planeación y diseño, México, Thomson, 2001.p.125

El actuador final para la manipulación del producto es una ventosa que funciona con vacío.

A continuación se presentan las tablas descriptivas de las especificaciones, desempeños, conexiones eléctricas, dimensiones físicas, condiciones ambientales requeridas y planos técnicos.

Tabla 22. Especificaciones técnicas ROBOT IRB360

ESPECIFICACIONES	VALOR
<b>Capacidad de carga</b>	1kg
<b>Número de ejes</b>	3
<b>Voltaje</b>	200-600V, 50/60 Hz
<b>Velocidad máxima</b>	10 m/s
<b>Aceleración máxima (aproximada)</b>	150 m/s <sup>2</sup>
<b>Rotación</b>	Ilimitada
<b>Dimensiones</b>	950 X 1050mm
<b>Peso</b>	120kg
<b>Temperatura ambiente</b>	0°-45°C
<b>Humedad relativa</b>	Máx. 95%

FUENTE: ABB

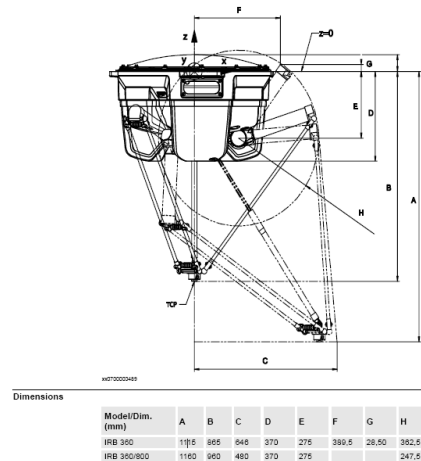
Según la velocidad y aceleración del robot es posible afirmar que, la productividad es 2 veces mayor respecto al operario, en este caso, se puede decir que por cada dos personas que realizaban la operación de embalaje, se necesita un robot.

Otro aspecto importante, es la precisión del robot para ejecutar la tarea que es uno de los factores que hacen la diferencia ya que se garantiza el embalaje completo en cada una de las canastas.

El espacio necesario para la operación del robot se puede observar en la gráfica 23. De acuerdo a esta se puede identificar que la altura máxima requerida es de 1160 mm, la cual se adapta al espacio en cada una de las

máquinas empacadoras. Al robot se encuentra asegurado al piso a través de una base metálica cuyas dimensiones son proporcionales al tamaño del robot.

Gráfica 23. Dimensiones del Robot IRB 360<sup>22</sup>.



FUENTE: ABB

Una de las desventajas de la implementación del robot IRB360, es que no permite el incremento significativo en el número de unidades empacadas por minuto respecto a la situación actual debido a la velocidad máxima que este puede alcanzar correspondiente al embalaje de 150 unidades por minuto.

<sup>22</sup> Tomado de [www.abb.com/robotic](http://www.abb.com/robotic)

#### 8.4 PROPUESTA 4: AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV)

Los AGV son vehículos autónomos que se mueven por caminos definidos y “se utilizan para mover material entre almacenes y estaciones de trabajo, así como entre las estaciones de trabajo”<sup>23</sup>. Estos vehículos son monitoreados a través de un sistema que utiliza una interfaz gráfica con el fin de verificar el estado del vehículo respecto a su funcionamiento y a las necesidades de mantenimiento o corrección de algún error que se presente.

Otras de sus características es que se pueden movilizar a través de tres diferentes tecnologías: por cable subterráneo, por línea de pintura o por medio de un sistema de navegación que calcula la trayectoria a base de giro de las ruedas y ángulo de la dirección.

El AGV está predispuesto para seguir un recorrido determinado, en función de la frecuencia a la cual esté sintonizado.

El conductor empotrado en el suelo viene alimentado con una señal senoidal que oscila a una frecuencia preestablecida, originando un campo magnético que viene detectado y discriminado por el sistema de guía del vehículo.

La lectura de la señal se realiza mediante dos bobinas que ingresan la tensión resultante a un amplificador discriminador. Este último, en función de la predisposición de frecuencia emitida por el PLC, pilota el equipo de servodirección manteniendo así el eje de la rueda directriz sobre el conductor de guía.

Con el fin de determinar el tipo de AGV que se puede implementar en la Empresa Panificadora para el manejo de material, se diligenció un formulario (Ver anexo M) en el cual se describe el tipo de material a transportar, las características de la carga en cuanto a sus dimensiones y peso, y el diagrama de recorrido del producto terminado que son los criterios que se deben tener en cuenta al momento de seleccionar el tipo de AGV que se adapta a estas condiciones.

---

<sup>23</sup> HWANG, Hark, MOON Seongwoo y MITSUO Gen. An integrated model for the design of end of aisle order picking system and the determination of unit load sizes of AGVs. En: Computer and industrial engineering. Vol 42; 2002

Una vez analizadas las características mencionadas se determinó que el AGV que se muestra en la gráfica 24 es el que se ajusta a las condiciones de carga de la Empresa para el transporte del producto terminado a su lugar de destino.

Gráfica 24. AGV



FUENTE: JBT Corporation

Este AGV, tiene una capacidad de 498 kg. El número de canastas transportadas por recorrido es de 20, distribuidas en grupos de 10 canastas a una velocidad de 1,6 metros por minuto.

Este tipo de vehículo opera a través de cable subterráneo y es controlado por el operario quien genera la orden para el movimiento del material por medio de la transmisión de datos a través de un PDA (Personal Digital Assistant). Cuando el arrume está listo para su transporte, el operario envía la orden y el vehículo se traslada al lugar indicado por este.

Cuando la carga está en el AGV, se genera la orden de movimiento a su destino, que, en este caso es la bodega de despachos.

El software empleado para el control del vehículo auto-guiado es un software desarrollado por la empresa proveedora del AGV, llamado "SGV Manager". Este sistema controla los movimientos realizados, el número de desplazamientos y los tiempos de operación del vehículo.

Las principales ventajas del transporte de carga a través del vehículo auto-guiado, es la velocidad con la que ejecutan su función. Además no es necesaria la intervención de operarios en el proceso el cual está controlado y puede realizarse de manera continua.

## 8.5 PROPUESTA No 5: ALMACÉN AUTOMÁTICO

El proceso de despachos incluye tanto el almacenamiento de producto terminado como el cargue de producto a los vehículos para ser distribuido a las diferentes agencias.

De acuerdo al análisis de la situación actual, se pudo determinar que uno de los cuellos de botella del proceso de distribución interna es el almacenamiento de producto terminado. Por este motivo, se propone implementar un sistema que maneje el inventario *just in time (JIT)*, que es un “sistema de flujo de materiales a través de la planta, el cual requiere un mínimo de existencias”<sup>24</sup>.

Debido a que la demanda de la Empresa Panificadora es estable y predecible, la implementación del sistema JIT se convierte en una ventaja para el proceso de distribución ya que al conocer las cantidades a producir y a despachar, el sistema puede responder a las necesidades de manera oportuna y eficiente.

Otras de las ventajas de su implementación, es la reducción de los inventarios, lo que implica la disminución del tiempo de almacenamiento de producto terminado y el aumento del ciclo de vida del producto. Adicionalmente, al utilizar dicha metodología, se pueden detectar rápidamente los problemas de calidad que se presenten en alguna parte del proceso y se reduce el tiempo de alistamiento de los pedidos.

Uno de los aspectos fundamentales para que la metodología propuesta se ejecute de manera óptima, es el manejo de la información en cada uno de los procesos. Es importante que, al momento de definir el programa de producción en la planta de manufactura, se programe el cargue de vehículos teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Número de despachos a realizar.
- Número de canastas a cargar por referencia de producto.
- Agencia a la cual se despacha el pedido.
- Hora de salida de los vehículos.

Es importante tener en cuenta que con las propuestas 1, 2, 3 y 4 se pretende que se elimine el almacenamiento temporal en planta, es decir, que una vez

---

<sup>24</sup> NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. Mc. Graw Hill. México: 2007. p.377

embalado el producto por el sistema o mecanismo elegido para dicho fin, el producto terminado será transportado a través del AGV directamente a la bodega de despachos en donde será almacenado y, según la disponibilidad de los vehículos, será cargado a estos para su despacho al cliente.

Un requerimiento necesario para realizar el cargue directo a los vehículos es la plataforma de carga, que va ubicada en cada vehículo para permitir el fácil acceso del producto. La plataforma funciona con un sistema electrohidráulico el cual es activado por el operario al momento de realizar el cargue. Entre las ventajas de este sistema está la facilidad de uso, la capacidad de carga, y la flexibilidad para adaptarse a cualquier superficie.

Gráfica 25. Plataforma de carga



FUENTE: Niken Colombiana

Tabla 23. Especificaciones Plataforma de carga

CARACTERÍSTICAS PLATAFORMA	
Funcionamiento	Electrohidráulico
Cilindros hidráulicos	1 de elevación
Capacidad máxima	1 tonelada
Dimensiones	213 X 91 cms.
Voltaje	12 vol.

Para implementar el sistema JIT en la Empresa Panificadora, se retoma la propuesta de manejo de material a través del AGV, el cual transporta el producto de la línea de embalaje a la bodega de despachos donde se propone la implementación de un almacén automático que se describe a continuación.

El almacén automático es un sistema que integra una serie de elementos con el fin de almacenar el producto terminado y alistar el pedido de acuerdo a las cantidades y referencias requeridas para cada vehículo. Este sistema opera a través de un software de gestión en el que se registran los ingresos de producto y la ubicación del mismo para mantener el inventario en tiempo real. Además, estos “integran múltiples funciones tales como almacenamiento, transporte, entrega y gestión y tienen muchos rasgos distintivos como la capacidad de almacenamiento masivo, la velocidad de rotación, la baja tasa de deterioro del producto y el fácil manejo”<sup>25</sup>.

Para determinar el tipo de almacén que se requiere de acuerdo a las características del proceso y a los recursos e infraestructura actual de la Empresa panificadora, se diligenció un cuestionario para el diseño del almacén el cual se puede observar en el anexo L.

Los principales criterios para la selección del almacén son el tipo de producto a almacenar, las dimensiones de la canasta, el área de bodega y el requerimiento promedio diario de almacenamiento.

En la gráfica 26 se muestra el modelo de almacén seleccionado y sus componentes los cuales se describen en la tabla 24.

---

<sup>25</sup> CHANG, Fa-liang, LIU Zeng-Xiao y XIN Zheng. Research on order picking optimization problem of automated warehouse. En: System engineering. Vol 27; 2007



Gráfica 26. Almacén automático



Tabla 24. Descripción de componentes del almacén automático

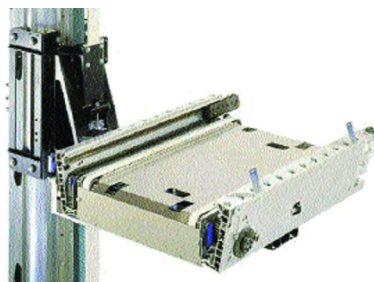
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<p><b>Robot Transelevador con estanterías</b></p>	<p>El transelevador es el robot encargado de realizar las operaciones de ubicación y de extracción de las cajas en las estanterías, así como de transportarlas y depositarlas en la mesa de cabecera del almacén.</p> <p>Tiene dos movimientos: longitudinal, a lo largo del pasillo guiado sobre un r�il, y vertical, a fin de ubicar las cajas en los distintos niveles y/o profundidades de las estanterías.</p> <p>Las estanterías están diseñadas para adaptarse perfectamente al movimiento del transelevador y para el almacenaje de cajas en altura. Su diseño permite un mayor aprovechamiento del espacio y un aumento de la capacidad de almacenaje, optimizando los movimientos del transelevador.</p>

<p><b>Zona de picking y manipulación</b></p>	<p>La cabecera del almacén (zona de picking y manipulación) está localizada en la parte frontal de las estanterías y realiza los movimientos mecánicos para acercar las cajas al operario para que las recoja</p> <p>Está formada por una serie de transportadores que facilitan la comunicación entre los puestos de trabajo y el transelevador, agilizando las entradas y salidas del sistema.</p> <p>Dos sistemas de transporte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodillos</li> <li>- Bandas/correas</li> </ul>
<p><b>Sistema de gestión</b></p>	<p>El sistema de gestión dirige todas las acciones de almacenaje, optimizando el tiempo y el uso de espacio en el almacén. Para la selección de sistema es importante tener en cuenta su funcionalidad, flexibilidad y facilidad de uso para lograr que la gestión del almacén sea lo más fluida posible y se pueda responder de manera eficiente a los problemas que se pueda presentar en la gestión del almacén.</p>

FUENTE: Catálogo Mecalux.

Existen diferentes mecanismos para recoger o extraer la canasta de la estantería donde se encuentra almacenada. El sistema para la extracción de las canastas propuesto para el almacén, es un sistema lateral debido a que permite que se recojan un mayor número de canastas en altura, es decir, permite la recolección de un grupo de canastas. El sistema hala las canastas que va a recoger sin necesidad de ingresar a la estantería donde estas se almacenan. Para la Empresa Panificadora, se propone el almacenamiento de cinco canastas por estantería. En la gráfica 27, se puede identificar dicho sistema.

Gráfica 27. Sistema de extracción de canastas



FUENTE: Catálogo Mecalux

Teniendo en cuenta el área de la bodega de despachos donde se implementaría el almacén, se determinaron sus características las cuales se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 25. Características almacén automático

<b>ALMACÉN AUTOMÁTICO</b>	
Longitud	20 metros
Ancho	22,5 metros
Altura	6 metros
Capacidad	45.000 canastas
Velocidad de translación	180 m/min
Velocidad de elevación	100 m/min
Peso máximo de la carga	50 kg

Entre las principales ventajas del almacén automático para la Empresa Panificadora está la eliminación del almacenamiento en la planta de la manufactura. Adicionalmente, el sistema incluye la entrada de producto, el almacenamiento y la preparación de los pedidos para el cargue a los diferentes vehículos.

Otra de las ventajas de la implementación radica en el control que se puede ejercer de la entrada y salida de producto desde la planta de manufactura y hacia los diferentes vehículos. Con este control, se pueden llevar estadísticas de unidades despachadas y de esta manera, poder plantear estrategias para la distribución a los diferentes puntos a donde se lleva el producto.

Por otra parte, se disminuye el tiempo de almacenamiento en la medida que se realice el cargue de los vehículos según la disponibilidad de estos. Esto implica que replantear el tiempo de cargue actual, que se realiza en horas de la mañana, y hacer un cargue en dos turnos con el fin de alistar y despachar el pedido de manera más eficiente. Para esto, es necesario tener en cuenta la restricción de los vehículos según la norma de pico y placa existente en Bogotá para la programación de los vehículos.

Los requerimientos de personal para la implementación de la propuesta No. 5 son los siguientes:

- Un operario encargado de el manejo del sistema de gestión del almacén, de monitorear las entradas y salidas de los productos a los diferentes vehículos.
- Los conductores de cada vehículo encargados de recibir las canastas suministradas por el almacén automático y acomodar los pedidos dentro del vehículo.

El tiempo estimado de instalación de cada una de las propuestas es de dos semanas, posteriormente, se debe realizar un periodo de prueba donde se identifiquen los problemas del funcionamiento de cada sistema y se realicen los ajustes necesarios al mismo.

Adicionalmente, en este tiempo se debe capacitar al personal: a los usuarios del sistema, jefes de área y personal de mantenimiento.

Una vez aprobado el funcionamiento del sistema esté empezará a operar en los diferentes turnos.

## 9. PRUEBAS REALIZADAS

### 9.1 SIMULACIÓN DE PROCESOS

La simulación es “una representación ficticia de una situación real, que se experimenta por un modelo que es una abstracción de la realidad”<sup>26</sup>. Esta representación se utiliza para realizar el análisis del proceso teniendo en cuenta los elementos que lo componen e identificar los problemas actuales de dicho proceso.

Otro de los usos es el poder prever el comportamiento del sistema si se le realizara algún tipo de modificación que cambie las condiciones iniciales con el fin de realizar las reformas necesarias antes de implementarlo en la situación real de la empresa, en general, la simulación permite apoyar el proceso de decisión.

El software escogido para realizar la simulación tanto de la situación actual, como de la propuesta, fue Promodel ya que es un software que permite simular cualquier tipo de sistema a partir de la creación de modelos de manera sencilla, y flexible.

Para construir los modelos, se realizó la prueba de bondad y ajuste con el fin de determinar la mejor distribución al momento de agregar los tiempos al modelo. Esta prueba se realizó con la ayuda del complemento de Promodel, Stat Fit, en el cual se insertaron los datos de la verificación que se lleva a cabo en el área de embalaje para determinar y graficar la distribución de probabilidad que más se ajusten a estos datos.

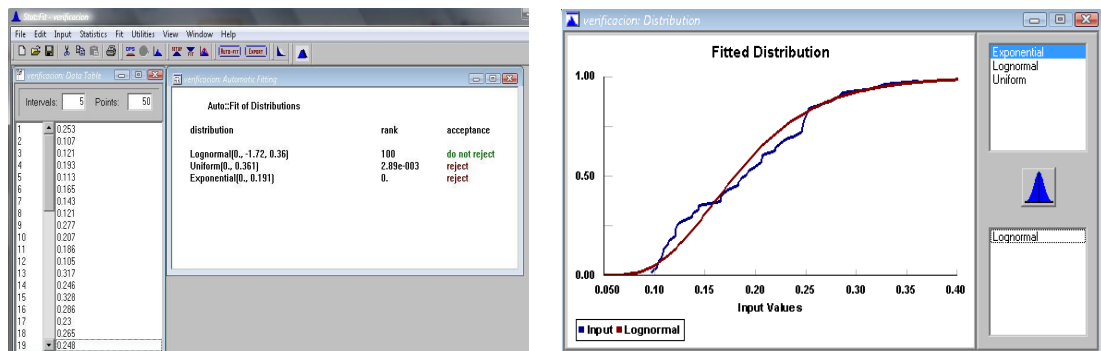
En cuanto a los tiempos de máquina de empaque, se programaron las llegadas de producto de acuerdo el estándar de la máquina que es igual a 140 unidades por minuto.

En la gráfica 28 se muestran los resultados obtenidos a partir de la prueba realizada para la verificación. Adicionalmente, se muestran respectivas gráficas de dichos resultados.

---

<sup>26</sup> BLANCO, Luis Ernesto. Simulación con promodel, Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia, 2001. p. 3.

Gráfica 28. Resultados Pruebas Stat Fit

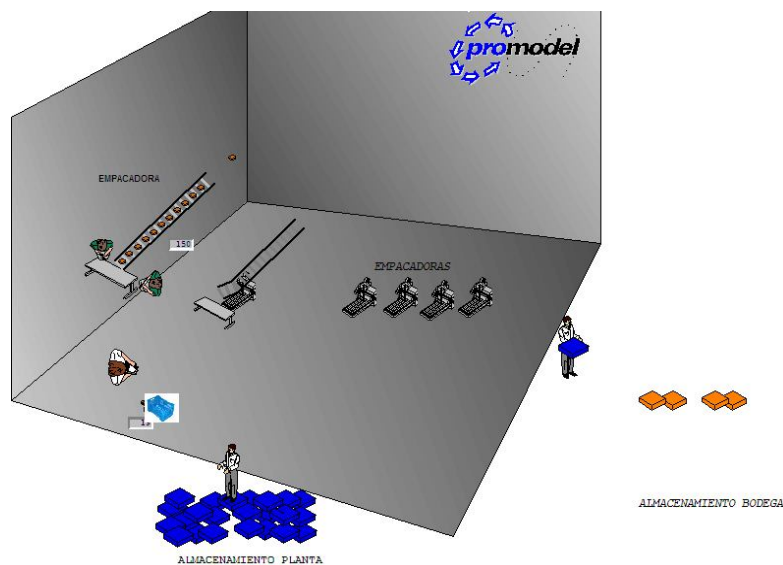


Los resultados obtenidos para el proceso de verificación muestran que la distribución que más se ajusta a los datos de entrada es la distribución lognormal, la cual se tuvo en cuenta en la programación del tiempo empleado para la ejecución de esta actividad.

Para modelar el proceso de distribución interna, se dividió la simulación en el proceso de embalaje y proceso de despachos debido a la limitación del Promodel (versión académica) el cual no permite exceder cierto número de locaciones.

La simulación del proceso de embalaje se realizó durante 24 horas, tiempo en la cual se embala y se almacenan los pedidos para el día siguiente. El ciclo de simulación finaliza a las 6:00 a.m.; momento en el cual se hace entrega del pedido diario del área de manufactura al área de despachos.

Gráfica 29. Proceso de embalaje en Promodel.



El proceso se simuló 10 veces para determinar un promedio de los resultados obtenidos en cada uno de estas corridas. Los resultados promedio se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 26. Resultados simulación proceso de embalaje.

ENTIDAD TOTAL SALIDAS	
<b>Producto</b>	155.940
<b>Arrume</b>	20
<b>Canasta</b>	2240

El promedio de unidades empacadas y despachadas en un día en la Empresa Panificadora por cada máquina es de 144917 unidades, lo cual valida el modelo con una desviación de 43297 unidades. Los resultados obtenidos en la simulación se encuentran en el rango respecto a la situación actual.

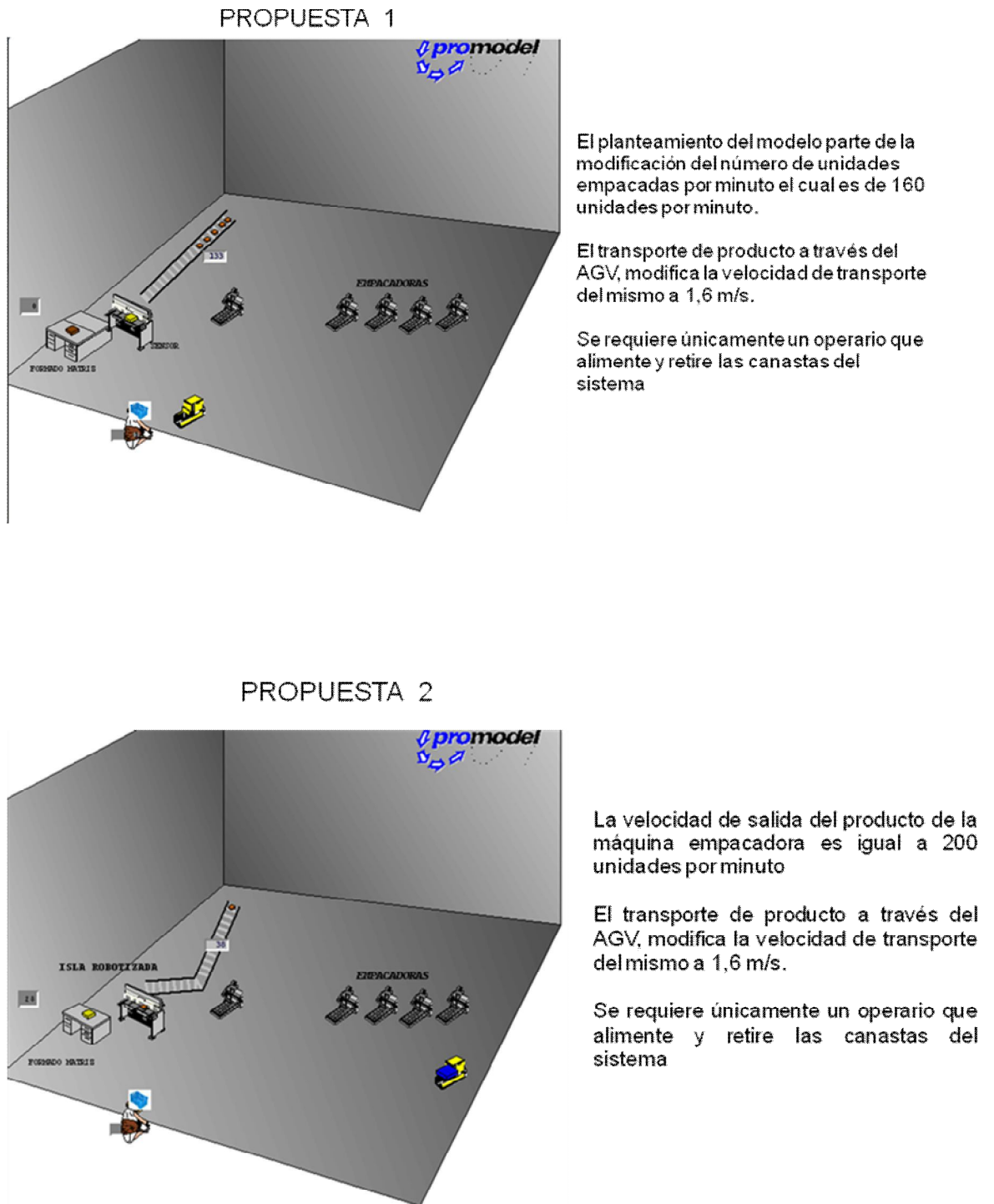
En cuanto a el porcentaje de utilización de los recursos se puede observar que el operario con mayor porcentaje de tiempo realizando la operación es el verificador debido a que está a cargo de dos líneas de trabajo. Adicionalmente, los resultados muestran que para el proceso de embalaje, el operario de que transporta las unidades al almacenamiento en planta es el que tiene una menor participación en el proceso, aunque, vale la pena aclarar, que su función se extiende a otras máquinas empacadoras.

Respecto a los operarios de embalaje se puede observar que el tiempo utilizado es igual para cada uno de estos debido a que realizan la operación alternativamente, es decir, cada operario embala las 69 unidades por canasta y continúa el otro con la siguiente.

% Uso de recursos	
Ayudante 1	17,68
Ayudante 2	17,18
Verificador	35,71
Operario almacenamiento	2,55
Operario Bodega	6,67

La simulación de las propuestas se realizó con los datos estimados para cada una de estas según las características de las máquinas, equipos y mecanismos descritos en el capítulo 8.

Gráfica 30. Modelos de las propuestas



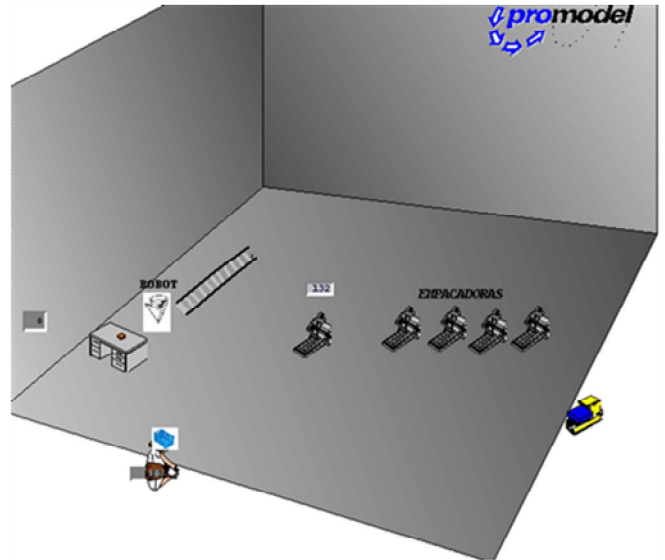


### PROPUESTA 3

El funcionamiento del robot IRB 360 permite que se incremente la velocidad de banda a 150 unidades empacadas por minuto.

El transporte de producto a través del AGV, modifica la velocidad de transporte del mismo a 1,6 m/s.

Se requiere únicamente un operario que alimente y retire las canastas del sistema



Los resultados obtenidos para cada una de las propuestas se pueden observar en las tabla 27

Tabla 27. Resultados modelos Propuestos

	SISTEMA NEUMÁTICO	ISLA ROBOTIZADA	ROBOT IRB 360
<b>TOTAL DE SALIDAS</b>			
<b>Producto</b>	230800	288000	215970
<b>Arrume</b>	256	266	156
<b>Canasta</b>	3847	5320	3120
<b>% USO DE LOS RECURSOS</b>			
<b>Verificador</b>	3,29%	13,7%	7,51%
<b>AGV</b>	7%	27,57%	16,12%

FUENTE: Elaboración propia

El número de salidas es el indicador más relevante al momento de realizar las respectivas comparaciones de los sistemas propuestos con la situación actual ya que con la implementación de las propuestas se pretende incrementar la productividad del proceso de embalaje. En cada uno de los casos se puede observar el incremento en el número de unidades embaladas, y el número de arrumes obtenidos de este proceso.

Estos incrementos representan el 71,74%, 137% y 39,28% para el sistema neumático, isla robotizada y robot IRB360 respectivamente.

De acuerdo a la información de los resultados, se podría afirmar que el sistema que genera un mayor incremento de la productividad es la isla robotizada. Aunque en este mecanismo se disminuye el número de unidades embaladas por canasta, la velocidad de la banda y del robot, permite que la eficiencia sea mayor.

Por otra parte, en la tabla 27 se puede observar que el porcentaje de uso de los recursos es menor respecto a la situación actual, específicamente del operario que realizaba la función de verificación y que con las propuestas, realiza la función de alimentación y retiro de las canastas para cada uno de los sistemas.

## 9.2 PRUEBAS DE VACIO

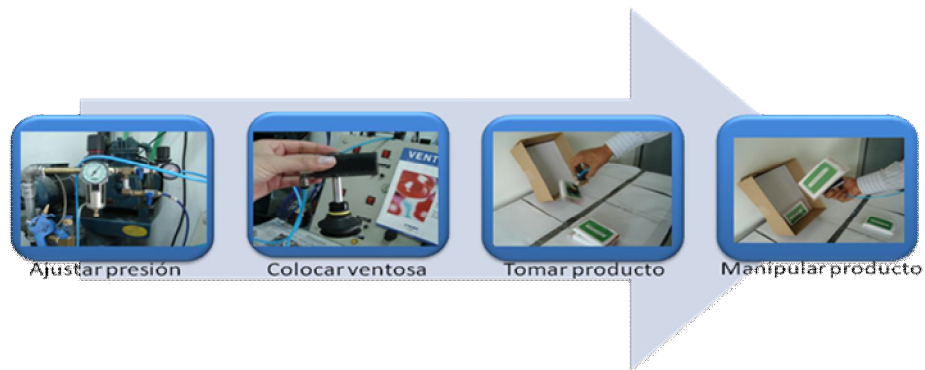
Esta prueba se realizó con el fin de determinar el tipo de ventosa adecuada para la manipulación del producto en estudio en el proceso de embalaje. Las pruebas se realizaron en la empresa Arvax, y consisten en aplicar vacío a través de las diferentes ventosas, manipular el producto, y comprobar cuál es la referencia que se adapta a las características de empaque, el tipo de material, la textura de la superficie, el centro de gravedad del producto y el tamaño de este.

La prueba se realizó con un compresor de aire cuya presión se estableció en 4 bares correspondientes a 60 PSI la cual era la necesaria para el tipo de producto que se iba a manipular. Otros elementos que hicieron parte de las pruebas fueron una manguera de conducción de 6 mm de diámetro, una bomba de vacío neumática multietapas PIAB micro Pi12-2, y las diferentes ventosas que fueron probadas las cuales se muestran en la tabla 28.

Para el desarrollo de las pruebas se llevó a cabo el proceso que se observa en la gráfica 31, partiendo del ajuste de la presión del compresor de aire y la ubicación de las diferentes ventosas en la bomba de vacío con el fin de hacer la simulación del sistema y manipular en diferentes posiciones el producto para

determinar la ventosa que garantizara el transporte de este a la canasta para su embalaje.

Gráfica 31. Pruebas de ventosas



FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 28. Ventosas utilizadas para el desarrollo de las pruebas

VENTOSA	REF	GRÁFICA	DESCRIPCIÓN
<b>Universal</b> <b>20 mm</b>	U20		Adecuada para superficies curvas, irregulares y cóncavas y para sujeción alrededor de esquinas y bordes.
<b>Fuelle simple</b> <b>20 mm</b>	B20		Adecuada para ajuste de nivel. Varias ventosas en un mecanismo de elevación pueden manipular objetos con diferentes alturas y formas, por ejemplo, placas corrugadas o acanaladas. Movimiento de elevación para separar los artículos pequeños.
<b>Fuelle simple</b> <b>40 mm</b>	B40		Adecuada para ajuste de nivel. Varias ventosas en un mecanismo de elevación pueden manipular objetos con diferentes alturas

			y formas, por ejemplo, placas corrugadas o acanaladas. Movimiento de elevación para separar los artículos pequeños.
<b>Múltiples fuelles</b>	BL20-2		Adecuada para ajuste de nivel. Movimiento de elevación para separar los artículos pequeños.
<b>Plana con refuerzo interior 20 mm</b>	F20		Adecuada para superficies planas. Buena estabilidad y poco movimiento inherente.
<b>Plana con refuerzo interior 40 mm</b>	F40-2		Adecuada para superficies planas. Buena estabilidad y poco movimiento inherente. Recomendada cuando la fuerza de elevación es paralela a la superficie del objeto. Los refuerzos interiores impiden que los objetos finos o sensibles sean deformados y proporcionan una fricción adicional cuando la fuerza de elevación es paralela a la superficie.

FUENTE: Elaboración propia

Las características de la toma y manipulación del producto con las ventosas de diámetro 20 mm que se muestran en la tabla anterior, son la falta de agarre del producto ya que con ninguna de estas ventosas fue posible levantar y sostener el producto para su manipulación. Por otra parte, la ventosa plana de 40 mm si permitía en algunas ocasiones el levantamiento del producto pero al cambiar de posición la bomba de vacío, el producto caía.

Los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas indican que la ventosa que se ajusta al producto para su manipulación es una ventosa de fuelle simple, y diámetro de 40 mm. En el video adjunto, se puede observar la manipulación del producto con este tipo de ventosa para mostrar el proceso que se llevó a cabo con cada una de las ventosas y mostrar el resultado final de las pruebas realizadas. Entre las aplicaciones de este tipo de ventosas se encuentra la manipulación de bolsas plásticas lo cual se comprueba a través del experimento realizado con el producto.

Una de las conclusiones a destacar en las pruebas realizadas, es que la falta de rigidez en el producto y el tipo de material de la envoltura son factores que impiden que otro tipo de ventosa se ajuste a las características de este. Sin embargo, la posibilidad de manipulación del producto a través del vacío es posible con el tipo de ventosa descrito, lo cual implica que, el sistema automatizado propuesto con el uso de la tecnología neumática es factible en lo que a este aspecto se refiere.

## 10. DEFINICIÓN DEL PROCESO AUTOMATIZADO

El proceso propuesto inicia con el empaque de producto en la máquina empacadora. Al ser empacado, el producto pasa al sistema de embalaje, el cual toma el producto y lo embala en la canasta la cual es alimentada manualmente al sistema.

Cuando se completa el número de unidades embaladas, las canastas son apiladas por un operario y posteriormente, son recogidas por el vehículo auto-guiado (AGV), quien las transporta directamente al almacén ubicado en la bodega de despachos.

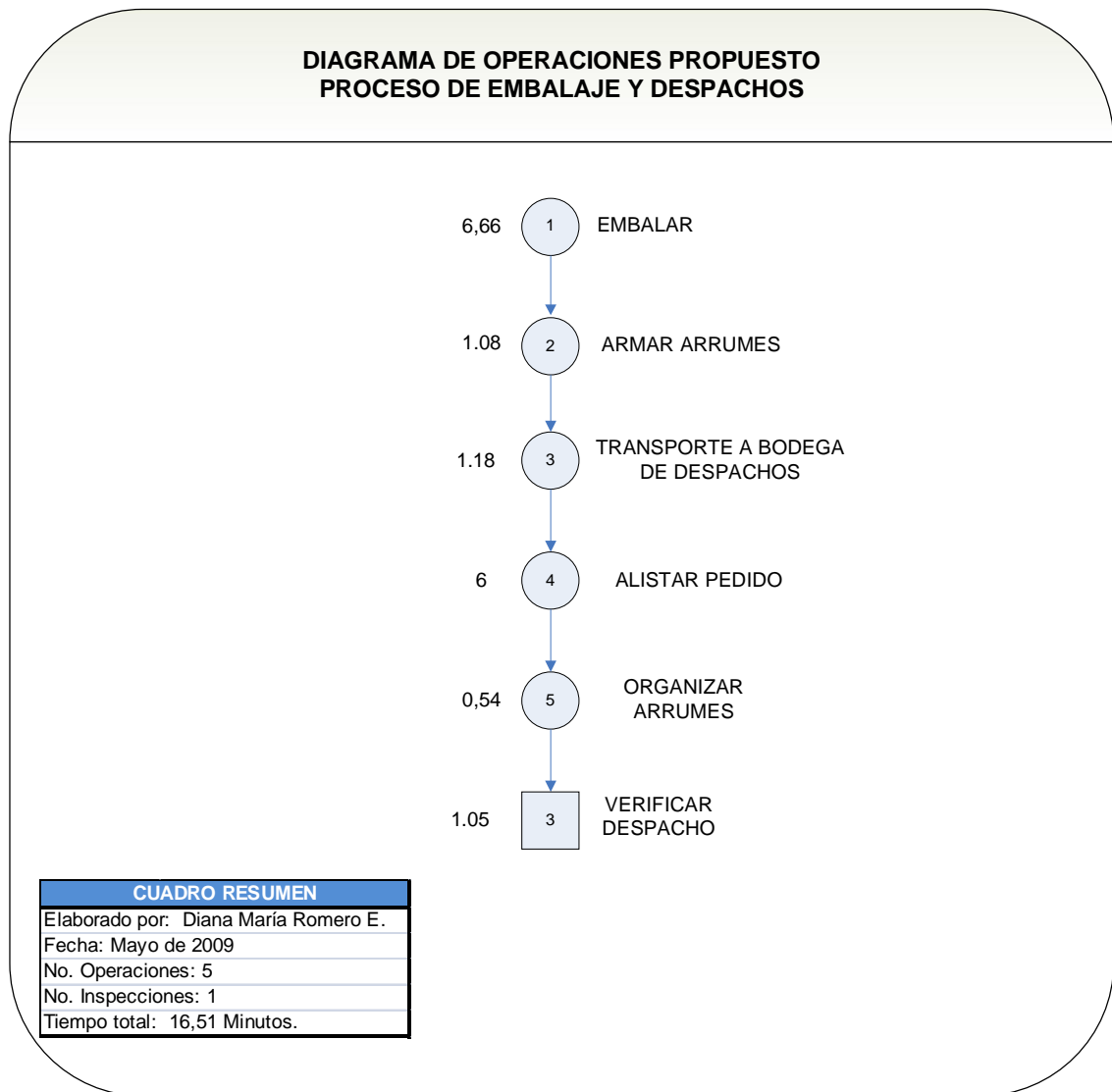
Se almacena el producto y, de acuerdo a los requerimientos de despachos por vehículo, se extraen las canastas del almacén y se transportan, a través del robot transelevador. De esta manera se realiza el cargue a cada vehículo donde cada conductor se encarga de recoger las canastas y organizarlas dentro de este.

Para dar mayor claridad al proceso se realizó el diagrama de operaciones (gráfica 32) para identificar las operaciones e inspecciones que se realizan en el proceso propuesto.

Adicionalmente, se realizó el diagrama de flujo del proceso propuesto para mostrar el nuevo flujo del proceso de distribución interna y comparar la propuesta con la situación actual de dicho proceso.

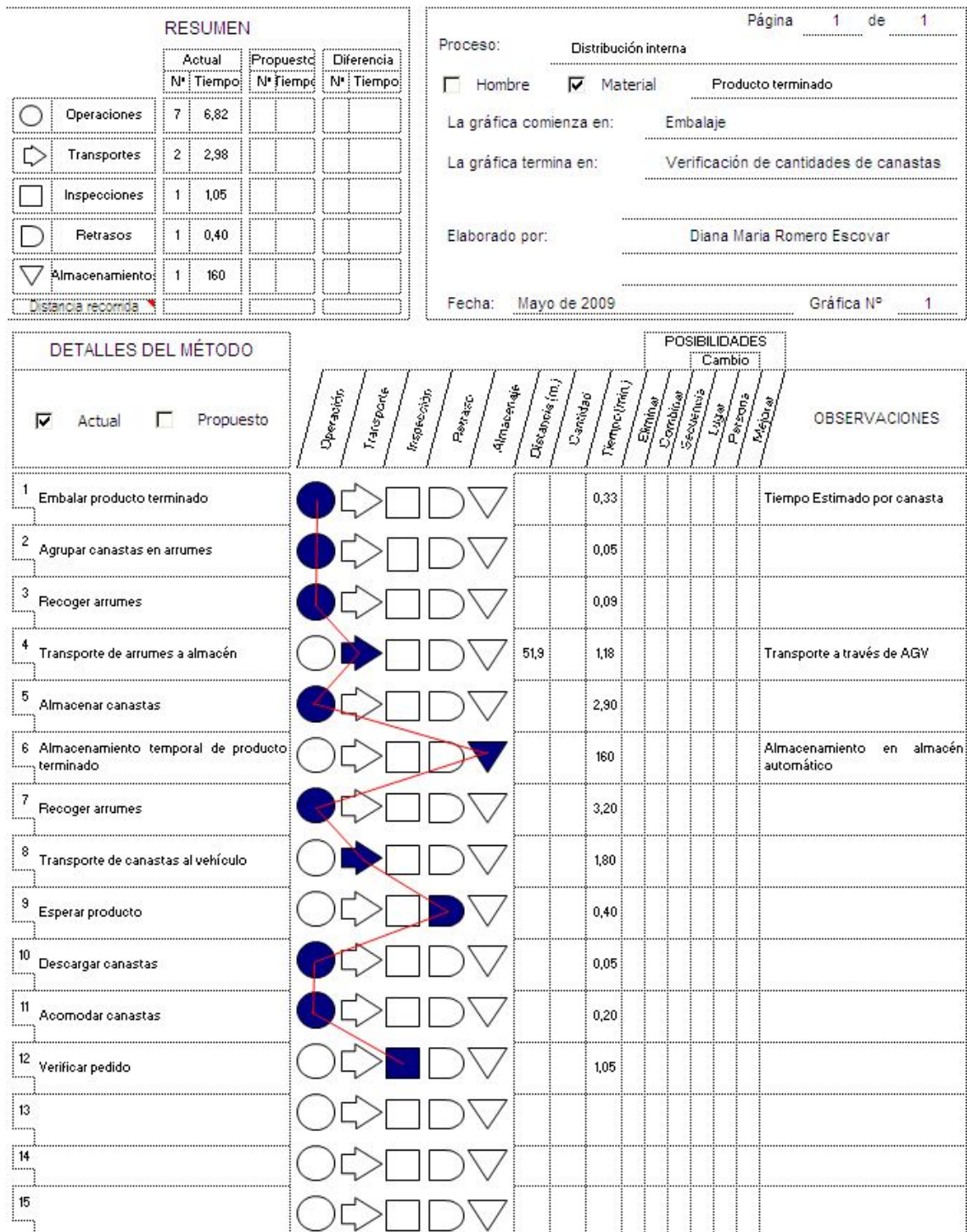
Los tiempos de cada operación se estimaron de acuerdo a las características y especificaciones de cada máquina o equipo. El tiempo de embalaje tanto del diagrama de operaciones como del diagrama de flujo, es el resultado de promediar el tiempo estimado de las tres propuestas del área de embalaje: el sistema neumático, la isla robotizada, y el robot IRB 360.

Gráfica 32. Diagrama de operaciones propuesto



Gráfica 33. Diagrama de flujo propuesto

GRAFICA DE FLUJO





De acuerdo al diagrama de operaciones se puede determinar que el tiempo total de operación del proceso de distribución interna es de 16,51 minutos, lo cual se traduce en una reducción del 30,68% respecto a la situación actual y representa un incremento en la eficiencia del proceso entendida como la relación entre los recursos propuestos basados en la automatización industrial y su impacto en la Empresa Panificadora en la reducción de tiempos de operación e incremento de la productividad del proceso en estudio.

Uno de los aspectos a destacar es que la operación que representa un mayor porcentaje de reducción del tiempo es el embalaje con un 43,46%, lo cual demuestra uno de los beneficios de la tecnología de automatización para dicho proceso.

Adicionalmente, en el proceso actual se eliminan las inspecciones que se realizan actualmente debido a la automatización del proceso que garantiza el número de unidades embaladas en cada canasta.

La gráfica 33 nos muestra un flujo de proceso más continuo, especialmente al inicio del proceso donde se omite la verificación que es realizada actualmente por un operario.

Por otra parte, al eliminar el almacenamiento temporal en planta de manufactura se disminuye el tiempo de almacenamiento y, adicionalmente, se reduce en un 15.34% el tiempo de transporte del proceso puesto que, con el método propuesto se transportan las canastas directamente a la bodega de despachos una vez embaladas y agrupadas.

## 11. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

### 11.1 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

La comparación de alternativas se realizó teniendo en cuenta tres diferentes criterios a los que se le asigna una puntuación de 1 a 3 teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Costo
  1. Inversión inicial mayor a \$ 1.400'385.843
  2. Inversión inicial entre \$664.790.140 – \$ 1.400'385.843
  3. Inversión inicial menor a \$664.790.140
- Soporte técnico
  1. Proveedor extranjero sin centro de servicio técnico en el país.
  2. Proveedor extranjero con centro de servicio técnico en el país.
  3. Proveedor nacional con centro de soporte técnico
- Adaptación a las condiciones y características de la Empresa.
  1. Requiere obras civiles complejas para la adecuación del sistema.
  2. Es necesario la reubicación de algunos elementos (máquinas o equipos) para su instalación.
  3. Requiere únicamente la instalación de los nuevos elementos.

Tabla 29. Matriz de comparación de alternativas

CRITERIO	SISTEMA NEUMÁTICO	ISLA ROBOTIZADA	ROBOT IRB360	AGV	ALMACÉN AUTOMÁTICO
COSTO	3	1	1	3	3
SOPORTE TÉCNICO	3	1	2	1	1
ADAPTACIÓN	3	2	3	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>7</b>

FUENTE: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos en la matriz de comparación, el sistema neumático obtuvo la puntuación más alta lo que muestra, que es aquel que cumple en un mayor nivel los criterios relacionados con las prioridades establecidas por la Empresa Panificadora para la selección de las alternativas.

Sin embargo, se estableció otro criterio adicional para la comparación de alternativas basado en el planteamiento de indicadores que permitan medir el desempeño del proceso e identificar la eficiencia de cada sistema propuesto y, de esta manera, determinar la alternativa que logre cumplir el objetivo del proyecto. Dichos indicadores se muestran en la tabla 30.

Tabla 30. Comparación de alternativas a través de indicadores.

	INDICADOR	ACTUAL	SISTEMA NEUMÁTICO	ISLA ROBOTIZADA	ROBOT IRB360
<b>CALIDAD</b>	Productos rechazados / Productos pedidos	0.06	0	0	0
	Producto sin novedad/ Productos pedidos	0.94	1	1	1
<b>TIEMPO</b>	Tiempo total de proceso	23.38	16.77	14.71	17.05
	Tiempo de embalaje/arrume	11.7	6.92	4.9	7.2
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	Tiempo de embalaje/canasta	0.585	0.346	0.245	0.36
	No. Unidades/día	155940	230800	288000	215970
	No. Unidades/turno	51980	76934	96000	71990
<b>COSTO</b>	No Canastas /Minuto	0.65	2.6	3.7	2.5
	Mano de Obra directa	\$149.046.149	\$ 29.809.230	\$ 29.809.230	\$ 29.809.230

FUENTE: Elaboración propia

## 11.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

El objetivo final de la evaluación, es tomar la decisión respecto a la inversión que se plantea teniendo en cuenta diferentes indicadores.

Con el fin de determinar la viabilidad de cada una de las propuestas planteadas, se realizó el flujo de caja de estas, a partir del cual se pueden calcular la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) y, de esta manera poder concluir cuál es la alternativa más conveniente.

El concepto de Tasa Interna de retorno indica la rentabilidad de un proyecto respecto a la tasa de oportunidad del mismo. Por su parte el valor presente neto permite medir el beneficio de una inversión a través de su vida útil y se define como la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los costos.

Para realizar el flujo de caja, se tomó el incremento de las ventas según el crecimiento proyectado de la Empresa Panificadora (16%), y el incremento de los costos según la proyección de la inflación que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 31. Proyección de la Inflación<sup>27</sup>

AÑO	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Proyección</b>	5,57%	4,53%	3,84%	3,68%	3,53%

El flujo de caja para las alternativas relacionadas con el área de embalaje se realizó teniendo en cuenta que:

- Los ingresos por línea de empaque corresponden al promedio mensual de unidades producidas por el costo unitario de cada producto.
- Los costos totales incluyen salarios de los operarios que intervienen directamente con el proceso (ayudante empaque, verificador), costos de mantenimiento, materia prima, y servicios.
- Adicionalmente, se incluye en los costos totales aquellos costos generados por el cambio en el número de unidades embaladas por canasta para la referencia 1.K, (teniendo en cuenta que dicho embalaje se realizará en las

<sup>27</sup> Proyecciones Macroeconómicas 2009 [online]. Colombia: GRUPO BANCOLOMBIA, Investigaciones económicas y estratégicas, 9 de Octubre de 2008 [Abril 28 de 2008]. Disponible en: <http://investigaciones.bancolombia.com/InvEconomicas/home/homeinfo.aspx>

canastas con las que cuenta actualmente la Empresa Panificadora pero que, debido a las restricciones de los sistemas propuestos no es posible embalar las 69 unidades que actualmente contiene cada canasta). Estos costos se determinaron calculando el número de unidades que no se cargan en el vehículo para determinar el costo de transporte de

- Los costos administrativos constituyen un porcentaje de los ingresos; información suministrada por la Empresa Panificadora correspondiente al 5%.

En cuanto a la alternativa para el proceso de despachos (almacén automático), el flujo de caja se realizó basado en los anteriores criterios pero adicionando los costos de mano de obra directa en la bodega de despachos y los costos de operación del área que se obtuvieron a partir de la elaboración de una matriz donde se registraban los costos de operación diarios, y de ahí se estableció un promedio mensual de estos. Los flujos de caja para cada una de las propuestas se pueden observar en las tablas 32, 33, 34. 35 y 36.

Los costos de cada una de las propuestas se pueden observar en la tabla 31. Por estar a nombre de la Empresa Panificadora, y debido a las restricciones para publicar el nombre de la misma, se omite la muestra de las cotizaciones.

Tabla 32. Costos de las propuestas<sup>28</sup>

PROPUESTA	PROVEEDOR	COSTO
Sistema neumático	FESTO	\$ 485.088.972,2
Isla Robotizada	CAVANNA	\$ 1.471.680.000
Robot IRB360	ABB	\$ 1.728.000.000
AGV	JBT	\$ 186.930.000
Almacén Automático	MECALUX	\$ 270.000.000
Plataforma de carga	NIKEN	\$ 185.000.000

FUENTE: Elaboración propia

<sup>28</sup> Los costos se presentan en moneda colombiana. Las conversiones se realizaron de acuerdo a la cotización del dólar en \$2077 y el euro en \$2880, consultada el 2 de junio de 2009 en [www.portafolio.com.co](http://www.portafolio.com.co).

Tabla 33. Flujo de caja propuesta 1.

FLUJO DE CAJA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		\$ 12,078,967,936	\$ 13,286,864,730	\$ 14,615,551,203	\$ 16,077,106,323	\$ 17,684,816,955
(-) Costos Totales		\$ 9,629,752,594	\$ 10,065,980,386	\$ 10,521,969,298	\$ 10,998,614,507	\$ 11,496,851,744
(-) Gastos admon.		\$ 605,160,163	\$ 786,708,212	\$ 1,022,720,675	\$ 1,329,536,878	\$ 1,728,397,942
(-) Depreciación		\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897
Utilidad antes de impuestos		\$ 1,795,546,282	\$ 2,385,667,234	\$ 3,022,352,332	\$ 3,700,446,041	\$ 4,411,058,372
(-) Impuestos (35%)		\$ 628,441,199	\$ 834,983,532	\$ 1,057,823,316	\$ 1,295,156,114	\$ 1,543,870,430
Utilidad después de impuestos		\$ 1,167,105,083	\$ 1,550,683,702	\$ 1,964,529,016	\$ 2,405,289,926	\$ 2,867,187,942
Inversión inicial	-\$ 485,088,972					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 485,088,972</b>	<b>\$ 1,215,613,981</b>	<b>\$ 1,599,192,600</b>	<b>\$ 2,013,037,913</b>	<b>\$ 2,453,798,824</b>	<b>\$ 2,915,696,839</b>

FLUJO DE CAJA	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos	\$ 19,453,298,651	\$ 21,398,628,516	\$ 23,538,491,367	\$ 25,892,340,504	\$ 28,481,574,554
(-) Costos Totales	\$ 12,017,659,128	\$ 12,562,059,086	\$ 13,131,120,363	\$ 13,725,960,115	\$ 14,347,746,109
(-) Gastos admon.	\$ 2,246,917,324	\$ 2,920,992,521	\$ 3,797,290,278	\$ 4,936,477,361	\$ 6,417,420,569
(-) Depreciación	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897	\$ 48,508,897
Utilidad antes de impuestos	\$ 5,140,213,301	\$ 5,867,068,011	\$ 6,561,571,829	\$ 7,181,394,130	\$ 7,667,898,979
(-) Impuestos (35%)	\$ 1,799,074,656	\$ 2,053,473,804	\$ 2,296,550,140	\$ 2,513,487,946	\$ 2,683,764,643
Utilidad después de impuestos	\$ 3,341,138,646	\$ 3,813,594,207	\$ 4,265,021,689	\$ 4,667,906,185	\$ 4,984,134,337
Inversión inicial					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ 3,389,647,543</b>	<b>\$ 3,862,103,104</b>	<b>\$ 4,313,530,586</b>	<b>\$ 4,716,415,082</b>	<b>\$ 5,032,643,234</b>

Tabla 34. Flujo de caja propuesta 2.

FLUJO DE CAJA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		\$ 12,078,967,936	\$ 13,286,864,730	\$ 14,615,551,203	\$ 16,077,106,323	\$ 17,684,816,955
(-) Costos Totales		\$ 9,629,752,594	\$ 10,065,980,386	\$ 10,521,969,298	\$ 10,998,614,507	\$ 11,496,851,744
(-) Gastos admon.		\$ 605,160,163	\$ 786,708,212	\$ 1,022,720,675	\$ 1,329,536,878	\$ 1,728,397,942
(-) Depreciación		\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000
Utilidad antes de impuestos		\$ 1,696,887,179	\$ 2,287,008,132	\$ 2,923,693,230	\$ 3,601,786,938	\$ 4,312,399,270
(-) Impuestos (35%)		\$ 593,910,513	\$ 800,452,846	\$ 1,023,292,630	\$ 1,260,625,428	\$ 1,509,339,744
Utilidad después de impuestos		\$ 1,102,976,667	\$ 1,486,555,286	\$ 1,900,400,599	\$ 2,341,161,510	\$ 2,803,059,525
Inversión inicial	-\$ 1,471,680,000					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 1,471,680,000</b>	<b>\$ 1,250,144,667</b>	<b>\$ 1,633,723,286</b>	<b>\$ 2,047,568,599</b>	<b>\$ 2,488,329,510</b>	<b>\$ 2,950,227,525</b>

FLUJO DE CAJA	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos	\$ 19,453,298,651	\$ 21,398,628,516	\$ 23,538,491,367	\$ 25,892,340,504	\$ 28,481,574,554
(-) Costos Totales	\$ 12,017,659,128	\$ 12,562,059,086	\$ 13,131,120,363	\$ 13,725,960,115	\$ 14,347,746,109
(-) Gastos admon.	\$ 2,246,917,324	\$ 2,920,992,521	\$ 3,797,290,278	\$ 4,936,477,361	\$ 6,417,420,569
(-) Depreciación	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000	\$ 147,168,000
Utilidad antes de impuestos	\$ 5,041,554,199	\$ 5,768,408,908	\$ 6,462,912,727	\$ 7,082,735,028	\$ 7,569,239,877
(-) Impuestos (35%)	\$ 1,764,543,970	\$ 2,018,943,118	\$ 2,262,019,454	\$ 2,478,957,260	\$ 2,649,233,957
Utilidad después de impuestos	\$ 3,277,010,229	\$ 3,749,465,790	\$ 4,200,893,272	\$ 4,603,777,768	\$ 4,920,005,920
Inversión inicial					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ 3,424,178,229</b>	<b>\$ 3,896,633,790</b>	<b>\$ 4,348,061,272</b>	<b>\$ 4,750,945,768</b>	<b>\$ 5,067,173,920</b>

Tabla 35. Flujo de caja Propuesta 3

FLUJO DE CAJA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		\$ 12,078,967,936	\$ 13,286,864,730	\$ 14,615,551,203	\$ 16,077,106,323	\$ 17,684,816,955
(-) Costos Totales		\$ 9,629,752,594	\$ 10,065,980,386	\$ 10,521,969,298	\$ 10,998,614,507	\$ 11,496,851,744
(-) Gastos admon.		\$ 605,160,163	\$ 786,708,212	\$ 1,022,720,675	\$ 1,329,536,878	\$ 1,728,397,942
(-) Depreciación		\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000
Utilidad antes de impuestos		\$ 1,671,255,179	\$ 2,261,376,132	\$ 2,898,061,230	\$ 3,576,154,938	\$ 4,286,767,270
(-) Impuestos (35%)		\$ 584,939,313	\$ 791,481,646	\$ 1,014,321,430	\$ 1,251,654,228	\$ 1,500,368,544
Utilidad después de impuestos		\$ 1,086,315,867	\$ 1,469,894,486	\$ 1,883,739,799	\$ 2,324,500,710	\$ 2,786,398,725
Inversión inicial	-\$ 1,728,000,000					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 1,728,000,000</b>	<b>\$ 1,259,115,867</b>	<b>\$ 1,642,694,486</b>	<b>\$ 2,056,539,799</b>	<b>\$ 2,497,300,710</b>	<b>\$ 2,959,198,725</b>

FLUJO DE CAJA	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos	\$ 19,453,298,651	\$ 21,398,628,516	\$ 23,538,491,367	\$ 25,892,340,504	\$ 28,481,574,554
(-) Costos Totales	\$ 12,017,659,128	\$ 12,562,059,086	\$ 13,131,120,363	\$ 13,725,960,115	\$ 14,347,746,109
(-) Gastos admon.	\$ 2,246,917,324	\$ 2,920,992,521	\$ 3,797,290,278	\$ 4,936,477,361	\$ 6,417,420,569
(-) Depreciación	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000	\$ 172,800,000
Utilidad antes de impuestos	\$ 5,015,922,199	\$ 5,742,776,908	\$ 6,437,280,727	\$ 7,057,103,028	\$ 7,543,607,877
(-) Impuestos (35%)	\$ 1,755,572,770	\$ 2,009,971,918	\$ 2,253,048,254	\$ 2,469,986,060	\$ 2,640,262,757
Utilidad después de impuestos	\$ 3,260,349,429	\$ 3,732,804,990	\$ 4,184,232,472	\$ 4,587,116,968	\$ 4,903,345,120
Inversión inicial					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ 3,433,149,429</b>	<b>\$ 3,905,604,990</b>	<b>\$ 4,357,032,472</b>	<b>\$ 4,759,916,968</b>	<b>\$ 5,076,145,120</b>



Tabla 36. Flujo de caja propuesta 4

FLUJO DE CAJA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		\$ 12,078,967,936	\$ 13,286,864,730	\$ 14,615,551,203	\$ 16,077,106,323	\$ 17,684,816,955
(-) Costos Totales		\$ 11,008,683,938	\$ 11,507,377,320	\$ 12,028,661,513	\$ 12,573,559,879	\$ 13,143,142,142
(-) Gastos admon.		\$ 605,160,163	\$ 786,708,212	\$ 1,022,720,675	\$ 1,329,536,878	\$ 1,728,397,942
(-) Depreciación		\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000
Utilidad antes de impuestos		\$ 446,430,835	\$ 974,086,198	\$ 1,545,476,015	\$ 2,155,316,566	\$ 2,794,583,872
(-) Impuestos (35%)		\$ 156,250,792	\$ 340,930,169	\$ 540,916,605	\$ 754,360,798	\$ 978,104,355
Utilidad después de impuestos		\$ 290,180,043	\$ 633,156,029	\$ 1,004,559,409	\$ 1,400,955,768	\$ 1,816,479,517
Inversión inicial	-\$ 186,930,000					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 186,930,000</b>	<b>\$ 308,873,043</b>	<b>\$ 651,849,029</b>	<b>\$ 1,023,252,409</b>	<b>\$ 1,419,648,768</b>	<b>\$ 1,835,172,517</b>

FLUJO DE CAJA	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos	\$ 19,453,298,651	\$ 21,398,628,516	\$ 23,538,491,367	\$ 25,892,340,504	\$ 28,481,574,554
(-) Costos Totales	\$ 13,738,526,481	\$ 14,360,881,730	\$ 15,011,429,673	\$ 15,691,447,437	\$ 16,402,270,006
(-) Gastos admon.	\$ 2,246,917,324	\$ 2,920,992,521	\$ 3,797,290,278	\$ 4,936,477,361	\$ 6,417,420,569
(-) Depreciación	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000	\$ 18,693,000
Utilidad antes de impuestos	\$ 3,449,161,846	\$ 4,098,061,264	\$ 4,711,078,417	\$ 5,245,722,706	\$ 5,643,190,980
(-) Impuestos (35%)	\$ 1,207,206,646	\$ 1,434,321,442	\$ 1,648,877,446	\$ 1,836,002,947	\$ 1,975,116,843
Utilidad después de impuestos	\$ 2,241,955,200	\$ 2,663,739,822	\$ 3,062,200,971	\$ 3,409,719,759	\$ 3,668,074,137
Inversión inicial					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ 2,260,648,200</b>	<b>\$ 2,682,432,822</b>	<b>\$ 3,080,893,971</b>	<b>\$ 3,428,412,759</b>	<b>\$ 3,686,767,137</b>

Tabla 37. Flujo de caja Propuesta 5

FLUJO DE CAJA	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos		\$ 12,078,967,936	\$ 13,286,864,730	\$ 14,615,551,203	\$ 16,077,106,323	\$ 17,684,816,955
(-) Costos Totales		\$ 10,859,637,789	\$ 11,351,579,380	\$ 11,865,805,926	\$ 12,403,326,935	\$ 12,965,197,645
(-) Gastos admon.		\$ 605,160,163	\$ 786,708,212	\$ 1,022,720,675	\$ 1,329,536,878	\$ 1,728,397,942
(-) Depreciación		\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000
Utilidad antes de impuestos		\$ 568,669,984	\$ 1,103,077,137	\$ 1,681,524,601	\$ 2,298,742,510	\$ 2,945,721,369
(-) Impuestos (35%)		\$ 199,034,495	\$ 386,076,998	\$ 588,533,610	\$ 804,559,878	\$ 1,031,002,479
Utilidad después de impuestos		\$ 369,635,490	\$ 717,000,139	\$ 1,092,990,990	\$ 1,494,182,631	\$ 1,914,718,890
Inversión inicial	-\$ 455,000,000					
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-\$ 455,000,000</b>	<b>\$ 415,135,490</b>	<b>\$ 762,500,139</b>	<b>\$ 1,138,490,990</b>	<b>\$ 1,539,682,631</b>	<b>\$ 1,960,218,890</b>

FLUJO DE CAJA	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Ingresos	\$ 19,453,298,651	\$ 21,398,628,516	\$ 23,538,491,367	\$ 25,892,340,504	\$ 28,481,574,554
(-) Costos Totales	\$ 13,552,521,098	\$ 14,166,450,304	\$ 14,808,190,503	\$ 15,479,001,533	\$ 16,180,200,302
(-) Gastos admon.	\$ 2,246,917,324	\$ 2,920,992,521	\$ 3,797,290,278	\$ 4,936,477,361	\$ 6,417,420,569
(-) Depreciación	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000	\$ 45,500,000
Utilidad antes de impuestos	\$ 3,608,360,228	\$ 4,265,685,690	\$ 4,887,510,587	\$ 5,431,361,611	\$ 5,838,453,683
(-) Impuestos (35%)	\$ 1,262,926,080	\$ 1,492,989,992	\$ 1,710,628,705	\$ 1,900,976,564	\$ 2,043,458,789
Utilidad después de impuestos	\$ 2,345,434,148	\$ 2,772,695,699	\$ 3,176,881,881	\$ 3,530,385,047	\$ 3,794,994,894
Inversión inicial					
<b>TOTAL FLUJO DE CAJA</b>	<b>\$ 2,390,934,148</b>	<b>\$ 2,818,195,699</b>	<b>\$ 3,222,381,881</b>	<b>\$ 3,575,885,047</b>	<b>\$ 3,840,494,894</b>

Los resultados obtenidos para cada uno de los flujos, se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 38. Resultados análisis financieros.

CRITERIO	TIR	VPN	B/C
<b>Propuesta 1</b>	280%	\$ 12.238.925.820,56	30,43
<b>Propuesta 2</b>	110%	\$ 11.419.229.453,05	10,16
<b>Propuesta 3</b>	97%	\$ 11.206.269.303,41	8,68
<b>Propuesta 4</b>	243%	\$ 7.431.114.875,88	47,27
<b>Propuesta 5</b>	146%	\$ 7.754.835.582,64	20,93

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que todos los proyectos tienen una tasa de retorno atractiva para la Empresa Panificadora. En ese sentido, se puede afirmar que, la automatización de los procesos es una inversión que se puede realizar debido a que se cuentan con los recursos suficientes para respaldarla.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en el análisis financiero, la propuesta 1 es aquella con una mayor tasa interna de retorno, valor presente neto y relación costo / beneficio. Basados en el criterio financiero la alternativa más apropiada para la Empresa Panificadora es el sistema neumático.

## 12. CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis de la situación actual se puede afirmar que los principales problemas identificados se relacionan con los métodos de trabajo y la ejecución manual de las operaciones.
- La automatización del proceso de distribución interna implica una mejora en el proceso general de la Empresa Panificadora debido a la disminución de los errores y al aumento de la eficiencia en dicho proceso.
- Según el análisis técnico y financiero de las propuestas relacionadas con el proceso de embalaje: Sistema neumático, isla robotizada y robot IRB360, es posible afirmar que con estas es posible dar solución a los problemas identificados en cada proceso ya que se incrementa la productividad en un 48%, 84,68% y 57,06% respectivamente. Adicionalmente, se eliminan las novedades y se obtiene una tasa de retorno significativa.
- Teniendo en cuenta el análisis realizado, se sugiere la implementación de la propuesta 2 o isla robotizada la cual, de acuerdo a los indicadores calculados representa un menor tiempo de operación (4.9 minutos) y un mayor incremento de la productividad (84,68%) respecto a las demás alternativas. Pese a que es una de las alternativas con mayor inversión inicial los indicadores financieros muestran que es una propuesta viable.
- Con la implementación de la propuesta en el área de embalaje se garantiza la eliminación de las novedades que se presentan en el proceso actual lo que implica que La Empresa Panificadora ahorra una cifra promedio de \$17'953.696 anuales correspondientes a dichas inconformidades.

### **13. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar el estudio y análisis al área de canastas con el fin de proponer alternativas que permitan el ingreso automático de estas a las líneas de empaque, y de esta manera, complementar el proyecto realizado.
- Antes de iniciar cualquier actividad laboral que implique la ejecución de una tarea es importante realizar un calentamiento previo a dicha actividad, con el fin de prevenir lesiones osteo-musculares y/o acumulo de estrés, por ello la importancia de realizar las pausas activas antes durante y después de cada jornada laboral.
- Se recomienda dar prioridad a la implementación de la propuesta en el área de embalaje debido a que en este proceso están los principales problemas del proceso de distribución interna.
- Se recomienda el uso de la ventosa de fuelle simple y diámetro de 40 mm para los sistemas propuestos que involucran el uso de estas ya que es la más adecuada de acuerdo a las pruebas realizadas.
- Es importante la continuidad del proyecto para llevar a cabo la implementación del sistema elegido por la Empresa Panificadora.

## BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA, Emilio. Automatización de procesos industriales. México, Alfaomega Grupo Editor, 2002.
- NIEBEL, Freivalds. Ingeniería Industrial. Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. México, Alfaomega Grupo Editor, 2001.
- HARRINGTON, James. Mejoramiento de los Procesos de la Empresa. Colombia. McGraw-Hill, 1994.
- CHASE, Richard B. Administración de producción y operaciones manufactura y servicios. Bogotá, McGraw-Hill, 2003.
- BALLOU, Ronald. Logística Administración de la cadena de suministro. México, Pearson education, 2004.
- BLANCO, Luis Ernesto. Simulación con Promodel: casos de producción y logística. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001.
- KONZ, S. Diseño de Instalaciones Industriales, Limusa, México, 2000
- MAYNARD, Harold. Manual del Ingeniero Industrial. Editorial McGraw Hill. México 1996.
- HWANG, Hark, MOON Seongwoo y MITSUO Gen. An integrated model for the design of end of aisle order picking system and the determination of unit load sizes of AGVs. En: Computer and industrial engineering. Vol 42; 2002.
- NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. Mc. Graw Hill. México, 2007.
- LADOU, Joseph: Medicina laboral y ambiental. México. Manual Moderno, 1999.
- CABALLERO, José Orlando. Automatización industrial. Manual de prácticas de laboratorio. Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana: 2008.
- HORTA, José. Técnicas de automatización industrial. México: Editorial Limusa. 1982.

- GUILLÉN, Antonio. Introducción a la neumática. México: Alfa Omega. 1999
- [www.abb.com/robotics](http://www.abb.com/robotics)
- <http://www.mhia.org/industrygroups/agvs>
- [www.arvax.com](http://www.arvax.com)
- [www.piab.com](http://www.piab.com)
- [www.logismarket.com](http://www.logismarket.com)